



SdS/RIVISTA DI CULTURA SPORTIVA ANNO XXVI N. 73

Sommario

3 La periodizzazione nell'allenamento della forza rapida

Klaus Wirth, Dietmar Schmidtbleicher
Parte prima: le basi fisiologiche dell'allenamento della forza rapida

12 Trainer's digest

A cura di Mario Gulinelli
Nuovi sviluppi dell'allenamento della forza

15 La resistenza ai salti

Gilles Cometti, Giampietro Alberti
Parte seconda: pliometria e affaticamento pliometrico

23 La Match-Analysis

Attilio Sacripanti
Parte seconda: fondamenti scientifici e metodologici della Match-Analysis



31 Capacità di ripetere gli sprint e sua valutazione

Franco M. Impellizzeri, Ermanno Rampinini, Carlo Castagna, Duccio Ferrari Bravo, David Bishop
La validità del test di capacità di ripetere gli sprint (Repeated Sprint Ability)

35 Il cambiamento dei paradigmi nella teoria dell'allenamento sportivo

Yury Verkhoshansky, Natalia Verkhoshanskaya
Cambiamento di paradigmi e discussione sullo stato attuale della teoria e metodologia dell'allenamento: gli aspetti teorici

45 Analisi delle capacità tecnico-coordinative e senso-percettive nel nuoto

Pietro Luigi Invernizzi, Roberto Del Bianco, Raffaele Scurati, Giuseppe Caporaso, Antonio La Torre
Una proposta metodologica verso la determinazione di pratici sistemi di valutazione e allenamento specifico nella preparazione dei giovani nuotatori (prima parte: gli aspetti teorici)

53 Metodi di valutazione dei livelli di attività fisica

Dario Colella, Milena Morano, Laura Bortoli
Analisi e confronto dei metodi di valutazione dei livelli di attività fisica, con particolare riferimento all'età evolutiva

63 La sindrome femoro-rotulea

Gian Nicola Bisciotti
Eziopatogenesi, clinica, diagnosi, trattamento conservativo, riabilitazione e ritorno all'attività sportiva

70 Trainer's digest

A cura di Arndt Krüger, Mario Gulinelli
Formazione degli allenatori
Un caffè, prego

72 Summaries



A cura di **G. S. Roi – S. Della Villa**

Salute, prevenzione e riabilitazione nel calcio

Oggi il costo sociale degli infortuni nello sport professionistico è assai elevato, ed i temi di dibattito legati alla salute, alla prevenzione ed alla riabilitazione di quanti giocano a calcio per diletto o per professione sono di pressante attualità. La sempre maggiore diffusione dei campi da gioco sintetici, la modifica dei palloni e delle scarpe, le esigenze di spettacolarità dettate dagli sponsor televisivi hanno comportato considerevoli cambiamenti nel tipo di gioco e nelle modalità di allenamento, con conseguente modificazione dell'incidenza e della tipologia degli infortuni, ed evidenti effetti anche sulle tecniche riabilitative. Tuttavia occuparsi solo di riabilitazione e di traumatologia è sicuramente riduttivo, se non si ha l'obiettivo ambizioso di ricavarne e divulgare informazioni per la prevenzione degli infortuni. La prevenzione infatti va oggi intesa nel senso più ampio, come mantenimento ed eventuale miglioramento dello stato di salute di quanti praticano attività sportiva ed in particolare il calcio. Nel presente volume degli atti del Congresso Salute, prevenzione e riabilitazione nel calcio, organizzato dalla Isokinetic, sono raccolti i riassunti delle relazioni presentate dai relatori ufficiali e da numerosi altri relatori che hanno voluto portare la loro esperienza nelle "comunicazioni libere" orali e poster. Il testo si concentra sul dibattito relativo al moderno trattamento degli infortuni del calciatore.

2007 • libro • pagine 300 • 15,00 euro



Italo Sannicandro

La propriocezione Rapporti con la capacità di disequilibrio negli sport di situazione

La propriocezione ed il suo rapporto con la prestazione sportiva nelle situazioni di disequilibrio, è argomento di grande interesse per tutti gli operatori e di riflesso per tutti i praticanti. Italo Sannicandro ha voluto proporre le sue esperienze applicative (influenza sulla prestazione calcistica, gestione del disequilibrio, effetti dell'allenamento vibratorio, valutazione degli effetti del lavoro propriocettivo nel basket, nel calcio a 5, nella scherma e nel recupero degli infortunati sportivi) che seguono una esauriente introduzione teorica. Una appendice con questionario e protocollo di lavoro su 12 settimane completa il manuale che offre nel complesso moltissimi spunti di riflessione.

2007 • libro • pagine 164 • 18,00 euro



Jack Wilmore – David Costill

Fisiologia dello sport e dell'esercizio fisico

L'edizione italiana del manuale di Jack Wilmore e David Costill, ricercatori e autori statunitensi di fama mondiale, condotta sulla terza edizione americana pubblicata nel 2004, mette a disposizione degli insegnanti di educazione fisica, degli allenatori, degli istruttori di fitness, dei medici sportivi, dei fisioterapisti, dei docenti e studenti di scienze motorie e di chiunque si interessi ai problemi connessi con l'attività fisica, la più aggiornata e completa pubblicazione sulla fisiologia dello sport e dell'esercizio fisico.

2005 • libro • pagine 848 • 75,00 euro



Howley E.T. – Franks B.D.

Manuale dell'istruttore di fitness

È un testo di riferimento fondamentale per i professionisti del fitness e dell'attività fisica diretta allo sviluppo della salute. Si tratta dell'opera collettiva di un gruppo di ricercatori statunitensi che illustra le basi scientifiche dell'attività fisica e del fitness; l'alimentazione e la composizione del corpo; le componenti della forma fisica; la valutazione funzionale dei partecipanti ad un programma di fitness; i traumi, la loro cura e la loro prevenzione; la programmazione e l'organizzazione delle attività di fitness.

2002 • libro • pagine 628 • 50,00 euro



**C. Bazzano – M. Bellucci –
A. D. Faigenbaum**

Sedentarietà ed obesità giovanile: nuovi problemi sociali – possibili soluzioni Linee guida sull'insegnamento dell'efficienza fisica in età evolutiva

La sedentarietà e i suoi effetti costituiscono uno dei maggiori problemi che affliggono le società industrializzate. Colpisce la popolazione di tutte le fasce di età e in particolare modo quelle infantili, preadolescenti ed adolescenziali. La prevenzione cardiovascolare del sovrappeso, il contrasto al fenomeno crescente dell'obesità con i fattori di rischio ad essa collegati, si possono attuare efficacemente fin dalle età prescolare e scolare. L'evidenza scientifica riconosce all'attività fisica un ruolo fondamentale per modificare gli errati stili di vita. Ma in Italia ed in Europa esiste una carenza di linee guida e la prescrizione dell'attività motoria in età evolutiva non sembra avere chiare modalità applicative riguardo alla prevenzione e alla salute. In questo saggio gli Autori introducono il concetto nuovo di "educazione all'efficienza fisica", inteso come applicazione di metodiche aventi l'obiettivo di coinvolgere i bambini e gli adolescenti alla loro partecipazione attiva al movimento e al piacere di svolgere l'attività fisica, nel rispetto di una filosofia educativa incentrata sul valore della persona e su uno stile di vita attivo. Per la prima volta in Italia ed in Europa, in conformità alle linee guida dell'OMS Europa e del Ministero della Salute – prive però nella loro strutturazione di applicazioni pratiche – vengono qui proposte, soprattutto in ambito scolare, soluzioni precise, già da tempo utilizzate con proficue valutazioni sulla loro efficacia, basate su strategie per migliorare l'efficienza fisica dei giovani. Il carattere essenzialmente pratico e prettamente pragmatico del manuale agevolerà tutti i professionisti che operano con i giovani, facilitando nel contempo un rinnovamento professionale mirato a contrastare problemi sociali nuovi quali sedentarietà e obesità. Il presente lavoro è rivolto ai docenti di scienze motorie che si dedicano all'età prescolare, a quelli delle scuole primarie e delle secondarie. Ma anche a tutti i professionisti che operano per l'età evolutiva: agli educatori, ai tecnici sportivi, ai medici sportivi, ai pediatri, agli specialisti dei Servizi di Igiene degli Alimenti e Nutrizione (SIAN), agli psicologi, ecc.

2007 • libro • pagine 176 • 18,00 euro



Giovanni Betti – Roberto Piga

Training ergoattivo Il senso muscolare

Oggi nel campo della preparazione atletica si rende sempre più necessaria una stretta interazione con un ventaglio di "saperi" che non sono di specifica competenza del preparatore, ma che rappresentano un'importante base d'informazione per la qualità della sua professione. Il preparatore si consulta col medico, col fisiologo, col dietologo, con lo psicologo, con il chimico, con il fisico, con lo statistico, con l'informatico; egli filtra le informazioni che trae da ciascuno per capire in quale misura possano servire allo scopo principale della sua professione: riuscire ad ottimizzare il rendimento della macchina umana. In un quadro così articolato, accade che si presentino contributi operativi nuovi proposti dal medico, dallo psicologo, dal fisico. Ci sono situazioni che pongono il preparatore di fronte ad un bivio: da un lato c'è l'esigenza di essere sempre più aggiornati, dall'altro si tende a mantenere il livello consolidato almeno fino a quando la novità, sperimentata da altri, non ha mostrato la sua effettiva rilevanza ai fini del rendimento e della prestazione agonistica.

2007 • libro • pagine 164 • 18,00 euro



Gudrun Fröhner

Principi dell'allenamento giovanile

La capacità di carico nell'età infantile e giovanile

I bambini non sono adulti in miniatura e non vanno allenati come tali. Purtroppo la carenza di conoscenze sui fondamenti biologici dei processi di sviluppo di bambini ed adolescenti, soprattutto delle loro reazioni ai carichi fisici, è un problema per gli educatori fisici e gli allenatori. L'Autrice, già medico della Federazione di ginnastica dell'ex-Rdt, attualmente docente presso l'Istituto di scienze applicate all'allenamento di Lipsia, espone quali siano i fattori di biologia dello sviluppo da considerare lavorando con bambini e adolescenti e fornisce nozioni di carattere teorico e pratico che permettono, da un lato di evitare il rischio di non raggiungere i massimi livelli di sviluppo fisico e di prestazione sportiva e di creare situazioni pericolose per la loro salute, e dall'altro di programmare lezioni od allenamenti adeguati alle caratteristiche di soggetti in via di sviluppo.

2003 • libro • pagine 200 • 20,00 euro

Klaus Wirth, Dietmar Schmidtbleicher *Istituto di scienze dello sport, Dipartimento Scienze del movimento e dell'allenamento, Johann-Wolfgang Goethe-Universität, Francoforte sul Meno*

La periodizzazione nell'allenamento della forza rapida

Parte prima: le basi fisiologiche dell'allenamento della forza rapida

3

L'allenamento della forza rappresenta una componente costante della preparazione in tutti gli sport e in tutte le discipline sportive. La gamma dei campi d'intervento per lo sviluppo sistematico della forza è molteplice e si estende dalle misure preventive di irrobustimento generale, dalla preparazione di forza per costruire la prestazione nei vari sport e discipline sportive, fino all'allenamento tipico degli sport nei quali il fattore determinante della prestazione è la forza, come la pesistica. In questa prima parte si trattano le basi fisiologiche e di metodologia dell'allenamento dello sviluppo della forza rapida, mentre la seconda rappresenterà una introduzione alla tematica della periodizzazione, sulla cui base saranno esposti alcuni consigli concreti per la pratica dell'allenamento.

Avvertenza degli Autori

Al lettore non dovrebbe sfuggire che i contenuti di questo lavoro non rappresentano una metanalisi, ma piuttosto una serie di consigli, basata su nozioni scientifiche, per la costruzione dell'allenamento di atleti di alto livello. Per una metanalisi sarebbero state necessarie una presentazione e una discussione degli studi che non confermano i risultati delle ricerche che vengono qui citate o esposte, senza contare la note su ciascuno dei punti discussi nell'articolo. Ma tutto ciò sarebbe andato oltre i limiti di questo elaborato, per cui abbiamo evitato di farlo.

L'allenamento della forza rapida

In molti sport o nelle singole discipline sportive è molto importante il livello d'accelerazione o di velocità che un atleta riesce ad imprimere al proprio corpo (ad esempio, nel salto in lungo o nel salto in alto), ad un oggetto (ad esempio, il peso nel lancio del peso) o a un avversario (negli sport di combattimento). Per questa ragione troviamo una sollecitazione della forza rapida ogni volta che l'esecuzione di un movimento in un determinato lasso di tempo richiede che si sviluppino la forza o la velocità massime possibili. Secondo Schmidtbleicher (1984) con l'espressione *forza rapida* si definisce la capacità del sistema neuromuscolare di produrre un impulso di forza il più elevato possibile nel tempo disponibile. Le compo-

della massa del corpo che deve essere spostato, per l'accelerazione raggiunta e per il tempo per il quale questa accelerazione agisce sul corpo stesso ($p = m \cdot a \cdot t$ o anche $p = m \cdot v$). Poiché la forza (F) è definita dal prodotto della massa per l'accelerazione ($F = m \cdot a$) per l'impulso di forza abbiamo: $p = F \cdot t$.

Ciò vuole dire che per produrre un elevato impulso di forza occorre realizzare un valore di forza più elevato possibile nel periodo di tempo disponibile. Se si considera che il fattore *tempo*, generalmente è limitato mentre normalmente il fattore massa è *costante*, si evidenzia il fattore *accelerazione* o, quanto meno l'importanza che assume un elevato valore di accelerazione. La formazione di un impulso di forza dipende da molti fattori. Il primo è rappresentato dal ruolo svolto dalla

quanto minore è la traiettoria d'accelerazione. Infine, è d'importanza decisiva il livello del massimo di forza realizzato. Se si considera che il grado di espressione della forza esplosiva, tra l'altro, è in relazione con la forza massima (Bührlé, Schmidtbleicher 1982; Bührlé, Schmidtbleicher 1977; Heyden, Droste, Steinhöfer 1988; Hoff 2001; Murphy, Wilson, Pryor 1994; Pearson et al. 2002; Schmidtbleicher 2003) e che ambedue i parametri sono fortemente correlati tra loro ($r = 0,5$ e $0,6$) ((Bührlé 1993; Bührlé, Schmidtbleicher, Ressel 1983) è evidente per quale ragione il livello della forza massima influisce in modo decisivo sulla forza rapida (Deiss, Pfeiffer 1991; Kraemer, Newton 1994; Schmidtbleicher 1980). Nelle loro ricerche sull'allenamento sia Hoff (2001) sia Häkkinen, Komi (1985) sono riusciti a stabili-

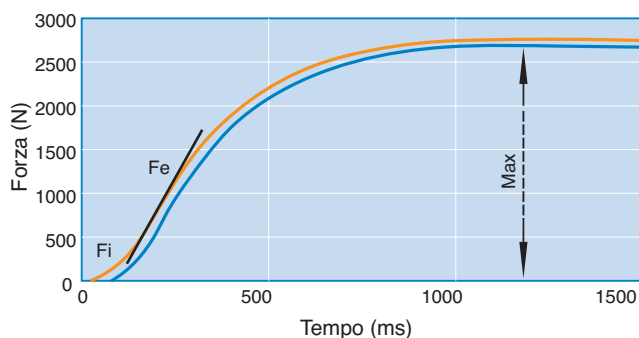


Figura 1 – La curva forza-tempo: Fi, forza iniziale; Fe, forza esplosiva; Max, forza massima.

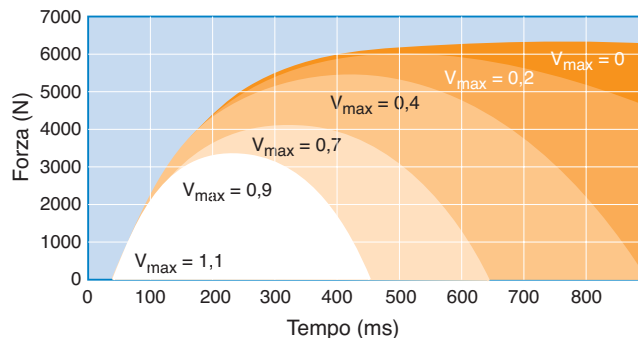


Figura 2 – Massimo di forza dinamica. Fmax, forza massima; Vmax, velocità massima (Hemmling 1994).

nenti della forza rapida sono la *forza iniziale*, la *forza esplosiva* e la *forza massima*. Inoltre, essa dipende dalla sezione muscolare trasversale, dalla composizione delle fibre e dalla frequenza degli impulsi con la quale è attivata la muscolatura (de Marées 2002). Occorre notare che nella letteratura dedicata alla scienza dell'allenamento i concetti "forza rapida" e "forza esplosiva" spesso sono utilizzati come sinonimi (Komi, Häkkinen 1989).

In questo lavoro inizieremo, anzitutto, dalla descrizione dal punto di vista della fisica del rapporto esistente tra la forza e la velocità che deve essere impressa ad una determinata massa, per poi spiegarlo ulteriormente sul piano fisiologico.

Dal punto di vista puramente fisico la velocità (v) impressa alla massa di un corpo dipende dal prodotto dell'accelerazione (a) per il tempo (t) per il quale questa accelerazione può agire sul corpo stesso ($v = a \cdot t$). Il processo attraverso il quale si imprime una determinata velocità ad una massa è definito *impulso* (p). La sua grandezza è rappresentata dal prodotto

durata dell'azione della forza che dipende dalla lunghezza della traiettoria d'accelerazione e dalla grandezza della resistenza: un peso elevato può essere mosso solo più lentamente di uno scarso. In questo caso, ovviamente, la forza prodotta dall'atleta agirà più a lungo sulla resistenza e l'impulso globale prodotto sarà maggiore, ma sarà utilizzato prevalentemente per vincere la forza di gravità del corpo che deve essere mosso e non per la sua accelerazione. Inoltre, è molto importante la velocità di sviluppo della forza. Ciò vuole dire che è necessaria l'espressione migliore possibile delle capacità di forza iniziale e di forza esplosiva (che sono determinanti per il regime di salita della forza). Si definisce *forza iniziale* la capacità di produrre un'elevata salita della forza nel momento iniziale della contrazione (da 25 a 30 ms), mentre con *forza esplosiva* si definisce il suo massimo incremento per unità di tempo in una curva forza-tempo. Secondo Martin, Carl e Lehnertz (1993) la velocità finale della resistenza che deve essere accelerata è tanto più dipendente dalla forza iniziale e dalla forza esplosiva

re che dopo un allenamento plurisettimanale della forza si produce un incremento della forza esplosiva. Il rapporto tra maggiore forza massima e prestazione di forza rapida, comunque, diminuisce quanto più si riduce il peso che deve essere spostato (Hohmann, Lames, Letzelter 2002; Kaneko et al. 1983; Kraemer, Newton 1994; Toyoshima, Miyashita 1973; Verchoshanskij 1995; Zatsiorsky 1995). In altri termini: maggiore è il peso da spostare, maggiore è l'influsso della forza massima (Bosco 1992; Delecluse 1997; Kanelo et al. 1983; Komi 1979; Komi 1989; Komi, Häkkinen 1989; Murphy, Wilson, Pryor 1994; Schmidtbleicher 1985c; Schmidtbleicher 1992; Zatsiorsky 1995). Contro una resistenza scarsa, quindi, può essere realizzata solo una parte del valore massimo di forza possibile.

Per questo Letzelter, Letzelter (1990) scrivono che, contro un peso di 3,5 kg può essere impiegato solo circa il 40% della forza massima: questo massimo valore di forza ottenuto con un determinato peso è definito *dynamic strenght maximum*, massimo di forza dinamica (figura 2).

La causa che viene addotta per spiegare per quale ragione contro resistenze scarse si riesce ad attivare solo una parte della forza massima è che quando aumenta la velocità di accorciamento del muscolo, diminuisce anche il massimo tempo possibile di contatto tra le molecole di actina e di miosina, per cui la percentuale di tempo della fase di contatto nell'intero ciclo diventa minore. Poiché i ponti trasversali si debbono staccare già poco tempo dopo la formazione del loro contatto, senza avere il tempo necessario per la costruzione della forza, in media, dal punto di vista statistico, diminuisce la percentuale dei ponti trasversali associati nel muscolo e con essa la forza prodotta (cfr. Müller 1987; Schnabel, Harre, Borde 1994).

Ma, poiché un valore elevato di forza esplosiva dipende notevolmente dalla forza massima è evidente per quale ragione essa svolge un ruolo importante, ad esempio, per ottenere elevate misure nel lancio del peso, anche se questo attrezzo con i suoi 7,25 kg può essere considerato un peso relativamente scarso (in confronto alle migliori prestazioni nella distensione alla panca che nei migliori lanciatori di peso del mondo spesso superano i 200 kg). Stone et al. (2003) nei lanciatori di peso sono riusciti a stabilire correlazioni da 0,67 a 0,75 tra la massima forza isometrica della catena degli estensori degli arti inferiori e le misure raggiunte nel lancio. Moss et al. (1997) hanno potuto accertare che, grazie ad un incremento della forza massima, esiste un significativo aumento della velocità di movimento contro un peso di soli 2,5 kg. In alcuni studi si è riusciti a dimostrare che grazie ad un allenamento della forza massima abbinato ad un allenamento della tecnica si produce un miglioramento della forza di lancio e di tiro (baseball, handball) e della forza del movimento di calcio (calcio) (De Proft et al. 1988; Dutta, Subramaniam 2002; Hoff, Almásbakk 1995; Newton, Mc Evoy 1994; Lachowetz, Evon, Pastiglione 1998; Manolopoulos, Papadopoulos, Kellis, 2005). In varie ricerche su giocatori di calcio sono state rilevate correlazioni di $r = 0,74-0,85$ (estensori della gamba) o di $0,60-0,85$ (flessori dell'anca) tra i risultati nel test di forza degli estensori degli arti inferiori e dei flessori dell'anca e prestazioni di tiro (peso del pallone da 410 a 450 g) (Asami, Togati 1968; Cabri et al. 1988; De Proft et al. 1988; Narici, Sirtori, Mognoni 1998). Homann, Lames, Letzelter (2002) a tale riguardo parlano di superamento di una resistenza media, nel quale l'obiettivo è quello di imprimere ad essa la massima velocità finale possibile per raggiungere la massima distanza di lancio, che ancora una volta dipende dalla velocità massima



di sviluppo della forza o dalla forza esplosiva. O'Shea (1985b) ricorda che: "[...] maggiore è la forza del lanciatore, migliore è il risultato. Finora questo modo di ragionare si è dimostrato valido". L'allenamento della forza può contribuire ad aumentare la forza del colpo (Dengel et al. 1987), anche quando si deve accelerare solo una estremità, ad esempio, l'arto superiore nel pugilato. Per questa ragione, anche negli sport di combattimento una serie di Autori e allenatori consigliano un allenamento con carichi elevati per migliorare la velocità del colpo (Cordes 1991; Dengel et al. 1987; Ebben, Blackard 1997; Fleck, Kearney 1993, 65; Hobusch, Mc Clellan 1991, Shilstone 1986; Shilstone, Couzen 1993; Shirley 1992; Yessis 1985). Lo sviluppo della forza massima, però, tende ad un *optimum*, intendendo con ciò che, secondo lo sport o la disciplina sportiva, un incremento del livello di forza massima influisce fino ad un certo punto sul miglioramento dalla prestazione (Hedrick 1993; O'Shea 1985b). È importante affermare, però, che l'effetto positivo di un

allenamento della forza dipende notevolmente dall'esecuzione di un allenamento della tecnica del movimento di gara, diretto a favorire il necessario *transfer*.

Se si trattano poi le forze di reazione a terra nelle partenze dello sprint che sono da due a cinque volte il peso corporeo (Lafortune, Valiant, Mc Lean 2000; Mero 1988) e che fino alla fine della fase positiva di accelerazione restano da due a tre volte superiori a tale peso (Allmann 1985; Joch 1992; Schmidtbleicher 2000) è evidente l'importanza che assume il livello di forza massima per la fase di partenza e accelerazione nello sprint (Blazevich, Jenkins 1998; Blazevich, Jenkins 2002; Capen 1950; Delecluse et al. 1995; Delecluse 1997; Fujimoto et al. 1995; Grosser, Zimmermann, Ehlenz 1985; Hedrick 1993; Heyden, Droste, Steinhöfer 1988; Hoff, Berdalh 2000; Mero 1988; Morin, Belli 2003; Polhemus et al. 1980; Sheppard 2003; Stone et al. 1998; Taingahue, Sleivert 2000; Wisloff et al. 2004; Young 1993; Young 1995; Young, McLean, Ardagna 1995). Al momento dello stacco nel salto in alto e nel salto in lungo le forze di reazione misurate superano da quattro a dieci volte il peso corporeo, nelle ricadute con rimbalzo da altezze diverse da otto a quattordici volte e addirittura di più secondo l'altezza di caduta (Allmann 1984; Dursenev, Raevsky 1982; Schmidtbleicher 2000).

Un maggiore livello di forza massima è importante anche per quella fase dello sprint nella quale si deve mantenere una elevata velocità di movimento, poiché un'elevata forza massima rappresenta una condizione fondamentale per la capacità della muscolatura scheletrica di produrre ripetutamente piccoli impegni di forza per il movimento di corsa (Verchoshanskij 1992; Schmidtbleicher 2003). Un miglioramento della forza esplosiva e della forza massima, dunque, può influire positivamente sulle prestazioni di forza rapida sia cicliche sia acicliche (Baker, Nance 1999; Hoff, Berdhal 2000; Stone et al. 2003; Verchoshanskij 1992, 1995; van den Tillmar 2004; Wisloff et al. 2004, 286; Young 1995). Meckel et al. (1995) hanno suddiviso alcune velociste in tre classi di risultati sui 100 m e hanno trovato differenze significative tra i tre gruppi per quanto riguardavano la forza massima della catena degli estensori della gamba rapportata al peso corporeo.

Successivamente gli Autori hanno correlato i migliori tempi sui 100 m delle trenta atlete ai valori relativi di forza, ottenendo una correlazione molto significativa di $r = -0,887$ ($p < 0,001$). A questo riguardo Lakomy (2000, 2) scrive che: "La massima forza che un muscolo riesce a produrre è proporzionale all'area della sua sezione trasversa: maggiore è l'area, maggiore sarà la massi-

ma forza prodotta. Di conseguenza, se la velocità di sprint è correlata alla forza muscolare, è ovvio che una grande area della sezione trasversale dei muscoli interessati all'attività di corsa rappresenterà un vantaggio." La possibilità di un miglioramento delle prestazioni di forza rapida attraverso un incremento delle forze massime, però, dipende notevolmente dallo stato di allenamento già esistente (Kraemer, Newton 1994). Così, grazie all'aumento del livello di forza massima o di un allenamento della forza è stato possibile ottenere un incremento della prestazione verticale di salto in gruppi di lavoro diversi, formati da soggetti di vario livello di prestazione, che andava da persone non allenate ad atleti di alto livello (Adams et al. 1992; Anderst, Eksten, Koceja 1994; Berger 1963; Butcher et al. 2001, 158; Capen 1950; Clutch et al. 1983; Costello 1984; Fagan, Doyle-Baker 2000; Fatourus et al. 2000; Ford et al. 1983; Fry et al. 1991; Häkkinen, Komi 1985; Hoff, Berdhal 2000; Holtz, Divine, McFarland 1988; O'Shea, O' Shea 1989; Polhemus, Burkhardt 1980; Polhemus et al. 1980; Shimp-Bowerman 2000; Silvester et al. 1982; Stowers, McMillan, Scala 1983; Toumi et al. 2001; Toumi et al. 2004; Trzaskoma, Trzaskoma 2000; Venable et al. 1991). Häkkinen (1993) attraverso le prestazioni

ottenute da giocatrici di pallavolo nei test di forza massima e di forza di salto durante tutta la stagione ($n = 7$) è riuscito a dimostrare che le variazioni di ambedue i parametri mostravano una correlazione di $r = 0,9$ ($p < 0,01$).

Carlock et al. (2004) in atleti e atlete praticanti sollevamento pesi (ventotto atleti, ventisei atlete) hanno stabilito correlazioni, rispettivamente, di $r = 0,79$ e $0,93$ per gli uomini e di $r = 0,76$ e $0,82$ per le donne tra la massima potenza ottenuta (in Watt) durante test diversi di forza di salto (*Squat Jump*, *Counter Movement Jump*) e la $1RM^1$ nell'accosciata massima, nello strappo e nello slancio. Un rapporto che è stato trovato anche in altri studi (Baker 2001a, 2001b, 2001c; Baker, Nance 1999; Baker, Nance, Moore 2001; Fujimoto et al. 1995).

Tuttavia, maggiore è il livello di forza già raggiunto minore sarà il contributo che lo sviluppo della forza massima potrà fornire al miglioramento delle prestazioni di forza rapida (Alen, Häkkinen, Komi 1984; Baker 1994, 1996, 2001b; Häkkinen, Komi 1985; Häkkinen et al. 1987; Hasegawa et al. 2002; Kaneko et al. 1983; Kraemer, Newton 1994; Mosse et al. 1997; Pampus 1995). Come esporremo più avanti, in questo caso, però occorre tenere conto dell'influenza di ulteriori fattori.

Il cammino che porta ad elevate prestazioni di forza rapida passa, anzitutto, per lo sviluppo della sezione trasversale del muscolo, in quanto rappresenta il parametro influente decisivo per una notevole forza massima (Brehuem Abe 2002; Burger, Burger 2002; Caterisano et al. 1999; Fleck, Kraemer 2003; Fujimoto et al. 1995; Fukunaga et al. 2001; Goldspink, Harridge 2003; Harris, Dudley 2000; Hasegawa et al. 2002; Izquierdo et al. 2002; Maughan, Watson, Weir 1983). Il livello di formazione della massa muscolare, però, presenta anche esso la tendenza ad un *optimum* (Bompa 1996), in quanto, in molti sport o, per esempio in alcune discipline dell'atletica leggera, un peso corporeo eccessivamente elevato deve essere considerato un ostacolo. Attualmente però non è possibile fornire una risposta univoca alla domanda su cosa si debba ritenere ottimale per ogni disciplina specifica. Si tratta di un tema oggetto di frequenti discussioni e controversie. Comunque, Radcliffe, Farentinos (1999) considerano lo sviluppo di una forza di base e di una muscolatura ben formata il presupposto più importante per potere affrontare carichi elevati nella diverse fasi dell'allenamento. A questo proposito anche Moos (1985) scriveva che: "Non esiste alcuna prevenzione migliore dei traumi di un corsetto muscolare ben sviluppato."



Per arrivare da una muscolatura ben formata ad un'elevata forza rapida, però, è anche necessario essere in grado di sfruttare il potenziale muscolare, intendendo con ciò il controllo della muscolatura da parte del sistema nervoso. A tale riguardo si debbono citare i fattori nervosi che influiscono sul regime della forza: modulazione della frequenza, reclutamento e sincronizzazione².

Un migliore reclutamento significa capacità di attivare volontariamente o di coinvolgere nel processo della contrazione il massimo numero possibile di unità motorie. Nei soggetti non allenati questa capacità è molto meno pronunciata che in soggetti allenati alla forza. Già nel 1961, Ikaï, Steinhaus ricordavano che le persone normali sono in grado di esprimere volontariamente solo circa il 70% del loro potenziale assoluto di forza misurato attraverso elettrostimolazione, mentre la soglia di mobilitazione negli atleti allenati può trovarsi al 90% circa. Ciò è stato confermato da ulteriori ricerche di Akima et al. (2000). Inoltre Komi et al. (2000) hanno fornito prove di un più intenso reclutamento delle fibre FT ad elevate velocità di movimento.

Per buone prestazioni di forza rapida, inoltre, è importante la frequenza con la quale possono essere attivate le unità motorie. Le frequenze di scarica con le quali si possono attivare le unità motorie si trovano tra 10 e 60 Hz. Nelle manifestazioni di forza esplosiva, però, si può arrivare a frequenze di scarica fino a 100 Hz. Mentre la forza massima si raggiunge già a frequenze relativamente basse di circa 55 Hz (Sale 2003), elevate frequenze d'attivazione nervosa portano soprattutto ad una ripida salita della forza che va nel senso del miglioramento della forza esplosiva (Aagaard et al. 2002; Sale 1988). Sale (2003) è riuscito a provare un incremento della forza esplosiva attraverso un tasso più elevato d'impulsi all'inizio della contrazione. Ciò potrebbe avere come conseguenza un reclutamento precoce delle fibre di II tipo, che rappresenta, ancora una volta, un argomento a favore di un allenamento con carichi massimi, rispetto a quello attraverso il metodo della forza rapida³ in quanto ci si può aspettare che la coordinazione intramuscolare cambi soprattutto attraverso un allenamento con azioni muscolari massime. Un ulteriore effetto di adattamento consiste nel mantenimento di più elevate frequenze di scarica, come è stato possibile provare in atleti allenati alla forza (Mc Donagh, Hayward, Davies 1983). Sembra opportuno anche ricordare l'importanza che assume uno sviluppo volontario esplosivo della forza, senza il quale, se non si tenta di spostare il peso con la contrazione più esplosiva possibile, ci si può aspettare che l'effetto positivo sulla forza esplosiva

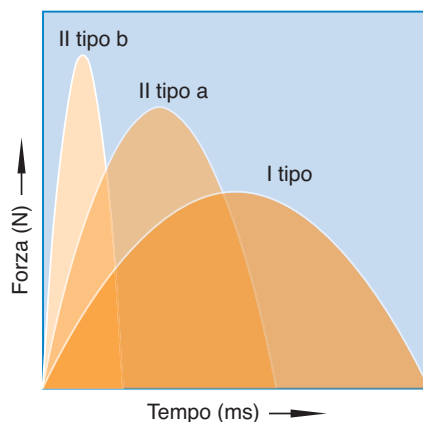


Figura 3 – Comportamento contrattile dei diversi tipi di fibre.



sia molto minore o che – secondo il livello di allenamento – addirittura sia assente (cfr. Behm, Sale 1993; Leonid, Gundega 2000; Mazzetti et al. 2000; Müller 1985; Tokeshi et al. 1998; Young, Bilby 1993). Il risultato dello sforzo di eseguire una contrazione più esplosiva potrebbe essere che, tentando di esprimere forza esplosiva, si attivino contemporaneamente più unità motorie, che equivarrebbe ad una migliore sincronizzazione (cfr. Küchler 1983). Perciò, questa attivazione sincrona del massimo numero possibile di unità motorie è d'importanza capitale per una buona formazione di un regime di forza esplosiva (Komi 1989; Sale, McDougal 1981) e rappresenta un fenomeno che si trova soprattutto in atleti di sport che hanno bisogno di uno sviluppo molto notevole della forza massima (Felici et al. 2001; Millner-Brown, Stein, Lee 1975).

Un ruolo importante per elevate prestazioni di forza rapida è svolto dalla composizione

delle fibre del muscolo (Chu 1996; Coyle, Costill, Lesmes 1979; de Mareés 2002; Izquierdo et al. 2002; Powers, Howley 1994; Tihanyi, Apor, Fekete 1982). Una percentuale elevata di fibre di II tipo è un vantaggio decisivo. Poiché gli effetti dell'ipertrofia della muscolatura scheletrica riguardano in primo luogo le fibre di II tipo (Abernethy et al. 1994; Garfinkel, Cafarelli 1992; Jostarndt-Fögen, Billeter, Hoppeler 1977; Klitgaard, Zhou, Richter 1990; McCall et al. 1996; Ostrowski et al. 1997; Staron et al. 1991; Staron et al. 1994) un'elevata percentuale di questo tipo di fibre rappresenta la base per un accentuata crescita dello spessore della muscolatura e, quindi, indirettamente, per lo sviluppo della forza massima. Così, Mero et al. (1981) hanno trovato correlazioni medie (0,47; $p < 0,05$) tra massima forza isometrica degli estensori della gamba e la percentuale di fibre di II tipo del m. vasto laterale (figura 3).

Poiché le fibre a contrazione rapida, inoltre, hanno bisogno da 30 a 80 ms per raggiungere il loro valore massimo di tensione, rispetto ai circa 90-140 ms delle fibre lente (Faulkner, Claflin, Mc Cully 1986, Green 1986, Hollmann, Hettinger 2000; Howald 1989; Müller 1987; Pahlke 1999; Weicker, Strobel 1994; Tidow, Wiemann 1994a; Wilmore, Costill 2004; Zatsiorsky 1992) e la velocità di conduzione nervosa dei motoneuroni alfa che innervano le fibre rapide è maggiore di quelle lente (cfr. Tidow, Wiemann 1994), un'elevata percentuale di fibre di II tipo dovrebbe avere un'influenza positiva su una rapida espressione della forza.

A questo proposito Viitasalo, Komi (1978) sono riusciti a provare che un'elevata percentuale di fibre rapide comporta anche più elevati valori di forza esplosiva. Per la capacità di prestazione di forza, la composizione delle fibre è tanto più importante quanto più aumenta la velocità di un movimento (Berg, Keul 1985; Coyle, Costill, Lesmes 1979; Tihanyi, Apor, Fekete 1982). Sia la curva forza-velocità, sia la curva forza-potenza sono influenzate dalla composizione delle fibre o dal grado di loro formazione. Una elevata percentuale di fibre di II tipo provvede sia a valori più elevati di forza sia a un rendimento meccanico più elevato ad ogni velocità angolare (cfr. Powers, Howley 1994). Ciò si spiega, tra l'altro, con una più elevata attività dell'ATPasi nelle fibre muscolari rapide (Egerton, Roy, Gregor, Rugg 1986; Faulkner, Claflin, Mc Cully 1986). Inoltre, la velocità di conduzione del potenziale d'azione dei motoneuroni alfa che attivano le fibre rapide va da 80 a 90 m/s, mentre nelle fibre lente è da 60-70 m/s (Pette 1980).

Inoltre, le fibre rapide sono collegate a motoneuroni alfa di dimensioni maggiori

con una più elevata frequenza di scarica (fibre di II tipo: da 30 a 60 impulsi al secondo; fibre di I tipo: da 10 a 20 impulsi al secondo) e munite di placche motorie di dimensioni maggiori. Pahlke (1999) ricorda a questo proposito che una attivazione regolare della muscolatura scheletrica, ad esempio attraverso l'allenamento sportivo, incrementa i processi metabolici nei motoneuroni alfa attivati. Questo adattamento ha carattere specifico secondo se nel processo di contrazione sono coinvolti motoneuroni di grandi o di scarse dimensioni. Inoltre, cambia il nervo efferente che trasporta l'eccitazione, in quanto aumenta il volume sia dell'assone sia della guaina mielinica, che, a sua volta, porta ad una velocità maggiore di conduzione (cfr. Edds 1950; Pahlke 1999; Wedeles 1949). Tra l'altro, si è riusciti a stabilire che gli atleti presentano una maggiore velocità di conduzione delle persone normali (Huang, Chang, Hsieh 2005; Kamen, Taylor, Beehler 1982; Lehnert, Weber 1975) e si è riusciti a dimostrare che, attraverso un allenamento contro resistenze elevate, si può arrivare ad un aumento della velocità di conduzione nervosa (Hutton 1989; Kroth, Wittekopf 1988; Singh, Maini 1980). Anche le placche motorie si adattano alle richieste incrementando la loro superficie e aumentando le sostanze trasmettitorie (cioè i neurotrasmettitori) (cfr. Pahlke 1999). I meccanismi fondamentali di adattamento che vengono citati a livello spinale sono una maggiore eccitabilità dei motoneuroni alfa, una riduzione dell'inibizione presinaptica, che comportano un cambiamento del reclutamento e della frequenza (Aagard et al. 1997; Enoka 1997). Questi meccanismi di adattamento e queste qualità fisiologiche fondamentali chiariscono perché la composizione delle fibre sicuramente influenza in modo non trascurabile le prestazioni di forza rapida. (Thorstensson 1989). Faulkner, Claflin, McCully (1986), sono riusciti a dimostrare, inoltre, che il rendimento meccanico sviluppato dalle fibre rapide è di circa quattro volte maggiore di quello delle fibre lente di I tipo. Secondo Rüegg (1990) e Müller (1987) anche la lunghezza delle fibre muscolari ha un'importanza decisiva sulla loro velocità di accorciamento. Con lunghezze maggiori, quindi, la velocità di accorciamento delle fibre aumenta perché si produce un numero più elevato di cicli di ponti trasversali per unità di tempo. Per questa ragione, l'elevata velocità di contrazione richiesta per qualsiasi espressione ottimale delle prestazioni di forza rapida e quindi anche per una salita ripida della curva forza-tempo e affinché si raggiunga rapidamente un potenziale d'azione nel muscolo, dipendono da una serie di fattori (cfr. Weigelt 1997):



- aumento dei processi metabolici e dell'eccitabilità dei motoneuroni alfa (nelle persone allenate);
- elevata velocità di conduzione del potenziale d'azione;
- grado di formazione delle placche motorie;
- capacità di conduzione dei tubuli trasversali (velocità di diffusione della depolarizzazione);
- quantità e velocità maggiore di diffusione di ioni Ca^{++} nello spazio intracellulare, poiché il numero dei ponti trasversali per unità di tempo aumenta grazie a un maggiore e più rapido afflusso di calcio (che dipende dal grado di formazione del reticolo sarcoplasmatico);
- grado di reclutamento delle fibre muscolari;
- frequenza con la quale possono essere attivate le fibre muscolari;
- composizione delle fibre della muscolatura scheletrica (che è in rapporto diretto con la maggior parte dei punti sopraelencati).

Un'ulteriore e importante componente di un buon sviluppo delle forze rapide è rappresentata dalla coordinazione, significando con ciò la coordinazione *intermuscolare*, espressione con la quale si vuole intendere una tecnica del movimento ben sviluppata, senza la quale non sono possibili azioni di forza rapida di qualità elevata. Già nel 1957, Rasch e Morehouse, in una ricerca su un allenamento della forza di sei settimane, nel quale un gruppo si allenava in regime isometrico e un altro in regime dinamico, rilevarono che si riusciva a diagnosticare un aumento della forza massima solo se l'esercizio del test utilizzato per la valutazione era familiare ai soggetti della ricerca. Se si utilizzavano metodi di test non abituali non si rilevavano aumenti o quelli rilevati erano solo scarsi. Berger (1962a, 1963b) riuscì a confermare questi risultati in due ricerche

che dimostrarono ambedue che se l'allenamento era dinamico, una procedura di test con esercizi dinamici rappresentava meglio l'incremento della forza che una con esercizi isometrici e viceversa. Stabili, inoltre, che un allenamento dinamico produceva un miglioramento maggiore delle prestazioni di salto di uno statico e che un aumento significativo della massima forza isometrica non garantiva un miglioramento dell'altezza di salto. Molti Autori (Ball, Rich, Wallis 1964; Larson 1940; Wolbers, Sills 1956) sono riusciti a confermare questo mancato o scarso trasferimento della massima forza isometrica, o dell'allenamento isometrico della forza, alla prestazione di salto.

Rutheford, Jones (1986) attribuiscono i risultati di queste ricerche ad una migliore coordinazione neuromotoria, che comprende sia un controllo simultaneo e/o ottimale della muscolatura maggiormente responsabile del movimento (agonisti), sia anche una interazione ottimale con quei muscoli che partecipano anche essi alla coordinazione del movimento (sinergisti). Lo stesso vale per l'attivazione nervosa dei muscoli che lavorano come antagonisti. Per il muscolo o i muscoli antagonisti di un movimento che, di regola, mantengono una certa attività per la stabilizzazione o la guida delle articolazioni, ciò vuole dire che anche essi debbono essere soggetti ad una attivazione nervosa ottimale per l'esecuzione del movimento (Baratta et al. 1988; Freund, Büdingen 1978). Komi et al. (1978) hanno rilevato una riduzione dell'attività elettromiografica dopo una fase di allenamento della forza con lo stesso sovraccarico submassimale. Ciò fa supporre che, grazie a una sintonia più precisa della muscolatura sollecitata, per superare lo stesso carico è necessaria una minore attivazione nervosa dei singoli muscoli interessati.

Da questi risultati si può dedurre che l'esercizio o la tecnica-obiettivo debbono rimanere sempre una componente dell'allenamento. Non soltanto il movimento vero e proprio dovrebbe essere eseguito ad un livello qualitativamente elevato, ma nei movimenti esplosivi o rapidi anche la velocità d'esecuzione deve restare sempre a livello elevato (Yessis 1989). Se si trascura l'addestramento della tecnica motoria si produrranno elevate perdite di transfer delle capacità di forza che sono state acquisite. Così, in alcuni studi si è riusciti a dimostrare che l'effetto sulla prestazione massima di salto della combinazione di salti e allenamento della forza era superiore a quella di un allenamento che prevedeva solo salti o solo un allenamento della forza (Adams et al. 1992; Baker 1996; Fatouros et al. 2000; Toumi et al. 2004). Anche in questo caso, però, vale, la limitazione che abbiamo citato precedentemen-



te: il livello di allenabilità della forza influisce in modo decisivo sugli effetti sulla prestazione di salto che ci si debbono aspettare dal suo allenamento (Hasegawa et al. 2002; Kraemer, Newton 1994). Ogni volta che si affronta il problema dei metodi adatti all'allenamento della forza nasce la discussione quale di essi sia il più efficace per produrre un aumento della forza rapida. Di regola vengono confrontati gli effetti sulla forza rapida del metodo delle massime contrazioni, del metodo della forza rapida e di un allenamento basato sulla produzione della più elevata potenza fisica possibile (allenamento nella zona della soglia della potenza muscolare).⁴ Per rispondere alla domanda su quale sia il migliore metodo di allenamento della forza si deve tenere conto di questi aspetti:

1. il livello di prestazione dell'atleta;
2. la grandezza della resistenza che si deve superare nell'esercizio di gara;
3. i punti deboli e quelli di forza dell'atleta.

Se l'atleta si trova ad un livello di risultati relativamente basso si potranno ottenere miglioramenti dei risultati con tutti e tre i metodi citati in quanto si tratta, comunque, di un addestramento delle capacità coordinative e di incremento della forza (Baechle, Earle, Wathen 2000; Komi, Häkkinen 1989; van den Tillman 2004; Young 1991). Però più l'atleta migliora più sarà necessario che i diversi metodi di allenamento siano utilizzati in modo differenziato (Deiss, Pfeiffer 1991; Pampus 1995). Fondamentalmente, non ci si dovrà chiedere "O...o" (cfr. Shea 1985b; Young 1991), ma piuttosto: "Quando, cosa, per quale ragione?". La risposta a questa domanda dipende da quali adattamenti fisiologici si debbono provocare per continuare a migliorare la prestazione dell'atleta. Minore è la resisten-

za esterna nell'esercizio di gara (o nell'esercizio che si vuol migliorare), maggiore sarà la velocità di movimento che ci si deve attendere. Ne consegue che, ancora una volta, avrà un ruolo decisivo la coordinazione intermuscolare (Fleck, Kraemer 2003; Schnabel, Harre, Borde 1994).

A questo proposito, in molti Autori che hanno affrontato questa tematica troviamo un malinteso. Se si vuole produrre un movimento globale rapido anche quando la resistenza esterna è scarsa, si deve tendere a una salita della forza più ripida possibile e all'elevata accelerazione dell'attrezzo di gara o delle estremità che ne deriva, poiché la traiettoria di accelerazione disponibile è limitata. L'argomento che viene addotto per giustificare il ricorso al metodo della forza rapida o a quello di un allenamento alla soglia della potenza fisica è lo sviluppo di una elevata velocità di accorciamento muscolare. È indiscusso che un allenamento della forza ha un effetto positivo sulla velocità di movimento, ma ci sarebbero adattamenti specifici alla velocità di movimento realizzata in allenamento (Clarke, Henry 1961; Coyle, Feiring 1980; Coyle et al. 1981; Caiozzo, Perrine, Edgerton 1980; McBride et al. 2002; Sale, Mac Dougall 1981; Schnabel, Harre, Borde 1994; Stone, O'Bryant 1987; Withley, Smith 1966; Zatsiorski 1985). Ora, qui si trascurano due aspetti: da un lato l'effetto, del quale abbiamo già parlato, per cui se aumenta il livello di forza massima la resistenza esterna o l'estremità che debbono essere accelerate, considerate in termini relativi, diventano più "leggeri" e perciò possono essere accelerati meglio, e dall'altro che la velocità di movimento lenta dell'allenamento con sovraccarichi elevati può essere "tamponata" senza problemi con altri contenuti di allenamento (allenamento della tecnica). Si deve tenere

conto, inoltre, che contro resistenze da scarse a medie non è possibile produrre le elevate tensioni muscolari che sono molto importanti sia per lo sviluppo della forza sia per quello della massa muscolare (Sale, Mac Dougall 1981).

A questo proposito, spesso in modo confuso o errato, i concetti: "velocità di movimento", "velocità di accorciamento" e "velocità di contrazione" sono usati come sinonimi (cfr. Deiss, Pfeiffer 1991; de Mareés 2002; Fleck, Kraemer 2003; Grosser, Zimmermann, Ehlenz 1984; Verchoshanskij 1995). L'espressione *velocità di accorciamento* definisce un intervallo di tempo entro il quale un muscolo o una fibra muscolare si accorciano di una determinata misura. Secondo Müller (1987) la massima velocità di accorciamento del muscolo dipende dalla velocità di contrazione dei singoli sarcomeri e dal numero dei sarcomeri in serie, dunque dalla lunghezza del muscolo. Di regola, prescindendo da preparati muscolari in esperimenti su animali, si stabilisce in base alla comparsa di un movimento rapido in una o più articolazioni. Però, spesso, si dimentica che, anche in movimento monoarticolare, ad esempio, la flessione di un arto superiore, più muscoli sono responsabili della rapida esecuzione del movimento.

Si evidenzia così, ancora una volta, quanto sia importante la coordinazione intermuscolare anche per la rapidità di un movimento molto facile e significa che la responsabilità di un movimento rapido non va attribuita alla capacità di un muscolo singolo di accorciarsi rapidamente, ma all'interazione di più muscoli. Per questa ragione sembra difficile ridurre l'aumento della velocità di movimento a una sola causa, cioè ad una maggiore velocità di accorciamento del muscolo.

Quando si esamina una curva forza-tempo, misurata in regime isometrico, ci si deve chiedere, invece, a cosa sia dovuta la ripidità di salita della forza. Poiché in regime isometrico origine e inserzione del muscolo si avvicinano solo in modo insignificante e, di conseguenza, anche il grado di accorciamento del muscolo o delle fibre muscolari può essere solo scarso, se ritorniamo alla definizione precedente, la velocità di accorciamento del muscolo dopo alcuni millisecondi è uguale a zero. In questo caso sembra più sensato parlare di velocità di contrazione del muscolo, definita come il tempo necessario ad un muscolo per raggiungere una determinata quantità di tensione o come velocità di salita della tensione muscolare (Pampus 1992; Tidow, Wiemann 1993). Martin, Carl e Lehnertz (1993) a questo proposito parlano di "velocità di formazione della forza" o di una "capacità di contrazione rapida".



Come abbiamo visto precedentemente i diversi tipi di fibre muscolari presentano velocità diverse di contrazione. Se si considera che ogni muscolo scheletrico è composto da tutti e tre i tipi di fibre, la velocità di accorciamento del muscolo è determinata dalla somma delle velocità di contrazione delle singole fibre o tipi di fibre e, perciò, dipende dalla composizione delle fibre e dalla successione con la quale sono reclutate quando, in una esecuzione esplosiva del movimento, è necessario un reclutamento simultaneo di tutti i tipi di fibre (Edman 2003; Plisk 2000; Tidow, Wiemann 1993). Ed è proprio questa velocità di contrazione che – con il presupposto che venga fatto uno sforzo di volontà per ottenere una contrazione quanto più esplosiva possibile – deve essere incrementata attraverso un allenamento con contrazioni massime. Poiché questa rapida salita della forza può essere realizzata solo contro carichi molto elevati, se non massimi, appare evidente perché questo metodo di allenamento della forza sia d'importanza fondamentale per l'allenamento della forza rapida e per quale ragione un allenamento alla soglia della potenza muscolare o secondo il metodo della forza rapida possono avere solo carattere integrativo (Baker 1996; Berger, Henderson 1966; Bührle 1989; Cronin, McNair, Marshall 2002; Harris et al. 2000, 18; Hoff, Berdahl 2000; McClements 1966; Fleck, Kraemer 2003; Pipes 1979; Radcliffe, Farentinos 1990; Tokeshi et al. 1998; Young 1991), tanto più perché le intensità che si utiliz-

zano nei metodi che abbiamo appena citato dipendono direttamente dal grado di espressione della forza massima (Berger, Henderson 1966; Cronin, McNair, Marshall 2002; Haller 1995; Malandino 1999; McClements 1966; Mosse et al. 1997; Murphy, Weilson, Pryor 1994; Stone et al. 2003; Tokeshi et al. 1998).

Nella discussione su quali siano i metodi di allenamento più efficaci, inoltre, si trascura che generalmente gli studi che provano l'efficacia o la superiorità del metodo della forza rapida e di un allenamento alla soglia della potenza muscolare, riguardano interventi di allenamento a breve termine che durano poche settimane, condotti su campioni di soggetti deboli o non allenati. Non c'è da meravigliarsi, dunque, che la combinazione tra un movimento relativamente veloce (coordinazione intermuscolare) e un aumento della forza sia quella che produce i risultati migliori, se come criterio di scelta si introducono le prestazioni nel test di forza di salto. Ma, poiché le massime prestazioni meccaniche sono state trovate negli atleti con elevati livelli di forza massima è evidente che lo sviluppo della forza massima deve essere considerato il fattore decisivo nel processo di allenamento a lungo termine.

Ciò non vuole dire che i metodi che abbiamo citato devono essere considerati insensati o superflui, ma che la loro utilizzazione selettiva rappresenta una ragionevole integrazione (cfr. Harris et al. 2000; Tidow, Wiemann 1994b; Toumi et al. 2001; Young 1989).

Si può affermare che fondamentalmente ciò che determina la velocità d'accorciamento del muscolo è il rapporto tra forza massima del muscolo e la forza opposta (la resistenza da superare) (Pampus 1995). In questo quadro, secondo l'obiettivo dell'allenamento, si possono utilizzare il metodo della forza rapida o un allenamento nella zona della soglia della potenza muscolare (anche se si deve notare che le zone d'intensità di questi due metodi di allenamento della forza quasi si sovrappongono e fondamentalmente ciò non permette di considerarli due metodi di allenamento diversi). Alcuni Autori, sbagliando, suppongono che il metodo della forza veloce e un allenamento alla soglia della potenza muscolare siano il modo migliore per incrementare questa velocità di contrazione, ammesso che realmente si parli di essa (Ehlenz, Grosser, Zimmermann 2003).

Per riassumere, si può affermare che si può scegliere di sviluppare al massimo la velocità di accorciamento e di contrazione combinando allenamento della tecnica e il metodo con contrazioni massime (metodi CI; CI = coordinazione intramuscolare) oppure, combinando gli altri due metodi di allenamento della forza con un allenamento della tecnica, sviluppare al massimo la velocità di accorciamento, aumentando però solo mediamente o addirittura senza aumentare – ciò dipende dal livello di prestazione – la velocità di contrazione. Come abbiamo già ricordato alcuni Autori propongono, come metodo più adatto per lo sviluppo della velocità di contrazione, un

allenamento secondo il metodo della forza rapida, ma non portano alla sua conclusione logica il ragionamento che hanno iniziato: se un allenamento con un sovraccarico che si trova nella zona dal 30 al 70% di 1RM (cfr. De Mareès 2002; DLV 1993; Ehlenz, Grosser, Zimmermann 2003), rispetto ad un allenamento senza una resistenza più elevata porta ad un miglioramento della velocità di contrazione, perché questo effetto cesserebbe di colpo a partire da una intensità del carico superiore al 70% o se si scelgono pesi più elevati? Che il ragionamento non venga portato fino alle sue estreme conseguenze si può spiegare solo con la mancata separazione dei concetti di velocità di contrazione, velocità di movimento e di accorciamento. La velocità di contrazione certamente dovrebbe aumentare, però, non appena la velocità di movimento e quindi anche la velocità di accorciamento diminuiscono eccessivamente, si presume, sbagliando, che anche la velocità di contrazione si riduca. Ma non è così.

Per concludere, a questo punto, citiamo Schnabel, Harre; Borde (1994, 329):

“I sovraccarichi nell'allenamento della forza massima con contrazione concentrica raggiungono dal 85 al 100% della FM (forza massima), [...] Con un elevato sforzo di volontà si deve sempre realizzare una velocità di contrazione “esplosiva” e – nelle condizioni di resistenza esistenti – la massima velocità di accorciamento muscolare possibile (cioè una elevata velocità di movimento). L'allenamento esplosivo della forza nel quale si superano resistenze da elevate a massime non solo aumenta il livello della prestazione di forza massima, ma anche la velocità di movimento su tutta la gamma delle resistenze, dalle massime alla minime. Questo tipo di allenamento della forza massima, perciò crea anche le basi che determinano il risultato nelle prestazioni di forza rapida”.

Già negli anni '70, soprattutto per quanto riguardava la velocità aciclica di movimento fu possibile dimostrare che l'efficacia di un metodo con massime contrazioni esplosive è superiore a quello degli usuali metodi della forza rapida (Bührlé, Schmidbleicher 1977; Schmidbleicher 1980).

La bibliografia dell'articolo originale può essere consultata e scaricata da www.calzetti-mariucci.it

Gli Autori: Dott. Klaus Wirth, collaboratore scientifico dell'Istituto di Scienze dello sport della Johann-Wolfgang Goethe Universität, Francoforte sul Meno, Dipartimento Scienze del movimento e dell'allenamento.

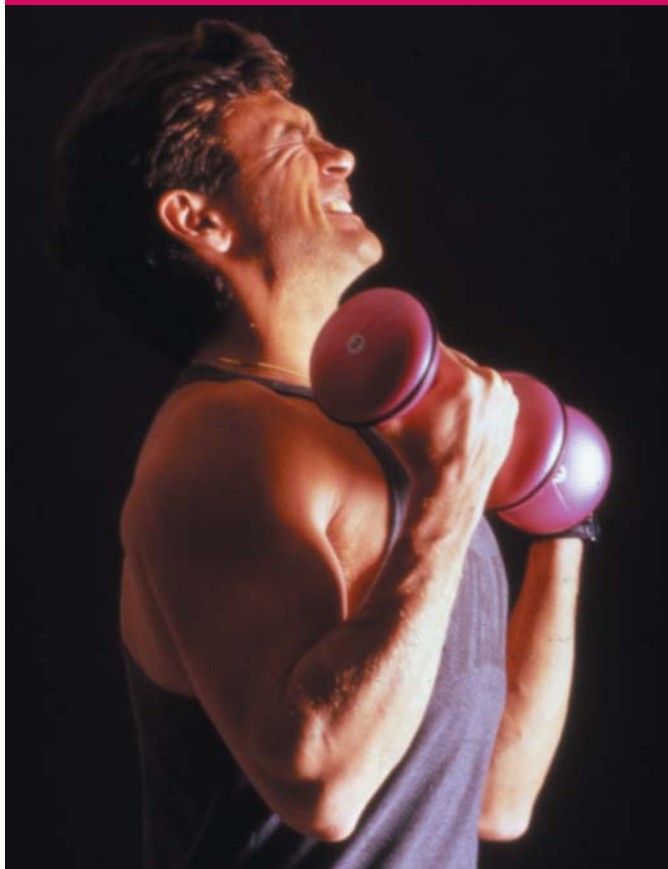
Prof. dott. Dietmar Schmidbleicher, titolare di cattedra per le scienze dello sport, Istituto di Scienze dello sport della Johann-Wolfgang Goethe Universität, Francoforte sul Meno, Dipartimento Scienze del movimento e dell'allenamento.

Traduzione di M. Gulinelli da Leistungssport, 1, 2007, 35-40. Titolo originale: *Periodisierung im Schnellkrafttraining*.

Note

- (1) Una ripetizione massima (1 RM); per 1 RM si intende la massima quantità di peso che può essere spostata in una sola ripetizione di un esercizio (Nota del Redattore).
- (2) Come noto la forza che un muscolo può esprimere è il risultato della sommazione dei valori di forza di ogni singola unità motoria. La forza contrattile di una unità motoria, a sua volta, è regolata dalla frequenza di scarica del suo motoneurone, ovvero dal numero dei potenziali d'azione che questo invia al muscolo nell'unità di tempo. Il sistema nervoso gradua la forza contrattile di un muscolo in due modi. Da un lato può cambiare il numero delle unità motorie attivate: più ne vengono attivate più intensa sarà la forza. Questo meccanismo è definito *reclutamento*. Dall'altro il sistema nervoso può variare la frequenza d'impulso dei potenziali di azione: maggiore è la frequenza degli impulsi, maggiore è la forza contrattile dell'unità motoria. Questo meccanismo viene definito *modulazione della frequenza (rate modulation)*. Quando, per generare un movimento preciso e fluido, le unità motorie sono coinvolte più contemporaneamente possibile in un processo di contrazione si parla di *sincronizzazione* (Nota del Redattore).
- (3) Nell'articolo sono citati e discussi vari metodi di allenamento della forza quali il metodo delle massime contrazioni, il metodo della forza rapida e un allenamento basato sulla produzione della più elevata potenza fisica possibile (allenamento nella zona della soglia della potenza muscolare). Le denominazioni dei vari metodi sono state tradotte letteralmente senza cercare un adattamento alla terminologia in uso in Italia o in altri Paesi (ad esempio, quelli di lingua inglese). Per una migliore comprensione riportiamo quali sono caratteristiche essenziali di questi metodi, secondo fonti degli Autori e della letteratura di lingua tedesca:
Metodo delle massime contrazioni (esplosive): intensità dello stimolo (peso in % di 1 RM): dal 90 a 100%; ripetizioni per serie: da 3 a 6; serie per unità di allenamento (per gruppo muscolare): da 1 a 3; pausa tra le serie: 6 min; velocità di contrazione: esplosiva.
Metodo della forza rapida (metodo degli impegni di forza balistico-esplosivi): intensità dello stimolo (peso in % di 1 RM): dal 30-40%; ripetizioni per serie: da 6 a 8; serie per unità di allenamento: da 3 a 5; pausa tra le serie: 3-5 min; velocità di contrazione: da rapida a esplosiva (senza diminuzioni della velocità massima).
Metodo dell'allenamento alla soglia della potenza muscolare: intensità dello stimolo (peso in % di 1 RM): dal 55-60%; ripetizioni per serie: da 6

- a 8; serie per unità di allenamento: da 3 a 5 (qualora si misurino la velocità di movimento o l'impulso massimo l'esercizio viene interrotto non appena diminuiscono); pausa tra le serie: 3-5 min; velocità di contrazione: da rapida a esplosiva (Nota del Redattore).
- (4) La massima potenza muscolare, che rappresenta la misura della velocità con la quale una forza produce lavoro, si raggiunge quando esiste un rapporto ottimale tra resistenza da vincere (peso) e la sua velocità. Lehnertz, Pampus (1989), tenuto conto che nella maggior parte dei movimenti sportivi non si tratta di spostare il massimo carico possibile, ma o di realizzare la massima potenza muscolare possibile (negli sport di forza rapida) o di mantenere una potenza muscolare media il più a lungo possibile (negli sport di resistenza) ritengono che la misurazione della potenza muscolare sia anche la grandezza di misura più importante per la determinazione della capacità di forza e per calcolare l'intensità del carico nei metodi del suo allenamento. A tale proposito (cfr. Lehnertz, Pampus 1989; Martin et al. 1993) hanno esposto un metodo attraverso il quale misurando la variazione dell'impulso di accelerazione del peso di allenamento si può calcolare la cosiddetta *soglia della potenza muscolare* rappresentata dal punto culminante della curva della potenza muscolare, mentre il peso con il quale si ottiene la massima potenza è definita *peso soglia*. Secondo loro la variazione della soglia della potenza muscolare durante il processo di allenamento fornisce una misura precisa dello sviluppo della forza. Inoltre, attraverso essa sarebbe possibile determinare l'intensità del carico meglio che attraverso la misurazione dei valori della massima forza isometrica e di quella concentrica. Il concetto di soglia della prestazione muscolare è stato introdotto come parametro dell'intensità nell'allenamento della forza da Lehnertz, Pampus (1988) e Pampus (1989) partendo dalla soluzione ancora insoddisfacente del dosaggio del carico e quindi del problema dell'efficacia dell'applicazione dello stimolo nel processo di allenamento della forza. Occorre ricordare che nel 1992, Bosco, partendo da altre considerazioni e senza alcun riferimento al lavoro di Lehnertz, Pampus fece notare che nell'abituale controllo dell'intensità con parametri basati sulla forza massima non si teneva conto di una caratteristica fondamentale del regime di forza, cioè la velocità, e presentava un'apparato elettromeccanico (*Ergopower Bosco System*) attraverso il quale l'atleta grazie all'informazione immediata sulla prestazione da lui realizzata poteva dirigere in modo individuale il suo allenamento (Bosco 1992) (Nota del Redattore).



Nuovi sviluppi dell'allenamento della forza

L'allenamento della forza, che godeva di grande popolarità nel XIX secolo e il cui valore nello sport diretto al mantenimento della salute è stato offuscato dal prevalere dell'allenamento aerobico (cfr. Siff 2004), in questi ultimi anni ha assunto una importanza sempre maggiore. Se alle origini esso si trovava alla base soprattutto della preparazione degli atleti dei cosiddetti "sport di forza", successivamente, per la sua efficacia nel miglioramento delle capacità fisiche, è stato integrato ed è divenuto una componente necessaria dell'allenamento in quasi tutti gli sport. E recentemente ha assunto una posizione di primo piano anche nello sport riabilitativo e in quello diretto allo sviluppo della salute, tanto da essere utilizzato anche con persone anziane e con patologie croniche. Così i metodi e i programmi di allenamento per il miglioramento delle varie modalità di espressione della forza, sviluppati nello sport competitivo, in forma modificata e adeguatamente adattata sono attualmente utilizzati anche nello sport praticato a scopi riabilitativi e salutari. Negli ultimi anni, nello sforzo di creare reazioni di adattamento specifiche, ottimali e più rapide possibile sono stati sviluppati nuovi metodi di allenamento della forza. Due di tali metodi, l'allenamento desmodromico e quello vibratorio, sono oggetto di un articolo di review (*Neuere Entwicklungen im Krafttrainig muskuläre Anpassungsreaktionen bei verschiedenen Krafttrainingsmethode*, Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 58, 2007, 1, 12-18) di Brigitte Friedmann – campionessa del mondo sui 3000 m nel 1980 – attualmente direttrice del Gruppo di ricerca sugli adattamenti all'allenamento della forza del VII Reparto di medicina interna (medicina dello sport) della Clinica universitaria dell'Università Karl Ruprecht di Heidelberg. Per quanto riguarda le reazioni di

adattamento del muscolo scheletrico all'allenamento della forza, come scrive la Friedmann, è noto che dopo che si è iniziato un allenamento di questa capacità si osserva un adattamento neuromuscolare con incremento dell'attività nervosa e un miglioramento della sincronizzazione delle unità motorie, che si esprime in tipici cambiamenti dell'EMG. L'attivazione di un numero maggiore di unità motorie con la contemporanea riduzione dell'attività degli agonisti produce un rapido miglioramento delle capacità di forza. Successivamente, se si prosegue nell'allenamento per più settimane o mesi, si produce uno sviluppo dell'ipertrofia, per il quale si mostrano particolarmente efficace un allenamento combinato concentrico/eccentrico con un peso/una resistenza del 60-85% di 1RM, con da 6 a 20 ripetizioni per set, da 5 a 6 set per gruppo muscolare e 2-3 minuti di pausa tra i set. Alcuni studi effettuati con tomografia a risonanza magnetica hanno oggettivato la formazione di una ipertrofia del muscolo quadricipite femorale e del muscolo bicipite brachiale dopo un simile allenamento della forza. Un quadro riassuntivo dei loro risultati si trova nella tabella 1.

Sia per quanto riguarda la formazione dell'ipertrofia muscolare sia il miglioramento della forza massima esiste una notevole variabilità individuale, che riguarda ambedue i sessi. Le capacità di forza di un muscolo, però, non sono determinate solo dalla sua sezione trasversale, ma anche dalle proprietà contrattili e metaboliche delle sue fibre. Poiché esistono diverse isoforme, sia per la maggior parte delle proteine strutturali delle miofibrille, sia per gli enzimi del metabolismo energetico muscolare, esistono tipi diversi di fibre muscolari. Ad esempio, una possibilità di differenziazione tra fibre di II tipo A, fibre di II tipo X e fibre lente di I tipo è la diversa attività dell'ATPasi in isoforme diverse delle catene pesanti di miosina. Una differenziazione dei singoli tipi di fibre è anche possibile per via immunoistochimica utilizzando anticorpi specifici. Attualmente si parla di fibre di II tipo X (o D), che sono state a lungo denominate fibre di II tipo B (cfr. tabella 2). Questa denominazione, oggi, si utilizza, di regola, per fibre muscolari più veloci che non sono state trovate però nei muscoli delle estremità degli umani. La velocità di contrazione delle fibre muscolari di II tipo X più veloci dell'uomo è leggermente minore di quella delle fibre di II tipo B. Grazie all'analisi delle singole fibre si sa che una fibra muscolare può contenere più di una isoforma di catene pesanti di miosina (MHC = *Myosin Heavy Chain*). Per rilevare quale sia la distribuzione globale delle isoforme di MCH nel muscolo spesso si esegue una separazione delle MCH mediante elettroforesi in gel di poliacrilammide (SDS-PAGE) dall'omogeneizzato muscolare. Come ricorda la Friedman, è noto che gli atleti di alto livello degli sport di forza e forza rapida, anche se con una grande variabilità interindividuale, in media posseggono una percentuale di fibre di II tipo maggiore degli atleti degli sport di resistenza e l'importanza della percentuale di fibre rapide per lo sviluppo della forza è stato provato, ad esempio, da uno studio (Aagaard, Andersen 1998), che in biopsie del m. vasto laterale ha trovato una correlazione lineare significativa ($r = 0,929$) tra le percentuali di MHC e lo sviluppo della forza concentrica in un test isocinetico di forza massima. Poiché le fibre muscolari posseggono un elevato potenziale adattativo, la distribuzione dei tipi di fibre può cambiare a seguito di un carico regolare di allenamento. Ma, mentre in molti studi, dopo un allenamento della forza della durata di varie settimane è stato rilevato nel m. vasto laterale un aumento della percentuale di fibre di II tipo A, con la contemporanea diminuzione di quelle di II tipo X, indice di una trasformazione di queste ultime in fibre di II tipo A, una trasformazione delle fibre lente in fibre rapide è quasi impossibile, anche se in due ricerche sull'effetto di un allenamento della forza del tronco si sono trovate prove di una simile trasformazione: così in uno studio di Kai et al. (1999) dopo un allenamento della forza massima, la percentuale di MHC IIa nel m. trapezio di donne non allenate aumentava a spese di quelle delle MHC IIb(x) e delle MHC I, mentre Liu et al. (2003), dopo la combinazione di un allenamento della forza massima con un allenamento concentrico della forza di scarsa intensità, ma con elevata velocità di movimento, descrivono un aumento delle MHC IIa con un contemporaneo decremento delle MHC I e nessun cambiamento delle MHC IIx nel m. tricipite brachiale di studenti di educazione fisica. Per quanto riguarda la sezione trasversale delle fibre, la Friedman ricorda che negli studi sulle differenze tra atleti degli sport di forza rapida e di forza e soggetti non praticanti sport o atleti degli sport di resistenza sono state trovate sezioni trasversali delle fibre rapide di II tipo, significativamente maggiori nei primi. I risultati delle ricerche sulle fibre di I tipo sono meno univoci, in quanto riferiscono sia di sezioni trasversali maggiori anche di queste fibre,

Allenamento	Campione	Sezione muscolare	Forza massima	Riferimenti
Muscolo quadricipite femorale				
6 mesi	7 sportivi del tempo libero	19,2% (22 cm ²) ↑	29,6% ↑	Narici et al. 1996
21 settimane	a) otto uomini non allenati b) otto atleti di sport di forza	a) 5,6% (5,5 cm ²) ↑ [-1,8% n.s.]	a) 19% ↑ b) 7% ↑	Ahtainen et al. 2003
24 settimane	85 donne non allenate	6,6% (4,2 cm ²) ↑	32% ↑	Kraemer et al. 2004
6 settimane	17 atleti con esperienza di allenamento della forza	6,6% (6,0 cm ²) ↑	22,9% ↑	Friedmann et al. dati non pubblicati
Muscolo bicipite brachiale				
12 settimane	12 atleti con esperienza di allenamento della forza	12,2% (1,5 cm) ↑	25% ↑	McCall et al. 1996
24 settimane	85 donne non allenate	13,00% (1,1 cm) ↑	27,5% ↑	Kraemer et al. 2004
12 settimane	a) 342 donne b) 243 uomini	a) 17,9% (2,4 cm ²) ↑ b) 20,4% (4,2 cm ²) ↑	a) 64,1% ↑ b) 39,9% ↑	Hubal et al. 2005

Tabella 1 – Sinossi degli studi su giovani adulti nei quali le misurazioni della sezione trasversa della muscolatura più sottoposta ad allenamento (quadricipite femorale, o bicipite brachiale), prima e dopo un allenamento convenzionale concentrico-eccentrico della forza massima e della forza rapida, sono state eseguite con tomografia a risonanza magnetica. Le frecce indicano aumento (da Friedmann 2007).

sia della assenza di differenze. Altrettanto non univoci sono gli studi sull'allenamento della forza, in quanto in molti di essi, dopo un allenamento plurisettimanale eccentrico/concentrico della forza aumentava significativamente la sezione sia delle fibre di II tipo sia di quelle di I tipo, mentre in altri si evidenziava un aumento significativo o una tendenza ad esso solo nelle fibre di II tipo. È interessante che questo tipo di allenamento non produce cambiamenti solo nella composizione delle fibre e nella loro sezione trasversale, ma anche nell'architettura del muscolo con cambiamenti dell'angolo di pennazione che è chiaramente maggiore nei muscoli ipertrofizzati, influenzando così le qualità contrattili di un muscolo. Per lo sviluppo dell'ipertrofia muscolare è necessario un incremento delle proteine contrattili e non contrattili. Un allenamento della forza influenza sia la sintesi sia la demolizione delle proteine, ma attualmente abbiamo maggiori conoscenze sul primo che sul secondo di questi processi. Circa tre ore dopo un'unità di allenamento la sintesi proteica aumenta e ciò può durare fino a 48 ore. Mentre l'incremento acuto della sintesi proteica è determinato da cambiamenti della regolazione traslazionale e posttraslazionale, dopo ripetute unità di allenamento della forza si può stabilire che esiste un aumento del tasso dell'mRNA delle proteine miofibrillari. Questo incremento della trascrizione avviene grazie ad un aumento dell'attività dei mionuclei esistenti e una incorporazione dei nuclei delle cellule satelliti. Dopo un allenamento plurisettimanale della forza, rispetto a soggetti non allenati, è stato trovato un numero maggiore di mionuclei per sezione trasversale delle fibre sia in atleti degli sport di forza sia in soggetti di alcune ricerche. In alcuni studi, dopo un allenamento concentrico/eccentrico della forza, si è osservato un aumento dell'espressione del mRNA di isoforme di MHC. La tabella 2 offre un quadro sinottico degli studi sulle reazioni morfologiche di adattamento e sui cambiamenti nell'espressione dei geni dopo un allenamento della forza massimale concentrico/ eccentrico. Le reazioni di adattamento muscolare sono provocate da stimoli meccanici, da reazioni metaboliche e da cambiamenti ormonali. La traduzione di questi stressori fisiologici in un incremento

della traslazione, una proliferazione e/o differenziazione delle cellule satelliti o in cambiamenti della trascrizione è complessa e in parte ancora non ben conosciuta.

Passando all'analisi degli effetti di due relativamente nuovi metodi di allenamento della forza, l'allenamento *desmodromico* e quello *vibratorio*, la Friedmann ricorda che da anni atleti di vertice degli sport di forza rapida e di forza ricorrono ad un allenamento desmodromico della forza nella convinzione che questa forma di allenamento sia superiore all'allenamento convenzionale della forza per la formazione di una muscolatura potente. L'allenamento desmodromico è un allenamento eseguito a macchine controllate da un computer con un carico eccentrico maggiore in confronto all'allenamento convenzionale eccentrico/concentrico della forza.

Attualmente è possibile un allenamento desmodromico monoarticolare per il ginocchio (estensione), il gomito (flessione/estensione) e le spalle (flessione/estensione). Per un allenamento che interessi più articolazioni esistono macchine desmodromiche per gli arti inferiori (*leg-press*), una macchina per trazioni e un apparato per l'allenamento degli estensori del dorso. Nell'allenamento desmodromico, a differenza di quello isocinetico, la velocità varia, mentre rispetto all'allenamento eccentrico/concentrico della forza esso rende possibile un carico relativamente uniforme sia durante l'azione muscolare concentrica sia durante quella eccentrica. Poiché il massimo sviluppo volontario della forza durante un'azione muscolare eccentrica è maggiore che durante una concentrica, nell'allenamento convenzionale della forza – che viene eseguito con un sovraccarico (peso di allenamento) assoluto quasi uguale – il carico eccentrico è sempre relativamente minore di quello concentrico. In un allenamento desmodromico della resistenza alla forza durante l'azione eccentrica il carico è circa 2,3 volte, in uno della forza massima 1,9 volte più elevato che durante il carico concentrico. Il carico eccentrico ha chiaramente un'importanza particolare nell'adattamento muscolare. In alcune ricerche si è osservata una crescita della sezione trasversale del muscolo, soprattutto delle fibre di II tipo A solo

Tipi di fibre	I	II A	IID o X	IIB
Presenza	Uomo/mammiferi	Uomo/mammiferi	Uomo/mammiferi	Solo mammiferi
Isoforma di MHC prevalente	I	Ila	IId (2 x)	II b
Tipo di contrazione	lenta	rapida	rapida	molto rapida
Affaticabilità	scarsa	media	elevata	molto elevata
Flusso sanguigno	elevato	elevato	scarso	scarso
Metabolismo				
Attività dell'ATPase	scarsa	media	elevata	elevata
Tasso di fosfati energetici	scarso	medio	elevato	elevato
Capacità glicolitica	scarsa	media	elevata	elevata
Capacità ossidativa	elevata	elevata	media	scarsa
Metabolismo lipidico	elevato	medio	scarso	scarso

Tabella 2 – Quadro riassuntivo sui tipi di fibre della muscolatura scheletrica e delle loro proprietà presenti soprattutto nell'uomo o nei mammiferi (MHC: Myosin Heavy Chain, catene miosiniche pesanti) (da Steinacker et al. 2002).

Allenamento	Campione	Muscolo	Suddivisione dei tipi di fibre		Sezione delle fibre	Espressione dell'mRNA	Riferimenti bibliografici
			Colorazione ATPasi	SDS Page			
19 settimane	8/5 uomini	Vasto laterale	II A ↑ II B ↓ I =	II a ↑ II b ↑ I =	I e II tipo ↑	—	Hather et al. 1991 Adams et al. 1993
8 settimane	21 uomini, 14 donne non allenati	Vasto laterale	II b ↓ I, II A =	II b ↑ I, II a =	I tipo, tipo II A II B =	—	Staron et al. 1994
6 mesi	7 sportivi del tempo libero	Vasto laterale	—	—	Sezione media =	—	Narici et al. 1996
6/9 settimane	9 (8) sportivi/e del tempo libero	Vasto laterale	—	II a ↑ I, II x =	—	—	Carroll et al. 1998
3 mesi	9 uomini non allenati	Vasto laterale	II A ↑ II B ↓, I =	II a ↑ II b = I =	II tipo ↑ I tipo =	—	Andersen et al. 2000
3 mesi	24 sportivi/e del tempo libero	Vasto laterale	II A ↑ II X ↓, I =	—	I tipo, II tipo A II tipo X ↑	I, IIa, IIx =	Hortobágyi et al. 2000
14 settimane	11 uomini non allenati	Vasto laterale	—	I e II =	II tipo ↑, I tipo =	—	Aagard et al. 2001
12 settimane	6 donne e 6 uomini non allenati	Vasto laterale	Fibre ibride?	II a ↑, II b ↓ I =	—	—	Williamson et al. 2001
12 settimane	8 uomini non allenati	Vasto laterale	—	II a e I ↑ II x ↓	—	II a e I tipo ↑ II x ↓	Willoughby et al. 2001
8 settimane	9 uomini non allenati	Vasto laterale	II A B ↑ II B ↓, II A e I =	II a ↑ II x b ↓ I =	I tipo, II tipo A ↑ e II tipo B	—	Campos et al. 2002
10 settimane	9 donne non allenate	Trapezio	—	II a ↓ I, I b ↓	—	—	Kadi et al. 1999
6 settimane	12 studenti di sport allenati	Tricipite brachiale	—	II a ↑ II x ↓ I =	—	lente ↑ II a e II x =	Liu et al. 2003

Tabella 3 – Sinossi degli studi sulle reazioni morfologiche di adattamento del muscolo scheletrico ad un allenamento concentrico/eccentrico della forza massima e della forza rapida di giovani adulti maschi (da Friedmann 2007).

quando l'allenamento della forza prevedeva azioni muscolari eccentriche oltre a quelle concentriche, mentre in due studi controllati a parità di peso assoluto per ambedue le azioni, un allenamento della forza con un carico eccentrico più accentuato portava a un miglioramento significativamente più elevato delle capacità di forza di un allenamento concentrico/eccentrico. In uno studio sugli effetti di un allenamento desmodromico della resistenza alla forza durato quattro settimane in biopsie del m. vasto laterale di soggetti non allenati sono stati trovati aumenti significativi nel mRNA di MHC IIa e di LDH A – un isoenzima dell'LDH che catalizza la reazione da piruvato in lattato e che si trova in concentrazione elevata soprattutto nelle fibre di II tipo A – una tendenza ($p = 0,056$) alla crescita della concentrazione dell'mRNA MHC II X e ($p = 0,084$) della percentuale di fibre di II tipo A, cambiamenti non rilevati nei gruppi che svolgevano un allenamento convenzionale. Un allenamento desmodromico della resistenza alla forza in soggetti non allenati induceva un aumento dell'espressione dei geni delle fibre di tipo veloce. L'ipotesi che ciò potesse essere dovuto ad un aumento del reclutamento di fibre veloci fu rafforzata dai dati di uno studio sugli effetti di un allenamento desmodromico della forza massima in atleti praticanti sport di forza (Bauer et al. 2005). Secondo la Friedmann però occorre guardarsi dall'utilizzazione acritica dell'allenamento desmodromico, soprattutto con soggetti non allenati, in quanto l'aumento del carico muscolare eccentrico significa aumento del rischio di lesioni muscolari.

Un'ulteriore evoluzione nell'allenamento della forza è rappresentata dall'allenamento vibratorio, nel quale durante un allenamento della forza sulla muscolatura che si sta allenando si applicano, per lo più indirettamente, stimoli meccanici, come avviene quanto tutto il corpo dell'atleta e con esso i muscoli che si allenano con piegamenti sugli arti inferiori sono sottoposti a stimoli oscillatori (vibrazioni). Sugli effetti di un allenamento vibratorio sono già stati pubblicati alcuni studi controllati nei quali non soltanto sono state utilizzate frequenze e ampiezze diverse d'oscillazione, ma anche metodi di allenamento della forza e test di forza diversi. Per una rassegna di queste ricerche la Friedmann rinvia ad un lavoro di Luo et al. (2005), ma afferma

che il massimo sviluppo della forza di un muscolo può essere aumentato se, durante un esercizio di allenamento della forza che dura da alcuni secondi a un minuto, si applicano vibrazioni di 30-40 massimo 50 Hz e di un'ampiezza da 0,3 a 0,8 mm. Ciò è dovuto ad un miglioramento dell'attività neuromuscolare, provata in ricerche EMG, tra l'altro a seguito di una inibizione dell'attività degli antagonisti. Questi effetti sono maggiori in atleti allenati alla forza che in soggetti non allenati. In alcuni studi sull'allenamento, condotti finora su soggetti non allenati, l'aumento della forza massima o anche il risultato nei test di salto sono maggiori se durante un allenamento della forza si applicano stimoli vibratori. Finora non sono noti studi sulle reazioni morfologiche di adattamento del muscolo scheletrico umano ad un allenamento vibratorio. Riassumendo, un allenamento dinamico della forza massima e della forza veloce dopo alcuni adattamenti iniziali soprattutto di carattere nervoso produce caratteristiche reazioni adattative di carattere morfologico del muscolo scheletrico: ipertrofia e un aumento della percentuale di fibre di II tipo A nella superficie della sezione trasversale del muscolo. Finora, però, è stato sistematicamente poco studiato come, nei diversi gruppi muscolari, variazioni del peso di allenamento, della velocità d'esecuzione, del volume di allenamento e della durata delle pause agiscano sugli adattamenti morfologici del muscolo scheletrico. Poiché i processi di adattamento si producono soprattutto in quelle fibre muscolari che sono prevalentemente reclutate durante l'allenamento, i programmi per il miglioramento della forza massima e della forza veloce debbono mirare al reclutamento delle fibre veloci di II tipo (con elevata soglia di stimolo). I risultati delle ricerche delle quali disponiamo finora farebbero pensare che un allenamento desmodromico e quello vibratorio possono provocare un maggiore reclutamento delle fibre di II tipo. Ma, prima di potere fornire raccomandazioni concrete e affidabili su ambedue le forme di allenamento ad atleti, persone non allenate e a pazienti sono necessarie ulteriori ricerche.

A cura di Mario Gulinelli

La bibliografia del presente Trainer'Digest può essere consultata e scaricata da www.calzetti-mariucci.it

Gilles Cometti,

Unità di formazione e ricerca Scienze e tecniche delle attività fisiche e sportive, Facoltà di Scienza dello sport, Digione

Giampietro Alberti,

Istituto di Esercizio fisico, salute e attività sportiva, Facoltà di Scienze motorie, Università degli Studi, Milano



La resistenza ai salti

Parte seconda: pliometria e affaticamento pliometrico

In molte discipline sportive il modello della prestazione richiede la ripetizione, spesso in successione rapida, di un elevato numero di salti o di rimbalzi realizzati in modalità ciclica o con differenti forme di impulso. Per descrivere la capacità di eseguire efficacemente queste azioni motorie si è proposto di utilizzare il termine resistenza ai salti, intendendo con esso la capacità di mantenere l'efficienza prestativa del gesto, realizzato in condizioni di regime pliometrico o di lavoro a carattere pliometrico, nonostante l'affaticamento. Nelle azioni di balzo eseguite con modalità intermittente, come nel caso della pallavolo o effettuate in forma ciclica, come in alcune discipline dell'atletica leggera, ci si chiede quali siano i meccanismi che intervengono a limitare la prestazione. Dopo avere illustrato, nella prima parte (cfr. n. 72) alcuni lavori di ricerca che si sono occupati di questo argomento, rivolti a sforzi di tipo molto prolungato, in questa seconda parte si illustrano alcune evidenze scientifiche basate su studi nei quali sono stati valutati gli effetti di serie di 100 salti e rimbalzi realizzati in particolari condizioni sperimentali, che sembrerebbero assegnare, nel processo di affaticamento conseguente ad una successione ripetuta di salti, maggiore importanza alle caratteristiche di tipo neuromuscolare piuttosto che alle cosiddette qualità aerobiche, e le conseguenze applicative che se ne ricavano.

Introduzione

Come si è scritto nella prima parte dell'articolo (cfr. n. 72), il modello prestativo di molte discipline sportive prevede la ripetizione, spesso in successione rapida, di un elevato numero di salti o di rimbalzi realizzati in modalità ciclica o con differenti forme di impulso. Per descrivere la capacità di eseguire efficacemente queste azioni motorie ripetute in successione si è proposto di utilizzare il termine *resistenza ai salti*, intendendo la capacità di mantenere, nonostante l'affaticamento, l'efficienza prestativa del gesto realizzato in condizioni di regime pliometrico o di lavoro a carattere pliometrico. Nelle azioni di balzo eseguite con modalità intermittente, come nel caso della pallavolo o effettuate in forma ciclica, come in alcune discipline dell'atletica leggera, ci si chiede quali siano i meccanismi che intervengono a limitare la *performance*. In questa seconda parte si illustreranno alcune evidenze scientifiche che sembrerebbero assegnare, nel processo di affaticamento conseguente ad una successione ripetuta di salti, maggiore importanza alle caratteristiche di tipo neuromuscolare piuttosto che alle cosiddette qualità aerobiche e si analizzeranno alcuni studi che si sono occupati di valutare gli effetti di serie di 100 salti e rimbalzi realizzati in particolari condizioni sperimentali.

Si era proposta, in coda alla prima parte dell'articolo, una modalità di classificazione terminologica dei vari tipi di balzi, distinguendo anche tra i movimenti pliometrici e quelli a carattere pliometrico. In questa proposta non c'era nessuna pretesa di imporre classificazioni originali, bensì di proporre una "nostra" classificazione che però facesse riferimento a quanto metodologi che hanno da sempre scritto e suggerito sull'argomento: Vittori in Italia e Piron in Francia.

Abbiamo ricevuto il suggerimento, da parte del Responsabile nazionale dei salti in estensione della Fidal, che ringraziamo sia per l'attenzione dedicata a questo lavoro sia per il suggerimento stesso, di inserire nel quadro "balzi orizzontali", i cosiddetti "balzi misti" o "combinati" (ad esempio dx-dx-sx-sx-dx-dx-sx-sx, oppure sx-sx-dx-sx-dx; dx-dx-sx-dx-dx-sx-dx-sx, ecc...) quali mezzi "specifici" comunemente usati dai triplisti.

È ovvio che il suggerimento è corretto, ma non avevamo inserito la variante dei balzi combinati perché a ben pensare suggerimenti analoghi potrebbero venire dalla specificità di altre discipline (peso, disco, martello, giavellotto, oltre che pallavolo, pallacanestro, calcio, ma anche sci alpino, tennis...) i cui tecnici potrebbero, per ognuna, "confezionare" molte altre "varianti di balzi misti" o di tipo combinato, attingendo non solo ai balzi orizzontali, ma anche a quelli verticali eseguiti in forma simultanea, successiva e alternata.



Pliometria "ripetuta" ovvero salti pliometrici eseguiti in successione sulla piattaforma di forza: le ricerche di Skurvydas

Come ricordato, i modelli prestativi di molte discipline sportive prevedono la ripetizione continua di un numero elevato di azioni di salto ed è legittimo chiedersi quale tipo di *training* sia più indicato e adatto a migliorare la prestazione. Per questo è necessario conoscere i fattori che condizionano l'attitudine a ripetere salti di intensità massimale con il minore calo prestativo. Naturalmente è corretto chiedersi se esiste una qualità specifica che alcuni chiamano "resistenza ai salti".

Gli effetti indotti da una serie di 100 salti

Nella loro prima ricerca, Skurvydas e collaboratori (2000) hanno studiato gli effetti dell'affaticamento indotto da 100 salti eseguiti in successione.

La ricerca prevedeva l'esecuzione di due tipi (A e B) di protocolli:

- 100 salti in *Drop Jump (DJ)* con piegamento di 90° al ginocchio effettuati da un'altezza di caduta di 40 cm in ragione di un salto ogni 20 s (figura 1).
- 5 serie di 20 salti con contromovimento (*CMJ*) consecutivi con 10 s di pausa tra le serie (figura 2).

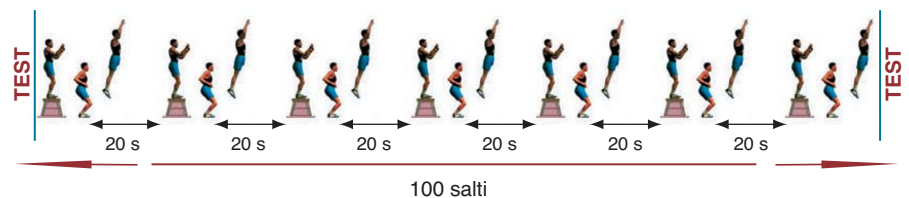


Figura 1 – Protocollo "A", prima modalità di esecuzione di salti (100 Drop jump) eseguiti in successione in ragione di un salto ogni 20 secondi.



Figura 2 – Protocollo "B", seconda modalità di esecuzione di salti verticali con contromovimento eseguiti in ragione di 5 serie da 20 con pausa di recupero di 10 secondi tra le serie.

La capacità di elevazione, mediante test di salto verticale (*Squat Jump* e *CMJ*) e misure di forza sono state valutate prima e dopo le prove di affaticamento. In entrambe le modalità di affaticamento (protocolli A e B) si verificano, senza differenze, le stesse diminuzioni di *performance* ed è interessante osservare che la questa diminuzione nella capacità di elevazione è pressoché identica sia per lo *Squat jump* (*SJ*) che per il *Counter movement jump* (*CMJ*).

Alla fine dei 100 *Drop jump*, nelle tre sessioni di valutazione effettuate (2 min, 20 min e 24 ore) si registra una diminuzione della capacità di salto mentre nel test di salto effettuato a distanza di ventiquattro ore dalle cinque serie di 20 *CMJ* appare un recupero della capacità di elevazione. Si deduce che il *Drop Jump* (salto verticale senza e con ridottissimo piegamento al ginocchio), perlomeno nelle modalità esecutive descritte nel protocollo A, provoca danni muscolari superiori alle serie di *CMJ* (salti verticali con piegamento di 90° al ginocchio) (figure 3, 4). Per entrambe le modalità di salto verticale, le misure di forza massimale del quadricipite (figura 5) si verificano delle diminuzioni significative. Tuttavia nel test effettuato dopo 20 minuti, nel caso del *Drop Jump*, si nota un abbassamento più marcato e anche questo confermerebbe la natura più traumatica di questa modalità di salto.

Le due diverse modalità di salto valutate (100 *Drop Jump* in sequenza intervallata da 20 s di recupero e 5 serie di 20 *CMJ* ciascuna, separate da 10 s di recupero) generano il medesimo calo di performance sulla capacità di elevazione.

Anche dopo 24 ore il processo di recupero non appare completo.

I salti effettuati senza piegamento al ginocchio (*Drop Jump*) mostrano un effetto muscolarmente più traumatizzante rispetto alla concatenazione di salti con contromovimento e piegamento di 90° al ginocchio.

L'affaticamento appare identico sia per i salti senza (*Squat Jump*) che per quelli con contromovimento (*CMJ*).

La capacità di forza massima del quadricipite diminuisce in modo consistente per entrambe le modalità di salto che tuttavia risulta più marcata per il *Drop Jump*, ed anche a distanza di 24 ore dalla prova di affaticamento, non è ancora ritornata al livello di partenza.

Questi studi consentono di trarre delle considerazioni applicative e di riflettere ad esempio su come favorire il recupero dopo una partita che ha comportato numerosi salti e certo la pallavolo, in ragione del suo modello prestativo, potrebbe essere la disciplina più interessata. È importante ragionare anche in base agli studi precedenti: in una partita di pallavolo il palleggiatore realizza circa 130 salti in 5 set, mentre gli altri ne

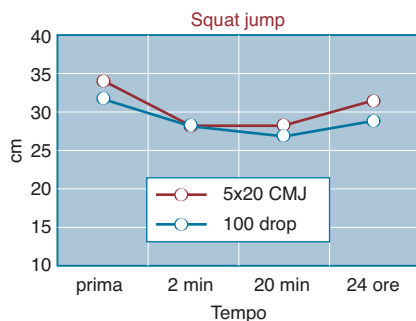


Figura 3 – Evoluzione della performance nel test SJ per le due concatenazioni di salto verticale. In tutte le prove, effettuate dopo affaticamento, si registrano delle diminuzioni che appaiono significative, tranne che per le serie di 5x20 CMJ; a distanza di 24 ore si verifica un recupero della capacità di elevazione.

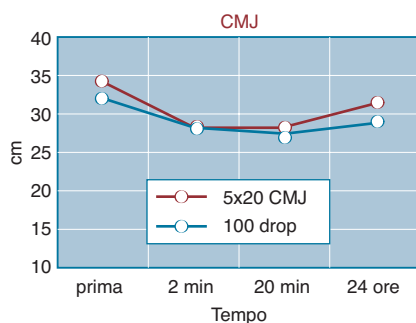


Figura 4 – Evoluzione della performance nel test CMJ per le due concatenazioni di salto verticale. Anche in questo caso, in tutte le prove effettuate, dopo affaticamento si registrano delle diminuzioni che appaiono significative tranne che per le serie di 5x20 CMJ; a distanza di 24 ore si verifica un recupero della capacità di elevazione.

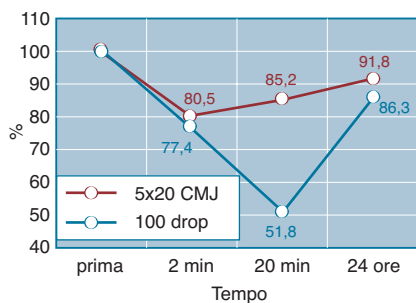


Figura 5 – Andamento della forza massimale del muscolo quadricipite prima dell'affaticamento pliometrico e nelle tre prove successive. La diminuzione appare significativa per le due concatenazioni di salti; dopo 24 ore appare ancora significativa, ma si osserva un inizio di recupero. In effetti rispetto alle valutazioni effettuate 2 min dopo l'affaticamento, l'aumento di forza risulta significativo. Tuttavia, nel caso del *Drop Jump*, alla valutazione effettuata dopo 20 min il calo di forza appare più marcato e ciò conferma che questo tipo di salto comporta effetti muscolari di tipo più traumatizzante.



e eseguono circa 100 (Fontani e coll. 2000). In altre ricerche che hanno analizzato le partite della *World League* (2003) si è constatata una frequenza di salti al minuto compresa tra 0,72 e 1,28 che significa un salto ogni 85 s e un salto ogni 47 s. Rispetto al protocollo dei 100 salti si può quindi rilevare che:

- il modello prestativo della pallavolo è quello che sembra più "vicino" alle modalità di questa ricerca;
- il recupero tra i salti effettuati, rispetto alla ricerca, risulta però da due a quattro volte maggiore;
- l'altezza, il contromovimento e il grado di piegamento dei salti sono però inferiori ai *Drop Jump* con caduta di 40 cm e flessione di 90° al ginocchio. L'intensità delle azioni di salto è dunque inferiore.

Il recupero in questo caso sarà più facile se si possono utilizzare anche i riferimenti della ricerca come indicazioni interessanti per gestire le ore del dopo partita.

Qualità necessarie per esprimere una buona resistenza ai salti

Per migliorare la capacità di recupero nelle situazioni nelle quali si debbono effettuare in ripetizione molti salti è prassi consolidata fare riferimento al lavoro di *endurance*. Tuttavia molti studi dimostrano che in questo tipo di prestazione non sono le caratteristiche metaboliche o energetiche a prevalere. In

una successiva ricerca del 2002, Skurvydas e collaboratori hanno fatto eseguire 100 salti consecutivi in ragione di un salto ogni 20 s. I salti erano effettuati su una piattaforma di forza e in modalità *Drop Jump*: 40 centimetri di altezza, impegno massimale come nella ricerca precedente. I test sono stati proposti prima, subito dopo, e 20 min dopo i salti come è illustrato nella figura 6. I soggetti che hanno preso parte allo studio era divisi in tre categorie tipizzate: non

allenati, sprinter con performance compresa tra 10s5 e 11s00 secondi sui 100 metri, mezzofondisti capaci di correre i 5000 metri in tempi compresi tra 14 min e 14 min30.

I test d'ingresso mostrano le differenze prestantive dei tre gruppi (figura 7) e come era lecito attendersi si nota che gli *sprinter* possiedono dei valori di salto significativamente superiori agli altri. Viceversa i mezzofondisti, tranne che per il *Drop Jump*,

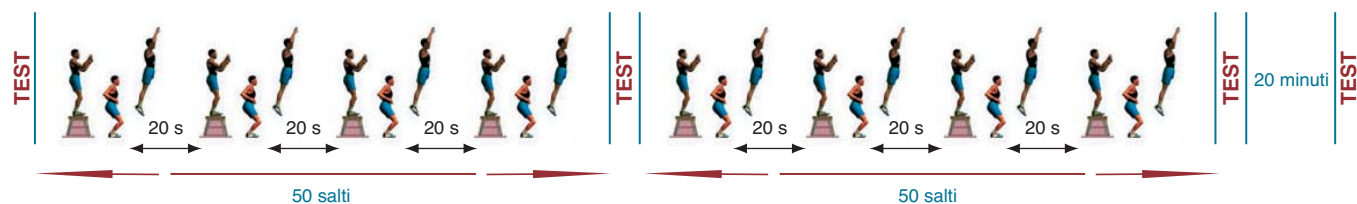


Figura 6 – Schema del protocollo utilizzato nella seconda ricerca condotta da Skurvydas : test effettuati prima dei salti, dopo i primi cinquanta, 2 e 20 min dopo la prova (Skurvydas e coll. 2002).

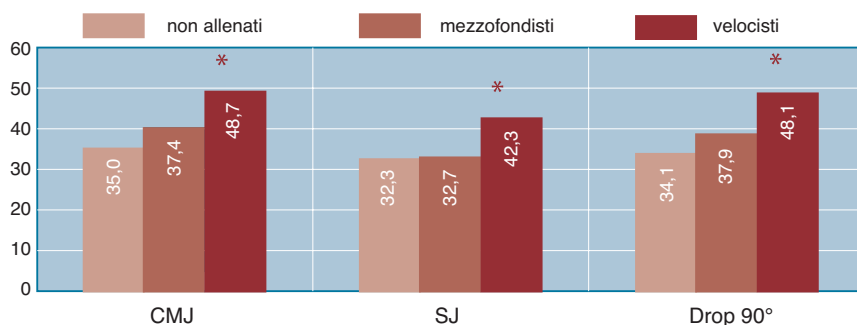


Figura 7 – Prestazioni ottenute nei test iniziali dai tre gruppi nelle tre modalità di salto verticale: salto con contromovimento, Squat Jump e Drop Jump con flessione di 90° al ginocchio (Skurvydas e coll. 2002).

nei salti in modalità *SJ* e *CMJ* non si distinguono dai soggetti non allenati. I risultati più interessanti però sono quelli riferiti al recupero. Nella modalità *CMJ* (figura 8) si nota che gli *sprinter* "perdono" nettamente meno rispetto ai soggetti degli altri due gruppi, mentre i mezzofondisti hanno valori sovrapponibili a quelli dei soggetti non allenati.

Per quanto concerne le performances nel *Drop Jump*, come appare alla figura 9, il gruppo degli *sprinter* esprime un calo prestativo ancora meno accentuato e anche in questo caso il decorso prestativo del gruppo dei mezzofondisti risulta molto contiguo a quello dei soggetti non allenati.

Considerazioni conclusive sulle esecuzioni di salti eseguiti consecutivamente

Le qualità di *endurance* non sembrano intervenire per modificare il recupero negli esercizi dove prevale la dominante neuromuscolare. In questo tipo di prestazioni sembrerebbe che proprio i soggetti che possiedono migliori caratteristiche di tipo neuromuscolare presentino migliori attitudini nel recupero e i fattori di tipo energetico non pare che possano svolgere un ruolo fondamentale nel caso di salti ripetuti. Il concetto di "resistenza ai salti", così come si ritrova negli sport di squadra, non avrebbe dunque un fondamento fisiologico. Per migliorare l'attitudine degli atleti a concatenare dei salti di esecuzione qualitativa è necessario "lavorare" sul miglioramento della capacità di elevazione del singolo salto. In altre parole, più gli atleti miglioreranno la capacità di elevazione e più saranno in grado di eseguire salti in successione senza perdita di *performance* (figura 11).



CMJ

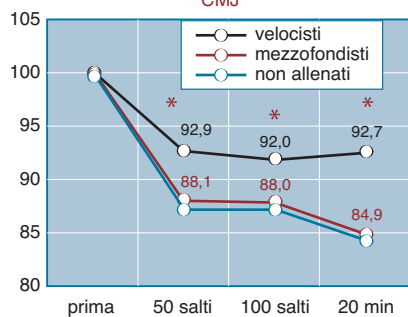


Figura 8 – Andamento delle performance nel salto CMJ ottenute nei test effettuati dai tre gruppi prima, subito dopo 50, subito dopo 100 salti e dopo 20 min espresse in % rispetto ai valori di partenza. Come appare evidente, rispetto agli altri due gruppi, il gruppo degli *sprinter* perde nettamente meno durante il decorso dei test, mentre i risultati ottenuti dai mezzofondisti sono assai vicini a quelli dei soggetti non allenati (Skurvydas e coll. 2002).



Drop jump 90°

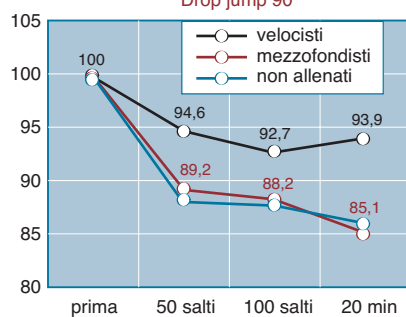


Figura 9 – Andamento delle performances ottenute dai tre gruppi nella prova di Drop Jump effettuato con piegamento al ginocchio (90°). I risultati sono espressi in % rispetto al risultato del primo test e, anche in questo caso, il gruppo degli *sprinter*, rispetto agli altri due, diminuisce in modo marcatamente inferiore la prestazione in tutto il decorso delle prove. Anche in questo caso i valori espressi dai mezzofondisti risultano molto vicini a quelli dei soggetti non allenati.

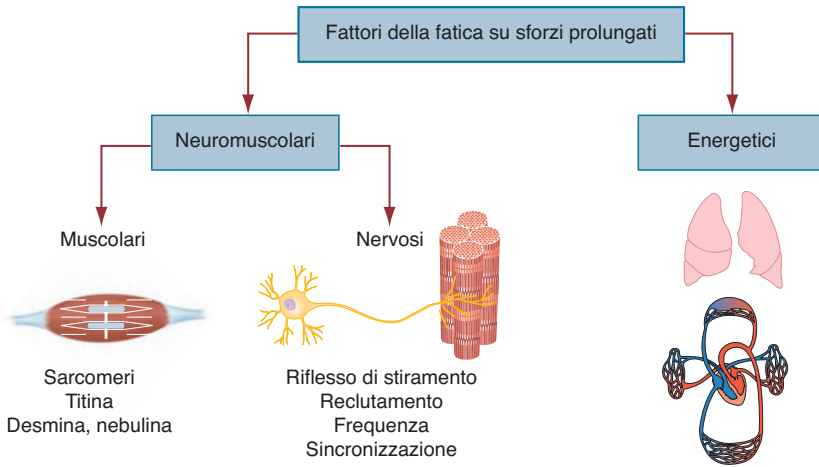


Figura 10 – Come viene riepilogato dallo schema, non sembra possibile spiegare il calo di efficacia conseguente al sopraggiungere della fatica attraverso i soli fattori energetici; anche gli aspetti neuromuscolari svolgono un ruolo fondamentale.

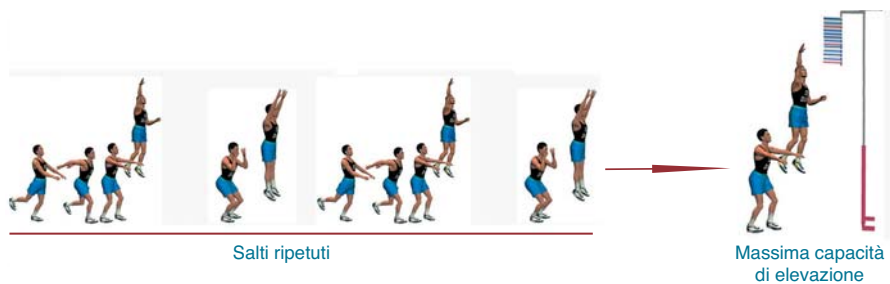
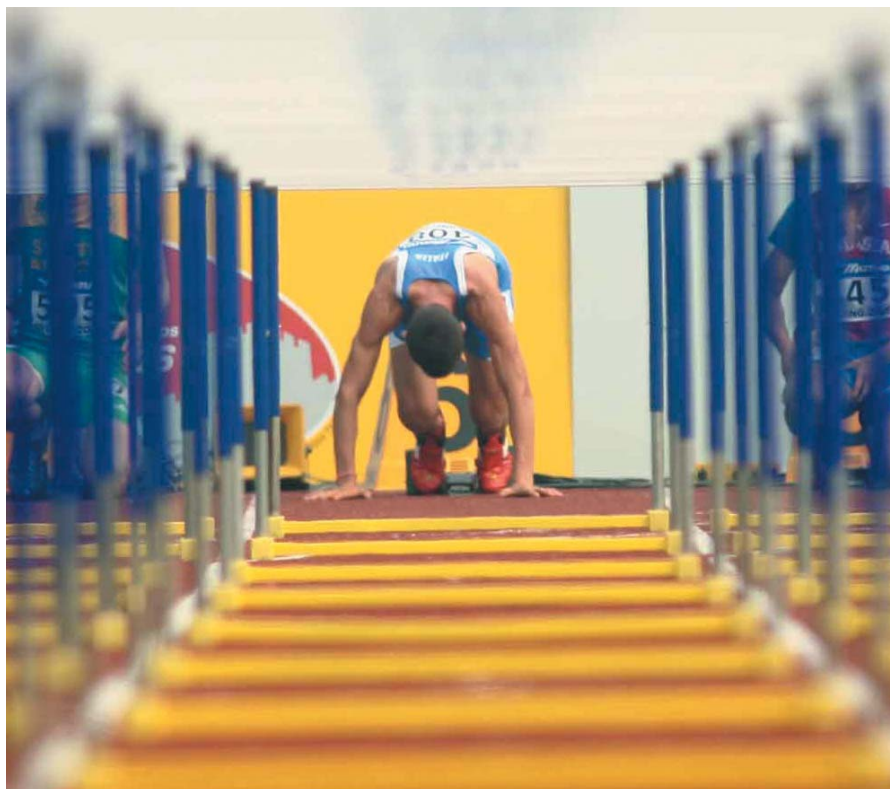


Figura 11 – Strategia per migliorare la resistenza ai salti: migliorare la capacità di elevazione del singolo salto. Per gli sport di squadra, il concetto classico di “resistenza ai salti” non sembrerebbe corretto in questo caso.



Considerazioni applicative sui salti ripetuti

Per migliorare la capacità di elevazione nel caso di salti consecutivi è quindi necessario intervenire sul sistema neuromuscolare. Ma in che modo?

1. Ottimizzando la tecnica del salto.
2. Agendo sui fattori neuromuscolari.
3. Potenziando il sistema muscolare.
4. Lavorando con esercizi pliometrici in condizioni di affaticamento.

L'esecuzione tecnica del salto

La tecnica specifica

Sembra banale affermare che una buona tecnica esecutiva consente di migliorare l'efficacia del salto soprattutto nel caso di salti ripetuti in serie: migliore è la tecnica specifica (schiacciata, muro, tiro...) e più il giocatore sarà capace di concatenare impulsi di stacco senza che le capacità neuromuscolari ne risentano.

È questo un aspetto del *training* che agisce sull'ottimizzazione del gesto tecnico e compete agli allenatori attraverso la gestione dei cosiddetti “fondamentali individuali”. Questo aspetto riguarda prevalentemente i giovani atleti in quanto per i soggetti che appartengono ad un livello di qualificazione più elevata il problema tecnico dovrebbe essere risolto.

La tecnica dei salti di tipo pliometrico

In questo caso si fa riferimento alle regole del lavoro pliometrico o a carattere pliometrico che secondo Piron si possono ricondurre ai tre punti sintetizzati alla figura 12. In altre parole si tratta di fornire al giocatore una buona padronanza e capacità di stacco in riferimento alle tre condizioni descritte.

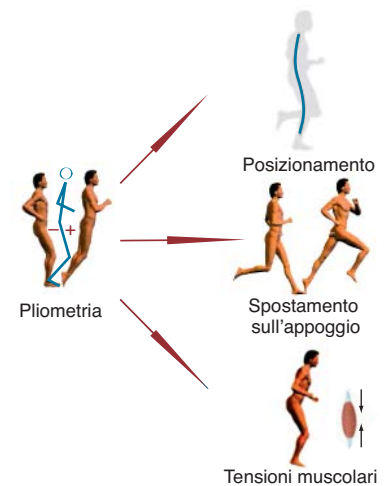


Figura 12 – Le tre regole degli esercizi pliometrici proposti da Piron: posizionamento, spostamento sull'appoggio, tensioni muscolari prodotte.

La padronanza del "piazamento"

Un buon impulso di stacco richiede un corretto allineamento dei vari segmenti del corpo e ciò si ottiene utilizzando esercizi semplici che hanno lo scopo di fare acquisire agli atleti la posizione di "piazamento" o "posizionamento" nella quale la solidità del tronco e la sua postura verticale giocano un ruolo decisivo (figura 13).

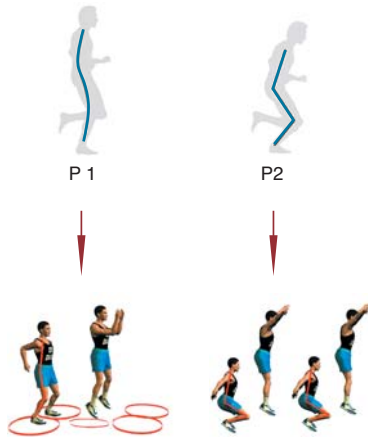


Figura 13 – Esercizi di variazione di posizionamento o piazzamento: con uso di cerchi e modesto piegamento al ginocchio (piazamento con allineamento verticale, ad angoli di piegamento poco accentuati) e con balzi simultanei e piegamento molto accentuato al ginocchio (piazamento ad angoli chiusi).

La padronanza del movimento di spostamento sull'appoggio

In quasi tutte le discipline sportive è importante variare molto gli esercizi in maniera da proporre differenti situazioni di spostamento del corpo sull'appoggio alternando piccole e grandi escursioni come viene sinteticamente illustrato alla figura 14.

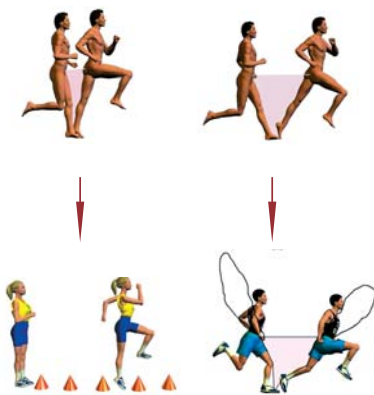


Figura 14 – Illustrazione di differenti spostamenti sull'appoggio: gli esercizi di skip tra i coni rappresentano ridotte escursioni del bacino sull'appoggio mentre i balzi orizzontali eseguiti con la funicella richiedono spostamenti più marcati.

La padronanza delle tensioni muscolari

Per sfruttare lo stimolo rappresentato dalle differenti tensioni muscolari si possono alternare ai balzi esercizi che richiedono solo una parte dell'azione pliometrica (figura 15), per esempio la fase concentrica o quella eccentrica.

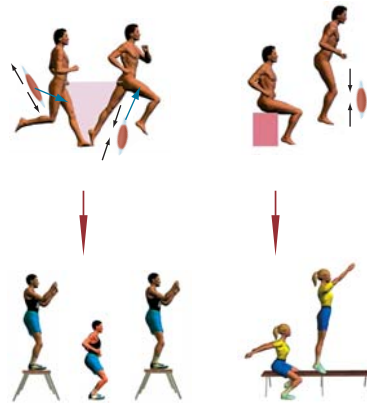


Figura 15 – Esercizi che illustrano un esempio di variazione della tensione muscolare prodotta: l'esercizio a sinistra è caratterizzato da un'azione pliometrica mentre quello di destra illustra un movimento di tipo concentrico.

Miglioramento dei fattori neuromuscolari

Sono possibili due modalità esecutive (figura 16) per fare intervenire i cosiddetti fattori di tipo neuromuscolare:

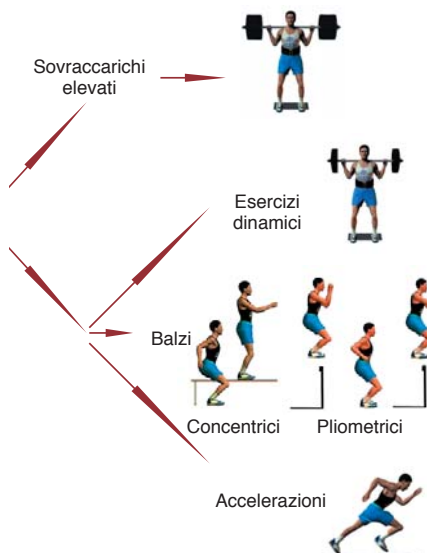


Figura 16 – Schema sinottico degli interventi adatti al miglioramento dei fattori di tipo neuromuscolare.

- uso di sovraccarichi elevati
- esercizi dinamici o di tipo esplosivo

Con i sovraccarichi elevati si cerca il miglioramento:

- del numero di ponti actomiosinici;
- del reclutamento delle unità motorie;
- della sincronizzazione delle unità motorie.

Attraverso gli esercizi dinamici si agisce su:

- la diminuzione del tempo per reclutare le fibre;
- l'aumento della frequenza degli impulsi inviati alle fibre;
- l'aumento di frequenza di reclutamento all'inizio del movimento.

Il miglioramento di questi fattori perfeziona l'efficienza dell'atleta durante l'esecuzione dei balzi e di conseguenza riduce i disagi muscolari dovuti all'esecuzione di salti ripetuti.

Miglioramento del potenziale muscolare

Come è stato ricordato la fatica agisce sulla struttura muscolare e più precisamente l'affaticamento interviene su alcuni elementi del sarcomero, come la titina e la desmina.

Si può dunque tentare di potenziare queste componenti muscolari attraverso un allenamento mirato e il lavoro eccentrico costituisce un mezzo adatto per agire selettivamente su queste strutture.

Si possono effettuare dei periodi di *allenamento eccentrico* che certamente comportano una sorta di destabilizzazione prestativa, ma che poi renderanno gli atleti più resistenti all'affaticamento muscolare.

Si spera così di contrastare l'affaticamento e spostare più avanti la soglia della fatica.

A questo scopo si propongono due forme di lavoro:

- lo *squat* con il bilanciere guidato
- esercizi più analitici

Lo squat con bilanciere guidato

Questo tipo di attrezzatura consente di effettuare un lavoro eccentrico effettuato in condizioni di sicurezza, ma certamente è riservato ad atleti che possiedono una sufficiente esperienza nel *training* per il potenziamento muscolare con sovraccarichi.

Questo esercizio sollecita principalmente i muscoli antigravitazionali evocando tensioni muscolari vicine a quelle che si verificano durante le fasi di appoggio della corsa (figura 17).



Figura 17 – Il lavoro di tipo eccentrico eseguito col il bilanciere guidato.

Esercizi analitici

Sono esercizi che consentono un azione muscolare più localizzata sul quadricipite e il tricipite surale (figura 18). Per entrambi gli esercizi il principio è semplice: con un carico tra il 60 e il 90% (riferito a un arto) si realizza l'estensione (fase concentrica ovvero lavoro positivo) con entrambi gli arti (esecuzione facile) mentre si "frena" durante il movimento di flessione eseguito con un solo arto (lavoro eccentrico o meglio lavoro negativo).

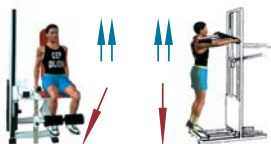


Figura 18 – Esercizio eccentrico eseguito con movimenti analitici per i muscoli estensori del ginocchio e della caviglia; estensione in azione bipodolica, flessione in condizioni monopodaliche.

Pliometria in condizioni di affaticamento

Nella fase finale di molte gare (mezzofondo, maratona, triathlon...) le condizioni del sistema neuromuscolare determinano un calo di efficienza e diventa opportuno "allontanare" questo momento e migliorare l'efficacia dell'impulso anche quando interviene l'affaticamento. In questo caso si richiede all'atleta utilizzare l'esercizio pliometrico dopo avere provocato un affaticamento muscolare.

A questo scopo proponiamo tre soluzioni:

- l'esercizio frazionato di forza
- le concatenazioni corsa-balzi
- il cosiddetto lavoro "intermittente-forza"

L'esercizio "frazionato di forza"

Per aumentare la sollecitazione pliometrica si possono utilizzare esercizi vari di balzi nella distanza da percorrere.

Questo "percorso" fornirà impulsi e tensioni muscolari più intense.

I percorsi di balzi

Il percorso più semplice consiste nell'eseguire la distanza (100, 200, 400 m...) con la corsa balzata. In seguito si possono utilizzare differenti modalità di rimbalzo (verticale od orizzontale) come illustrato alla figura 19, per una durata pari al tempo che si sarebbe impiegato a percorrere la distanza scelta. Per esempio se si fossero scelte delle ripetute sui 200 metri, la durata del percorso di rimbalzi dovrebbe aggirarsi sui 30 secondi. Per distanze che fossero superiori al minuto sarebbe necessario alternare i balzi alla corsa. In seguito potrebbero essere introdotti nel percorso anche esercizi con sovraccarichi (figura 20).

La concatenazione corsa-balzi

Come già detto potrebbe essere preferibile alternare nel percorso la corsa con diverse modalità di balzo, sia per evitare che l'esercizio diventi troppo impegnativo e anche per conservare impulsi di tipo specifico. Restano da adattare alla durata le concatenazioni scelte, modulando le distanze da percorrere tra corsa e balzi (20, 30...100 metri) e la distanza con il numero (e quindi la "qualità") dei balzi verticali (6, 10...20 balzi). La sequenza della figura 21 potrebbe essere adatta ad un quattrocento-ottocentometrista.

La concatenazione "post-affaticamento"

Una particolare variante del percorso corsa-balzi potrebbe essere adatta per migliorare lo sprint nel finale di gara. Infatti alcuni corridori soffrono più di altri il finale di gara anche per effetto di particolari condizioni ritmiche e tattiche. Le



Figura 19 – Esempio di "percorso" di esercizio "frazionato di forza".



Figura 20 – "Esercizio frazionato di forza" con uso balzi e di sovraccarichi.



Figura 21 – Esempio di "concatenazione corsa-forza".

proposte di solito giocano sulle varianti del tempo di lavoro rispetto a quello di sforzo (ad esempio un quattrocentometrista potrebbe utilizzare distanze di 500 metri), ma questi tipi di soluzione potreb-

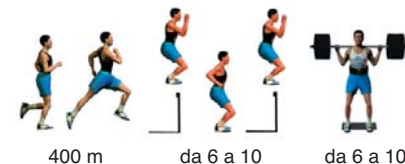


Figura 22 – Concatenazione post-affaticamento per un ottocentometrista.



Figura 23 – Esempio di combinazione sovraccarichi-balzi-corsa.

bero risultare poco efficaci se, come si è detto, la causa dell'affaticamento fosse principalmente di tipo neuromuscolare. Pertanto le soluzioni cosiddette tradizionali potrebbero essere affiancate da soluzioni di tipo più qualitativo, come ad esempio delle frazioni corsa che utilizzino alla fine dei balzi ed anche esercizi con sovraccarichi (figura 22).

Naturalmente le proposte illustrate alle figure 22 e 23 presentano proposte adatte ad atleti evoluti e comunque da utilizzare con molta prudenza.

Il lavoro "intermittente-forza"

Un particolare mezzo di allenamento della potenza aerobica è certamente il lavoro intermittente. Ma in questo caso si potrebbe utilizzare anziché "l'intermittente-corsa" la variante "intermittente-forza". Si tratta quindi di introdurre esercizi di forza (con

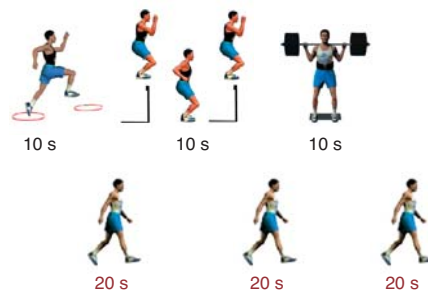


Figura 24 – Esempio di lavoro intermittente 10-20, variante "intermittente-forza", da ripetere per sequenze della durata di 6-8 minuti.

sovraccarichi e balzi) nella sequenza 10-20 (significa 10 secondi di lavoro ad intensità medio-elevata alternati a 10 secondi ad intensità blanda).

Conclusione

Le procedure per migliorare la capacità di resistenza ai salti sono quelle che passano dal miglioramento della capacità di elevazione.

- Per gli sport di squadra sembra inutile ricorrere a soluzioni di *training* che implicano i meccanismi della fatica.
- Mentre nelle discipline che hanno una natura più ciclica e prevedono una grande quantità di impulsi (mezzofondo, fondo...) potrebbe risultare utile proporre dei balzi da realizzare in condizioni di affaticamento.

Indirizzo degli Autori: G. Cometti, UFR STAPS Digione, BP 27877, 21078, Digione Cedex (Francia); G. Alberti, Istituto di Esercizio fisico, salute e attività sportiva, Facoltà di Scienze motorie, Università degli Studi di Milano, Via Kramer 4/A, 20129, Milano).

Bibliografia

Abe T., Kumagai K., Brechue W. F., Fascicle length of leg muscles is greater in sprinters than distance runners, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32, 2000, 6, 1125-1129.

Ajakinchenko E., Strength and aerobic training means in the preparation of young distance runners, *Modern Athlete and Coach*, 39, 2001, 4, 19-23.

Avela J., Komi P. V., Interaction between muscle stiffness and stretch reflex sensitivity after long-term stretch-shortening cycle exercise, *Muscle Nerve*, 21, 1998, 9, 1224-1227.

Avela J., Komi P. V., Reduced stretch reflex sensitivity and muscle stiffness after long-lasting stretch-shortening cycle exercise in humans, *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 75, 1998, 5, 403-410.

Avela J., Kyrolainen H., Komi P. V., Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching, *J. Appl. Physiol.*, 86, 1999, 4, 1283-1291.

Barany M., ATPase activity of myosin correlated with speed of muscle shortening, *J. Gen. Physiol.*, 50, 1967, 6, Suppl., 197-218.

Barnes D., What type of strength training do distance runners do or need?, *Modern Athlete and Coach*, 40, 2002, 2, 35-37.

Bergh U., Thorstensson A., Sjödin B., Hulten B., Piehl K., Karlsson J., Maximal oxygen uptake and muscle fiber types in trained and untrained humans, *Med. Sci. Sports*, 10, 1978, 3, 151-154.

Costill D. L., Daniels J., Evans W., Krahenbuhl G., Saltin B., Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes, *J. Appl. Physiol.*, 40, 1976, 2, 149-154.

Christensen S., Strength training for endurance runners with applications to other events, *Track Coach*, 152, 2000, 4841-4845.

Crawley J., Can explosive strength training improve distance running performance? *Strength and Cond. J.*, 23, 2001, 4, 51-52.

Dalleau G., Belli A., Bourdin M., Lacour J. R., The spring-mass model and the energy cost of treadmill running, *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 77, 1998, 3, 257-263.

Gollhofer A., Komi P. V., Miyashita M., Aura O., Fatigue during stretch-shortening cycle exercises: changes in mechanical performance of human skeletal muscle, *Int. J. Sports Med.*, 8, 1987, 2, 71-78.

Gollhofer A., Komi P. V., Fujitsuka N., Miyashita M., Fatigue during stretch-shortening cycle exercises: changes in mechanical performance of human skeletal muscle, *Int. J. Sports Med.*, 8, 1987, 2, 71-78.

Heise G. D., Martin P. E., "Leg spring" characteristics and the aerobic demand of running, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30, 1998, 5, 750-754.

Horita T., Komi P. V., Nicol C., Kyrolainen H., Stretch shortening cycle fatigue: interactions among joint stiffness, reflex, and muscle mechanical performance in the

drop jump, *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 73, 1996, 5, 393-403. Erratum in: *Eur. J. Appl. Physiol.*, 74, 1996, 6, 575.

Ishikawa M., Dousset E., Avela J., Kyroläinen H., Kallio J., Linnamo V., Kuitunen S., Nicol C., Komi P. V., Changes in the soleus muscle architecture after exhausting stretch-shortening cycle exercise in humans, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2006, 21.

Johnston R. E., Quinn T. J., Kertzer R., Vroman N. B., Strength training female distance runners: impact on running economy, *J. Strength and Cond. Research*, 11, 1997, 4, 224-229.

Jung A. P., The impact of resistance training on distance running performance, *Sports Med.*, 33, 2003, 7, 539-552.

Komi P. V., Stretch-shortening cycle, in: Komi P. V. (a cura di), *Strength and Power in Sport*, Osney Mead, Oxford, Blackwell Science Limited, 2003, 184-202.

Kumagai K., Abe T., Brechue W. F., Ryushi T., Takano S., Mizuno M., Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters, *J. Appl. Physiol.*, 88, 2000, 3, 811-816.

Nicol C., Komi P. V., Marconnet P., Fatigue effects of marathon running on neuromuscular performance, *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 1991, 1, 18-24.

Nicol C., Komi P. V., Horita T., Kyrolainen H., Takala T. E., Reduced stretch-reflex sensitivity after exhausting stretch-shortening cycle exercise, *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 72, 1996, 5-6, 401-409.

Nicol C., Komi P. V., Stretch-shortening cycle fatigue and its influence on force and power production, in: Komi P. V. (a cura di), *Strength and Power in Sport*, Osney Mead, Oxford, Blackwell Science Limited, 2003, 184-202.

Novacheck T. F., The biomechanics of running, *Gait Posture*, 7, 1998, 1, 77-95.

Paavola L., Hakkinen K., Hamalainen I., Nummela A., Rusko H., Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power, *J. Appl. Physiol.*, 86, 1999, 5, 1527-1533.

Skurvydas A., Jascaninas J., Zachovajevs P., Changes in height of jump, maximal voluntary contraction force and low-frequency fatigue after 100 intermittent or continuous jumps with maximal intensity, *Acta Physiol. Scand.*, 169, 2000, 1, 55.

Skurvydas A., Dudoniene V., Kalvonas A., Zuoza A., Skeletal muscle fatigue in long-distance runners, sprinters and untrained men after repeated drop jumps performed at maximal intensity, *Scand. J. Med. Sci. in Sports*, 12, 2002, 1, 34-43.

Spurrs R. W., Murphy A. J., Watsford M. L., The effect of plyometric training on distance running performance, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 89, 2003, 1, 1-7.

Turner A. M., Owings M., Schwane J. A., Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training, *J. Strength Cond. Res.*, 17, 2003, 1, 60-67.

Twist C., Eston R., The effects of exercise-induced muscle damage on maximal intensity intermittent exercise performance, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 94, 2005, 5-6, 652-658.

Attilio Sacripanti

Facoltà di medicina, Corso di laurea in scienze motorie, Università di Roma 2 "Tor Vergata"; Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ENEA)

La Match Analysis

Parte seconda: fondamenti scientifici e metodologici della Match-Analysis

Gli sport di situazione sono sempre più al centro dell'interesse del pubblico. La teoria dell'allenamento di questi sport è una materia d'elevata complessità andando dall'allenamento fisico allo studio delle strategie locali e globali. Attualmente la tecnologia, grazie alla Match Analysis è in grado di fornire un utile supporto al lavoro dell'allenatore. Si trattano quindi i fondamenti scientifici e metodologici, nonché le implicazioni tecnologiche proprie della Match Analysis di questi sport. La trattazione è sviluppata in due parti metodologicamente connesse. La prima è stata una descrizione generale delle tecnologie adoperate dai sistemi più avanzati, che sono essenzialmente legate all'identificazione del moto degli atleti ed al rilevamento della loro interazione con gli avversari oltre che dei fondamenti scientifici posti alla base, sia del moto, sia dell'interazione di tali atleti. La seconda cercherà di evidenziare l'utilizzo della Match Analysis legato alla teoria dell'allenamento, suddivisa per comodità in tre livelli, il primo - allenante - teso al condizionamento fisiologico dell'atleta, il secondo livello - addestrante - teso al miglioramento biomeccanico della tecnica ed allo studio degli invariati di competizione, il terzo - addestrante avanzato - teso allo studio delle strategie locali ed infine di quelle globali.

PROCESSES

2.2 A COMPREHENSIVE INTERPRETATION OF ACCORDANCE, PROFESSIONAL ACTIVITY WITHIN THE REGIONAL AND OF ALL LOCAL AND INTERNATIONAL INFLUENCES

CONCLUSION

3.3 TOGETHER WITH A GENERAL PERCEPTION OF THE PHYSICAL AND PSYCHOLOGICAL MORE RATHER THAN THE PERCEPTION CAN COME TO MIND, HENCE INCLUDING INSTANT MENTAL REVIEW OF USERS AND NOT UP TO THE NEW STANDARDIZED WORLD ORDER

MADE FOR DIGITAL WORK ONLINE. [HTTP://WWW.DIGITALVISIONONLINE.COM](http://www.digitalvisiononline.com)
A GIFT FROM HUMORSTUDIO TO YOU. THANK YOU, THE LAST DROP!

Introduzione

Nella prima parte di questo lavoro, diretto a trattare i fondamenti scientifici della *Match Analysis* sono state descritte le tecnologie adoperate dai sistemi più avanzati legate all'identificazione del moto degli atleti e dirette a rilevare la loro interazione con gli avversari e i fondamenti scientifici che si trovano alla base sia del moto, sia dell'interazione di tali atleti. Una volta individuati, sia il moto, sia l'interazione degli sport di situazione di contatto, si è finalmente in grado di rispondere alla questione di quali siano i fini ultimi della *Match Analysis*, che sono essenzialmente:

1. di rilevare per via automatica informazioni dirette o indirette sull'impegno fisiologico degli atleti in competizione, in modo da utilizzare tali dati per la fase di condizionamento fisiologico.

(Allenamento di Primo Livello)

2. Di ottenere informazioni automatiche sulla biomeccanica della tecnica specifica del singolo atleta, e dati basati su statistiche e frequenze che permettono di individuare nell'ambito dell'incontro una serie di situazioni dette "invarianti di competizione" che devono essere ripetute in fase di allenamento addestrante per far acquisire agli atleti la capacità di governare facilmente queste situazioni che si ripetono con determinata frequenza in ogni incontro.

(Allenamento di Secondo Livello)

3. di ricavare dal tracciamento automatico delle traiettorie, informazioni sulle fasi transitorie ricorrenti dette "Strategie di situazione locale" (di attacco - contrattacco - difesa - mantenimento del vantaggio - recupero dello svantaggio, ecc.) e dati complessi sul moto globale della squadra in rapporto alla squadra avversaria detti "Strategie globali" derivanti dai moduli di gioco adottati.

(Allenamento di Terzo Livello)

Dopo avere esposto nella prima parte le problematiche riguardanti l'*Allenamento di primo livello*, in questa seconda parte, continuando nella riflessione sui fondamenti scientifici e metodologici della *Match Analysis* tratteremo con maggior approfondimento dell'*Allenamento di secondo* e di *terzo livello* indicando tra l'altro alcune delle metodiche automatiche più utilizzate nell'elaborazione dei risultati da parte di software avanzati.

L'Allenamento di Secondo Livello

La *Match Analysis*, oltre ai dati che abbiamo esposto parlando dell'*Allenamento di primo livello*, permette anche di ottenere informa-

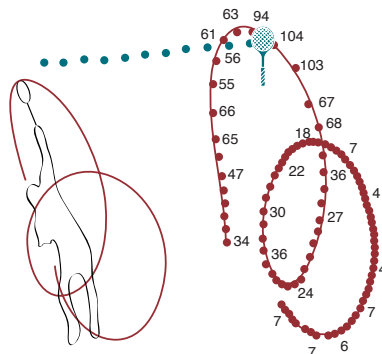


Figura 1 – Studio biomeccanico del servizio.

zioni automatiche sulla biomeccanica della tecnica specifica del singolo atleta, e dati basati su statistiche e frequenze che come detto permettono di individuare, nell'ambito dell'incontro una serie di situazioni dette "invarianti di competizione" che devono essere ripetute in fase di allenamento addestrante in modo tale che gli atleti acquisiscano la capacità di governare facilmente queste situazioni che si ripetono con determinata frequenza in ogni incontro.

Con lo studio della tecnica al rallentatore si può facilmente ottenere una conoscenza sullo stato di preparazione tecnica degli atleti e pertanto provvedere al suo miglioramento, questo per gli sport duali è pratica comune. Ne sono un esempio noto le figura 1 e 2 che riguardano lo studio del servizio di un professionista del tennis e quelle delle traiettorie ottimali dei colpi.

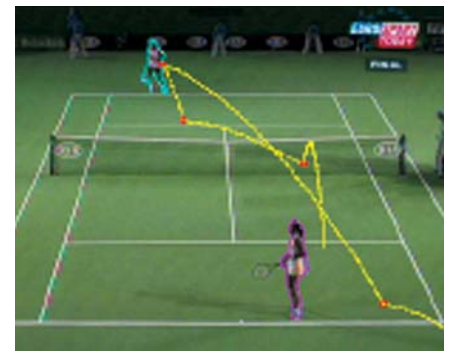


Figura 2 – Studio delle traiettorie ottimali dei colpi in un incontro di tennis.

Tecnologie avanzate oggi permettono anche di ricostruire automaticamente in realtà virtuale la tecnica dell'atleta direttamente dal *frame video* digitale. Questa tecnica permette in tal modo di sviluppare approfondite analisi tridimensionali sulla tecnica catturata bidimensionalmente (figura 3).



Figura 3 – Ricostruzione in 3D di uno schermidore attraverso due telecamere.

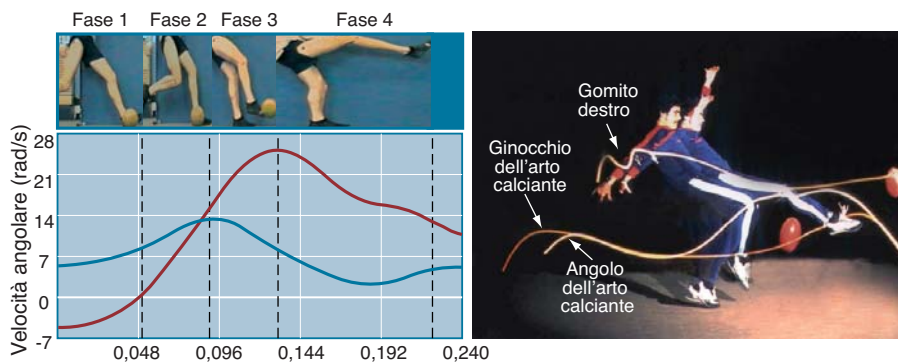


Figura 4 – Valutazione biomeccanica del tiro.

Differenti sono le problematiche per gli sport di squadra. In tal caso infatti lo studio della tecnica singola viene effettuato dal software e mostrato al rallentatore.

L'allenatore visiona il gesto tecnico e poi trae le sue valutazioni dando le sue indicazioni di merito.

Ove necessario è possibile anche effettuare specifiche ricerche sul gesto tecnico da migliorare. Nella figura 4 è mostrato un esempio di studi ormai classici sul tiro.

Altri studi più sofisticati possono essere sviluppati con i moderni modelli agli elementi finiti o con altre tecnologie di avanguardia (figura 5).

Ovviamente il miglioramento della tecnica detta strategica per il singolo può passare ad esempio attraverso una serie di fasi didattiche classiche: ripetizione statica del gesto, ripetizione dinamica in movimento diritto parallelo, ripetizione dinamica con moto vario, ripetizione dinamica a "cercare" il compagno (schemi semplici di gioco), strutturazione semplice di strategie di gruppo attraverso partite ridotte.

Il miglioramento della tecnica di squadra e della coordinazione del gruppo, attraverso i passaggi è una delle fasi di preparazione della squadra più delicate ed importanti.

La Match Analysis permette, off line, in allenamento di valutare l'apprendimento delle strategie di gruppo da parte della squadra, anche attraverso partite ridotte

che permettono una più facile esecuzione ed una più facile applicazione delle direttive di gruppo.

Il miglioramento invece della tecnica personale (tiro dinamico) passa, ovviamente, attraverso una ripetizione del gesto di base in condizioni di complessità crescente: rigori con portiere che avanza, rigori con due portieri, punizioni di prima con barriera più vicina, punizioni con barriera che avanza, corner con avversario ravvicinato, studio dell'effetto Magnus secondo varie condizioni di tiro.

Il miglioramento della tecnica dinamica del singolo è la fase di rifinitura della squadra. La Match Analysis permette off line in allenamento di valutare le capacità dinamiche dei singoli e di specializzarle maggiormente a seconda dei ruoli ricoperti nella squadra.

Un secondo step fondamentale nell'Allenamento di Secondo Livello è l'individuazione dei così detti invarianti di gara.

Gli Invarianti di gara o di competizione sono quelle situazioni particolari che si ripetono con frequenza fissa nelle varie competizioni dei vari sport e che quindi risultano materia utile di allenamento strategico negli sport di situazione.

Con la Match Analysis è possibile quindi selezionare facilmente queste situazioni dette Invarianti di gara che dovranno poi essere ripetute in fase di allenamento addestrante per far acquisire agli atleti la capacità di governarle facilmente.

Mostriamo qui di seguito una serie esemplificativa di invarianti di competizione per vari sport di situazione (figure 6, 7, 8, 9, 10).



Figura 6 – Esempi di invarianti di competizione in uno sport duale con contatto (judo): posizioni di guardia.



Figura 7 – Esempio di invarianti di competizione in uno sport duale senza contatto (tennis): il servizio.



Figura 8 – Esempio di invarianti di competizione in uno sport di squadra con contatto (hockey su prato: tiro corto).

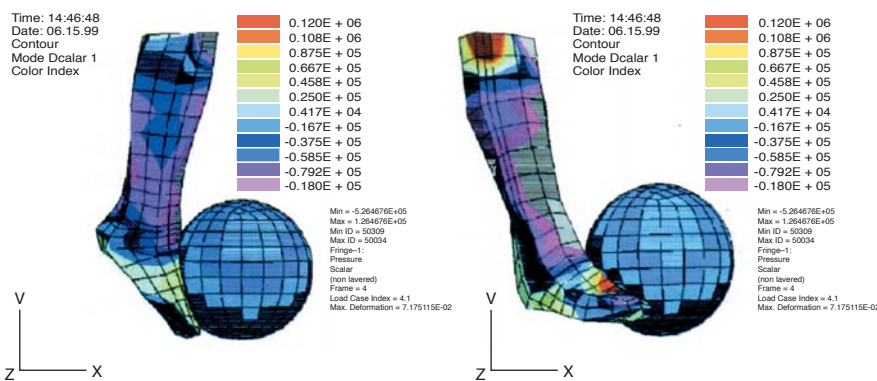


Figura 5 – Studi delle pressioni relative sul piede e sul pallone (cod. FLUENT).



Figura 9 – Esempio di invarianti di competizione in uno sport di squadra senza contatto (pallavolo): muro.



Figura 10 – Esempio di invarianti di competizione in sport di squadra con contatto (calcio, rugby): calcio d'angolo, touche, mischia.



Allenamento di terzo livello

L'allenamento di terzo livello è mirato all'insegnamento delle strategie complesse che possono associarsi a tutti gli sport di situazione, sia duali che di squadra.

Si tratta di quella fase della preparazione (la più complessa) che attiene allo studio delle strategie.

Poiché la strategia è lo scopo ultimo dell'insegnamento del terzo livello, appare necessario definirla in modo univoco in modo da sapere cosa insegnare.

Per trovare una sua classica definizione, ci potremo rifare al noto testo del cinese Sun Zu, *L'arte della Guerra*, ma cosa meno nota è che questo argomento è stato affrontato anche in maniera rigorosamente scientifica nell'altrettanto noto testo *Theory of Games and Economic Behavior* di Von Neumann, Morgenstern (1944; 2004) e proprio da quest'ultimo noi trarremo la definizione di riferimento che adatteremo al nostro argomento.

Dunque, secondo Von Neumann, la strategia può definirsi: *"Un piano che specifica quali scelte il giocatore deve effettuare, per ogni possibile informazione aggiornata che può possedere, in un determinato istante dell'incontro, in conformità con i pattern d'informazione che il regolamento della partita prevede in quel caso"*.

Forti di questa definizione di tipo scientifico, che ci chiarisce alcune finalità di nostro interesse, passiamo a quella che consideriamo una definizione accettabile, definendo al contempo il concetto di *Tattica*, visto che spesso i due termini vengono usati erroneamente come sinonimi l'uno dell'altro.

Pertanto definiremo *Strategia* il piano e/o l'unione flessibile di più piani basati sulla coordinazione degli sforzi, armonizzati con i movimenti relativi, che hanno lo scopo di superare gli avversari ed ottenere la vittoria. Mentre la *Tattica* è la capacità del corretto utilizzo della fase transitoria.

Sulla base di queste due definizioni, appare subito chiara la fondamentale differenza fra le due azioni. Un'azione strategica può essere preparata in precedenza, quindi potremo dire che si basa sull'analisi razionale della situazione, mentre la capacità tattica si basa essenzialmente sull'intuizione del momento e, quindi, è praticamente impossibile prepararla a priori.

Affrontiamo ora quello che è l'argomento principe dell'*Allenamento di Terzo Livello*, la *Strategia*. Anche in questa fase la *Match Analysis* fornisce importanti supporti *off-line*, che permettono di studiare e preparare le strategie a due livelli di difficoltà, le *strategie locali*, ovvero lo studio di situazioni che si verificano in una parte delimitata del campo e non interessano tutti i componenti della squadra, per esempio strategie di attacco – contrattacco – difesa – mantenimento del vantaggio – recupero dello svantaggio, ecc. E le *strategie dette globali* basate sullo studio dei moduli di gioco a tutto campo. Questa fase è di stretta pertinenza solo degli sport di squadra.

Per gli sport duali di combattimento, l'allenatore dovrà individuare quelle che vengono definite *strategie standard* di cui di seguito indichiamo alcuni esempi:

- A Studio di opportune concatenazioni di tecniche per superare le resistenze avversarie.
- B In condizioni di parità, studio di un'opportuna strategia basata sui cambi di velocità.
- C In vantaggio, studio di una strategia di attesa, non intesa come passività.
- D In svantaggio, studio di un'opportuna strategia d'iniziativa tecnica.
- E Studio del cambiamento di posizione di guardia.
- F Studio della variazione del ritmo di gara in funzione del tempo di competizione.
- G Studio di condizioni competitive con distanze relative diverse.
- H Studio di un opportuno uso delle penalità.
- I Studio di opportune tecniche per passare in lotta a terra.
- J Studio della lotta a terra per fiaccare la resistenza dell'avversario.

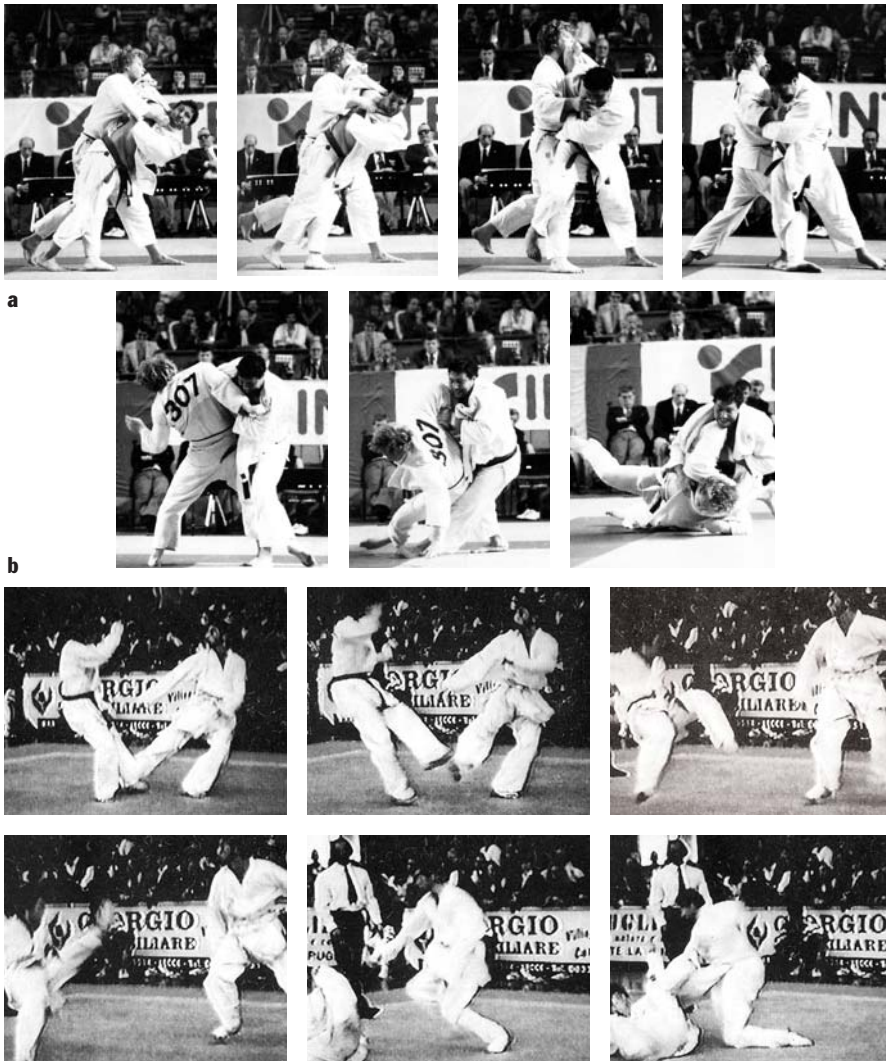


Figura 11 – Applicazione di strategie di combattimento: concatenazioni tecniche: a) Judo; b) Karate.

Esempi di tali strategie sono mostrati nella figura 11 per due situazioni di competizione in sport duali, differenti.

Le strategie locali possono essere studiate attraverso la *Match Analysis*, utilizzando i data base che questi sistemi permettono di costruire individuando così i punti salienti della situazione e facendoli ripetere agli atleti in fasi di allenamento strategico opportunamente mirate.

Nella figura 12 sono mostrati alcuni esempi di strategie locali proposte in forma di schemi strategici locali, basate con dati ottenuti dalla *Match Analysis*.

Può essere importante notare che la metodica d'analisi proposta all'allenatore, per valutare l'andamento della propria squadra può divenire, anche per le strategie locali, una fonte preziosa d'informazioni se vengono analizzati i comportamenti, non della propria squadra, ma di quella avversaria, in modo da poter preparare opportune varianti strategiche che possano sfruttare eventuali manchevolezze degli avversari.

Le *strategie globali* come si è già accennato sono di pertinenza stretta solo degli sport di squadra.

Per tali strategie ovviamente la complessità del discorso si va ampliando, in quanto prevedono per definizione l'analisi dell'intero campo, con lo studio del contributo della maggior parte dei giocatori della squadra.

Con l'esame degli incontri effettuati, ottenuti con la *Match Analysis*, l'allenatore potrà individuare le particolarità delle strategie globali (moduli di gioco), ricordando che nei giochi di squadra, il modulo è periodico nel tempo, dopo un punto segnato. Cioè la situazione in campo ritorna allo schieramento iniziale dopo ogni punto segnato: ciò ci permette di classificare il modulo come una situazione ciclica con periodo non uguale nel tempo.

Argomenti che possono attenerne a strategie globali sono: lo studio dello schieramento d'inizio gara (modulo di gioco) e suoi aspetti pregnanti, ovvero: controllo del centro, e sua influenza sulla partita; iniziativa e possesso di palla; vantaggio di spazio e capa-

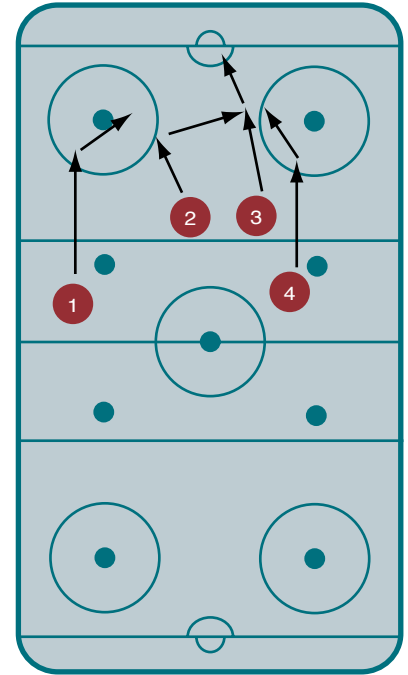
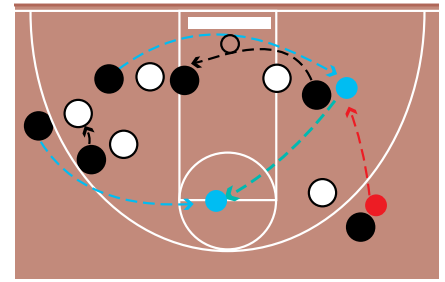


Figura 12 – Strategie locali, rispettivamente per la pallacanestro, l'hockey su ghiaccio.

cità d' attacco; principi del contrattacco; strategie difensive complesse come il fuori gioco indotto; modulo di gioco sua flessibilità, sua capacità di variare; mobilitazione delle forze; attacchi precoci; operazioni laterali, ecc.

Nella figura 13 sono mostrati alcuni esempi di studio di strategie globali tratte dal gioco del calcio.

Sorge a tal punto la domanda, su che base i sistemi *software* possano fornire informazioni come le precedenti.

Visto che le telecamere catturano praticamente tutte le immagini senza selezionarle, questa capacità è di fatto basata sull'analisi delle immagini mediante i Modelli Markoviani Nascosti (*Hidden Markov Models, HMM*), opportunamente associati a Modelli Gerarchici Markoviani Nascosti (*Hierarchical Hidden Markov Models, HHMM*) (vedi *Appendice*).

Tali modelli sono stati utilizzati, ad esempio, nelle ricerche effettuate sul tracciamento del genoma umano e vengono spesso utilizzati nelle analisi economiche avanzate.

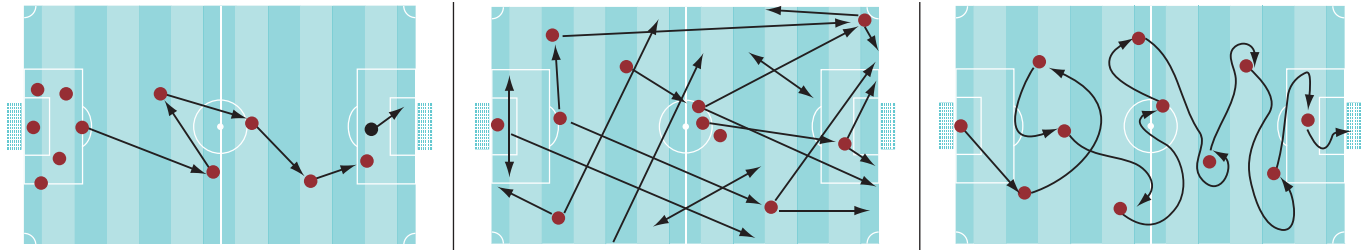


Figura 13 – Esempificazione dei moduli di gioco delle nazionali di calcio: rispettivamente Italia, Francia, Brasile.

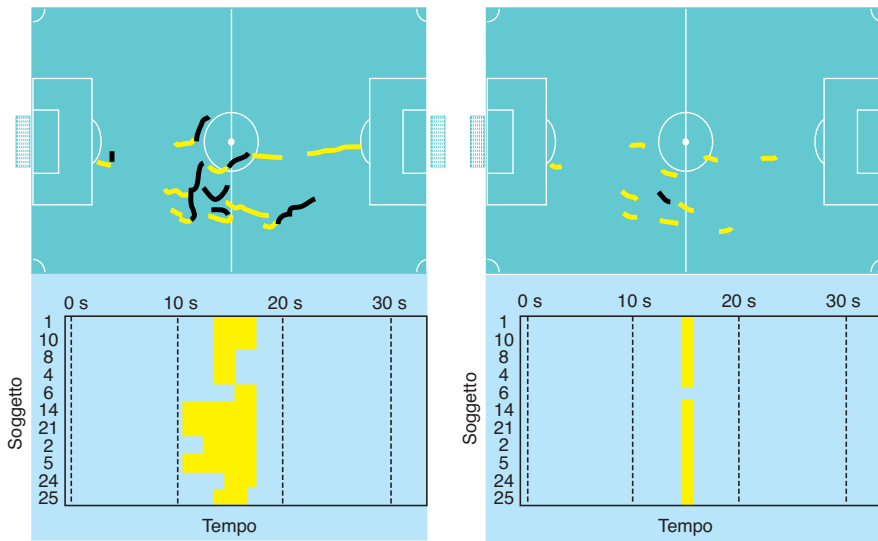


Figura 14 – Individuazione di una trappola di fuorigioco sviluppata in campo (da Laube et al. 2005).

Pertanto i sistemi *software* sono capaci, *off-line*, analizzando le immagini contenute nei data base di riferimento di fornire dati relativi alle strategie globali.

L'esempio mostrato nella figura 14 evidenzia un risultato ottenuto in tale campo come, l'individuazione di una strategia di fuori gioco a tutto campo effettuata dalla squadra in esame.

Pertanto con i sistemi messi a disposizione dalle attuali tecnologie è di fatto possibile preparare più facilmente strategie di gioco basate sull'analisi del moto a tutto campo. Per poter sviluppare una strategia però, si deve usare una base informativa fondata su analisi e valutazione del livello di abilità strategica e di *skill* dei propri atleti e di quello degli avversari, connessa con una anticipazione preventiva della possibile interazione fra le due squadre.

In tal modo, con l'uso di sequenze video e con le informative contenute nei database, è possibile che l'allenatore costruisca una strategia efficace di gioco, associando lo studio dei *trend* evidenziati, analizzando le frequenze di accadimento di determinate azioni, in unione alle qualità di *performance* dei singoli atleti.

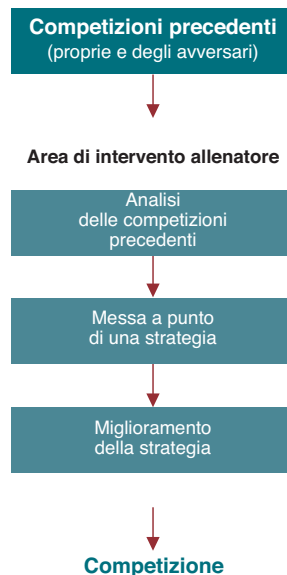


Figura 15 – Fondamenti costitutivi di una strategia.

Nella figura 15 è mostrata la base di una corretta impostazione strategica e l'area di maggior impegno dell'allenatore.

Si spera di aver reso facile la comprensione della potenza operativa di questi sistemi ed il prezioso aiuto che essi possono fornire all'allenatore, permettendogli di fatto di gestire (a posteriori) informazioni che normalmente andrebbero perdute o sottovalutate. La preziosità di questo supporto diviene ancor più evidente se si pensa che i sistemi avanzati di *Match Analysis*, basati sugli stessi principi tecnologici, sono in grado di fornire preziose informazioni strategiche non solo *off line*, ma anche in *real time* nel corso cioè dello sviluppo stesso della competizione.

Al termine della nostra carrellata informativa sui fondamenti scientifici e gli aspetti metodologici della *Match Analysis*, ricordiamo però che lo sviluppo di strategie è un fatto interpretativo piuttosto che algoritmico automatico – ovvero la *Match Analysis* non deve essere vista come un possibile sostituto dell'allenatore, ma solo come uno strumento molto potente e flessibile di supporto ad esso. Infatti essa non può e non potrà mai sostituire l'allenatore, ma potrà aiutarlo invece, a sviluppare il suo lavoro più rapidamente e con maggior precisione professionale.

La ricerca *Valutazione del costo energetico degli sport di combattimento in remote sensing*, citata in bibliografia, fu una lunga (89-94) e complessa ricerca interdisciplinare condotta dall'Enea, Coni e dall'allora Filpj, coordinata rispettivamente dal Dr. A. Marino (Enea), dal Prof. A. Sacripanti (Enea-Filpj), dal Prof. A. Dal Monte (Coni) e vide la partecipazione costante dei seguenti ricercatori: A. Sacripanti (Enea-Filpj), M. Faina, G. Guidi, A. Dal Monte (Coni), M. Fabbri, G. Galifi, P. Lupoli, R. Maso, A. Pasculli, L. Rossi (Enea).

L'Autore: Attilio Sacripanti, Maestro Cintura nera 5 Dan, Arbitro internazionale B di Judo, è laureato in fisica nucleare, dirigente di ricerca ENEA e professore di biomeccanica dello sport presso la Facoltà di medicina, Corso di laurea in scienze motorie, Università di Roma 2 "Tor Vergata".

L'articolo è l'elaborazione in vista della pubblicazione della relazione tenuta dall'Autore al 2° Seminario di Formazione continua per Tecnici sportivi di Alto livello dal titolo: "La Match Analysis" organizzato dalla Scuola dello Sport del Coni, che si è svolto il 20 maggio 2006, presso il Centro di Preparazione Olimpica Acquacetosa "Giulio Onesti" di Roma.

Tracciamento delle traiettorie mediante i Modelli Markoviani Nascosti ed i Modelli Markoviani Gerarchici Nascosti

Il problema del *tracking* e della scelta delle immagini da usare per particolari sequenze di studio, può apparire semplice ad una prima superficiale valutazione ma, se consideriamo che i moderni *computer* sono molto veloci ma, "stupidi" come i loro predecessori, allora ci rendiamo conto che avere una serie di immagini digitalizzate, l'una diversa dall'altra e dover scegliere automaticamente il gruppo di immagini legate ad una strategia o la creazione di una traiettoria che descriva il movimento dell'atleta può essere veramente un problema di ardua soluzione.

I *software* che corredano i sistemi di *Match Analysis* sono basati su alcuni algoritmi sofisticati di cui daremo un accenno.

Le strategie e i *tracking* vengono individuati dai *software* di *Match Analysis* automaticamente mediante i *Modelli Markoviani Gerarchici Nascosti*.

Prima di accennare al contenuto matematico del problema, nella figura 1 viene fornita una visualizzazione esplicativa dell'azione di un Modello Markoviano Gerarchico Nascosto, (*Hierarchical Hidden Markov Model, HHMM*).

Esso infatti seleziona la scena necessaria, secondo alcuni criteri che saranno esemplificati in seguito, dalla distribuzione delle scene che la video-riprese ha ottenuto, in modo da ottenere l'individuazione automatica dei *pattern* di movimento (figura 1).

L'ipotesi di base è quella che ritiene che la sequenza di immagini sia Markoviana, pertanto lo scopo è quello di trovare una sequenza di decisioni, in cui ogni decisione (es. dove dirigersi) dipende solo dalla decisione precedente e non da tutte le altre (*Catena Markoviana*).

L'*output* di questi sistemi è un osservabile fisico (una direzione precisa). Se invece l'*output* è una funzione probabilistica dello stato (cioè probabilità maggiore di dirigersi verso un punto piuttosto che verso un altro) allora il modello viene detto *Markoviano Nascosto* perché si applica ad un processo stocastico (casuale) che di fatto non è osservabile (nascosto) e può essere solo osservato attraverso un altro insieme di processi stocastici che producono una sequenza di osservabili.

I *Modelli Markoviani Gerarchici Nascosti* (HHMM) sono dunque sequenze di stati, detti

nascosti, connessi mediante la probabilità di transizione che determina lo stato successivo ad ogni tempo. Gli osservabili (es. la direzione presa) sono funzioni probabilistiche dello stato ad un determinato tempo. Questi osservabili sono ordinati secondo sistemi gerarchici opportuni, che associano un'"importanza" maggiore a certe scelte piuttosto che ad altre.

Questi modelli possono individuare anche comportamenti non stazionari e sono utilizzati nella soluzione di una vasta gamma di problemi complessi: riconoscimento del linguaggio, ricognizioni ottiche, bioinformatica (modellazione di sequenze proteiche), video analisi (*tracking* del moto), pianificazione di un robot (navigazione), in economia e finanza, ed infine nella sequenza del Genoma Umano.

Nella figure successive vengono mostrate una zonazione del campo con l'identificazione automatica della direzione del moto mediante *Modelli Markoviani Nascosti* (figura 2) e l'individuazione automatica della traiettoria di una palla in un incontro di tennis, con l'utilizzo degli stessi algoritmi (figura 3).

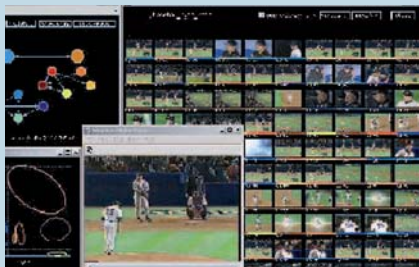


Figura 1 – Visione esemplificativa dell'azione di un HHMM Modello Markoviano Gerarchico Nascosto: scelta di un frame dalla sequenza generale.



Figura 2 – Zonazione del campo ed identificazione della direzione del moto (da Bertini et al, 2003).

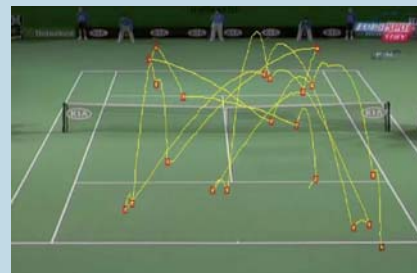


Figura 3 – Rilevamento automatico delle traiettorie in un incontro di tennis con l'individuazione dei momenti chiave (da Yan et al, 2005).

Bibliografia

Antonini G., Bierlaire M., Weber M., Simulation of pedestrian behaviour using a discrete choice model calibrated on actual motion data, Signal Processing Institute, Swiss Federal Institute of Technology, Losanna, 2004.
Appleby B., Dawson B., Video analysis of selected games activities in Australian rules football, J. Sci. Med. Sport, 5, 2002, 2, 129-142.
Assfalg J., Bestini M., Colombo C., Del Bimbo A., Nunziati W., Semantic annotation of soccer videos: automatic highlights identification, Computer Vision and Image Understanding, 92, 2003, 2-3, 285-305.
Barnett T. J., Mathematical modeling in hierarchical games with specific reference to tennis, Tesi di dottorato, Swinburne University, 2006.
Beetz M., Kirchlechner B., Lames L., FIPM: Automatic analysis of football games using real time positioning systems, CFP: IEE Persuasive Computing, Special Issue in Sports, 2005.

Bertin M., Del Bimbo A., Nunziati W., Model checking for detection of sport highlights, in: Proceedings of the 5th ACM SIGMM International workshop on Multimedia information retrieval, Berkeley, 2003, New York, ACM Press, 2003, 215-222.
Bierlaire M., Antonini G., Weber M., Behavioral dynamics for pedestrians, International Conference on Travel Behavior Research, Lucerne, 10-15. August 2003.
Bloomfield J., Jonsson G. K., Polman R., Houlahan K., O'Donoghue P., Temporal pattern analysis and its applicability in soccer, in: Anolli L., Duncan Jr. S., Magnusson M. S., Riva G. (a cura di), The Hidden Structure of Interaction: From Neurons to Culture Patterns, Amsterdam, IOS Press, 2005, www.vepsy.com/communication/book6/VL_16_
Bolaños D., Morales N., García T., Sports Video Editor for Tactical Analysis, 1st International Working Conference IT and Sport & 5th Conference dvs-

Section Computer Science in Sport, Colonia, 15-17 Sept., 2004.
Borrie A., Jonsson G. K., Magnusson M. S., Temporal pattern analysis and its applicability in sport: an explanation and exemplar data, J. Sports Sci., 20, 2002, 10, 845-52.
Carling C. A., Williams A., Reilly, Handbook of soccer match analysis: a systematic approach to improving performance, Londra-New York, Routledge, 2005, 163.
Chandrasekhar S., Stochastic problems in physics and astronomy, Rev. Mod. Phys., 15, 1943, 1, 1-89.
Enomoto I., A notational Match Analysis of the 2001 Women's Water Polo World Championships, World Congress of Performance Analysis in Sports 6, Belfast, 2004.
Fahong Li, Description, analysis and prediction of player action in selected hockey games situations, Tesi di dottorato, University of British Columbia, 2004.

- Farin D., Han J., de With P. H. N., Fast camera calibration for the analysis of sports sequences, IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2005, ICME 2005.
- Glazier P. S., Davids K., Bartlett R. M., Dynamical systems theory; a relevant framework for performance-oriented sports. Biomechanics research, Sport Science 7, 2003, sports.sci.org/jour/03/psg.htm.
- Hayet J. B., Mathes T., Czyz J., Piater J., Verly J., Macq B., A modular multi-camera framework for team sports tracking, in: Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance, 2005. AVSS 2005, IEEE Volume, 2005, 15-16, 493-498.
- Helbing D., Schweitzer F., Keltsch J., Molnár P., Active walker model for the formation of human and animal trail systems, Physical Review, 56, 1997, 3, 2527-2539.
- Helbing D., Vicsek T., Optimal self-organization, New Journal of Physics, 1, 1999, 13, 1-13.
- Hughes M. T., Hughes M., The evolution of computerized notational analysis through the example of squash, Int. J. of computer science in sport, 4, 2002, 1.
- Hughes M., Franks I. M., Notational analysis in sport, Londra-New York, Routledge, 2004.
- Janvier B., Toward automatic semantic multimedia structuring and retrieval, Master Thesis, University of Geneva, 2006.
- Jonsson G. K., Bloomfield J., Bolman R., Boulahan K., O'Donoghue P., Temporal pattern analysis and its applicability in soccer, in: Anolli L., Duncan Jr S., Magnusson M. S., Riva G. (a cura di), The hidden structure of interaction: from neurons to culture pattern, Amsterdam, IOS Press, 2005.
- Jug M., Perš J., Dežman B., Kovačič S., Trajectory based assessment of coordinated human activity, in: Computer Vision Systems, Proceedings of Third International Conference ICVS 2003, Graz, Austria, Lecture Notes in Computer Science, Berlino-Heidelberg, Springer, 2003, 534-543.
- Knorr-Helt L., Dynamic rating of sports teams, The Statistician, 49, 2000, 2, 261-276.
- Laube P., Imfeld S., Weibel R., Discovering relative motion patterns in groups of moving point objects, Intern. Journal of Geographical Information Science, 19, 2005, 6, 639-668.
- Maciejewski A., Kirkland J., Bryce E., The impact of autonomus robots on crowd behaviour, www.unh.edu/ntic/NTAR%20talks%20pdf/Maciejewski.pdf.
- Martinez-Garcia E., Akihisa O., Yuta S., Trajectory of control for groups of humans by deploying a team of mobile robots, in: Proceedings 12th International Conference on advanced robotics, Seattle, 18-20 luglio 2005, 733-740.
- McGarry T., Anderson D. I., Wallace S. A., Hughes M. D., Franks I. M., Sport competitions as a dynamical self organizing system, Journal of sport science, 20, 2002, 10, 771-781.
- Morgenstern O., Von Neumann J., Theory of games and economic behavior, Ed. commemorativa, Princeton University Press, 2004 (traduzione italiana, La teoria dei giochi e del comportamento economico, L'industria, 1951, 3).
- Mungan C. E., A classic chase problem solved from a physics perspective, Eur. J. Phys., 2005, 26, 985-990.
- Needham C., Tracking and modelling of team game interactions, Tesi di dottorato, The University of Leeds, School of Computer Studies, 2003.
- Nepal S., Srinivasan U., Reynolds G., Automatic detection of 'Goal' segments in basketball videos, Proceedings of the ninth ACM International Conference on Multimedia, Ottawa, 2001, 261-269.
- Panait L., Luke S., A comparison of two competitive fitness functions, in: Langdon et al. (a cura di), GECCO 2002: Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference, San Francisco, Morgan Kaufmann Publishers, 503-511.
- Perš J., Bon M., Kovačič S., Žibila M., De Man B., Observation and analysis of large-scale human motion, Human Movement Science, 21, 2002, 2, 295-311.
- Perš J., Bon M., Kovačič S., Errors and Mistakes in Automated Player Tracking, in: Likar B. (a cura di), Proceedings of Sixth Computer Vision Winter Workshop, Bled, Slovenia, February 7-9, 2001, 25-36.
- Quinn M. J., Metoyer R.A., Hunter-Zaworski K., Parallel implementation of the social forces model, in: Galea E. R. (a cura di), Pedestrian and evacuation dynamics 2003, Proceedings of the Second International Conference in Pedestrian and Evacuation Dynamics (August 2003), Londra, University of Greenwich, 63-74.
- Radovan M., Kirkbride A. N., Novel visualization of notational analysis data: the use of filters 3D graphics and colours in visual identification of playing patterns, Int. Journal of computer science in sport, 4, 2002, 1.
- Rampinini E., Sassi A., Sassi R., Impellizzeri F. M., Variable influencing fatigue in soccer performance, in: Roi G. S., Nanni G. (a cura di), The Rehabilitation of Sports Muscle and Tendon Injuries, Abstract Book, Milano, Isokinetic, 2004.
- Ren R., Jose J. M., Losada D. E., Fernandez-Luna J. M., Football video segmentation based on video production strategy, in: Proceedings Advances in information retrieval, ECIR 2005: European Conference in IR research n° 27, Santiago de Compostela, 21 marzo, 2005, Lecture note in computer science, Berlino-Heidelberg, Springer Verlag, 443-446.
- Sacripanti A. et al., Serie - Valutazione del costo energetico degli sport di combattimento in remote sensing: Progress report n° 1, Screening preliminare operativo, ENEA-RT-INN/89/07, 1989.
- Sacripanti A. et al., Serie - Valutazione del costo energetico degli sport di combattimento in remote sensing: Progress report n° 2, Intercomparazione operativa, ENEA-RT-INN/90/06, 1990.
- Sacripanti A. et al., Serie - Valutazione del costo energetico degli sport di combattimento in remote sensing: Progress report n° 3, Teoria biomeccanica della competizione, ENEA-RT-INN/90/07, 1990.
- Sacripanti et al., Serie - Valutazione del costo energetico degli sport di combattimento in remote sensing: Progress reports n° 4/5, Stima dell'effetto schermo del judogi, ENEA-RT-INN/91/50, 1991.
- Sacripanti et al., Serie - Valutazione del costo energetico degli sport di combattimento in remote sensing: Progress report n° 6, Valutazione dell'effetto schermo del judogi, ENEA-RT-INN/91/51, 1991.
- Sacripanti A. et al., Serie - Valutazione del costo energetico degli sport di combattimento in remote sensing: Progress report n° 7, Man-environment, heat - exchange equations a new thermodynamic approach, Eighth meeting of the European Society of Biomechanics Rome 92, ENEA-RT-INN/92/08, 1992.
- Sacripanti A. et al., Serie - Valutazione del costo energetico degli sport di combattimento in remote sensing: Progress report n° 8, New trends in the judo and wrestling biomechanics research, Eighth meeting of the European Society of Biomechanics Rome 92, ENEA-RT-INN/92/09, 1992.
- Sacripanti et al., Serie - Valutazione del costo energetico degli sport di combattimento in remote sensing: Progress report n° 9, Physical work and thermal emission, X International Symposium of Biomechanics in Sport - Italy 1992, ENEA-RT-INN/92/1, 1992.
- Sacripanti A., Dal Monte A., Rossi, Serie - Valutazione del costo energetico degli sport di combattimento in remote sensing: Progress report n° 10, Man-Environment heat exchange equation, evolution and improvement, ENEA-RT-INN/93/32, 1993.
- Sacripanti et al., Serie - Valutazione del costo energetico degli sport di combattimento in remote sensing: Progress report n° 11, Apparato sperimentale e procedura esecutiva, ENEA-RT-INN/94/15, 1994.
- Sacripanti A., Biomeccanica del Judo, Roma, Ed. Mediterranee, 1989, pp. 250.
- Sacripanti A., Biomeccanica degli sport, Cassino, Ed. Il Vascello, 2004, pp. 422.
- Sahouria E., Zakhor A., Content analysis of video using principal components, IEEE Transactions On Circuits And Systems For Video Technology, 9, 1999, 8, 1290-1289.
- Setterwall D., Computerized video analysis of football technical and commercial possibilities for football coaching, Master thesis in computer science, DNACS, Stoccolma, <http://cid.nada.kth.se/pdf/247.pdf>.
- Sun Tzu, L'arte della guerra, Roma, Newton Compton, 2004.
- Thomas A. C., A comparison of strategies in ice hockey, Tesi di dottorato, Harvard University, 2005.
- Topaz C. M., Bertozzi A. L., Swarming patterns in a two-dimensional kinematic model for biological groups, SIAM J. Appl. Math, 65, 2004, 1, 152-174.
- Wang M. C., Uhlenbeck G. E., On the theory of Brownian Motion II, Rev. Mod. Phys., 17, 1945, 3, 323-342.
- Williams A. M., Perceptual skill in soccer: implications for talent identification and development, Journal of Sport science, 2000, 18, 737-750.
- Xie L., Unsupervised pattern discovery for multimedia sequences, Columbia University Master Thesis, 2005.
- Xie L., Xu P., Shih-Fu Chang S. F., Divakaran A., Sun H., Structure analysis of soccer video with domain knowledge and Hidden Markov Models, Mitsubishi Electric Research Laboratories, <http://www.merl.com>.
- Xiong Z., Radhakrishnan R., Divakaran A., Husang T. S., Highlights extraction from sports video based on an audio-visual marker detection framework, in: Proceedings IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME '05), Amsterdam, 6-8 luglio 2005, 4.
- Yan F., Christmas W., Kittler J., A tennis ball tracking algorithm for automatic annotation for tennis match, The British Machine Vision Conference, 2, 2005, 619-628, www.vampire-project.org/content/publications_contrib.htm.
- Yannakakis G. N., AI in Computer Games generating interesting interactive opponents by the use of evolutionary computation, Tesi di dottorato, University of Edinburgh, College of Science and Engineering, School of Informatics, 2005.
- Yu X., Farin, D., Current and emerging topics in sports video processing, in: Proceedings IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME), 6-8 July 2005, 526-529.
- Zinkevich M., Generalized symmetry in stochastic games, National science foundation, 2002, <http://www.cs.cmu.edu/~maz/publications/symmetrysg.pdf>

Franco M. Impellizzeri, *Human Performance Lab, Centro Ricerche per lo Sport MAPEI, Castellanza, Varese*; Ermanno Rampinini, *Corso di Laurea in Scienze motorie, Facoltà di Medicina e chirurgia dell'Università di Tor Vergata, Roma*; Carlo Castagna, *Facoltà di Scienze motorie, Università degli Studi di Verona*, Duccio Ferrari Bravo, *Human Performance Lab, Centro Ricerche per lo Sport MAPEI, Castellanza, Varese*, David Bishop, *Facoltà di Scienze motorie, Università degli Studi di Verona, Team Sport Research Group, School of Human Movement and Exercise Science, University of Western Australia, Australia*

Capacità di ripetere gli sprint e sua valutazione

La validità del test di capacità di ripetere gli sprint (Repeated Sprint Ability) nel calcio

La capacità di ripetere gli sprint (definita RSA) è una caratteristica fisica importante per il calciatore e per gli atleti di sport di squadra. Per questo motivo sono stati sviluppati diversi test di misura di questa componente fisica, ma solo pochi sono stati scientificamente validati. Come regola generale, i test di RSA non devono riflettere l'andamento medio di una partita (errore concettuale che a volte viene fatto) ma devono cercare di riprodurre semplicemente le fasi a più alta intensità di una partita (validità logica e di contenuto). Per questo motivo il test di RSA proposto da Capanna negli anni '90, e oggi molto diffuso in Italia risulta appropriato per misurare l'RSA nel calcio. Un recente studio ha dimostrato la validità di costruito di questo test, avendo trovato una relazione tra tempo medio nel test Capanna a navetta e distanza percorsa ad alta intensità e/o sprintando in partita. La ripetibilità di questo test, se eseguito correttamente, risulta inferiore al 2%. Se si interpretano i dati in modo appropriato prendendo in considerazione i coefficienti di ripetibilità, le informazioni che si ottengono da questo test possono essere molto utili per il preparatore nel controllo degli effetti allenanti sui calciatori.

Introduzione

A livello internazionale, la capacità di ripetere *sprint* (*repeated sprint ability, RSA*) e/o attività ad alta intensità è comunemente ritenuta una componente della *performance* fisica molto importante negli sport di squadra (Bangsbø 1994 b; Reilly 1997; Balsom 1999; Reilly 2003; Glaister 2005; Spencer et al. 2005). Per questo motivo in letteratura sono stati proposti diversi test per misurare l'effetto dell'allenamento sull'*RSA* dell'atleta (Bangsbø, Lindquist 1992; Bangsbø 1994a; Wragg et al. 2000; Psotta et al. 2005). Lo sviluppo di un test è un processo che richiede necessariamente l'applicazione del metodo scientifico per verificarne l'effettiva validità. Pochi studi, tuttavia, si sono occupati della validità dei test di *RSA* nel calcio (Wragg et al. 2000; Psotta et al. 2005; Rampinini et al. 2006).

Validità logica dei test di RSA

Il concetto di validità, riferito ad un test che si propone di misurare una capacità fisiologica o prestativa, è più complesso di quello che si pensi comunemente e per questo è necessario fornire diversi tipi di evidenze scientifiche. Per poter definire un test valido, occorre innanzitutto che esso misuri quello che si propone di misurare. Nella prima fase di sviluppo dei test di *RSA* ci si basa solitamente sulla validità logica. La *validità logica* (*face validity*) si ha quando un test misura in modo ovvio ciò che si suppone debba misurare, ovvero quando coinvolge la *performance* stessa oggetto di misura. Per l'*RSA* ne consegue che il test deve essere costituito da *sprint* ripetuti nel tempo con un rapporto *sprint*/recupero che sia valido per il calcio.

Già su questo punto, tuttavia, si possono commettere errori dovuti, ad esempio, ad una errata interpretazione dei dati riportati in diversi studi scientifici sulla frequenza e durata degli *sprint* misurati attraverso i sistemi di *Video Match Analysis*. In uno studio per verificare la validità di un test di *RSA* proposto da Jens Bangsbø, i ricercatori del *Chelsea School Research Center* dell'Università di Brighton (Wragg et al. 2000) spiegano chiaramente come non sia corretto utilizzare per la validità logica i valori medi di durata o distanza e frequenza degli *sprint*. È noto, infatti, che il calcio è caratterizzato da *sprint* della durata media di 1,7-4,4 s con recupero di 1 o 2 min per 90 minuti (Withers et al. 1982; Bangsbø et al. 1991; Bangsbø, 1994b; Reilly 1997; Drust et al. 1998; Mohr et al. 2003; Reilly 2003; Krstrup et al. 2005; Reilly 2005; Di Salvo et al. 2006). Tuttavia, i valori medi non riflettono la variabilità individuale (coefficienti di variazione > 70%) e nemmeno le fasi fisica-

mente più impegnative di una partita. Wragg et al. (Wragg et al. 2000) sottolineano che le fasi più intense riportate in letteratura coinvolgono undici periodi consecutivi di corsa ad alta velocità con un rapporto sforzo/recupero di 1:3,1 per una durata totale di 178,2 s. Per questo motivo test di *RSA* con rapporti e durata totale simili possono essere considerati appropriati per misurare quelle fasi ad alta intensità che sono critiche durante la partita. Del resto, come ricordano Spencer et al. (Spencer et al. 2005), se le attività di *sprint* negli sport di squadra fossero realmente di 1-2 s ogni 1-2 min, sarebbe improbabile un peggioramento della *performance* fisica, quindi, la capacità di ripetere gli *sprint* non sarebbe una componente importante della prestazione fisica negli sport di squadra. Wragg et al. (Wragg et al. 2000) e Spencer et al. (Spencer et al. 2005) suggeriscono che durante una partita sono proprio queste fasi ad alta intensità e caratterizzate da *sprint* ripetuti che potrebbero essere importanti per la *performance*. Di conseguenza, è importante ricordarsi che i test di *RSA* non devono replicare l'andamento medio di una partita, bensì le fasi a maggior intensità che ci sono durante un incontro.

Validità di costruito del test navetta di Capanna

In Italia, alla fine degli anni '80, Riccardo Capanna ha sviluppato e proposto un test per la misura dell'*RSA* successivamente applicato e reso noto nel mondo del calcio da Roberto Sassi. Questo test, denominato *test Capanna a navetta*, o semplicemente "*test a navetta*", è costituito da 6 *sprint* di 20+20 m con cambio di direzione e 20 s di recupero tra le prove. Nonostante la diffusione che ha avuto in questi anni il test di *RSA* di Capanna, nessuno studio ne ha mai verificato la validità. Dal punto di vista della validità logica il *test navetta* è caratterizzato da rapporti di circa 1/5,5 e durate di circa 145 s, quindi simili al rapporto sforzo/recupero e durata totale riportati in letteratura per le fasi a più alta intensità riscontrabili in una partita. Il test, inoltre, contiene i cambi di direzione, così come suggerito da Wragg et al. (Wragg et al. 2000), che ne aumenta la specificità. Tuttavia, la validità logica è un buon punto di partenza, ma deve essere considerata solamente quale condizione necessaria e non sufficiente per giustificare il significato e quindi l'adozione di un test. Infatti, la validità logica non è verificabile in modo oggettivo attraverso metodi statistici, ma solo giudicabile attraverso ragionamenti scientifici che possono essere più o meno forti a secondo del *background* culturale e scientifico di chi effettua l'interpretazione.

Un'evidenza più forte può essere fornita dalla *validità di costruito*. Con questo intento abbiamo recentemente condotto uno studio per verificare se il *test navetta* misuri effettivamente l'abilità di svolgere sforzi ad alta intensità durante la partita (Rampinini et al. 2007) che, in ultima analisi, è il metodo più forte per validare un test. Un'eventuale mancanza di correlazione tra il *test navetta* e le fasi ad alta intensità di corsa compiute dal giocatore durante la partita avrebbe indicato, infatti, che le qualità misurate con il *test navetta* non sono coinvolte durante una reale partita e questo avrebbe reso il *test navetta* una misura di *RSA* potenzialmente non rilevante per la *performance* fisica del calcio.

Lo studio si è svolto nel quadro di una ricerca diretta ad esaminare la validità di costruito di alcuni test da campo come indicatori della *performance* fisica relativa alla gara, riguardanti la *fitness* aerobica, l'altezza di salto verticale e la *RSA* nel gioco del calcio. Alla ricerca hanno partecipato diciotto giocatori professionisti di calcio (età: 26,2±4 anni; massa corporea: 80,8±7,8 kg; altezza: 1,81±3,7 cm) (tre difensori centrali, cinque terzini, sette centrocampisti e tre attaccanti). Tutti giocavano nella stessa prima squadra di una delle più importanti Federazioni europee, piazzatasi nelle prime quattro della classifica finale del proprio Campionato nazionale e classificatasi per i quarti di finale nella *UEFA European Champions League* nel periodo della ricerca. Quattordici di questi atleti erano inclusi nella squadra nazionale del loro Paese (sei nazioni) e cinque di loro erano tra i migliori al mondo. Ogni partita è stata monitorizzata attraverso un sistema di *Match Analysis* video-computerizzato, semiautomatico di riconoscimento dell'immagine (*ProZone*®), che usa sei telecamere, tre per ogni lato del campo, che forniscono un'osservazione simultanea di tutti i ventidue atleti impegnati nel gioco. Il sistema di *Match Analysis*, oltre alla distanza totale percorsa, fornisce dati relativi a queste categorie locomotorie: *standing* (da 0 a 0,7 km/h); *walking* (da 0,7 a 7,2 km/h); *jogging* (da 7,2 a 14,4 km/h); *running* (da 14,4 a 19,8 km/h); *high speed running* (da 19,8 a 25, 2 km/h); *sprinting* (> di 25 km/h). Di queste categorie locomotorie sono state calcolate e utilizzate per l'analisi, la distanza totale percorsa, la corsa ad intensità molto elevata (> 19,8 km/h) e la distanza corsa sprintando (> 25,2 km/h). Inoltre, per valutare la sua relazione con i test da campo, è stata scelta la massima velocità raggiunta durante le partite. Per l'analisi statistica sono stati usati i migliori valori di ciascuna delle variabili osservate durante le due-tre partite più vicine ai test (entro tre settimane).

I test sono stati eseguiti in due occasioni separate con almeno due giorni di distanza tra le due sessione di test e durante le settimane di *tapering*. I test di salto verticale e il test incrementale venivano eseguiti il primo giorno, il test di RSA nella seconda sessione.

Per verificare la validità di costruito del *test navetta* sono stati utilizzati il metodo della *validità convergente* e la *known-group difference technique*. In altre parole, nel primo caso (*convergent validity*) è stata esaminata la correlazione tra il test RSA e le diverse categorie di *performance* fisica misurata durante partite ufficiali con il metodo della *Video Match Analysis*. Nel secondo caso (*known-group difference technique*) è stata verificata se i giocatori con i risultati peggiori nell'RSA risultano essere anche peggiori nella capacità di svolgere attività ad alta intensità durante la partita. I risultati hanno mostrato una correlazione significativa ($p < 0,05$) tra tempo medio impiegato nel completare gli *sprint* del *test navetta* e: a) la distanza coperta durante gli *sprint* ($r = 0,65$) e b) la distanza coperta a velocità di corsa superiori a 19,8 km/h ($r = 0,60$). A conferma di questa analisi i giocatori risultati peggiori nel *test navetta* sono risultati anche coloro che hanno percorso durante le partite analizzate meno distanza ad alta intensità (-19%) e sprintando (-40%) (figura 1). Per quanto riguarda i dati di decremento nei tempi di percorrenza durante i sei *sprint* ed il tempo migliore tra le sei navette non sono state rilevate correlazioni significative con nessun parametro di *performance* fisica.

L'uso della *Match Analysis* è considerato il metodo più forte per validare un test (Boddington et al. 2004). Il protocollo del test di RSA proposto da Capanna, Sassi è risultato un valido indicatore della *performance* fisica svolta ad alta intensità durante la partita. Se si pensa a quanti fattori possono influire sulle richieste fisiche durante la partita (livello della squadra avversaria, risultato della partita, ecc.) è chiaro come la correlazione significativa tra risultati del test di RSA e corsa ad alta velocità sia assolutamente rilevante. Krusturp et al. (Krusturp et al. 2006) in un articolo pubblicato recentemente sottolineano come, ad oggi, solo lo *Yo-yo IR1* di Bangsbo e il test di RSA validato dal Centro Ricerche per lo Sport MAPEI (il test di Capanna) siano stati dimostrati essere correlati ad attività in partita.

Ripetibilità del test navetta

Per esser valido un test deve anche essere ripetibile. Il valore di *ripetibilità* è anche indispensabile per poter capire se i cambiamenti individuali misurati siano stati indotti dall'allenamento o siano semplicemente

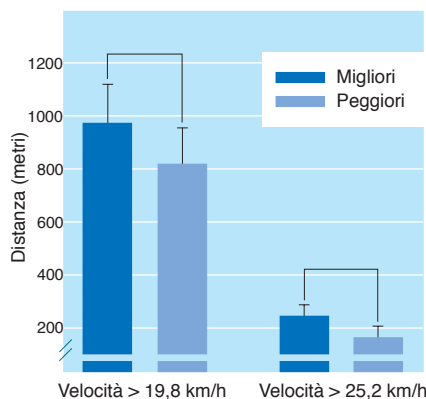


Figura 1 – Distanza in metri percorsi durante partite ufficiali da giocatori con risultati nel test RSA a navetta inferiori (Migliori, n = 9) o superiori (Peggiori, n = 9) al valore medio della squadra. I giocatori appartengono ad una squadra europea di prima divisione. Le velocità di corsa superiori a 19,8 km/h sono categorizzate come attività ad altissima intensità, mentre quelle superiori a 25,2 km/h sono considerate attività di sprint.

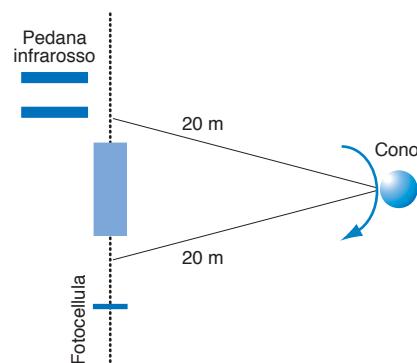


Figura 2 – Rappresentazione schematica del posizionamento della pedana di partenza e della fotocellula per l'esecuzione del test di RSA di Capanna.

dovuti alla variabilità della misura stessa (i.e. errore). In un altro studio sul *test navetta* (ultimato grazie alla preziosa collaborazione del prof. Tibaudi), abbiamo mostrato come tra i tre parametri calcolati dal test (indice di fatica, tempo migliore e tempo medio) solo il tempo medio e il tempo migliore abbiano coefficienti di ripetibilità sufficienti per poter discriminare cambiamenti dell'ordine del 2%. Per l'indice di fatica (decremento percentuale) i cambiamenti per essere significativi devono essere superiori al 30%. Simili risultati sono stati riportati recentemente per un altro test di RSA (McGawley, Bishop 2006).

Consigli pratici per l'effettuazione del test di RSA

Nello studio di validazione così come in altri appena conclusi (verifica della validità discriminante, sensibilità ai cambiamenti indotti dall'allenamento e utilità come mezzo di allenamento oltre che di valutazione) l'effettuazione del test è stato leg-

germente modificata rispetto alla versione originale, in modo da aumentarne la ripetibilità. La partenza avviene con il piede posteriore all'interno di una pedana ad infrarosso ed il piede anteriore e il busto sulla linea dei 20 m. Il calciatore sprinta fino ad un cono con l'obbligo di toccarlo per non invalidare ed interrompere il test. Toccato il cono cambia direzione e sprinta fino alla fotocellula posta alla fine del tratto di ritorno (figura 2). Questo accorgimento in partenza diminuisce la variabilità data dalle partenze con fotocellule dovuto a movimenti delle braccia e del busto. In modo analogo a quanto fatto da Bishop nei suoi numerosi studi sull'RSA, viene fatto eseguire prima di ogni *test a navetta*,



Riccardo Capanna

Lo sviluppo della forza coordinativa nel gioco del calcio
Un sasso nello stagno

2003 • 11 euro • 88 pagine

Alle piccole onde generate da un metaforico "sasso nello stagno" è affidato il compito di diffondere nello spazio il seme della curiosità che l'Autore ha inteso generare con questa essenziale ed originale trattazione. L'essenza del messaggio è oltremodo chiara: partendo da una nuova teoria dell'azione motoria è la "qualità del gesto" che deve diventare l'obiettivo principale da perseguire. Seguendo questa teoria non vengono fornite indicazioni sul muro di ripetizioni (quantità) o sulla durata delle pause di recupero (densità) ma piuttosto sulla cura della "coordinazione" (qualità ed intensità dello stimolo) attraverso una trattazione degli argomenti che sempre salvaguardi questa capacità. La teoria esposta risulterà sicuramente utile sia a staff tecnici di alto livello sia a tutti gli operatori impegnati in ambito dilettantistico, nei Settori Giovanili e nelle Scuole Calcio.



Riccardo Capanna
Claudio Onofri
Stefano Ancona

L'allenamento funzionale per i giocatori ed il portiere

2005 • 22 euro • 192 pagine

Impostare l'allenamento in funzione di come il giocatore apprende è l'idea alla base di questo testo. Partendo dai risultati dei più recenti studi sul cervello, che hanno evidenziato la possibilità di insegnare sfruttando modalità di apprendimento più veloci rispetto al passato, Capanna propone un nuovo metodo per insegnare il calcio. Ogni tecnico riuscirà ad elaborare metodologie allenanti adattandole all'idea che si è creato sulle modalità di apprendimento dei suoi giocatori.



Roberto Sassi

La preparazione atletica nel calcio
20 anni di esperienze

2001 • 21 euro • 300 pagine

La riconosciuta importanza nel calcio moderno della condizione fisica da ottenere attraverso un lavoro rigoroso e specifico, ha spinto Roberto Sassi a fissare in questo manuale alcuni dei concetti fondamentali che ne ha ispirato il metodo di lavoro perfezionato in anni di molteplici esperienze con numerosi e qualificatissimi collaboratori. La raccolta è arricchita di cinque importanti contributi, tratti dai più significativi interventi dell'autore in 20 anni di carriera sulle riviste e nei convegni specializzati. La molteplicità e diversità degli ambienti nei quali l'autore ha maturato le proprie esperienze, rendono estremamente completa la gamma delle variabili sulle quali è stata costruita una metodologia veramente completa ed efficace.



Roberto Sassi
Agostino Tibaudi

La modulazione del carico nella preparazione del calciatore
Teoria, percorsi pratici, aggiornamenti di "ricerca sul campo"

2004 • 25 euro • 126 pagine

Un ottimo strumento per impostare il programma di allenamento adattabile alle squadre di ogni categoria e livello agonistico. Una proposta basata sulla revisione di alcuni principi della teoria dell'allenamento, derivanti soprattutto da esperienze condotte in atletica leggera, che non sempre si conciliano in modo rispondente alle aspettative di rendimento richieste dal calcio. Uno strumento utile a tutti i preparatori atletici che hanno l'obiettivo di migliorare le qualità fisico-atletiche che incidono maggiormente sulla preparazione del calciatore, e di mantenere il rendimento su valori massimi il più a lungo possibile durante la lunga stagione sportiva.

Per informazioni e ordini:
tel. 075 5997310 • fax 075 5990491
www.calzetti-mariucci.it
sport@calzetti-mariucci.it

una prova massimale. Questa prova costituisce il riferimento per il test di RSA vero e proprio. Se la prima prova è superiore al 2,5% del tempo della navetta di riferimento, il test viene interrotto e ripetuto dopo adeguato recupero.

Errori tipici nell'interpretazione dei risultati dei test

I risultati dello studio presentati nel precedente paragrafo ci mostrano una correlazione tra RSA e attività ad alta intensità durante la partita. Ciò che spesso si dimentica è che la correlazione non implica un rapporto di causa effetto. Il rapporto di causalità si dimostra con altri tipi di design sperimentali. Questo è un concetto di base molto importante perché l'errore più tipico risiede nel ragionare su come migliorare il test e non la qualità che misura, aspettandosi oltretutto di ottenere automaticamente un miglioramento della prestazione a cui il test è correlato. Il ragionamento andrebbe ribaltato: occorre adottare delle strategie per migliorare la capacità di effettuare attività ad alta intensità durante la partita e si verifica l'effetto dell'allenamento con il test, tenendo sempre in considerazione che non necessariamente un cambiamento nel test rifletterà un cambiamento in partita dato che i fattori che influiscono sulle attività svolte in partita sono molteplici. Per fare ciò si devono capire quali siano le determinanti fisiologiche dell'abilità di ripetere gli *sprint* prima di ipotizzare come allenarle. È anche necessario tenere in considerazione che, in ogni caso, solo la conferma sperimentale può dirci con un'accettabile sicurezza che la strategia di allenamento è stata efficace e queste evidenze sperimentali vengono solitamente pubblicate sulle riviste scientifiche internazionali quale maggior garanzia di qualità delle stesse.

Nota

Le figure relative alle correlazioni non possono essere mostrate perché coperte da copyright dall'*International Journal of Sports Medicine*.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano Aaron Coutts, Matt Spencer e Riccardo Capanna per i loro suggerimenti. Un ringraziamento particolare va a Roberto Sassi, Agostino Tibaudi e Maurizio Fanchini per il supporto fornito nello sviluppo degli studi di validità del test di RSA.

Indirizzo dell'autore: Franco M. Impellizzeri, Human Performance Lab, SS MAPEI srl, Via Don Minzoni 34, 21035 Castellanza (Varese).

e-mail: research@mapeisport.it

Bibliografia

Balsom, P., Precision Football, Kempele, Polar Electro Oy, 1999.
Bangsbø J., Fitness Training in Football, Bagsværd, HO+Storm, 1994a
Bangsbø J., The physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise, Acta Physiol. Scand. Suppl., 1994b, 619, 1-155.
Bangsbø J., Lindquist F., Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players, International Journal of Sports Medicine, 13, 1992, 125-132.
Bangsbø J., Norregaard L., Thorso F., Activity profile of competition soccer, Canadian Journal of Sport Sciences, 16, 1991, 110-116.
Boddington M. K., Lambert M. I., Waldeck M. R., Validity of a 5-meter multiple shuttle run test for assessing fitness of women field hockey players, Journal of Strength and Conditioning Research, 18, 2004, 97-100.
Di Salvo V., Baron R., Tschan H., Calderon Montero F. J., Bachl N., Pigozzi F., Performance Characteristics According to Playing Position in Elite Soccer, Int. J. of Sports Med.
Drust B., Reilly T., Rienzi E., Analysis of work-rate in soccer, Sports Ex. and Injury, 4, 1998, 151-155.
Glaister M., Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. Sports Medicine, 35, 2005, 757-77.
Krustrup P., Mohr M., Ellingsgaard H., Bangsbø J., Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status, Med. and Sci. in Sports Ex., 37, 2005, 1242-8.
Krustrup P., Mohr M., Nybo L., Jensen J. M., Nielsen J. J., Bangsbø J., The Yo-Yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer, Med. Sci. in Sports and Ex., 38, 2006, 1666-73.
McGawley K. Bishop D., Reliability of a 5 x 6-s maximal cycling repeated-sprint test in trained female team-sport athletes. Eur J Appl Physiol, 98, 2006, 383-93.
Mohr M., Krustrup P., Bangsbø J., Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. J. of Sports Sci., 21, 2003, 519-28.
Psotta R., Blahus P., Cochrane D. J., Martin A. J., The assessment of an intermittent high intensity running test, J. of Sports Med. Phys. Fitness, 45, 2005, 248-56.
Rampinini E., Bishop D., Marcora S. M., Ferrari Bravo D., Sassi R., Impellizzeri F. M., Validity of Simple Field Tests as Indicators of Match-Related Physical Performance in Top-Level Professional Soccer Players, Int. J Sports Med., 28, 2007, 3, 228-233.
Reilly T., Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. J. of Sports Sci., 15, 257-63.
Reilly T., Motion analysis and physiological demands, in: Reilly T., Williams A. M. (a cura di), Science and Routledge, Londra, 2003, 59-72.
Reilly T., An ergonomics model of the soccer training process, J. of Sports Sci., 23, 2005, 561-572.
Spencer M., Bishop D., Dawson B., Goodman C., Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports, Sports Medicine, 35, 2005, 1025-1044.
Withers R. T., Maricic Z., Wasilewski S., Kelly L., Match analyses of Australian professional soccer players, Journal of Human Movement Studies, 8, 1982, 159-176.
Wragg C. B., Maxwell N. S., Doust J. H., Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability. Eur. J. Appl. Physiol., 83, 2000, 77-83.

Yury Verkhoshansky, Natalia Verkhoshanskaya

Il cambiamento dei paradigmi nella teoria dell'allenamento sportivo

Cambiamento di paradigmi e discussione sullo stato attuale della teoria e metodologia dell'allenamento. Parte prima: gli aspetti teorici

35



Foto DIGITALVISION

La discussione dei risultati degli studi e delle ricerche sulla teoria e metodologia dell'allenamento sportivo spesso si sviluppa sulla base di presupposti sottointesi e consolidati senza considerarne l'evoluzione. Si nega così la validità di punti di vista diversi attraverso i quali possono essere analizzati. Viene fatto perciò un tentativo di esporre le problematiche che, nell'attuale discussione scientifica

sulla teoria e metodologia dell'allenamento sportivo, sono alla base delle incomprensioni e delle contraddizioni più evidenti e ricorrenti. Nella prima parte, dedicata agli aspetti teorici, si trattano: lo stato attuale della teoria e metodologia dell'allenamento; le differenze tra la concezione della Periodizzazione e quella della Programmazione dell'allenamento sportivo; la fisiologia

dell'adattamento come base dell'approccio biologico alla teoria e metodologia dell'allenamento sportivo; le due diverse visioni del processo "lavoro-recupero" nella teoria dell'allenamento sportivo. Nella seconda si tratteranno aspetti pratici che riguardano la costruzione del microciclo; il sistema dell'allenamento a blocchi; l'effetto ritardato d'allenamento e la supercompensazione.

FotoDIGITALVISION

Introduzione

Nel numero 62-63 (2004) di questa rivista è stato pubblicato un articolo: "Supercompensazione: mito o realtà?", nel quale gli Autori esprimevano il loro disaccordo per scarsa importanza che i tedeschi Friedrich, Möller (1999) attribuivano ad un fenomeno biologico universale come la *supercompensazione*. Il successivo articolo di Platonov (2005) pur facendo riferimento a questo articolo e a questo argomento, in realtà affrontava problematiche diverse, relative ai disaccordi tra gli scienziati dell'ex Unione Sovietica nel campo della teoria dell'allenamento sportivo, argomento già trattato in questa rivista in più di un'occasione.

Attualmente, in un contesto temporale e sociale così diverso l'articolo di Platonov sembra essere un eco delle cannonate delle battaglie teoriche sovietiche del passato, dove i "cannoni" erano rivolti non tanto contro le idee, quanto contro le persone che le esprimevano. A questo articolo, però, va attribuito il merito di aver sollecitato riflessioni sulle cause più profonde dell'impossibilità di discutere, in modo costruttivo e non aprioristico, sulle problematiche e sulle diverse visioni nel campo della teoria e metodologia dell'allenamento sportivo (TMAS).

Lo spunto per cercare di capire e spiegare questa "incomunicabilità" e "inconciliabilità" fra visioni diverse ci è venuto da due articoli: "L'evidence based coaching" di A. La Torre, R. Codella, G. P. Alberti, E. Arcelli, (2004) e "La scienza della motricità è di fronte a una crisi?" di R. Dausgs (1994), che hanno il merito di ricordare che la discussione scientifica e lo sviluppo della scienza devono essere sempre collocati nel quadro della relatività e dell'evoluzione dei paradigmi che li regolano. In altri termini, anche per la TMAS, i presupposti scientifici che ne sono alla base, quasi sempre, sono sottointesi, dati per assodati e consolidati, mentre in realtà anch'essi sono oggetto di sviluppo ed evoluzione.

Questo articolo vuole evidenziare come spesso la discussione sui risultati degli studi e delle ricerche effettuate si sviluppi sulla base di questi "presupposti sottointesi e consolidati" senza prendere in considerazione la loro evoluzione, con la conseguenza di negare la validità dei diversi punti di vista attraverso i quali può essere realizzata la loro analisi, ed è un tentativo di sviluppare una analisi delle problematiche che, nell'attuale discussione sulla TMAS, sono alla base delle incomprensioni e delle contraddizioni più evidenti e ricorrenti. La prima parte dell'articolo è dedicata ad aspetti teorici:

- lo stato attuale della TMAS;
- le differenze tra la concezione della *Periodizzazione* e quella della *Programmazione* dell'allenamento sportivo;
- la fisiologia dell'adattamento come base dell'approccio biologico alla TMAS;
- le due diverse visioni del processo "lavoro-recupero" nella TMAS.

La seconda parte riguarderà gli aspetti pratici:

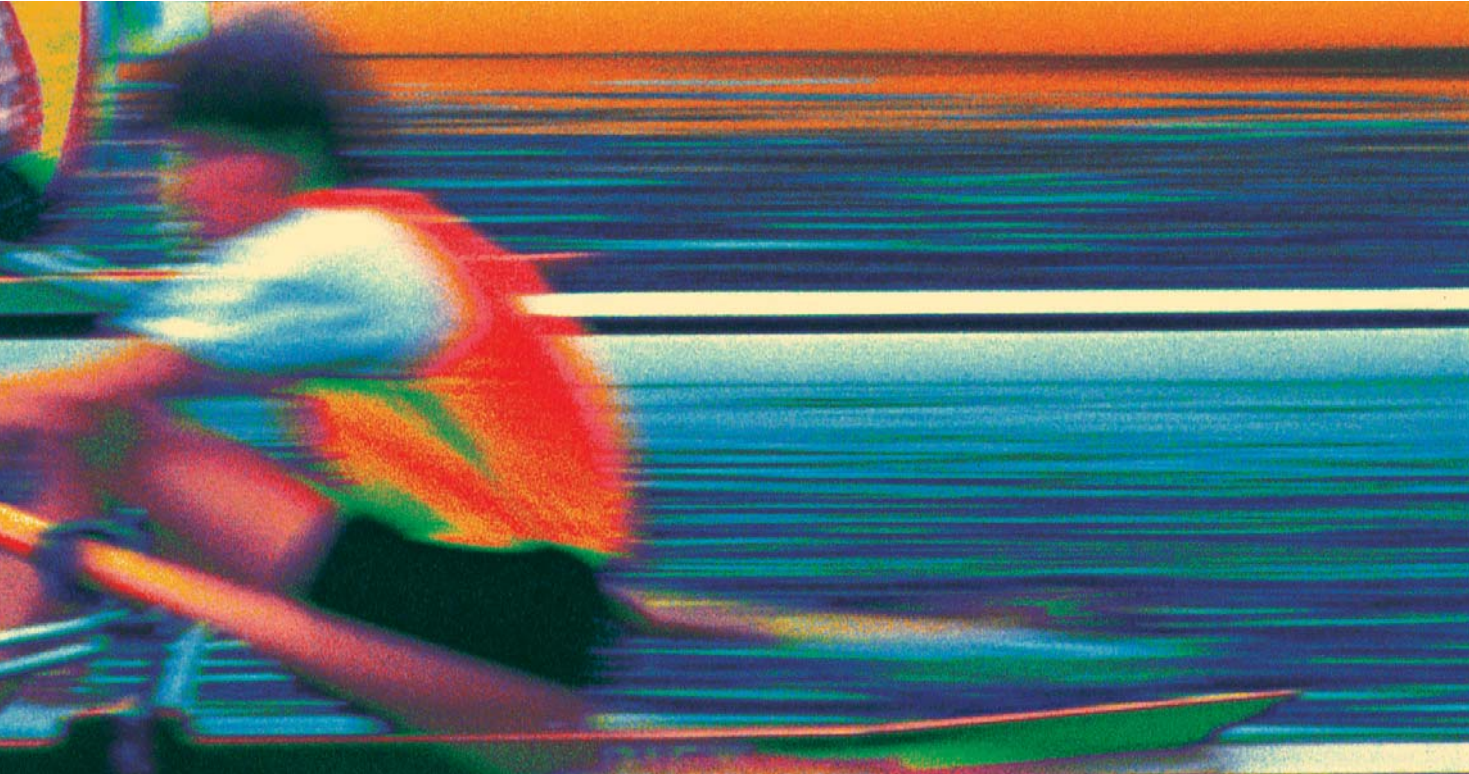
- la costruzione del microciclo nel quale si alternano unità di allenamento con carichi diversi per volume e finalità;
- Il sistema dell'allenamento a blocchi;
- l'effetto ritardato (residuo) d'allenamento ed il fenomeno della Supercompensazione.

Che cosa è una teoria, il suo "modus vivendi" e lo stato attuale della TMAS

Come è noto dalla filosofia della scienza, la teoria è la forma superiore e più evoluta dell'organizzazione della conoscenza scientifica, che fornisce una idea completa delle leggi e delle relazioni principali in un determinato campo della realtà che ne rappresenta l'oggetto.

Nella sua composizione, una teoria rappresenta un sistema differenziato al suo interno, ma integrale di conoscenze, caratterizzato dall'interdipendenza logica dei suoi elementi: idee generali, ipotesi, concetti e principi che riguardano un determinato campo della conoscenza. In altre parole, una teoria matura si presenta non solo come una somma di conoscenze interconnesse tra loro, ma contiene un determinato meccanismo di organizzazione della conoscenza. Tale meccanismo ha un contenuto teorico internamente esposto e rappresenta un determinato programma di ricerca. Tutto ciò assicura il carattere integrativo e non contraddittorio della teoria come sistema unitario della conoscenza. Nella scienza, il funzionamento reale e lo sviluppo di una teoria si realizzano nell'unità organica con la ricerca empirica. Una teoria si presenta come conoscenza vera della realtà solo quando trova la sua interpretazione empirica che agevola la realizzazione della sua verifica sperimentale e l'individuazione delle sue capacità di spiegare e di prevedere la realtà.

Per analizzare i punti essenziali della Teoria dell'allenamento sportivo, prima si deve valutare il suo stato attuale dal punto di vista di queste caratteristiche. Bisogna esaminare i lavori fondamentali su questa



teoria e rispondere alla domanda se rispondano a questi criteri o, come scrivono La Torre ed altri (2004) non siano: "un enorme costruito terminologico...e sovente si assiste nelle aule universitarie, nei momenti formativi e/o di aggiornamento dei tecnici, a frustranti diatribe sulla legittimità nominalistica di alcuni concetti accademici". Si debbono esaminare le grandi compilazioni dei dati più recenti della ricerca nel campo della metodologia dell'allenamento, sistematizzati coerentemente con i postulati teorici di questi lavori fondamentali e chiederci se possano essere definiti "teoria". In altri termini, bisogna rispondere alla domanda: la Teoria dell'allenamento sportivo è già stata creata?

Nonostante esistano vari testi in cui titolo figura la dizione "teoria dell'allenamento" e un testo recente si intitoli "Teoria generale della preparazione degli atleti nello sport olimpico", Tschien (2001) ha affermato che: "una teoria compiuta e coerente dell'allenamento non esiste. Attualmente, siamo di fronte solo a frammenti di una teoria...". Se esiste qualcuno che esprime questa opinione significa che quella che viene attualmente definita "teoria dell'allenamento sportivo" ha bisogno di un ulteriore sviluppo e, quindi, deve essere pronto ad affrontare gli inevitabili conflitti.

Bernshtein scriveva (1966) che: "Una teoria decrepita, superato il periodo della sua fioritura, può distruggersi e diventare inutile nel momento in cui si trova in contraddizione inconciliabile con il flusso della corrente dei nuovi fatti e delle nuove relazioni verificati sperimentalmente. Talvolta l'accumulo graduale di alcuni dati, che non rientrano nella vecchia teoria, talvolta un solo fatto isolato, o un fenomeno che la colpisce direttamente al cuore, sono causa della necessità della sua inevitabile sostituzione."

Ma come fare, se durante questo processo si manifestano: "le prime avvisaglie di non-scientificità" rappresentate: "dall'assenza di specificazioni delle condizioni in cui si è disposti ad abbandonare, o almeno a modificare le proprie teorie, i reiterati tentativi a salvarle dalla confutazione mediante stratagemmi *ad hoc*" (La Torre ed altri 2004)?

Daug (1994) analizzando la storia dello sviluppo delle diverse teorie, sulle basi della concezione epistemologica di Kuhn¹, afferma che questi fenomeni rappresentano i precursori inevitabili e quasi normali del processo del cosiddetto "cambio dei paradigmi" (Daug 1994).

"Il processo di sviluppo della scienza non è lineare: secondo Kuhn (1962, 1970) e Abernethy, Sparrow (1992) l'analisi dello sviluppo storico della scienza dimostra che esiste una successione infinita di periodi nei quali dominano idee concettuali specifiche, che si

alternano con crisi che distruggono questi paradigmi". Tali principi o "paradigmi", formano le basi di quella che Kuhn chiama "scienza normale", la scienza che si può basare su un ampio consenso della "società scientifica" per quanto riguarda problemi, metodi e teorie di un determinato campo della ricerca. "Questa scienza si basa sia su una concezione generale (ad esempio il paradigma dei processi di elaborazione dell'informazione) sia sull'impostazione sperimentale (ad esempio, il paradigma del tempo di reazione). I dati empirici anomali (che per Kuhn prendono il nome di "anomalie" ovvero eventi che vanno contro il paradigma, ndr), dopo che sono stati accumulati dalla cosiddetta "scienza normale" portano rapidamente a interpretazioni contrastanti spingendo il paradigma dominante agli estremi. All'inizio i sostenitori della "scienza normale" ignorano tale sviluppo. Solo dopo qualche tempo i dati anomali vengono riconosciuti e si intraprendono tentativi di spiegarli dal punto di vista della teoria dominante. Poco dopo, tali 'modificazioni aggiustative' diventano sempre più necessarie. Queste teorie modificate si gonfiano di ammissioni e compromessi interni, sempre più numerosi, perdendo così la loro chiarezza originaria e diventando contemporaneamente sempre più contestabili... Questa evoluzione è un segno della grave crisi del paradigma dominante. Il numero dei suoi oppositori cresce rapidamente, ma gli attacchi sono ancora isolati e vengono prevalentemente da giovani ricercatori che non hanno un ruolo importante nella società scientifica. La crisi 'totale' del paradigma diventa evidente quando ai critici si uniscono scienziati autorevoli che mostrano un interesse crescente verso le contraddizioni verificate. Di conseguenza, ciò provoca una resistenza tenace della 'scienza normale' verso i cambiamenti; specialmente da parte degli scienziati che sono cresciuti con il paradigma dominante, hanno contribuito notevolmente al suo sviluppo, collegato con il loro successo scientifico personale."

"Ciò spiega, perché il cambiamento del paradigma di solito dura abbastanza a lungo. La storia dimostra che la 'scienza normale' 'vive' da trenta a trentasei anni, un periodo che equivale, più o meno, al periodo dell'attività di ricerca di uno scienziato... Il nuovo paradigma si afferma solo quando gli eminenti apologeti della 'scienza normale' lasciano le loro poltrone. Planck ha notato (1949), che: '...il cambiamento dei paradigmi non si ottiene sulla base di una persuasione razionale...e che la nuova verità scientifica si afferma non attraverso il convincimento dei suoi oppositori che li costringe a 'vedere la nuova luce', ma è il risultato del fatto che prima o poi



questi muoiono e cresce una nuova generazione che la conosce'. La crisi della 'scienza normale' non solo dura abbastanza a lungo, ma rappresenta anche una parte del processo dello sviluppo di una profonda insoddisfazione. Ciò avviene perché i suoi oppositori, come anche i suoi sostenitori, polemizzano in un modo che non favorisce la soluzione del problema e la ricerca di un base comune, necessaria a risolverlo, ma tentano sempre di dimostrare la diversità delle loro opinioni, utilizzando obiettivi, esempi, metodi e sostegni scientifici che confermano le loro idee. Entrambi ignorano i fatti ed i dati oggettivi, ciò porta alla crescita dell'incomprensione e all'impossibilità di cooperazione. Per imporsi, il nuovo paradigma deve dimostrare di essere capace e disponibile ad affrontare alcuni problemi fondamentali del suo campo scientifico, di essere in grado di risolvere le contraddizioni dovute alla crisi e contemporaneamente utilizzare il massimo numero possibile dei dati sperimentali, accumulati durante la realizzazione del paradigma precedente. In molti casi, però, la crisi dei paradigmi è predeterminata da polemiche metateoriche (filosofiche e concettuali) che determinano di nuovo i problemi centrali e gli argomenti della ricerca, proponendo con ciò una nuova terminologia e metodologia che a loro volta rendono più complesso il processo della discussione."²

La TMAS è ancora molto giovane, ma ha già superato l'età della crisi della "scienza normale" indicata da Daug. È nata oltre mezzo secolo fa, sviluppandosi più intensamente nell'ex-Urss e nella Rdt, come parte della teoria dell'educazione fisica, basandosi interamente su principi pedagogici. Questa teoria si è sviluppata parallelamente a quella dello sport. La maturazione della crisi del paradigma "pedagogico" è iniziata quando il livello dei risultati sportivi è aumentato a tal punto che si sono evidenziate le differenze sostanziali tra allenamento degli atleti di vertice e dei praticanti dello sport di tempo libero. Nella TMAS, l'approccio pedagogico (dominante nella Teoria dell'educazione fisica) ha cominciato gradualmente a essere sostituito dall'approccio biologico (o meglio, fisiologico).

Nella parte di questa teoria che riguarda lo sport di alto livello si è cominciato a trattare il processo di allenamento non tanto dal punto di vista *insegnamento-apprendimento* quanto da quello "stimolo-adattamento". Il cambiamento di paradigma, però, non c'è stato. Nei termini utilizzati nell'articolo di Daug la condizione attuale della TMAS può essere caratterizzata come: "un processo continuo di sviluppo di una profonda insoddisfazione". Come mostrano pubblicazioni recenti, per alcuni scienziati, da una parte "il paradigma dominante" conferma la sua capacità di adeguarsi rapidamente ai nuovi dati che non corrispondono ad esso, per cui troviamo "l'ibridizzazione" di due paradigmi contrastanti, dall'altra "il

paradigma dominante della "scienza normale" è già stato sostituito dal paradigma alternativo "rivoluzionario". Secondo noi proprio queste differenze di posizioni complicano in modo devastante le discussioni tra loro. Queste, però, sono indispensabili, perché aiutano a "chiarire l'ottica", a focalizzare le contraddizioni di alcuni problemi fondamentali e a individuare le "idee concettuali specifiche" che non rientrano nei paradigmi tradizionali e, probabilmente, rappresentano il presupposto della crisi che ha portato alla loro distruzione. Non si possono abbandonare le discussioni teoriche, concentrandosi solo ed esclusivamente sui dati di ricerche frammentarie, anche perché, come mostra l'esperienza, il risultato di un singolo esperimento nel campo dell'allenamento sportivo non è sempre "univoco" e può essere interpretato diversamente secondo le caratteristiche del gruppo dei soggetti che hanno partecipato nell'esperimento, le condizioni specifiche del suo svolgimento e anche in relazione ai presupposti teorici alla sua base. Tra l'altro, in una attività creativa fortemente "intuitiva", come il lavoro di un allenatore, è molto importante, come questi "vede" i processi con i quali ha a che fare. In questo senso, come ha detto Alessandro Volta (1745-1827) "Non esiste nulla di più pratico di una buona teoria".

Le differenze tra la concezione della Periodizzazione e la concezione della Programmazione dell'allenamento sportivo

Cominciamo dall'analisi dell'affermazione che, per capire il ruolo delle leggi biologiche nel campo della metodologia dell'allenamento sportivo, bisogna comprendere che: "la pelliccia non riscalda l'uomo, ma serve a conservare il calore del suo corpo".

Il ricorso a questa allegoria ha il solo scopo di illustrare che lo stesso fenomeno può essere visto da posizioni diverse e che queste possono influenzare la sostanza del fenomeno. Qui può essere utile mostrare, ancora una volta, un disegno usato dalla psicologia della Gestalt, dove è mostrato un caso classico di *incommensurabilità* tra due immagini alternative, un argomento "kahuniano" utilizzato in maniera calzante nell'articolo di La Torre et al. (2004) (figura 1).

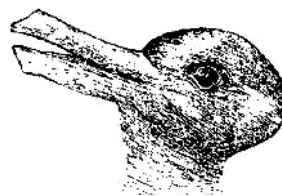


Figura 1 – Il disegno "anatra-coniglio" dalla psicologia della Gestalt.

Nello stesso disegno si possono vedere contemporaneamente un'anatra e un coniglio. "Nella figura alcune persone potrebbero non vedere un'anatra. Le persone che non avessero mai visto un'anatra, ma soltanto conigli potrebbero vedere un'anatra nella figura? Non si verifica alcun mutamento ottico o sensoriale. Eppure si vedono cose diverse. Quello che cambia è solo l'organizzazione di ciò che si vede" (La Torre et al. 2004).

La diversità "dell'organizzazione di ciò che si vede" può provocare discussioni costruttive che aiutano a scoprire la verità sull'oggetto che si guarda, ma può anche sollecitare sospetti reciproci sulle buone intenzioni o le capacità mentali dell'oppositore. Tra l'altro, qualcuno può non essere d'accordo con la visione del suo oppositore, perché il senso completo del proprio "punto di vista" non è sempre percepibile. Ciò può provocare i sospetti più inquietanti: "che riguardano non tanto la sfera delle polemiche scientifiche, quanto altri ambiti", come ad esempio: "...l'alterazione dei lavori in lingua russa, prodotti dai migliori specialisti dell'ex-URSS... allo scopo di rendere primitivi i loro contenuti per poterli criticare più facilmente e aumentare la propria importanza scientifica" (Platonov, 2005).

Al di là di questi sospetti rimane, però solo una cosa innegabile – la diversità dell'"organizzazione di ciò che si vede" e l'incommensurabilità delle sue interpretazioni.

Così, ad esempio, qualcuno vede nel processo dell'allenamento "una catena di microcicli" e lo concepisce come una formazione additiva, che si esprime nella formula "l'intero è la somma delle sue parti". Un altro, invece lo vede come un'espressione del fenomeno dell'*emergency of system*, che si esprime nella formula "l'intero è maggiore della somma delle sue parti" e concepisce l'allenamento come un sistema multigerarchico di stimoli allenanti sull'organismo, che può essere solo differenziato (nel tempo) in microcicli.

Secondo la concezione della *Periodizzazione*, per elaborare il piano della preparazione per un atleta, in sostanza, bisogna solo prendere il modello della sua costruzione (di Matveev o di Platonov) e adattarlo al calendario delle gare. Il microciclo rappresenta l'elemento strutturale di base di questo modello.

Il processo di allenamento viene costruito su un asse temporale che va dal momento del suo inizio fino alla data della gara, attraverso microcicli, che come mattoni di dimensioni diverse, sono disposti seguendo un andamento ad onde. Non a caso nella concezione della *Periodizzazione* la pianificazione del processo di allenamento viene definita "costruzione".

Nella concezione della *Programmazione* questo compito si realizza in modo molto più complesso. Anzitutto occorre individuare l'obiettivo nei termini concreti della differenza tra il risultato della gara precedente dell'atleta e il risultato che si vuole ottenere nella gara successiva e di periodo di tempo a disposizione per raggiungerlo. Si deve conoscere la struttura della prestazione della disciplina sportiva in termini qualitativi e quantitativi dei parametri che la determinano e, valutando la condizione attuale dell'atleta, individuare i compiti che permettono di aumentare i livelli carenti di questi parametri. Sulla base dell'analisi della letteratura specializzata e dei dati che riguardano l'esperienza dell'atleta (il suo diario) bisogna individuare mezzi e metodi di allenamento (ed il loro volume totale) che possono garantire l'aumento di questi parametri necessari per raggiungere l'obiettivo preposto. Dopo ciò si deve scegliere la strategia per *distribuire questo volume di mezzi sull'asse del tempo del periodo di preparazione, suddividendolo in microcicli*. Quindi, nella concezione della *Programmazione* dell'allenamento i microcicli rappresentano *le forme funzionali di organizzazione di quella porzione temporale del volume totale del carico di allenamento* (necessario per raggiungere il risultato finale stabilito), *la cui successione è determinata dalla strategia generale della loro distribuzione nel tempo*.

Quindi, la differenza più importante tra la "costruzione" dell'allenamento (nei termini della concezione della *Periodizzazione*) e la sua "programmazione" (nei termini della concezione della *Programma-*

zione), si basa su modi diversi di "percepire" lo stesso oggetto (microciclo). Ognuno di questi modi forma un proprio "modello del problema", un proprio "pattern metodologico" per risolvere i compiti teorico-sperimentali della pianificazione del processo di allenamento ed i compiti della sua realizzazione pratica. È molto difficile discutere su argomenti concreti (ad esempio, l'impostazione dei carichi nel microciclo) se esistono due percezioni diverse della sostanza di questo processo. Perciò queste discussioni assomigliano sempre di più alle polemiche tra i sostenitori delle "anatre" e quelli dei "conigli".

Le difficoltà di comprensione della concezione della *Programmazione* esistono anche perché la concezione della *Periodizzazione* si basa su posizioni che si sono create in modo empirico per decenni. Per questa ragione attualmente continuiamo ad osservare tentativi di conservare il paradigma dominante, malgrado l'avvento di dati nuovi non compatibili con esso, di ibridizzazione di due paradigmi contrastanti. Per superare questa "inerzia mentale" bisogna ricordare le parole di Anochin: "Le ipotesi invecchiano, ma se restano sempre identiche si deve dubitare della loro legittimità"³. Per comprendere un approccio nuovo è necessario avere il coraggio di cambiare i propri schemi mentali, almeno per un momento, per discutere in maniera oggettiva e attivare la capacità di vedere la situazione con uno sguardo nuovo che si basi su un certo bagaglio di conoscenze scientifiche. In Europa occidentale e in America, fino a qualche tempo fa non si conosceva la storia dell'evoluzione dei problemi teorici nella scienza sportiva sovietica. Attualmente, purtroppo, esiste una comprensione non corretta della sostanza di queste due concezioni basata sull'interpretazione unilaterale dei termini utilizzati per la loro definizione.

Così, per "*periodizzazione*" s'intende la suddivisione del processo dell'allenamento in periodi, mentre "*programmazione*", s'intende la stesura dei programmi di allenamento all'interno di questi periodi. Quindi, questi due termini vengono normalmente usati per definire le attività concrete che costituiscono il processo di pianificazione dell'allenamento in genere. Questa interpretazione dei due termini, però ha poco in comune con la natura delle due concezioni metodologiche che abbiamo indicato con la lettera maiuscola: *Periodizzazione* (di L. Matveev) e *Programmazione* (di Y. Verkhoshansky). Per cui esiste chi non vede assolutamente la differenza tra queste due concezioni, ritenendo che la concezione della *Programmazione* si basi su: "una parvenza di novità, introducendo nuovi termini, costruzioni grafiche astratte e considerazioni di carattere critico..." (Platonov 2005). A proposito di questa opinione, che non viene espressa per la prima volta, Smirnov (1999) ha scritto: "Devo ammettere che l'affermazione di Platonov è sbagliata. La differenza non solo esiste, ma, purtroppo, proprio essa differenzia la direzione verso quale cammina attualmente la teoria dell'allenamento, da quella direzione corretta che dobbiamo mantenere se vogliamo che questa teoria progredisca... La 'costruzione' del processo d'allenamento prevede l'impostazione di un determinato carico e dopo viene chiarito (nel migliore dei casi!), con aiuto del sistema dei test, quale sia stato il suo effetto. La programmazione, invece, prevede l'utilizzazione di parametri scientificamente fondati del carico e sin dall'inizio sono previsti (con elevato livello di precisione!) i risultati di questo lavoro. Con l'utilizzazione della variante della 'costruzione', anche la meno numerosa categoria di quegli allenatori più esperti che prestano attenzione alla struttura del processo di allenamento, commettono un errore sostanziale: la relazione del carico pianificato viene collegata con la dinamica del risultato sportivo, ma non con la dinamica dei cambiamenti delle riserve interne dell'organismo. Così rimane senza risposta la domanda: a quale prezzo è stato ottenuto il successivo aumento del risultato?" (Smirnov, 1999).

Si deve anche osservare che la concezione della *Programmazione* viene trattata come un modello di costruzione del ciclo delle preparazioni, proposto da uno degli Autori (Verkhoshansky 1983).

Quindi, vengono considerati come uno solo due oggetti di genere diverso: la metodologia innovativa della pianificazione dell'allenamento ed il *modello* innovativo della costruzione del ciclo di preparazione. Qui sono necessarie alcune precisazioni. I punti essenziali della concezione della *Programmazione* dell'allenamento, come approccio metodologico innovativo alla pianificazione dell'allenamento, basato sulla teoria dei sistemi e sulla teoria del controllo. (Verkhoshansky 1966) furono presentati per la prima volta nel novembre del 1965 a Mosca nella conferenza "*Cibernetica e sport*" alla presenza di Bernshtein (il più importante ispiratore di questa idea) che li aveva discussi e approvati. Il termine "programmazione", quindi, fu utilizzato ancora prima dell'"era dei computer", perciò aveva un significato più generale rispetto quello della creazione di un *software*. Nel contesto della TMAS questo termine ha assunto un significato più ampio rispetto a quello di compilazione di un qualsiasi programma di allenamento, cioè, di una determinata modalità di stesura di un programma.

In sostanza, fu proposto il tema su come fosse possibile utilizzare nel campo dell'allenamento sportivo l'approccio metodologico sistematico-strutturale, che allora cominciava a penetrare in tutti campi della scienza e dell'attività produttiva. Oggi questo *pattern* metodologico per realizzare l'obiettivo collegato a qualsiasi "progetto di sviluppo", è ben conosciuto nell'imprenditoria, nell'economia aziendale, nell'industria e perfino nei programmi spaziali come "progettazione sistemica". Essa prevede l'individuazione e la valutazione dell'obiettivo, l'identificazione dei mezzi per realizzarlo, la pianificazione generale e la programmazione dettagliata del modello del processo di realizzazione e della sua gestione con le verifiche dei risultati intermedi rispetto al modello programmato.

Il modello innovativo della costruzione del ciclo annuale, basato sui principi della concentrazione e della sovrapposizione dei carichi (il sistema successivo-congiunto⁴) e l'effetto ritardato a lungo termine dell'allenamento (Verkhoshansky 1981, 1983), invece, sono stati elaborati negli anni '70-'80 in base alle ricerche dei collaboratori e dei dottorandi del Laboratorio interdisciplinare dell'Istituto Superiore di Cultura fisica e Sport di Mosca, che si occupavano del problema dell'ottimizzazione del processo di allenamento degli atleti di alto livello, in sostanza di una metodologia dell'allenamento che non prevedesse l'aumento del volume dei carichi ed il sostegno farmacologico.

Questo modello è stato creato in base allo studio delle regolarità dello sviluppo dei parametri del livello di preparazione nelle condizioni delle diverse forme di organizzazione dei carichi, confermate dalle leggi dello sviluppo del processo di adattamento. Nell'ambito della metodologia della *Programmazione* dell'allenamento rappresenta una variante della cosiddetta "linea strategica generale" del piano generale della preparazione, che deve essere scelta dall'allenatore tra tutte le varianti utilizzabili sulla base dell'analisi dei dati bibliografici che precede l'elaborazione del programma di allenamento (proprio come i materiali per l'"*Evidence based coaching*" dei quali parlano La Torre et al.).

Ci sono, tuttavia, due elementi comuni tra la metodologia della *Programmazione* del processo dell'allenamento sportivo ed il modello del ciclo annuale.

- La realizzazione pratica del modello del ciclo di preparazione per un determinato atleta, prevede una definizione quantitativa dei contenuti dell'allenamento, che diventa difficile se non si utilizza la metodologia della *Programmazione*.
- Ambedue le proposte sono state elaborate esclusivamente per lo sport di alto livello, non riguardano il *fitness* o l'educazione fisica che si occupano del miglioramento della salute, dell'aspetto fisico, della cultura motoria o dello sviluppo armonico delle persone comuni; un miglioramento generale che non è collegato ad un obiettivo ben definito in termini di parametri del risultato e di tempo necessario per raggiungerlo.

Nello sport di alto livello l'obiettivo fondamentale è molto più concreto: aumentare ulteriormente il livello elevatissimo ed estremamente specializzato di sviluppo motorio degli atleti e, contemporaneamente, garantire la possibilità di esprimerlo pienamente in un momento cronologicamente preciso (il momento della gara).

La fisiologia dell'adattamento, base del paradigma biologico nella metodologia dell'allenamento sportivo

È assolutamente corretto quanto scrive Platonov (2005): "Nella costruzione delle concezioni teorico-metodologiche che debbono rispecchiare in modo adeguato una sfera concreta di conoscenze, la priorità va data solo a quei prodotti dell'attività creativa scientifica che sono stati ottenuti grazie allo studio delle leggi che funzionano all'interno di questa stessa sfera delle conoscenze", ma, come Matveev, ritiene che: "i principi che si trovano alla base dell'allenamento", "...rispecchiano le leggi della strutturazione del processo di allenamento nello sport". In questa affermazione un lettore attento può notare una tautologia. La parola "legge" nel contesto delle scienze naturali può essere utilizzata in modo corretto solo per caratterizzare un processo oggettivo, che cioè si svolge in modo indipendente dalla volontà di qualcuno (come legge della natura o, ad esempio, dei processi fisiologici dell'organismo). Invece, la strutturazione del processo dell'allenamento è un'attività che viene svolta dall'allenatore, cioè, in maniera soggettiva: attraverso le sue scelte volontarie. Un'altra cosa è che queste scelte debbono essere fatte (e di solito vengono fatte) in accordo con le "regole", i "principi" metodologici elaborati sulle basi dell'esperienza pratica o sulla base di leggi oggettive scoperte dagli scienziati. Nel caso del processo dell'allenamento sportivo il problema è: *a che cosa devono essere attribuite queste leggi?*

Matveev, cercando una risposta, ha affermato che queste leggi sono: "le leggi dello sviluppo della forma sportiva", ma non è riuscito ad identificare in maniera definitiva, che cosa sia esattamente "la forma sportiva" e a trovare parametri e metodi di valutazione di questo "stato di prontezza alle massime prestazioni". Se si leggono attentamente le sue opere ci si rende conto che il senso del concetto di "forma sportiva" praticamente è stato ridotto al senso del concetto di "risultato sportivo" o di "prestazione". Gli aggiustamenti recenti di queste posizioni con i discorsi teorici sui parametri stabili e labili della prestazione, non cambiano la sostanza del problema. Come affermano La Torre et al. (2000): "La teoria dell'allenamento di tipo sovietico si occupava dell'allenamento svolto e delle variazioni delle prestazioni, ma trascurava lo studio dei cambiamenti che si verificano nell'organismo come conseguenza del lavoro svolto e come premessa alle variazioni delle prestazioni."

Nell'ambito della TMAS sovietica il paradigma alternativo si è sviluppato dall'idea che il meccanismo di base del processo dell'allenamento sia "causa-effetto". Quindi le leggi in base alle quali bisogna formulare i principi della strutturazione del processo di allenamento, riguardano le regolarità della risposta dell'organismo agli stimoli allenanti dei diversi carichi organizzati secondo modalità diverse.

Nel 1976 Jakovlev scriveva che l'allenamento sportivo è un processo di adattamento. Quindi, i principi dell'allenamento sportivo si debbono basare sulle leggi fisiologiche del funzionamento dei sistemi attraverso i quali l'organismo si adatta a una attività fisica intensa. Si deve dire che all'epoca questa idea era stata presa in considerazione anche da Matveev, ma in modo molto limitato: solo con alcuni riferimenti alla teoria dello stress di Selye utilizzati in discorsi critici di carattere puramente teorico. Attualmente però esiste non solo la "teoria dell'adattamento", ma anche la "fisiologia dell'adattamento", che si basa sullo studio dei processi che si sviluppano nell'organismo nelle condizioni di cambiamento dei diversi tipi di ambiente esterno (cambiamento della temperatura, dell'altitudine, del fuso orario e anche dell'aumento del livello di attività fisica).

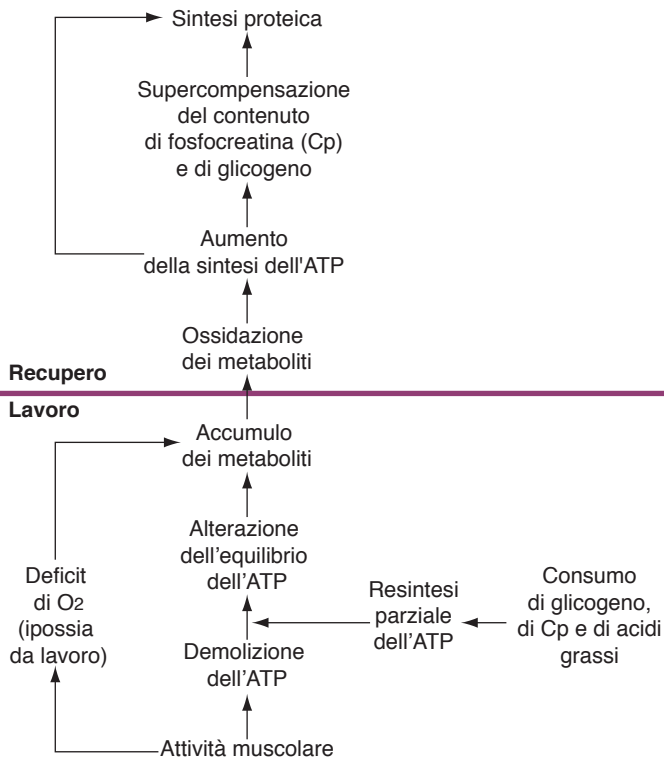


Figura 2 – La successione delle biosintesi riparative nei muscoli durante il periodo di recupero (Jakovlev 1976).

Si può affermare che malgrado siano trascorsi molti anni l'utilizzo di queste conoscenze nell'allenamento sportivo sia solo agli inizi. Ciò è avvenuto perché agli esperti della teoria metodologica *pedagogica* era poco chiara quale fosse l'essenza del processo di adattamento. Sappiamo, che anche un scarso scostamento iniziale dalla direzione giusta può portare a raggiungere un punto finale molto lontano dall'obiettivo. Pare proprio che questo errore iniziale sia già avvenuto per quanto riguarda l'utilizzazione della teoria dell'adattamento nel campo dello sport.

Quando nella stampa russa comparvero pubblicazioni nelle quali si tentava di analizzare il processo dell'allenamento sportivo dal punto di vista della fisiologia dell'adattamento, Solodkov (1999) fece osservare che il contenuto di molti di questi lavori aveva una relazione piuttosto semantica con la parola "adattamento", perché *non tenevano conto* delle leggi fisiologiche generali di questo processo complesso, ma contenevano solo la constatazione dei cambiamenti di alcune funzioni dell'organismo nelle condizioni determinate dell'attività sportiva.

Per studiare il processo di adattamento nell'allenamento sportivo, infatti, si utilizzavano prevalentemente i parametri dei cambiamenti morfo-funzionali dell'organismo, che rispecchiano non tanto lo sviluppo del processo di adattamento, quanto lo sviluppo dei suoi risultati intermedi. La differenza tra questi due aspetti (i parametri che indicano lo sviluppo del processo dell'adattamento e quelli che indicano i cambiamenti morfo-funzionali dell'organismo che esso provoca) è particolarmente importante nell'ambito delle problematiche della pianificazione dei carichi e della ricerca dei parametri che verificano "lo stato della forma".

Un giovane ricercatore russo, Pavlov (1999), ha notato anche un altro problema molto inquietante: "Esistono numerose pubblicazioni che confermano che il processo di adattamento si svolge in maniera diversa da come esposto nei lavori teorici di Meerson e Platonov. Ciononostante le posizioni della teoria dell'adattamento

ai carichi fisici proposte da Platonov (che, a proposito, rappresentano un libero riassunto delle posizioni teoriche di Meerson) sono state prese al volo dai ricercatori, specializzati nei diversi campi della scienza sportiva". In questo contesto, è molto significativo che quando nell'Unione Sovietica divennero di moda le affermazioni sulla direzione dell'allenamento, Jakovlev reagì con un articolo lievemente ironico, intitolato: "Per dirigere occorre conoscere i meccanismi" (1976). Che cosa sappiamo attualmente sui meccanismi di base dell'adattamento all'attività fisica intensa? Le pubblicazioni degli esperti più noti nel campo della fisiologia dell'adattamento al lavoro fisico intenso tipico dell'attività sportiva indicano alcune caratteristiche importanti di questo processo che qui vogliamo esporre.

La sintesi proteica adattativa come componente specifica dell'adattamento

Come scriveva Jakovlev (1976), l'adattamento è, prima di tutto, la sintesi adattativa delle proteine enzimatiche e strutturali: "In essa l'importanza primaria spetta alla supercompensazione energetica, che avviene dopo un determinato periodo, successivo alla fine del lavoro muscolare. Se durante lo svolgimento del carico fisico nei muscoli dominano i processi di demolizione e di ossidazione necessari alla produzione dell'energia per il lavoro, dopo la sua conclusione avviene la restituzione delle risorse consumate, in altri termini avvengono sintesi biologiche di diverso tipo" (figura 2).

Queste sintesi biologiche comprendono il rinnovamento delle proteine delle strutture cellulari attivamente funzionanti, un'ulteriore sintesi delle proteine enzimatiche e il rifornimento dei processi della sintesi proteica con materiali di costruzione in forma di aminoacidi e di precursori degli acidi nucleici. La fonte energetica delle sintesi biologiche è l'ATP, la cui sintesi avviene alla stessa velocità della sua scissione. Immediatamente dopo la fine del lavoro si può osservare una breve e poco evidente fase di supercompensazione dell'ATP, che scompare rapidamente perché il consumo dell'ATP è necessario per tutte le sintesi riparative. Nel periodo di recupero successivo all'allenamento, anzitutto, avvengono la resintesi della fosfocreatina e l'eliminazione delle scorie dell'acido lattico. Più tardi si realizza la ricostituzione del contenuto di glicogeno e, ancora più tardi, la sintesi delle proteine e dei fosfolipidi (figura 2). La sintesi delle proteine richiede un consumo notevole di energia, perciò non inizia immediatamente dopo l'allenamento, ma solo dopo la ricostituzione del potenziale energetico delle fibre muscolari, per il quale è necessario il consumo di ATP. Per questo motivo la sintesi proteica, richiede un periodo di tempo abbastanza prolungato che si trova in rapporto con l'intensità del lavoro svolto: dalle 12 alle 24 ore o dalle 48 alle 72 ore nel caso di un lavoro molto pesante (Jakovlev 1983, Viru, Kirge 1983; Viru 1985). Per lo sviluppo della sintesi proteica post-allenamento e per il suo risultato è molto importante il momento in cui inizia il lavoro successivo (figura 3).

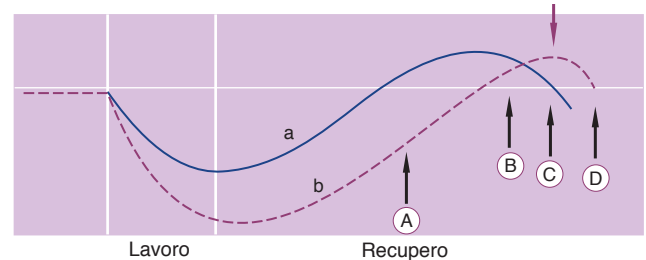


Figura 3 – Schema generale della dinamica del cambiamento del livello del potenziale energetico (a) e dell'intensità della sintesi delle proteine (b) dopo carico fisico. La freccia rossa indica il momento finale della sintesi adattativa delle proteine (da Viru 1988, rielaborato).

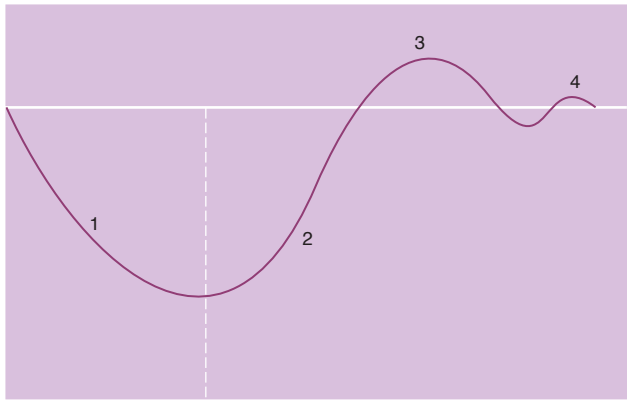


Figura 4 – Schema del consumo delle risorse energetiche durante il lavoro e della loro reintegrazione durante il recupero: 1 – consumo, 2 – reintegrazione, 3 – supercompensazione, 4 – ritorno al livello iniziale (Jakovlev 1988).

- se lo stimolo allenante successivo inizia nel momento in cui la sintesi proteica è appena iniziata (freccia A), l'effetto di quello precedente resta inutilizzato;
- se lo stimolo allenante successivo viene applicato dopo che è iniziata la sintesi proteica, ma prima del suo termine (freccia B), il risultato dello stimolo precedente viene realizzato solo in parte;
- se lo stimolo allenante successivo coincide con il momento in cui termina la sintesi proteica (freccia C), è più probabile che venga raggiunto il risultato positivo dello stimolo allenante del carico precedente;
- infine se lo stimolo allenante successivo è applicato in ritardo (freccia D), l'effetto di allenamento del carico precedente non si realizza.

È molto importante sottolineare che nel processo di recupero le sostanze che vengono distrutte durante il lavoro, non si recuperano tornando semplicemente al livello iniziale: il processo della loro reintegrazione attraversa sempre la fase di supercompensazione dei substrati energetici consumati per eseguire il lavoro precedente (figura 4). Il livello di tale supercompensazione dipende dall'intensità, dalla durata e dall'entità del consumo delle sostanze durante il lavoro.

La ripetizione di questo processo rappresenta la base della specializzazione morfo-funzionale dell'organismo e dell'aumento della capacità di prestazione sportiva.

Quindi, *la fase di supercompensazione è una condizione necessaria dello sviluppo del processo dell'adattamento a lungo termine all'attività sportiva.*

Il fenomeno della supercompensazione riguarda la ricostituzione della fosfocreatina e del glicogeno, delle proteine enzimatiche e strutturali, del numero dei mitocondri nelle fibre muscolari – cioè, di tutte quelle sostanze e strutture che vengono distrutte durante il lavoro muscolare e sono risintetizzate durante il recupero (Jakovlev 1983).

Il meccanismo della sintesi proteica nel periodo di recupero è caratterizzato da una specificità molto evidente (Jakovlev 1976, 1983; Viru 1981, Eepik, Viru 1990). Ciò è dovuto al fatto che durante il lavoro nell'organismo si accumulano metaboliti, i prodotti intermedi dello scambio tra le sostanze nelle cellule, che svolgono il ruolo di induttori della sintesi proteica adattativa. I metaboliti determinano in modo specifico la natura delle proteine, la cui sintesi è determinata dal regime motorio prevalente del lavoro eseguito. Vengono sintetizzate quelle proteine che sono state prevalentemente demolite durante il lavoro, cioè sia le proteine che costituiscono le strutture cellulari attivamente funzionanti sia anche gli enzimi che catalizzano le reazioni biochimiche



Figura 5 – Schema dell'effetto specifico d'allenamento con finalizzazione prioritaria diversa sulla sintesi proteica d'adattamento (da Viru 1988, rielaborato).

(figura 5). Gli ormoni, prodotti durante il carico d'allenamento, rafforzano la sintesi proteica specifica, indotta in modo specifico dai metaboliti e riforniscono questo processo degli aminoacidi necessari. *Ciò assicura la corrispondenza tra attività funzionale e sintesi proteica adattativa.*

La ripetizione sistematica del ciclo di ricambio delle proteine assicura lo sviluppo progressivo di un processo di specializzazione morfo-funzionale dell'organismo che corrisponde alla specificità dell'attività motoria. Qui bisogna sottolineare che il periodo di tempo che intercorre tra due sedute di allenamento non è un semplice riposo necessario per il recupero dello stato ottimale dell'atleta, della voglia di allenarsi e dello stato dell'umore, ma la condizione necessaria per "assimilare" il lavoro precedente. *In questo periodo si sviluppano quei processi biochimici che permettono di trasformare gli stimoli esterni dell'ambiente nelle nuove proprietà interne dell'organismo.* Ciò rappresenta un fenomeno biologico primario sul quale si basa e si sviluppa la filosofia dell'allenamento (Viru 1983; Verchoshanskij 1985, 1990; Verchoshanskij, Viru 1999). *Questo è il meccanismo di base dello sviluppo del processo di adattamento a lungo termine.*

La componente aspecifica dell'adattamento all'attività fisica intensa (il ruolo del sistema endocrino e del sistema immunitario)

I sistemi endocrino e immunitario svolgono il ruolo fondamentale nei processi di adattamento e mantenimento di un livello costante dell'ambiente interno dell'organismo (omeostasi) e influenzano tutti i tipi di ricambio delle sostanze nell'organismo. Questi sistemi con il SNC, rappresentano i sistemi generali di controllo che partecipano allo sviluppo della sindrome di adattamento in tutte le tappe di questo processo. I carichi fisici che portano a livello dello stress, influenzano anzitutto la funzione regolatoria di questi sistemi dell'organismo. Stimoli prolungati e potenti possono alterare l'omeostasi dell'organismo e provocare una serie di cambiamenti patologici, portando infine alla crisi dei sistemi dell'adattamento.

Il sistema endocrino è responsabile del meccanismo generale aspecifico dell'adattamento e garantisce le condizioni favorevoli alla realizzazione delle reazioni specifiche omeostatiche e alla mobilitazione delle capacità di difesa dell'organismo.

Nella mobilitazione delle riserve plastiche dell'organismo, il ruolo primario appartiene al sistema simpatico-adrenergico. La mobilitazione di queste riserve, nel caso dello stress prodotto da un lavoro fisico intenso, è garantita dal funzionamento del sistema ipofiso-adrenocorticale, localizzato nella corteccia surrenale, il cui

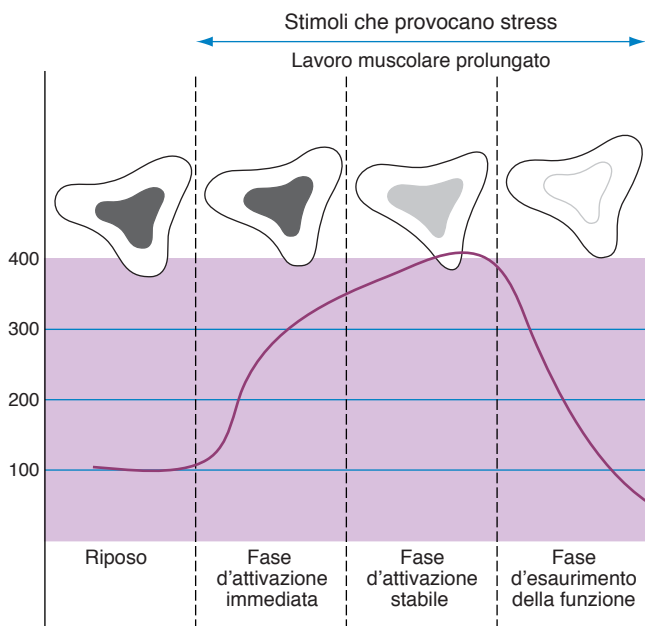


Figura 6 – Cambiamento del contenuto di adrenalina nelle ghiandole surrenali e nel sangue secondo le fasi della risposta del sistema simpatico-adrenergico agli stimoli stressanti. In alto: schema del contenuto di adrenalina nelle ghiandole surrenali; in nero: corteccia surrenale con elevato contenuto di adrenalina; in grigio: diminuzione del contenuto di adrenalina, in bianco: esaurimento del contenuto di adrenalina nella corteccia surrenale. La curva indica il cambiamento della concentrazione di adrenalina nel sangue (Kassil ed altri 1973).

funzionamento consiste nella creazione di un "pool" di aminoacidi liberi necessario per l'approvvigionamento plastico del processo di sintesi proteica. Il raggiungimento della resistenza allo stress è basato sui cambiamenti morfo-funzionali che si realizzano a livello dei tessuti, delle cellule e delle strutture subcellulari che determinano una maggiore potenza funzionale delle diverse strutture cellulari, dell'intero organismo e di tutti i suoi sistemi. Questo processo è determinato dallo sviluppo dell'adattamento al lungo termine (Viru, Kirge 1983; Viru 1995; Fitzgerald 1988).

Nei cambiamenti dello stato del sistema simpatico-adrenergico si individuano tre fasi tipiche della sindrome da stress (figura 6) (Kassil et al.1978):

1. La *fase d'attivazione immediata*, caratterizzata da una maggiore escrezione dell'adrenalina nel sangue subito dopo l'inizio del lavoro, senza che il suo contenuto nella ghiandola surrenale diminuisca.
2. La *fase dell'attivazione stabile e prolungata*, caratterizzata dall'aumento crescente della escrezione di adrenalina nel sangue con una diminuzione graduale del suo contenuto nelle ghiandole surrenali.
3. La *fase d'esaurimento della funzione*, caratterizzata dalla diminuzione dell'attività simpatico-adrenergica che si esprime esternamente nella diminuzione del livello di capacità di lavoro dell'atleta.

Ciò indica qualcosa di molto importante: l'organismo umano è in grado di mantenere il livello necessario di rendimento fisico (senza manifestare esternamente ciò che accade) anche quando entra nella fase che porta all'esaurimento dei sistemi aspecifici dell'adattamento. In questo senso il nostro organismo può essere paragonato ad un cavallo in grado di continuare a correre senza perdere velocità, obbedendo alla frusta del suo cavaliere, finché non cade definitivamente. Già trenta anni fa nel lavoro del gruppo di sostegno scientifico alla preparazione dei canottieri di elite dell'Unione Sovietica fu verificato un fenomeno allora inspiegabile (Verkhoshansky 1985, 1987): gli atleti che presentavano valori molto elevati dei parametri della prestazione nei test di controllo prima della gara in essa non riuscirono ad ottenere il risultato atteso. Le indagini successive con analisi dello stato del sistema endocrino degli atleti accertarono una diminuzione dell'attività simpatico-adrenergica con un riduzione del volume della corteccia surrenale.

I sintomi che è stato superato il limite di tolleranza del carico fisico comunque esistono e assumono la forma di alterazioni del funzionamento del sistema immunitario dell'organismo. Così, ad esempio, è stato proposto di controllare il livello di resistenza dell'organismo ai carichi fisici di atleti praticanti nuoto attraverso la verifica dei valori dei globuli bianchi nel sangue (Kusnetzova 1989).

Le difese immunitarie dell'organismo rappresentano un meccanismo fondamentale nel processo di adattamento. L'attività sportiva è caratterizzata da diversi stressori: carichi prolungati, volume elevato e un abbinamento tra tensione fisica e tensione psico-emotiva, presente particolarmente nelle gare di tipo commerciale. In questi casi l'intensità dei fattori che influenzano l'organismo e il regime della loro ripetizione sistematica possono superare la capacità dell'organismo di rispondervi adeguatamente. Ciò può produrre uno stress cronico e l'arresto dell'adattamento. L'alterazione dei processi d'adattamento in questo caso non si verifica come calo dei parametri della prestazione, ma si esprime, prima di tutto, in forma di alterazioni del sistema immunitario o d'immunodepressione (Kassil et al. 1984; Surkina, Gotovzeva 1991; Susdalnizky 1996; Wilmore, Costill 1994, Morgan et al. 1988, Lehmann 2000).

Le conseguenze più frequenti dell'immunodepressione sono le malattie infettive ed il rallentamento delle capacità di recupero. Le alterazioni del sistema immunitario spesso si mantengono a lungo

e alla fine del ciclo annuale di allenamento, si sovrappongono agli effetti d'allenamento del successivo ciclo annuale e rappresentano un pericolo di malattie ancora prima che esso inizi.

È importante sottolineare che l'immunodepressione degli atleti non rappresenta un "costo dell'adattamento", ma un sintomo precoce del disadattamento provocato da carichi di allenamento troppo elevati e male organizzati. Perciò l'intensità dell'adattamento ai carichi fisici è limitata e non può essere forzata, perché ciò può "distruggere" il processo d'adattamento stesso (Costill et al. 1991, Wilmore, Costill 1994).

Le due diverse "visioni" del processo "lavoro-recupero" nella Teoria dell'allenamento sportivo

Il processo di adattamento dell'organismo ad un'attività fisica intensa (come quella sportiva) ha caratteristiche particolari rispetto a quello di adattamento ad altri tipi di cambiamenti dell'ambiente esterno (climatici, geografici, sociali, ecc.): il fattore che porta all'adattamento non agisce ininterrottamente in modo costante, ma con una determinata periodicità nel regime "lavoro-recupero". Perciò una corretta interpretazione di questo processo è fondamentale per l'elaborazione dei principi della pianificazione dell'allenamento sportivo.

Negli anni 50'-60' l'idea alla base dei principi dell'impostazione dei carichi d'allenamento era legata a una visione "fatica-riposo". dei processi di "lavoro-recupero" che si sviluppano nell'organismo per azione di carichi consecutivi.

Secondo questa visione, il carico fisico provoca "l'oppressione" dei corrispondenti sistemi dell'organismo e la sua traccia si esprime anzitutto in forma di "fatica" che limita la capacità di lavoro dell'atleta. Contemporaneamente, il raggiungimento della fatica era considerato la condizione necessaria per il progresso dei risultati, specialmente negli sport di resistenza (Gorkin et al. 1973).

Quindi, secondo il paradigma "fatica-riposo" per garantire la crescita dei risultati sportivi è necessario trovare i modi per aumentare il livello del carico (per arrivare al limite della fatica) e trovare metodi che permettono di cancellare questa fatica per preparare l'atleta ad eseguire nuovamente il lavoro.

"Nessuno degli specialisti considerava l'aumento del volume di lavoro come scopo a se stante, ma si manifestava chiaramente il tentativo di individuare quel determinato volume massimale di lavoro che non comportasse il peggioramento delle caratteristiche qualitative del lavoro, e non rappresentasse un pericolo per la salute degli atleti" (Platonov, 2005). Anche ciò è vero e gli allenatori e i dirigenti dell'ex-Urss e della ex-Rdt non cadevano mai nella tentazione di aumentare il volume dei carichi a tutti i costi. "Il peggioramento delle caratteristiche qualitative del lavoro", come è stato dimostrato dalla fisiologia dell'adattamento, però, non può rappresentare il criterio del raggiungimento del volume massimo ammissibile del carico, perché indica troppo tardi "un pericolo per la salute degli atleti" (cioè, lo stato di superallenamento).

Il paradigma alternativo, basato sulla fisiologia dell'adattamento, vede il processo di successione di carichi ad intervalli diversi, non come "fatica-riposo", ma come "consumo-restituzione". Il processo "lavoro-riposo" viene trattato come "lavoro dell'atleta-lavoro del suo organismo". L'accumulo dei metaboliti viene interpretato non come un fattore negativo, che crea fatica e limita la capacità di lavoro dell'atleta, ma come un fattore positivo che rappresenta il presupposto dell'aumento della sintesi delle proteine strutturali ed enzimatiche nelle cellule attive che garantisce, grazie a trasformazioni morfologiche, l'aumento della potenza funzionale delle strutture cellulari e, conseguentemente, dei tessuti, degli organi e dell'intero organismo. Quindi, i metodi "di recupero" che permettono



di cancellare le tracce del lavoro precedente sotto forma di metaboliti che rappresentano gli induttori della sintesi proteica che si sviluppa dopo il lavoro, possono eliminare i presupposti del processo di specializzazione morfo-funzionale dell'organismo e trasformare l'allenamento in un lavoro inutile.

Quindi, dal punto di vista del nuovo approccio per quanto riguarda il volume dei carichi l'obiettivo più importante delle ricerche nel campo della metodologia dell'allenamento è diretto a trovare i modi di creare uno stimolo allenante elevato sull'organismo, utilizzando un volume di carico minore possibile. L'organizzazione del processo di allenamento consiste nell'individuare e mantenere rigorosamente quel regime di carichi nel quale gli intervalli tra di essi sono di durata né inferiore, né superiore al tempo necessario perché si completi l'intensa sintesi proteica provocata dal carico precedente (Verchoshansky, 1996).

La bibliografia completa del presente articolo verrà pubblicata nella sua seconda parte.

Indirizzo degli Autori:

Y. Verchoshansky, Via Evaristo Garroni 11, 00133 Roma.

e-mail: nataliav@fastwebnet.it

Note

⁽¹⁾ Kuhn T.S., *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago, University of Chicago Press, 1962 (traduzione italiana, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino, 1969).

⁽²⁾ Daus R., *Motorische Kontrolle als Informationsverarbeitung: Vom Auf- und Niedergang eines Paradigmas*, in: Blaser P., Witte K., Stucke (a cura di,) *Steuer- und Regelvorgänge der menschlichen Motorik*, Academia St. Agostin, 1994, pp.13-37. Il lavoro di Daus è stato tradotto in russo da Balsevich, redattore della rivista *Teorija i Praktika Fiziceskoj Kultury* (che attualmente vive e lavora in Germania e svolge il ruolo di consulente scientifico di questa rivista), ed è stato pubblicato nel numero 5 del 1997 di tale rivista come il preannuncio dell'apertura della discussione sulla moderna teoria dell'allenamento sportivo, iniziata in *Teorija i Praktika Fiziceskoj Kultury*, 1998, 2, dall'articolo di Verchoshansky: "Verso una teoria e metodologia scientifica dell'allenamento sportivo".

⁽³⁾ Anochin P. *Aspetti filosofici della teoria del sistema funzionale*, *Voprosy filosofii*, 1971, 3, 55-60.

⁽⁴⁾ Il termine "successivo-congiunto" dei carichi, è stato tradotto dal russo in italiano con il termine "successivo-contiguo" che non corrisponde precisamente alla sintesi del principio che ne è alla base. In inglese lo stesso termine è stato tradotto in "conjugated-sequence". Probabilmente, ciò ha indotto confusione nella interpretazione del sistema dell'allenamento a blocchi.

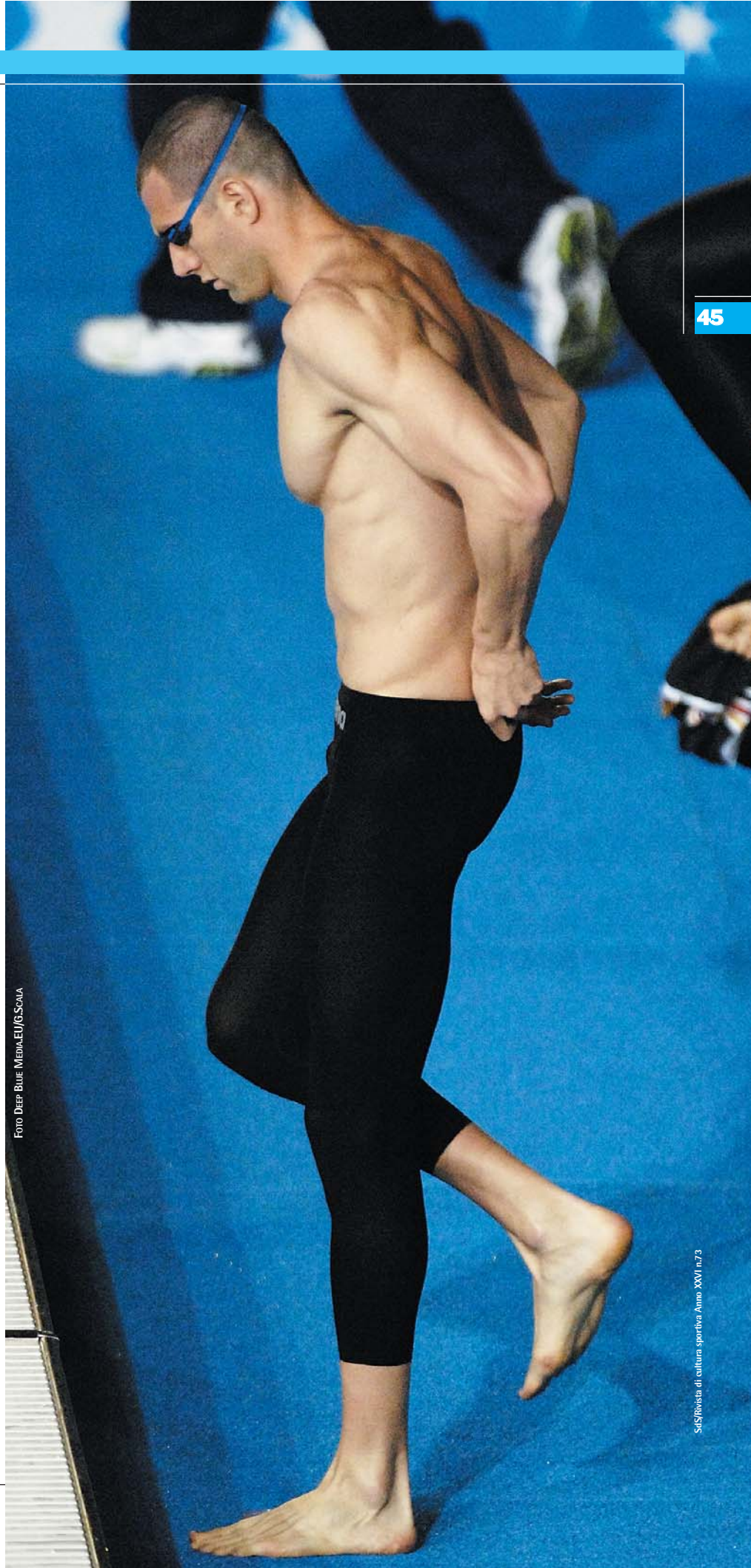
Pietro Luigi Invernizzi, *Facoltà di Scienze motorie, Università degli Studi di Milano*;
 Roberto Del Bianco, *Federazione italiana nuoto*; Raffaele Scurati, Giuseppe Caporaso,
 Antonio La Torre, *Facoltà di Scienze motorie, Università degli Studi di Milano*

Analisi delle capacità tecnico- coordinative e senso- percettive nel nuoto

Una proposta metodologica verso la determinazione di pratici sistemi di valutazione e allenamento specifico nella preparazione dei giovani nuotatori (prima parte: gli aspetti teorici)

Uno sviluppo mirato delle capacità senso-percettive e coordinative risulta necessario per poter creare nuove opportunità di miglioramento della performance nel nuoto sportivo. Nel ripercorrere gli studi di numerosi Autori, si illustrano le relazioni più rilevanti che intercorrono tra le capacità senso-percettive e coordinative e l'attività motoria in ambito natatorio. Una valutazione dei singoli presupposti prestativi evidenzia il ruolo centrale della capacità di differenziazione e di scivolamento in acqua, sia come elementi guida del nuoto per principianti, sia come riferimento orientativo a livello di allenamento avanzato. Le considerazioni risultanti dall'analisi di queste capacità e del loro tutt'altro che marginale apporto nella preparazione ottimale del nuotatore saranno il punto di partenza per una proposta metodologica di diagnosi e sviluppo di soluzioni a supporto dei tradizionali sistemi di allenamento.

FOTO: DEEP BLUE MEDIA/EU/IG.SCALA



Rapporto tra capacità tecnico-coordinative e condizionali nella prestazione natatoria

Il nuoto è uno sport ciclico caratterizzato dalla ricerca della maggior velocità di spostamento volta al raggiungimento della miglior *performance* (Counsilman 1973). Ripercorrendo da un punto di vista storico le varie correnti di pensiero riguardo ai possibili fattori che concorrono al miglioramento della *performance* natatoria, ci si rende però conto di come la velocità non possa assolutamente essere interpretata genericamente come la sola capacità determinante, ma di come intervengano in grande misura anche capacità tecnico-coordinative e altre capacità condizionali (Harre 1973), oltre che fattori senso-percettivi (Colwin 2002), biomeccanici e relativi al *drag* (Zamparo 2005; di Prampero 1985). Di conseguenza, fattori tecnici e condizionali sono difficilmente differenziabili all'interno della prestazione natatoria (Renner et al. 1988).

Per questo motivo, la determinazione del giusto momento e dei giusti tempi da dedicare alla preparazione condizionale ed al *training* tecnico-coordinativo del nuotatore assume una particolare importanza nella pratica dell'allenamento e costituisce al tempo stesso uno dei problemi più rilevanti cui far fronte nella ricerca della strategia di preparazione ottimale.

I primi progressi nella *performance* del nuoto sono avvenuti grazie alla evoluzione di soluzioni tecniche che hanno consentito la scoperta di modalità di spostamento progressivamente più veloci: rana, *english side stroke*, *trudgen*, *over arm stroke*, *double over arm stroke*, *front crawl stroke* (nel 1902 il *crawl* diventa la tecnica più veloce). Ulteriori modifiche tecniche legate soprattutto alla respirazione hanno consentito successivamente al *crawl* di diventare anche la tecnica più economica (Pelayo 2003).

È forse per questo motivo che alcuni Autori (Andreas 1956; Beckmann 1976) argomentano la condizione prioritaria degli elementi tecnici sugli elementi condizionali. Il *training* di resistenza in particolare sarebbe utile solo nel momento in cui le capacità tecniche lo consentono. In caso contrario si incorrerebbe nel rischio di indurre automatismi aderenti a modelli tecnici sbagliati e controproducenti, oppure di allenarsi a velocità "non allenanti".

Intorno agli anni 1950-70 si sviluppa progressivamente una tendenza di ricerca basata su principi scientifici dell'allenamento (Pelayo 2003). In linea con questo nuovo interesse diversi allenatori si orientano prevalentemente verso un *training* condizionale, senza preoccuparsi eccessivamente degli aspetti tecnico-coordinativi e senso-percettivi, considerati comunque

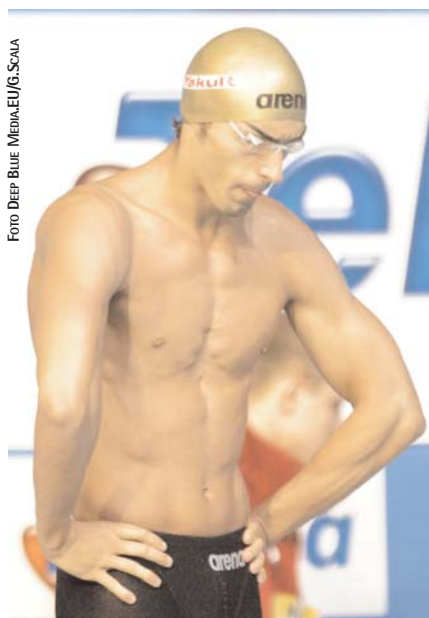


Foto Deep Blue Media/EL/6. SCOLA

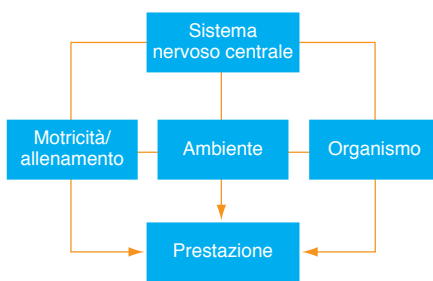


Figura 1 – Relazioni tra sistema regolatore, performance e altre variabili.

secondari e dipendenti dal primo, lasciando il lavoro mirato al perfezionamento della tecnica solo come mezzo per il completamento del volume di lavoro programmato o come esercizio di avviamento motorio e di recupero.

Per Manno (1989) la tecnica sportiva è la realizzazione di un piano o programma motorio che si può eseguire in funzione delle disponibilità psicologiche e del livello delle capacità motorie dell'atleta; la prestazione è realizzata sulla base dell'interazione tra le capacità dell'atleta e la situazione esterna (ambiente fluido). Nei nuotatori più giovani, l'evoluzione delle prestazioni non deriverebbe da un aumento della forza conseguente ad un lavoro di sviluppo mirato, ma sarebbe maggiormente indotta da un miglioramento delle capacità coordinative (Hahn 1986). La capacità di forza andrebbe allenata insieme alla coordinazione precisa del movimento ed i carichi di lavoro dovrebbero essere il più possibile differenziati, ad esempio mediante esercizi di nuotata analitici per gli arti superiori ed inferiori, variazioni di ritmo, stili e distanze (Hahn 1986). L'allenamento risulterebbe non tanto dalla semplice somma di diversi

contenuti, bensì dalla loro integrazione e reciproca interazione (Spikermann 1993). Makarenko (1978) evidenzia che la tecnica natatoria dipende in gran parte dallo stato di sviluppo delle capacità fisiche e che entrambe devono essere considerate inseparabili. In virtù del parallelismo esistente tra tecnica e capacità condizionali, anche con i bambini della scuola nuoto è di conseguenza indispensabile un allenamento integrato che consideri accanto al lavoro tecnico un'adeguata introduzione al *training* condizionale (Wilke 1978).

Meinel (1984) prevede, nell'ambito delle prime tappe dell'apprendimento tecnico, situazioni facilitanti che non creino affaticamento e "disturbo" alla struttura coordinativa di base, ma prevede, in un secondo momento di perfezionamento, l'introduzione di situazioni più faticose integrando così apprendimento tecnico-coordinativo e condizionale.

Anche Counsilman (1973,1984) supporta il moderno concetto di allenamento integrato: una buona tecnica di nuoto non sarebbe possibile senza un corrispondente livello condizionale.

Schramm (1987) prevede sempre e comunque un allenamento integrato di tecnica e condizione in tutte le fasi della preparazione del nuotatore.

Attualmente, nell'ambito della teoria del movimento umano e dell'allenamento, si sta passando dal concetto di modelli di riferimento a carattere statico, deterministico, descrittivo, considerati inadeguati per spiegare la complessità dell'allenamento, a sistemi più complessi di tipo dinamico, probabilistico, previsionale (Le Moigne 1993; Sotgiu et al. 1989; Martin et al. 1997; Schnabel et al. 1998). In questa nuova concezione si intende l'organismo umano in continua interazione con l'ambiente, formato da sistemi interdipendenti (sistema psicologico, sistema endocrino, sistema fisiologico, sistema nervoso...) ed in continuo rimaneggiamento sotto l'effetto degli stimoli motori ed allenanti. Si può così comprendere come il sistema regolatore costituito dal Sistema Nervoso Centrale (SNC) assicuri le proprietà di auto-trasformazione e adattamento dell'organismo (Manno 1989; Paillard 1986) (figura 1).

Il ruolo chiave del SNC suggerisce di non trascurare la sensazione cinestetica, e quindi il senso dell'acqua, a favore di una eccessiva importanza attribuita alla preparazione fisica.

Dal nostro punto di vista non è attualmente concepibile uno sviluppo condizionale scisso da quello tecnico. La senso-percezione è la *conditio sine qua non* per un elevato livello di *performance* nel nuoto.

Capacità di forza e senso-percezione nel nuoto

L'insieme dei movimenti realizzati dal nuotatore per spostarsi risultano dall'azione degli elementi propulsori (gli arti) attraverso degli elementi motori (i muscoli). La forza rappresenta l'elemento centrale della propulsione nell'ambiente liquido: consente di mantenere o aumentare la velocità di spostamento antero-posteriore (Christensen, Smith 1987; Davis 1955; Hickson 1980; Costill et al. 1980).

Studi elettromiografici hanno evidenziato che l'impegno prioritario dei muscoli cambia a seconda del livello tecnico degli atleti. Per esempio, nella nuotata a *crawl* gli atleti mediocri eseguono uno sforzo maggiore nel recupero del braccio facendo intervenire prevalentemente deltoide e trapezio. Gli esperti, invece, durante la fase attiva della bracciata usano i muscoli depressori del braccio in misura maggiore e quindi ottengono una trazione più forte e potente. La peculiarità dei nuotatori più performanti è costituita dall'associazione tra un grande spostamento del centro di gravità durante il ciclo di bracciata ed una notevole economia elettrica (Ikai et al. 1964; Chollet 1992).

Quando si effettuano fuori dall'acqua movimenti analoghi a quelli del nuoto si verifica un *transfert* positivo tra gli esercizi cosiddetti a "secco" e la *performance* natatoria (Zaciorskij 1970). Se non esistono adeguati presupposti senso-percettivi l'aumento di forza realizzato a "secco" può però perturbare la tecnica di nuotata (Absaljamov 1980), conseguenza del disturbo indotto dal potenziamento in termini di perdita di sensibilità (Manno 2002).

Nel nuoto si pone quindi il problema del *transfert* in acqua dei guadagni di forza ottenuti grazie alla preparazione a "secco". Il lavoro senso-percettivo ne è il tramite.

Numerosi Autori hanno notato che l'esecuzione di un esercizio di nuoto su appositi apparecchi di muscolazione a secco non sempre può garantirne una riproduzione esatta.

Studi elettromiografici di Olbrecht, Claris (1982), confrontando lavori con attrezzi diversi (elastici, macchina isocinetica, carrello...) con i tracciati elettrici della nuotata a *crawl*, hanno messo in risalto che una somiglianza parziale dell'esercizio di preparazione della forza a "secco" a quello di gara non è sufficiente per un adeguato *transfert* nella concreta azione sportiva. Absaljamov (1980) evidenzia che il *transfert* di forza sviluppato a "secco" sarà tanto più rapido ed efficace quanto più elevato sarà il grado di similitudine con le nuotate. Questo relativamente alla componente energetica della contrazione muscolare, alle componenti dinamiche e

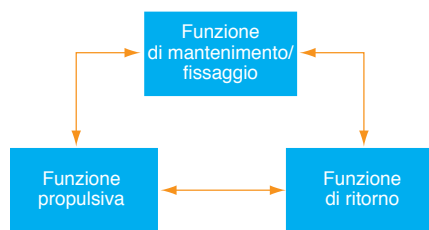


Figura 2 – Caratteristica delle funzioni muscolari nell'attività natatoria.

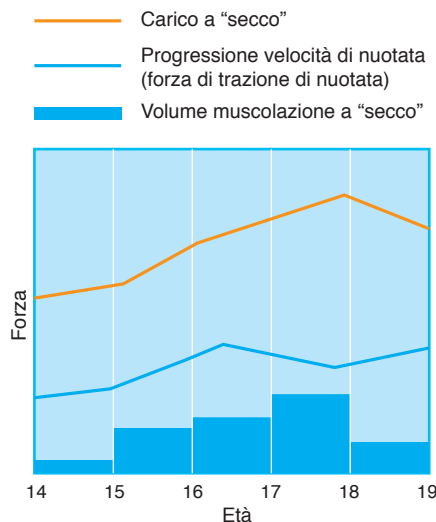


Figura 3 – Relazioni tra carico a "secco", espressioni di forza nella nuotata e volume di lavoro in funzione dell'età.

spaziali dell'esercizio (angoli e posizione dei segmenti), alla componente neuro-muscolare e coordinativa (gioco agonisti-antagonisti, equilibrio posturale, ecc.).

Diversi studi (Costill et al. 1980; Pipes, Wilmore 1976; Sharp et al. 1982) hanno evidenziato come un lavoro su apparecchi isocinetici consenta un *transfert* di forza superiore in acqua rispetto a lavori tradizionali a carattere isotonic o isometrico. Tale *transfert* sarà tanto più positivo quanto più la velocità angolare dell'apparecchio isocinetico sarà simile alla velocità della mano durante la performance natatoria specifica (Schlehauf 1983; Counsilman 1984; Klauck, Daniel 1992).

Spikermann (1993) afferma che la coordinazione intramuscolare è sempre collegata con l'azione specifica della tecnica di nuotata e non può essere simulata con azioni di sviluppo della forza in ambito terrestre. Secondo Manno (2002) mentre le componenti metaboliche e cinematiche (traiettorie, velocità) sono riproducibili fuori dall'acqua, la componente cinestesica è difficilmente simulabile perché l'acqua non oppone resistenza solo nel punto in cui è appli-

cato il carico come negli esercizi a "secco", ma su tutta la superficie del corpo e degli arti, condizione appunto impossibile da riprodurre fuori dall'acqua. Anche Hopper (1983) evidenzia che le condizioni ambientali acquatiche nelle quali vengono realizzate le nuotate non possono essere simulate pienamente e diagnosticate attraverso procedure realizzate a "secco".

Un'altra considerazione riguarda il fatto che mentre la funzione propulsiva e di mantenimento-fissaggio muscolare possono essere garantite da un lavoro a "secco" (Vivio, Passerini 2000) la funzione neuro-muscolare di riporto-recupero può essere allenata esclusivamente con un lavoro tecnico svolto in acqua (Klauck, Daniel 1992) (figura 2).

Per De Montsevitich, Petrovich (1987) lo sviluppo della forza a "secco" è strettamente legato all'aumento della velocità di nuotata a condizione che vengano rispettati volumi e forme ottimali di preparazione.

Secondo questi Autori il gradiente maggiore di correlazione tra lo sviluppo della forza a "secco" e progressione nella velocità nel nuoto va dai 14 fino ai 16-17 anni.

Al di là di queste età, non si riscontrano correlazioni tra aumento di forza a "secco" e progressione nella velocità del nuoto. Nell'85% dei casi un aumento significativo di forza dopo questa età conduce ad una diminuzione della forza di trazione in acqua e della velocità di nuotata (figura 3).

Anche questo studio evidenzia come in relazione all'età ci sia una diversa reattività e possibilità di *transfert* che si ipotizza possa dipendere da un differente livello di senso-percezione e plasticità del SNC.

Capacità di resistenza e senso-percezione nel nuoto

Come già premesso in precedenza, il nuoto è una disciplina ciclica che si caratterizza per la ripetizione di azioni motorie con l'obiettivo di percorrere il più rapidamente possibile una distanza data.

La migliore strutturazione di questa tipologia locomotoria è quella che consente l'esecuzione ottimale del percorso stabilito con un'economia massimale di forza muscolare e di energia (Zamparo, Bonifazi et al. 2005; Zamparo, Pendergast et al. 2005).

Quando si realizzano esercizi di forza molto intensi e gradualmente vengono reclutate le fibre veloci (tipo IIa, IIb, IIc) che lavorano però insieme alle fibre lente (tipo I). Nel nuoto ci si trova di fronte al reclutamento di tutte le tipologie di fibre con prevalente allenamento della capacità di resistenza alla forza (Manno 2002).

Il fattore specifico di forza resistente dipende dal tipo di sollecitazioni alle quali le competizioni del nuoto sportivo sottopongono il metabolismo muscolare.

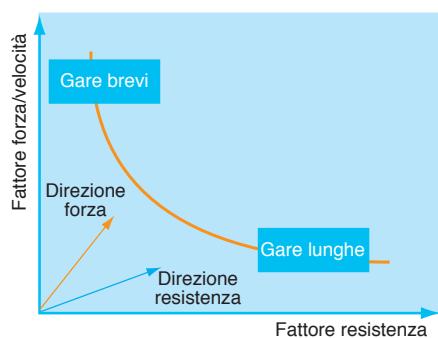


Figura 4 – Intervento dei fattori di forza-velocità e resistenza in relazione alla distanza di nuotata.

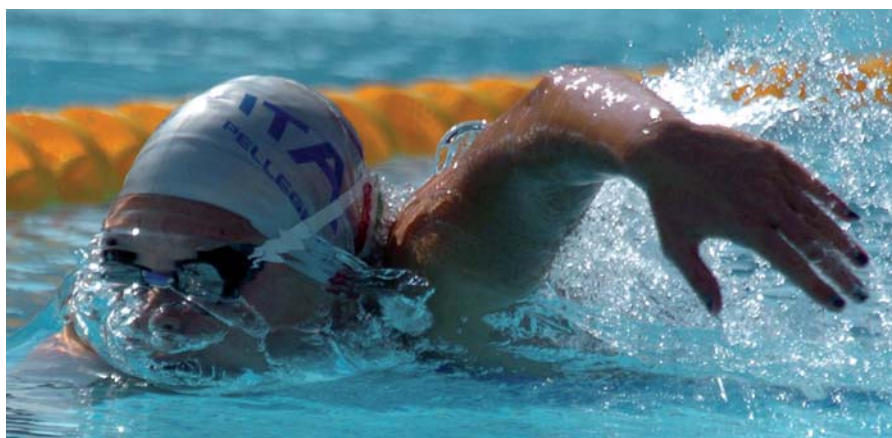
Più le gare sono brevi più il fattore forza resistente si orienta verso la direzione forza-velocità (figura 4); più le gare sono lunghe più il fattore specifico si orienta verso la direzione resistenza (Malho 1992; Platonov 1984; Weinek 2001).

Il problema essenziale è quello di determinare il rapporto ottimale forza-resistenza in relazione ad una determinata distanza e velocità.

Un orientamento prevalente verso la direzione *resistenza* viene caratterizzato attraverso una interazione di fattori (Martin et al. 1997; Schnabel et al. 1998; Harre 1973):

- **fattore fisiologico**, suddivisibile a sua volta in fattori centrali (ventilazione polmonare, circolazione centrale, frequenza cardiaca, gittata sistolica) e fattori periferici (passaggio dell'ossigeno dal sangue ai muscoli, utilizzo dell'ossigeno da parte delle cellule muscolari);
- **fattore costituzionale**, caratterizzato dal peso specifico del nuotatore e dalla sua massa corporea (costituito anche dalle proporzioni corporee che possono incidere positivamente o negativamente sul dispendio energetico);
- **fattore psicologico** (tensione emotiva, motivazione);
- **fattore coordinativo**, caratterizzato dalla tecnica esecutiva che incide sull'economia della nuotata (costituito anche dalla capacità di rilassamento).

Secondo Prichard (1993) la plasticità degli atleti nell'usare un fattore a complemento o compensazione di un altro è fondamentale. Nuotatori carenti nell'ambito del $\dot{V}O_2\text{max}$ possono vicariare tale funzione attraverso un miglioramento tecnico che porti ad una diminuzione del costo energetico. Per di Prampero (1985, 1986) la velocità di un nuotatore è data dal rapporto tra la potenza sviluppata ed il costo energetico della nuotata. Da questo rapporto si può dedurre che se si vuole incrementare la velocità si deve intervenire o aumentando la potenza o diminuendo il costo energetico.



La potenza sviluppata dipende dalla potenza erogata dall'apparato locomotore e dai sistemi energetici che lo supportano; nel nuoto esprime la resistenza dell'acqua che l'atleta deve superare per nuotare ad una certa velocità.

Il costo energetico rappresenta la quantità di energia richiesta al fine di percorrere una determinata distanza e costituisce un indice dell'economia del gesto sportivo. Strettamente collegato al concetto di costo energetico risulta il concetto di *rendimento* o *efficienza*. Con questo termine si indica la percentuale di energia spesa per compiere lavoro meccanico esterno.

Il *rendimento* viene rappresentato dal rapporto tra la potenza meccanica espressa e la potenza metabolica richiesta.

A parità di rendimento totale, una riduzione della resistenza idrodinamica o un aumento dell'efficienza di propulsione portano ad una riduzione del costo energetico e quindi ad un miglioramento della prestazione (Zamparo, Bonifazi et al. 2005; Zamparo, Pendergast et al. 2005; Zamparo 2006).

Una coordinazione intra e inter-muscolare adeguata, un ottimale allineamento dei segmenti in acqua, la possibilità di non disperdere energia attraverso un appropriato utilizzo delle masse d'acqua sono tutti presupposti rilevanti nella prestazione di resistenza e possono compensare una forza propulsiva e una potenza erogata non ottimali.

Per Spikermann (1993) la composizione delle diverse fibre muscolari sembra avere meno importanza nel nuoto rispetto all'atletica leggera. Una delle motivazioni addotte è che nel nuoto il rapporto tra energia chimica impiegata e prestazione natatoria è sfavorevole e quindi la capacità di sentire l'acqua rappresenta la condizione fondamentale per poter sfruttare al meglio le condizioni metabolico-strutturali garantite dalle capacità condizionali.

Si tenga comunque presente che, anche se in modo meno accentuato, lo stesso problema si pone anche in discipline di "endurance" (sci di fondo, mezzofondo prolungato...) nelle quali i fattori determinanti la

performance ($\dot{V}O_2\text{max}$, % $\dot{V}O_2\text{max}$, soglia...) devono essere integrati con aspetti neuro-muscolari in quanto sovente in gruppi di atleti di alto livello (e quindi omogenei tra loro) il fattore discriminante risulta essere proprio il costo energetico.

Tra i fattori che concorrono al miglioramento del costo energetico uno è quello della tecnica esecutiva, l'altro è quello del contributo di direzione "resistente", che se correttamente sollecitati possono essere forniti dai fattori neuro-muscolari (Nummela et al. 2006; Paavolainen et al. 1999).

Importanza delle capacità tecnico-coordinative e senso-percettive nel nuoto sportivo

Comunemente parlare di tecnica nel nuoto è quasi esclusivamente sinonimo di conoscenza da parte di atleti ed allenatori dei modelli tecnici esecutivi relativi ai quattro stili di nuotata, alle virate, alle partenze e agli arrivi. Ogni componente tecnica assume una importanza relativa in funzione dello stile, della distanza di gara ed in alcuni casi del sesso.

Ciò premesso, è estremamente riduttivo e insufficiente per nuotatore e allenatore limitarsi alla conoscenza di tali modelli tecnici. La comprensione del perché di un modello tecnico e di come possa essere adattato alle caratteristiche individuali non può prescindere dal possesso delle basi teoriche che governano la meccanica dei fluidi e le peculiarità dell'organismo umano.

Secondo Starosta (1991, 2004) il significato di *tecnica* viene generalmente inteso come forma del movimento rappresentato dal gesto visibile esternamente e caratterizzato da parametri ben definibili dal punto di vista cinematico (tempo, ampiezza, velocità, frequenza, traiettorie...). Diversamente le componenti della tecnica caratterizzate da elementi meno evidenti (funzioni del SNC contrazione-rilassamento muscolare; funzioni senso-percettive...) vengono spesso trascurate perché di difficile misurazione e poco tangibili.

Per padroneggiare la tecnica in modo perfetto è dunque indispensabile prendere in considerazione sia il risultato (la forma) che il contenuto (la causa) del movimento. Una componente molto importante del contenuto della tecnica è la *sensazione cinestesica* specifica che costituisce il culmine di tutta la preparazione dell'atleta (Starosta 1992, 2004).

Per Bernstein (1975) e Anochin (1973) le reazioni dell'organismo all'ambiente esterno e le informazioni provenienti dal proprio corpo rappresentano il sistema di regolazione-guida dei movimenti (figura 5).

Il primo programma esecutivo viene elaborato a partire dalla selezione delle afferenze provenienti dall'esterno che, ritenute più significative, sono state scelte e catalogate nella memoria.

Questo programma esecutivo prevede una anticipazione di modelli di impulsi spaziotemporali richiamati a livello di "comando centrale" (coscienza). La trasmissione agli organi effettori di tali impulsi consente l'esecuzione del movimento. Grazie ai propriocettori e telecettori i dati effettivi dell'azione motoria vengono confrontati con il programma anticipato, garantendo il controllo e la correzione del movimento. I meccanismi decisivi sono rappresentati dalla sintesi afferente e dalla memoria motoria.

La capacità di regolare con precisione l'intensità dello sforzo e la velocità nel tentativo di nuotare ad un determinato tempo indicato, per esempio al 90% della massima velocità su una determinata distanza, dipende dal corretto funzionamento di questi meccanismi. La tipologia e numerosità delle esperienze precedenti in un compito specifico e la quantità delle sinapsi della memoria motoria sono essenziali (Bernstein 1973).

È possibile evidenziare due piani sui quali avviene la regolazione e guida dei movimenti sopra descritti: un *piano senso-motorio* non cosciente (riflessi, tono muscolare, equilibri...) ed un *piano cognitivo-cosciente* che ordina e governa i programmi d'esecuzione. I due piani sono in stretta relazione tra loro.

Nelle fasi in cui si perfezionano e rendono stabili i movimenti sportivi e nella loro applicazione in gara risulta fondamentale la capacità di utilizzare al meglio ed in modo integrato questi due piani.

Il nuotatore necessita in particolare di sviluppare sensibilità e memoria cinestesica specifica attraverso quella che viene definita "*sensazione dell'acqua*".

Per Wolf, Satori (1976) infatti, la cosiddetta "*sensazione dell'acqua*" non è altro che una modalità particolare di sensibilità muscolare cinestesica alla pressione dell'elemento liquido.

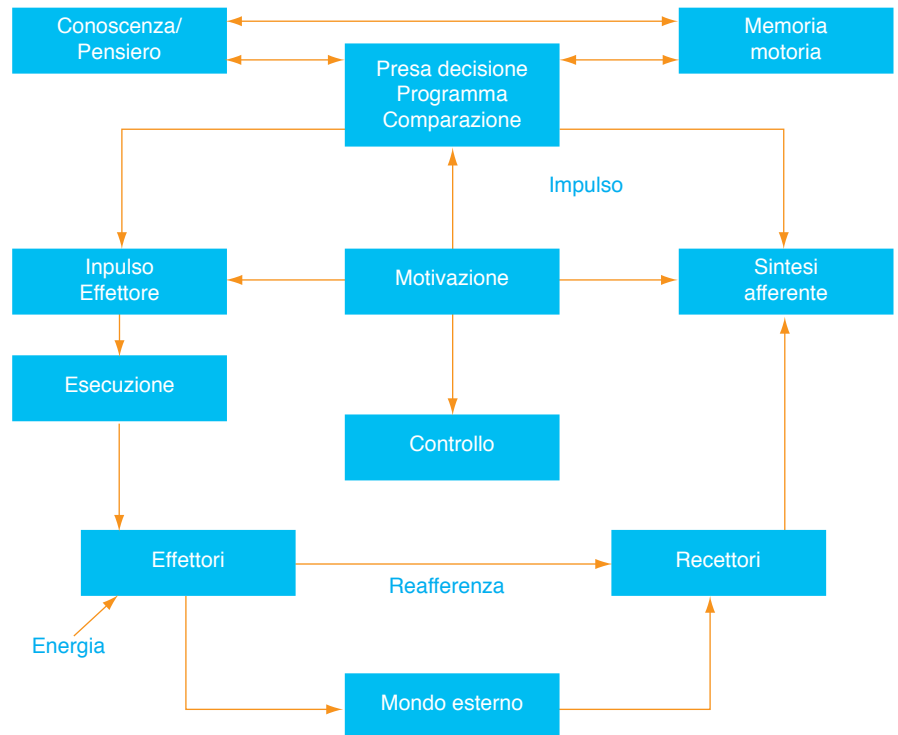


Figura 5 – Modello di regolazione delle azioni (rielaborazione da Bernstein et al. 1975).

Equivocamente si pensa che la "sensazione dell'acqua" sia una qualità propria delle mani, perché nella maggior parte delle tecniche si è soliti considerare gli effetti propulsivi degli arti superiori riferendosi alla loro azione. In realtà ciò è estremamente riduttivo: per Firby (1975) la "sensazione dell'acqua" è qualcosa di più che una sensibilità delle mani, è una sensazione che riguarda la totalità del corpo.

Anche per Starosta (2004) la sensazione del movimento può avere un carattere globale quando interessa tutto il corpo e un carattere locale se concerne dei singoli segmenti. Secondo questo Autore c'è una relazione molto stretta tra carattere globale e locale delle sensazioni.

Essere in grado di "sentire l'acqua" consente di essere più propulsivi ma anche di diminuire le resistenze. Colwin (2002) analizza il concetto differenziandolo in due aspetti: l'allineamento del corpo con l'asse di avanzamento per ridurre la resistenza durante l'applicazione della forza propulsiva (carattere globale della sensazione) e la capacità di regolare il ritmo, la velocità e fluidità delle proprie azioni (carattere locale della sensazione). Questi due aspetti integrati consentono di combinare più propulsione con meno resistenza e come risultato di determinare l'aumento della lunghezza del ciclo di nuotata.

Colwin (2002) evidenzia come molti atleti fuoriclasse siano in grado di generare azioni



di alta qualità che, a fronte di un'apparente lentezza esecutiva, producono un elevato rendimento propulsivo.

Infatti campioni quali ad esempio Popov e Thorpe, durante la loro nuotata ad alta velocità, sembravano procedere con movimenti di estrema lentezza, con un'azione calma e controllata nonostante gli straordinari risultati cronometrici che regolarmente conseguivano. Se paragonati ad altri nuotatori con i quali competevano ed il cui progresso in avanti assomigliava maggiormente ad una serie di azioni affannose ed eccessive, davano l'impressione di "non avere fretta". Secondo Maglischo (2003) non ci sarebbero sorprese nella *performance* di simili nuotatori esperti: il tenere precisamente il tempo, il ritmo di nuotata, la frequenza, sono esempi di elementi dell'abilità che li caratterizza. Per Lewin (1970) "il senso dell'acqua" è in stretto rapporto con la capacità di scivolamento che prevede il posizionare in maniera corretta tutte le parti del corpo in acqua per poter avanzare.

La corretta percezione del proprio corpo diviene l'elemento fondamentale per il più adeguato controllo della postura ottimale da assumere e mantenere durante una fase di scivolamento.

La capacità di scivolamento viene ricercata soprattutto nel nuoto per principianti nella didattica iniziale (John 1957; Maiello 1976; Catteau, Garoff 1974; Thomas 1989; Navarro 1995): lo scopo è quello di allungarsi il più possibile in maniera stabile in acqua in modo da poter offrire la minore superficie frontale all'avanzamento e una riduzione dei vortici frenanti che si producono nella parte posteriore del corpo.

Anche per Starosta (2004) all'inizio dell'apprendimento è più razionale concentrarsi sulle sensazioni del movimento globale del corpo (scivoli, posture, idrodinamicità) e solo successivamente concentrarsi sulle sensazioni locali che a nostro avviso possono essere ben rappresentate dagli esercizi di remata.

Un influsso determinante su questa capacità cinestetica specifica viene dato dal primo "rapporto con l'acqua". L'importanza di questo "rapporto con l'acqua" è sottolineata negli esercizi di ambientamento. Il livello di scivolamento, di "senso d'acqua" e di galleggiamento dipendono dalle primissime esperienze e contatti con l'elemento liquido.

Partendo dal primo impatto psicologico (disponibilità, serenità, abbandono, controllo, padronanza, esplorazione, autonomia) viene elaborato un modello operativo mentale tanto più efficace, quanto più naturale. Dal momento che per l'uomo, a seguito di fattori filogenetici, ogni abilità in acqua deve essere acquisita, risulta fondamentale orientare l'apprendimento verso automatismi più corretti (o meglio meno scorretti e il più possibile trasferibili).

La capacità di mantenere "plastico" il SNC, attraverso opportuni esercizi di sensibilizzazione consente la creazione e il mantenimento di mappe motorie elastiche. Esse costituiscono quel patrimonio motorio, senso-percettivo e coordinativo che accompagnerà il soggetto per tutto il suo "percorso acquatico", aiutandolo negli interventi per modificare il gesto tecnico nel momento in cui dovesse acquisire per errore un modello cinematico scorretto e poco ergonomico o avesse la necessità di apprendere una nuova tecnica esecutiva.

Occorre evidenziare, quindi, come scivolare in acqua non sia esclusivamente di primaria importanza nell'insegnamento di base, ma giochi anche un ruolo centrale in tutta la preparazione natatoria successiva, soprattutto nell'ambito particolare delle partenze e delle virate (Cazorla 1993).

Anche secondo Pedroletti (1997), scivoli e remate, citati come elementi di metodologia dell'allenamento, sono molto importanti per il raggiungimento della *performance* ottimale nel nuoto.

La capacità di percepire il corpo che penetra nell'acqua e il fluido che scivola intorno al nuotatore, così come la capacità di indirizzare adeguatamente il flusso dell'acqua attraverso gli esercizi di remata, sono quindi una prerogativa importante per l'atleta di punta e contemporaneamente un obiettivo fondamentale nel nuoto giovanile.

Riassumendo, i più importanti criteri da considerare per valutare le capacità senso-percettive dei nuotatori sono: la *capacità di scivolamento*, valutabile a differenti livelli di abilità (Cazorla 1993; Pedroletti 1997) e intesa come sensazione del movimento globale del corpo (Starosta 2004); l'*abilità di remata* (Pedroletti 1997), intesa come sensazione locale di una parte, la mano (Starosta 2004), che gioca comunque un ruolo fondamentale nella nuotata (Colwin 2002); la *fiducia nell'acqua*, riguardante

prevalentemente le prime fasi di sviluppo acquatico e collegabile ad una maggiore fiducia e sicurezza in se stessi e che consente di evitare che un approccio emozionale inadeguato comprometta lo sviluppo acquatico futuro. Diem et al. (1982) in particolare tra il 1971 e il 1978 hanno effettuato uno studio longitudinale per verificare come il nuoto per *baby* (durante il primo anno di vita) potesse influenzare la personalità del bambino. I soggetti partecipanti ai corsi per *baby* rispetto ad un gruppo di controllo dimostrarono più disposizione ad adattarsi alle nuove situazioni, più confidenza e sicurezza in se stessi, una maggiore ricerca di indipendenza. Per Mc Graw (1939) simili adattamenti sarebbero specifici e relativi solamente all'ambiente acquatico.

Finalità delle capacità senso-percettive e coordinative nel nuoto sportivo

Integrando e sintetizzando i concetti espressi nei paragrafi precedenti è possibile affermare che nel nuoto, tanto nelle specialità in cui predominano forza e resistenza quanto in quelle in cui predominano forza e velocità, sono richiesti elevati livelli di sviluppo della condizione fisica specifica. Ciò nonostante non si deve dimenticare che, a differenza di altri sport nei quali gli aspetti condizionali sono ugualmente fondamentali, in questo caso il dominio dell'ambiente condiziona in gran misura il risultato sportivo. Infatti la tecnica è un tramite tra l'energia chimica e meccanica, un mezzo che permette di andare più in fretta spendendo meno energia (Andolfi 1990; Zamparo, Bonifazi et al. 2005; Zamparo, Pendergast et al. 2005; Zamparo 2006).

Per questo possiamo definire il nuoto un'attività sportiva ciclica ad alta valenza coordinativa con un impegno muscolare di resistenza alla forza veloce.

Se ne deduce che l'importanza tecnico-coordinativa e senso-percettiva del nuoto è legata ad una doppia finalità:

- **adattarsi all'ambiente** (Colwin 2002): questo significa sviluppare quei processi neuromuscolari e percettivo motori che permettano al nuotatore un miglioramento del "senso dell'acqua" attraverso la memorizzazione di informazioni che possano essere utilizzate come base per la costruzione e modifica di azioni specifiche.
- **ottimizzare le capacità coordinative** (Djatschkow 1974; Grosser, Neumaier 1986): un corretto sinergismo muscolare favorisce l'economia delle proprie azioni (espressione di forza resistente) e permette l'applicazione di alte capacità di forza e velocità integrate (espressione di forza rapida).

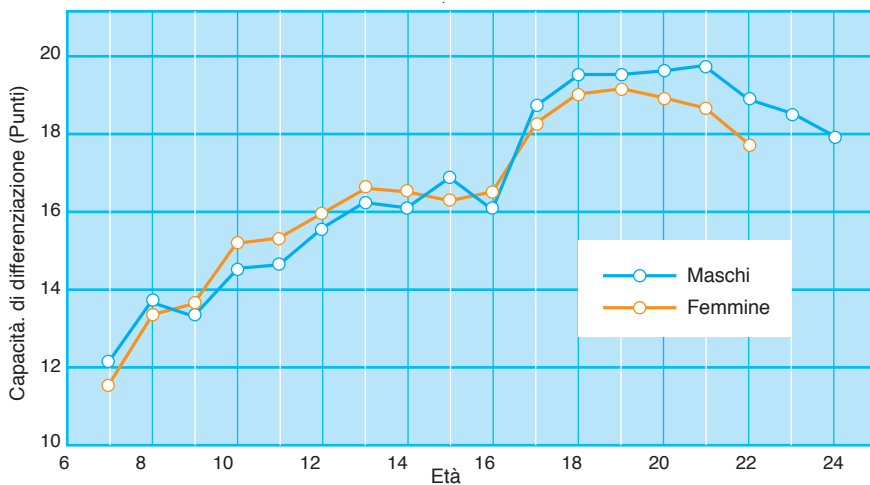


Figura 6 – Sviluppo delle capacità di differenziazione secondo Hirtz (1988).

Secondo diversi autori (Blume 1984; Hirtz 1988; Meinel, Schnabel 1984) le capacità coordinative determinano in modo decisivo la velocità e la qualità di acquisizione delle capacità tecniche nonché la stabilità e il grado della loro possibile applicazione durante l'allenamento e durante la gara. Ciò evidenzia che lo sviluppo mirato delle capacità coordinative (Farfel 1988) è una base decisiva per il raggiungimento di un livello tecnico più alto in un minor tempo. Le sensazioni cinestesiche costituiscono il livello più alto delle capacità coordinative perché proprio grazie ad esse è possibile produrre un movimento con elevata precisione spaziale, temporale e di applicazione della forza (Starosta 1992, 2004).

Il miglioramento della tecnica è subordinato al continuo *feed-back* fornito soprattutto dalle sensazioni cinestesiche che rappresentano un elemento fondamentale per raggiungere un elevato controllo e precisione dei movimenti.

Farfel (1988) e Starosta (2004) hanno evidenziato in varie ricerche condotte sulle diverse abilità tecniche che il metodo meno efficace di apprendimento è quello della ripetizione costante dello stesso compito. Il metodo più efficace sarebbe quello dell'approssimazione o contrasti; più in particolare quello dei "piccoli contrasti" cioè l'avvicinamento o allontanamento progressivo al/dal compito e con piccole variazioni.

Stimolare l'apparato sensoriale con situazioni nuove e sconosciute obbliga ad un continuo adattamento e stato di allerta delle sensazioni cinestesiche e determina un abbassamento della soglia di sensibilità (Starosta 1992, 2004).

Una miglior "impronta tecnica" garantita da un efficace supporto bio-informativo consente di esprimere movimenti più ergonomici, una maggiore efficacia nella spinta propulsiva e quindi una maggiore prestazione.

Per un'ottimale discriminazione senso-percettiva e quindi per quello che abbiamo definito "senso d'acqua", risulta fondamentale il grado di coordinazione inter-muscolare e intramuscolare.

Per Schicke (1982) nel nuoto sportivo domina la capacità coordinativa di differenziazione. Questa capacità, sulla base di percezioni di forza, tempo e spazio, consente di raggiungere un'elevata precisione nell'esecuzione delle proprie azioni. Per raggiungere una forte spinta propulsiva occorre una struttura spazio-temporale e temporale-dinamica precisa dal punto di vista delle abilità tecnico-natatorie.

Sulla base di una marcata capacità di differenziazione è possibile sviluppare un'economia di movimenti in crescente miglioramento che dipende tra l'altro dal livello della capacità di distensione dei muscoli. Come già evidenziato, l'economia dei movimenti è un aspetto importante per uno sviluppo adeguato delle capacità condizionali.

Studi di Hirtz (1988) sulla capacità di differenziazione cinestetica (figura 6) mostrano un miglioramento progressivo tra i sette e gli otto anni. Vi è poi un ulteriore miglioramento a partire dai nove-dieci anni con un primo punto culminante intorno ai dodici-tredici anni (75% circa) cui fa seguito un più lungo periodo di poco sviluppo o stagnazione. Questa fase di iposviluppo, che si colloca durante la pubertà, è da ricondurre al repentino sviluppo morfo-fisiologico ed alla scarsa attività motoria. Lo sviluppo riprende, quindi, fino ad un nuovo punto culminante intorno ai ventuno anni per i maschi, con un anticipo di uno-due anni per le femmine, in relazione alla loro anticipata maturazione. Secondo Hirtz un allenamento motorio costante eviterebbe la stagnazione di questa capacità.

Starosta (2004) evidenzia una serie di componenti della capacità di differenziazione che possiamo riferire in particolare al nuoto secondo i seguenti adattamenti:



- movimenti con utilizzo mirato dei muscoli propulsori;
- movimenti simmetrici delle differenti parti del corpo (consentono di percepire e compensare, dove sussiste, l'esistenza di alcuni sbilanciamenti muscolari che potrebbero condizionare l'aspetto tecnico);
- capacità di rilassamento muscolare (per esempio nelle fasi di recupero aereo per indurre un minor affaticamento a livello locale);
- azioni più fluide in accordo con i principi idrodinamici (utilizzo razionale delle resistenze dell'acqua; limitazione di onde e vortici frenanti; capacità di sfruttare il flusso delle masse d'acqua in modo propulsivo);
- ottimizzazione delle spinte propulsive;
- regolazione di tono e assetto in acqua (inibizione dei riflessi di raddrizzamento; capacità di rendere il capo indipendente dal tronco durante le azioni respiratorie; capacità di rendere il capo solidale con il tronco per stabilizzare le azioni propulsive o utilizzarlo come "timone" durante partenze e virate).

Per Schicke (1982) il livello delle altre capacità coordinative importanti per il nuoto sportivo (capacità di ritmo, capacità di abbinamento delle azioni) viene determinato in forte misura da come si percepiscono e come si possono riprodurre esattamente i parametri temporali, spaziali e dinamici, cioè quando esiste un alto livello di capacità di differenziazione. L'alto valore della capacità di differenziazione risulta inoltre dal fatto che durante lo sviluppo delle capacità condizionali occorre un allenamento in diversi ambiti di velocità e che durante la gara lo svolgimento della competizione deve essere adeguato alle specifiche esigenze.

Possiamo sintetizzare e concludere che le argomentazioni relative alle capacità coordinative e di differenziazione fino ad ora descritte possono essere interpretate nel concetto di *acquaticità*.

L'acquaticità rappresenta quel processo adattivo dinamico alle condizioni morfologiche e neuro-motorie che mutano nel tempo, che si determina a seguito dello sviluppo e dell'allenamento, processo che risulta prioritario a qualunque livello della storia natatoria di ogni atleta.

A partire da questa accurata analisi del ruolo delle capacità senso-percettive e coordinative nel nuoto, il *Laboratory of Sports Analysis* della Facoltà di Scienze Motorie dell'Università degli Studi di Milano ha avviato numerosi studi sull'argomento e sta analizzando una proposta metodologica

volta all'individuazione di pratici sistemi di valutazione ed allenamento specifico nella preparazione dei nuotatori che sarà oggetto di un prossimo articolo.

Indirizzo degli Autori:
Pietro Invernizzi: pietro.invernizzi1@unimi.it


Bibliografia

- Aa. Vv., *Manuale per Istruttori di Nuoto di 1° e 2° livello*, Roma, FIN-Federazione italiana nuoto, 2003.
- Absaljamov B.V.A., *Krafttrainingsapparate in der Vorbereitung von Spitzenschwimmern*, Der Schwimmtrainer, 1980, 15-16, 24-28.
- Andolfi M., El entrenamiento técnico en la preparación de alta competición, *Acta de las II Jornadas de perfeccionamiento técnico superior de natación*, Burgos, 8,9,10 giugno 1990.
- Andreas P., *Schwimmen*, Frankfurt, 1956.
- Anochin P. K., *Physiologie und Kybernetik. Kybernetik und Praxis*, Berlin, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1973.
- Beckmann R., *Zur Trainingspraxis Schwimmen*, Wolfenbüttel, 1976.
- Bernstein N. A., *Fisiologia del movimento*, Roma, SSS, 1975.
- Blume D. D., *Grundpositionen zu einer Diagnostik der koordinativen Fähigkeiten*, Theorie und Praxis der Körperkultur, 33, 1984, 2, 121-124.
- Catteau R., Garoff G., *L'enseignement de la natation*, Paris, Vigot, 1974.
- Cazorla G., *Tests spécifiques d'évaluation du nageur*, Bordeaux, 1993.
- Chollet D., *Approche scientifique de la natation sportive*, Paris, Vigot, 1992.
- Christensen C. L., Smith G. W., Relationship of maximum sprint speed and maximal stroking force in swimming, *J. Swim. Res.*, 3, 1987, 2, 18-20.
- Colwin C. M., *Breakthrough Swimming*, Champaign Il., Human Kinetics, 2002.
- Costill D., Sharp R., Troup J., Muscle strength: contributions to sprint swimming, *Swimming World*, 1980, 21, 29-34.
- Counsilman J., *La scienza del nuoto*, Bologna, Zanichelli 1973.
- Counsilman J., *Manuale di nuoto agonistico per allenatori e nuotatori*, Bologna, Zanichelli, 1984.
- Davis J. F., The effect of weight training on speed in swimming, *Physical Education*, 1955, 12, 28-29.
- De Montsevitch N., Petrovich G. I., *Teoria i praktik fiziceskoj kul'tury*, 1987, 12, 26-28.
- Diem L., Early motor stimulation and personal development: a study of four to six year old German children. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, 1982, 53, 23-25.
- Djatschkow W. M., *Die Steuerung und Optimierung des Trainingsprozesses*, Berlino, Bartels e Wernitz, 1977.
- Farfel W.S., *Il controllo dei movimenti sportivi*, Roma, SSS, 1988.
- Firby H., *Howard Firby on swimming*, London, Pelham Books, 1975.
- Grosser M., Neumaier A., *Técnicas de entrenamiento*, Barcelona, Martinez Roca, 1986.
- Hahn E., *L'allenamento infantile*, Roma, SSS, 1986.
- Harre S., *Teoria dell'allenamento*, Roma, SSS, 1973.
- Hickson R.C., Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance, *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 45, 1980, 2-3, 255-263.
- Hirtz P., *Koordinative Fähigkeiten im Schulsport*, Berlin, Volkseigener Verlag, 1988.
- Hopper R., Hadley C., Piva M., Bambauer B., Measurement of power delivered to an external weight, in: Hollander A., Huijing P., De Groot G. (a cura di), *Bio-mechanics and medicine in swimming*, Champaign Il, Human Kinetics, 1983, 113-120.
- Ikai M., Ishi K., Miyashita M., An electromyographic study of swimming, *Res. J. Physical. Ed.*, 7, 1964, 4, 47-54.
- John H.G., Die Bedeutung des Gleitens und der Gleitphase für den Schwimmfänger, *Körpererziehung*, 5, 1957, 242-248.
- Klauck J., Daniel K., Force and velocity characteristics of land training devices in swimming, in: MacLaren et al. (a cura di), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, Londra, Spon Press, 1992, 219-223.
- Le Moigne J.L., *La Modélisation des systèmes complexes*, Paris, Dunod, 1993.
- Lewin G., *Schwimmsport*, Berlino, Sportverlag, 1970.
- Maglischeo E.W., *Swimming Fastest*, Champaign Il, Human Kinetics, 2003.
- Mahlo F., Die Struktur konditioneller Leistungsvoraussetzungen und das Krafttraining von Rudersportlern/innen der Weltspitze, *Leistungssport*, 22, 1992, 3.
- Maiello D., *Nuotare*, vol. 1, Roma, SSS, 1976.
- Makarenko L.P., *Schwimmtechnik*, Berlin, 1978.
- Manno R., *I fondamenti dell'allenamento sportivo*, Bologna, Zanichelli, 1989.
- Manno R., *La forza negli sport*, Torino, Utet, 2002.
- Martin D., Carl K., Lehnertz K., *Manuale di teoria dell'allenamento*, Roma, SSS, 1997.
- Mc Graw M.B., Swimming behavior of the human infant, *Journal of pediatrics*, 15, 1939, 4, 485-490.
- Meinel K., Schnabel G., *Teoria del movimento*, Roma, SSS., 1984.
- Navarro F., *Iniciación a la natación*, Madrid, Gymnos, 1995.
- Nummela A. T., Paavolainen L. M., Sharwood K. A., Lambert M. I., Noakes T. D., Rusko H. K., Neuromuscular factors determining 5 km running performance and running economy in well-trained athletes, *Eur J Appl Physiol*, 97, 2006, 1, 1-8.
- Olbrecht J., Clarys J. P., EMG and Strength Training Exercises for the Front Crawl, in: Hollander A. P., Huijing P. A., De Groot G. (a cura di), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, Champaign Il, Human Kinetics, 1982.
- Paavolainen L., Hakkinen K., Hamalainen I., Nummela A., Rusko H., Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power, *J Appl Physiol*, 86, 1999, 5, 1527-33.
- Paillard J., *Itineraire pour une psychophysiologie de l'action*, Parigi, Actio Bazina ed., 1986.
- Pedroletti M., *Natation performance*, Amphora, 1997.
- Pelayo P., From "De Arte Natandi" to the science of swimming: biomechanical and pedagogical concepts, in: Chatard J. C., *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*, Saint-Etienne, Publications de l'Université de Saint-Etienne 2003, 1-6.
- Pipes T. V., Wilmore J. H., Muscular strength through isotonic and isokinetic resistance training, *Athletic Journal*, 1976, 57, 42-45.
- Platonov N. V., *L'entraînement sportif - Théorie et méthodologie*, Parigi, Editions Revue EPS, 1984.
- di Prampero P. E., La locomozione umana su terra, in acqua, in aria. *Fatti e teorie*, Milano, Edi. Ermes, 1985.
- di Prampero P. E., The energy cost of human locomotion on land and in water, *Int J Sports Med*, 7, 1986, 2, 55-72.
- Prichard B., A new swim paradigm: swimmers generate propulsion from the hip, *Swimming Technique*, 30, 1993, 17-23.
- Renner W., Dietsch J., Müller C., *Schwimmen. Anleitung für den Übungsleiter*, Berlino, Sport Verlag, 1988.
- Schicke H., *Teorie und Praxis der Leistungssport*, 207/8, 1982, 154-165.
- Schleihauf R.E., Specificity of strength training in swimming: a biomechanical viewpoint, in: Hollander A., Huijing P., De Groot G. (a cura di), *Biomechanics and medicine in swimming*, Champaign Il, Human Kinetics, 1983, 184-191.
- Schnabel G., Harre D., Borde A., *Scienza dell'allenamento*, Modena, Arcadia, 1998.
- Schramm E., *Sportschwimmen*, Berlino, Sport Verlag, 1987.
- Sharp R. L., Troup J. P., Costill D.L., Relationship between power and sprint free-style swimming, *Med Science Sports Exerc*, 14, 1982, 1, 53-56.
- Sotgiu F., Pellegrini F., *Attività motorie e processo educativo*, Roma, SSS, Roma, 1989.
- Spikermann M., *Krafttraining für Schwimmer*, Bockenem, Fahnenmann, 1993.
- Starosta W., Alcuni problemi della tecnica sportiva, *SdS-Scuola dello sport*, 10, 1991, suppl. 22, 15-26 (ristampa dal n. 9, giugno 1987, e 10, 1987).
- Starosta W., Ruolo delle sensazioni cinestesiche nell'insegnamento e perfezionamento della tecnica sportiva, in: *Tecnica e tecnici nello sport*, Atti del workshop insegnamento e pratica sportiva, Urbino, 2004, 13-25.
- Starosta W., Sensazioni cinestesiche ed apprendimento della tecnica, *Sds-Scuola dello sport*, 11, 1992, 24, 27-30.
- Thomas D., *Swimming. Steps to success*, Champaign Il, Leisure Press, 1989.
- Vivio C., Passerini A., La preparazione a secco (parte seconda), *La tecnica del nuoto*, XXVII, 2000, 1, 29-33.
- Vivio C., Passerini A., La preparazione a secco, *La tecnica del nuoto*, XXVII, 2000, 1,4-11.
- Weinek J., *L'allenamento ottimale*, Roma, Calzetti-Mariucci, 2001.
- Wilke K., Fastrich E., *Sport in der Primarstufe Didaktische Hilfen für der Lehrer*, Band 2 Das Kraulschwimmen, Limpert, 1978.
- Wolf J., Satori J., *Trainingsmethodik und Trainingsplanung im Schwimmsport Teil I*, Berlin, 1976.
- Zaciorskiy V.M., *Le qualità fisiche dello sportivo*, Vigevano, Ed. Atletica Leggera, 1970.
- Zamparo P., Bonifazi M., Faina M., Milan A., Sardella F., Schena F., Capelli C., Energy cost of swimming of elite long-distance swimmers, *Eur J Appl Physiol* 94, 2005, 5-6, 697-704.
- Zamparo P., Effects of age and gender on the propelling efficiency of the arm stroke, *Eur J Appl Physiol*, 97, 2006, 1, 52-58.
- Zamparo P., Pendergast D.R., Mollendorf J., Termin A., Minetti A.E., An energy balance of front crawl, *Eur J Appl Physiol*, 94, 2005, 1-2, 134-144.

Dario Colella, Milena Morano, *Corso di Laurea in Scienze delle Attività motorie e sportive, Facoltà di Medicina e Chirurgia, Università degli Studi di Foggia*; Laura Bortoli, *Facoltà di Scienze dell'Educazione motoria, Chieti*; *Corso di Laurea in Scienze delle Attività motorie e sportive, Facoltà di Medicina e Chirurgia, Università degli Studi di Foggia*

Metodi di valutazione dei livelli di attività fisica

Analisi e confronto dei metodi di valutazione dei livelli di attività fisica, con particolare riferimento all'età evolutiva



L'evidenza scientifica dei benefici indotti dall'attività fisica ha alimentato il bisogno di valutare in maniera valida ed affidabile i livelli attraverso cui essa si realizza, al fine di identificare specifici trend relativi ai modelli di stili di vita fisicamente attivi e di individuare e personalizzare azioni finalizzate alla promozione della salute e del benessere nelle diverse fasce di età. Il presente lavoro intende proporre un contributo metodologico per la prescrizione dell'attività fisica finalizzata ad obiettivi diversi. Dopo aver analizzato il ruolo preventivo delle attività fisiche, con particolare riferimento all'età evolutiva, si presentano i metodi di valutazione dei livelli di attività fisica, più validi ed attendibili, attraverso un esame ed un confronto della letteratura.

Introduzione

La crescente consapevolezza dei benefici indotti dall'attività fisica ha alimentato il bisogno di valutare in modo valido ed attendibile i livelli attraverso cui essa si realizza, necessari ad assicurare un efficace processo sia di prevenzione sia di educazione al movimento. Individuare ed utilizzare metodi di valutazione dei livelli di attività fisica, affidabili e validi, consente di identificare specifici trend relativi ai modelli di stili di vita fisicamente attivi, individuare e pianificare azioni finalizzate alla promozione della salute e del benessere nelle diverse fasce di età, personalizzare un piano metodologico.

taggi e l'analisi dei livelli di attività può essere attuata attraverso metodi diversi, ma complementari, soprattutto in riferimento alle differenti esigenze socioculturali dei giovani.

Lo scopo del presente lavoro è quello di proporre un contributo metodologico allo studio di una fase del processo attraverso cui si giunge alla prescrizione dell'attività fisica finalizzata ad obiettivi diversi.

Dopo aver analizzato il ruolo preventivo delle attività fisiche, con particolare riferimento all'età evolutiva, si presentano i metodi di valutazione dei livelli di attività fisica, più validi ed attendibili, attraverso un esame ed un confronto della letteratura.

1996; Beunen et al. 1997; Telama et al. 1997; Kemper et al. 2001; McMurray et al. 2003).

Tuttavia, nonostante l'attività fisica svolga un ruolo di primaria importanza per la salute ed il benessere dell'individuo, i livelli minimi raccomandati sono lontani dall'essere praticati e dal divenire un elemento che caratterizza lo stile di vita personale (Miur/Federalimentare 2005).

Secondo l'ultimo rapporto dell'*International Obesity Task Force*, gli adolescenti italiani sono più "pigri" della media europea: ciò risulta sia per il minor numero medio di giorni in cui praticano almeno 60 minuti di attività fisica, sia per il numero di ragazzi che affermano di praticare,



FOTO MARIO BELLUCCI



FOTO MARIO BELLUCCI

Lo studio dei livelli di attività fisica e dei relativi metodi di controllo è pluridisciplinare; esso coinvolge diversi ambiti scientifici (metodi e didattiche delle attività motorie e sportive, medicina dello sport, cardiologia, pediatria, endocrinologia), poiché può essere correlato con la programmazione di interventi preventivi e con la verifica dell'efficacia di eventuali interventi terapeutici. D'altronde, il livello di attività fisica quotidiana del soggetto è strettamente legato alla qualità della vita sia di un individuo sano sia di un individuo con patologie e, se personalizzato, migliora lo stato di salute e riduce il rischio di malattie.

Le Raccomandazioni provenienti da Organizzazioni e Ministeri riguardanti la necessità di svolgere sistematicamente una determinata quantità di attività motorie quotidiane, sollecitano l'analisi dei principali metodi per la sua valutazione periodica e la scelta delle stesse attività. Una misura accurata e riproducibile dell'attività fisica è difficile, in modo particolare per i bambini, e questo è il limite fondamentale della ricerca condotta in questo campo. Tutti i metodi e gli strumenti presentano vantaggi e svan-

La problematica

È universalmente riconosciuto che l'attività fisica sistematica è un importante determinante di salute e di benessere nei bambini e nei giovani. Recenti evidenze scientifiche indicano che bassi livelli di attività fisica in età scolare sono correlati ai rischi di malattia cronica (come diabete di tipo II, patologie cardiache, osteoporosi e alcuni tipi di cancro) e di sovrappeso e obesità in età adulta (Strong et al. 2005). Tale evidenza ha generato un interesse scientifico pluridisciplinare volto ad approfondire il cosiddetto fenomeno del *tracking*, secondo cui un'alterazione o un comportamento specifico presente in età pediatrica tende a perpetuarsi, almeno in una certa misura, nell'età adulta (Malina 2001; Iughetti, De Simone 2005).

Nonostante la mancanza di dati longitudinali, i risultati di alcuni studi suggeriscono, infatti, che l'introduzione di un modello comportamentale "attivo" durante l'infanzia e l'adolescenza è importante nel generare l'abitudine all'attività fisica in età adulta (Malina 1996, 2001; Pate et al.

almeno cinque giorni la settimana, almeno 60 minuti di attività fisica (OMS/HBSC 2006). La prevalenza dell'abitudine a svolgere regolarmente o occasionalmente attività fisico-motoria decresce notevolmente passando dal Nord Italia al Sud e alle Isole e con l'aumentare dell'età e del grado di scolarità (Ministero della Salute 2003).

La crescente consapevolezza che bambini e giovani non sono sufficientemente attivi ha sollecitato, negli ultimi dieci anni, numerose organizzazioni internazionali a formulare linee guida sui livelli e sulle tipologie di attività considerati idonei per ottenere un miglioramento dello stato di salute a medio e a lungo termine (CAH-PERD 1988; Sallis, Patrick 1994; *National Centre for Chronic Disease Prevention and Health Promotion* 1996; *Public Health Agency of Canada/Canadian Society for Exercise Physiology* 2002; Saris et al. 2003; PCPFS 2003; *Department of Health and Aging* 2004; NASPE 2004; *U.S. Department of Health and Human Services/U.S. Department of Agriculture* 2005)

Tali raccomandazioni mancano, però, di forti basi sperimentali in relazione non

Le **Raccomandazioni sui livelli di attività fisica quotidiana**, specifiche per i bambini ed i giovani, sono di recente sviluppo. Prima del 1990, i livelli di attività fisica in età scolare erano valutati considerando le linee guida per l'età adulta, non tenendo, cioè, conto delle differenze relative ai comportamenti motori tra bambini ed adulti. Alcuni studi (Bailey et al. 1995; Sallo, Silla 1997; Nilsson et al. 2002) hanno evidenziato che i comportamenti motori tipici di un bambino sono estremamente variabili e non organizzati; essi includono generalmente scatti brevi e frequenti di attività fisica moderata ed intensa, differendo in maniera significativa da quelli osservati negli adulti, e rendendone problematica la valutazione (Sirard, Pate 2001). Le raccomandazioni formulate negli ultimi anni per bambini e giovani hanno preso in considerazione le differenze relative ai bisogni di movimento per fasce di età, ma rimangono piuttosto prudenti in termini di tempo e di durata dell'attività fisica. Pur mancando di forti basi empiriche e sperimentali, esse prevedono accordo unanime su quanto segue:

- I bambini ed i giovani dovrebbero praticare almeno 60 minuti di attività fisica quotidiana (CAHPERD 1988; Sallis, Patrick 1994; National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion 1996; Public Health Agency of Canada/Canadian Society for Exercise Physiology 2002; Saris et al. 2003; PCPFS 2003; Department of Health and Aging 2004; NASPE 2004; U.S. Department of Health and Human Services/U.S. Department of Agriculture 2005).

- La maggior parte di tale attività deve essere realizzata mediante brevi periodi di attività intensa (PCPFS 2003; Department of Health and Aging 2004; NASPE 2004), della durata pari o superiore ai 15 minuti (NASPE 2004).
- I bambini ed i giovani dovrebbero partecipare a differenti tipologie e livelli di intensità di attività fisica; dovrebbero essere incoraggiati a partecipare a diverse attività di movimento (CAHPERD 1988; Sallis, Patrick 1994; National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion 1996; Public Health Agency of Canada/Canadian Society for Exercise Physiology 2002; Saris et al. 2003; PCPFS 2003; Department of Health and Aging 2004; NASPE 2004; U.S. Department of Health and Human Services/U.S. Department of Agriculture 2005) che siano adeguate alla loro età (Sallis, Patrick 1994; PCPFS 2003; NASPE 2004), e a ridurre il tempo impiegato in attività sedentarie (Public Health Agency of Canada/Canadian Society for Exercise Physiology 2002; Department of Health and Aging 2004; NASPE 2004; U.S. Department of Health and Human Services/U.S. Department of Agriculture 2005). Lunghi periodi (es. due o più ore al giorno) di sedentarietà sono associati ad un decremento dei livelli di attività fisica e ad un aumento del rischio di sovrappeso e di obesità (CAHPERD 1988; Public Health Agency of Canada/Canadian Society for Exercise Physiology 2002; Saris et al. 2003; Department of Health and Aging 2004; NASPE 2004; U.S. Department of Health and Human Services/U.S. Department of Agriculture 2005).

solo al numero di studi disponibili, ma anche alla validità di questi sulla base delle metodologie utilizzate e della coerenza dei risultati ottenuti. La conoscenza dei livelli di attività fisica durante l'infanzia e l'adolescenza risulta, infatti, ancora scarsa. In particolare, non solo la mancanza di dati longitudinali rende difficile analizzare il fenomeno del *tracking* e, conseguentemente, gli effetti dell'attività fisica sulla salute a medio-lungo termine dei bambini, ma anche l'utilizzo degli strumenti di misurazione e di protocolli di studio differenti ha reso sinora difficile ogni eventuale comparazione.

La problematica risulta ancora più ampia se si considera che la maggior parte delle ricerche si è concentrata per lo più sugli incrementi relativi all'*efficienza fisica* piuttosto che su quelli riguardanti i *livelli di attività fisica* dei bambini. I risultati relativi ai test di efficienza, utili per analizzare lo sviluppo delle capacità motorie, non forniscono dati anche sulla valutazione dei livelli di attività fisica. Inoltre, essa è spesso misurata esclusivamente in termini di costo calorico, non tenendo, cioè, conto di tutti gli aspetti che la caratterizzano, come la tipologia (es. spontanea o organizzata, aerobica o anaerobica, professionale), l'intensità, l'efficienza, la durata, la frequenza e il costo energetico specifico dell'attività praticata (Goran 1998).

La mancanza di forza delle evidenze scientifiche a sostegno delle raccomandazioni specifiche per bambini e giovani non è da considerare prova di inefficacia dei risultati sperimentali, ma evidenzia spunti e direzioni per ulteriori ricerche. In quest'ottica, l'individuazione di metodi di valutazione dei livelli di attività fisica validi ed attendibili

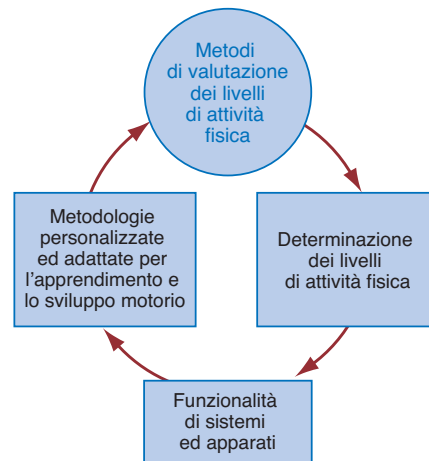


Figura 1 – Relazioni tra i metodi di valutazione, determinazione dei livelli di attività fisica a processo preventivo e formativo.

per la popolazione giovanile, è di fondamentale importanza per la determinazione dei livelli di intensità specifici, i quali costituiscono sia gli indicatori degli stili di vita e delle motivazioni intrinseche al movimento sia i presupposti per la personalizzazione dei processi di insegnamento-apprendimento motorio (figura 1).

La valutazione dei livelli di attività fisica

In relazione al tipo di informazione che forniscono, i metodi di valutazione dei livelli di attività fisica possono essere classificati in *sogettivi* (o di *self-report*) ed *oggettivi*.

Gli strumenti di misurazione soggettivi sono:

- diari e agende
- questionari e interviste
- *check-list*

I metodi di valutazione oggettivi sono:

- osservazione diretta
- acqua doppiamente marcata
- podometri
- accelerometri
- cardiofrequenzimetri
- calorimetria indiretta

Nessuno strumento è in grado di valutare tutti gli aspetti relativi all'attività fisica (Oppert 2006); tutte le tecniche disponibili presentano, infatti, vantaggi e svantaggi (Goran 1998). La scelta dello strumento di valutazione più adatto dipende dagli obiettivi e dall'oggetto di studio, dalle caratteristiche e dalla numerosità del campione e dalle risorse disponibili.

Metodi soggettivi

Gli strumenti soggettivi, come i diari, le agende, i questionari e le indagini sono metodiche non invasive, di semplice utilizzo e di basso costo. Possono essere auto-somministrati o richiedere la presenza di personale specificamente preparato per la compilazione.

Tali strumenti sono generalmente validi ed attendibili, ma – proprio perché soggettivi – possono essere influenzati da fattori come la memoria, la razza, la cultura o lo status socioeconomico del campione in esame.

CARATTERISTICHE				
Strumento	Modalità di somministrazione	Periodo valutato	Parametri misurati: tipo/freq/dur/intens/sed	Scala di misura
Attività abituale				
Godin Shephard Questionnaire	intervista o autocompilato	7 giorni	no/si/si/si/no	MET totale
World Health Organisation Health behaviour in school children (WHO HBSC) survey	autocompilato	7 giorni	no/si/si/no/no	Durata settimanale tipica dell'AF
Adolescent physical activity recall questionnaire (APARQ)	autocompilato	7 giorni	si/si/si/no/no	Durata & EE settimanali
Children's leisure activities study survey (CLASS)	autocompilato	7 giorni	si/si/si/no/no	Durata & EE settimanali tipiche dell'AF
≥ 2 giorni precedenti				
7-d physical activity recall (7-d PAR)	intervista o autocompilato	7 giorni	no/no/si/si/no	EE settimanale in AF
Weekly activity checklist (WAC) modificato	autocompilato	7 giorni	si/no/no/no/no	Frequenza MET ^b
7-d tally	autocompilato	7 giorni	no/si/no/no/no	N° giorni di A
Weekly active sum	autocompilato	7 giorni	si/si/no/no/no	EE quotidiana in AF
7-d Physical activity questionnaire for older children (PAQ-C)	autocompilato	7 giorni	si/si/no/no/no	A da 1 a 5
7-d Physical activity questionnaire for adolescent (PAQ-A)	autocompilato	7 giorni	si/si/no/no/no	A da 1 a 5
3-d sweat recall	intervista	3 giorni	no/si/no/no/no	N° episodi di forte resp/sudore
3-d aerobic recall	intervista	3 giorni	no/si/no/no/no	Come sopra
1 giorno precedente				
Aerobic activity same day recall modificato/intervista	intervista o auto	1 giorno	si/si/si/no/no	Durata quotid dell'AF
Previous day physical activity recall (PDPAR)	autocompilato	1 giorno	si/si/si/si/si	EE quotid (MET-30m)
Child/adolescent activity log (CAAL)	autocompilato	1 giorno	si/si/si/no/no	EE quotid. in AF Durata quotid. dell'AF
Yesterday active checklist	autocompilato	1 giorno	si/si/no/no/no	Frequenza MET
Four by 1-d recalls	intervista	1 giorno	no/si/si/si/no	EE quotid. in AF
Self-administered physical activity checklist (SAPAC) modificato	autocompilato	1 giorno	si/si/si/si/si	EE quotid. in AF Durata quotid. dell'AF
Multimedia 1 giorno precedente				
Computer delivered physical activity questionnaire (CDPAQ)	autocompilato via computer	1 giorno	si/si/si/si/si	EE quotid. in AF Durata quotid. dell'AF
Computerized activity recall (CAR)	autocompilato via computer	1 giorno	si/si/si/no/si	EE quotid. in AF Durata quotid. dell'AF
ACTIVITYGRAM	autocompilato via computer	1 giorno	si/si/si/si/si	EE quotid. (MET-30m) Durata quotid. dell'AF

Tabella 1 – Caratteristiche e affidabilità degli strumenti soggettivi più comunemente utilizzati per la valutazione dell'attività fisica in età evolutiva (adattato da **p<0,01; *p<0,001, nr: non riportato; ICC = coefficiente di correlazione intra-classe. ^aL'età dei partecipanti è riportata in gradi scolastici o in anni (media ± d**

AFFIDABILITÀ

Studio	Campione	Età (gradi o anni) ^a	Periodo di somministrazione	Correlazione statistica	Risultati
(Godin e Shephard 1985) (Sallis et al. 1993)	698 M/F 102 M/F	gradi 7-9 gradi 5, 8, 11	2 settimane 2 settimane	Non specificato Pearson	r=0,84nr r=0,81***
(Booth et al. 2001)	121 M/F	gradi 8, 10	2 settimane	% accordo	grado 8 M: 67% grado 8 F: 70% grado 10 M: 85% grado 10 F: 70%
(Booth et al. 2002)	121 M/F	gradi 8, 10	2 settimane	% accordo	Estate: 67-80% Inverno: 73-83%
Telford et al. 2004)	111 M/F	10,6 ± 0,8	1 settimana	ICC	r=0,36**
(test-retest)					
(Sallis et al. 1988) (Sallis et al. 1988)	290 M/F 102 M/F	12 gradi 5, 8, 11	stesso giorno 2-3 giorni 4-6 giorni	Pearson Pearson	r=0,78* r=0,79*** r=0,45***
(Sallis et al. 1993a) (Mota et al. 2002)	66 M/F 30 M/F	9 8-16	3 giorni 1 settimana	ICC ICC	r=0,74* r=0,71*
(Sallis et al. 1993a)	66 M/F	9	3 giorni	ICC	r=0,68*
(Sallis et al. 1993a)	66 M/F	9	3 giorni	ICC	r=0,51*
(Crocker et al. 1997)	84 M/F	9-14	1 settimana 1 settimana	ICC ICC	r=0,75* r=0,82*
(Kowalski et al. 1997)	95M/F	13-18	3 volte in 1 anno	Coefficiente di generalizzabilità	G=0,90
(Janz et al. 1995)	30 M/F	11,2 ± 2,0	1 mese	ICC	r=0,30*
(Janz et al. 1995)	30 M/F	11,2 ± 2,0	1 mese	ICC	r=0,54
(test-retest)					
(Janz et al. 1992)	12 M/F	7-15	12 ore	Non specificato	r=0,90*
(Weston et al. 1997)	90 M/F	gradi 8-11	30 min	Pearson	r=0,98*
(Garcia et al. 1997)	25 M/F	12	45 min	Non specificato	r=0,95*
(Sallis et al. 1993a)	66 M/F	9	3 giorni	ICC	r=0,60*
(Cale 1994)	12 M/F	11-14	4 settimane	Non specificato	r=0,62*
(Treuth et al. 2003)	68 F	9,0 ± 0,6	4 giorni	ICC	r=0,80***
(test-retest)					
(Ridley et al. 2001)	15 M/F	12,1 ± 0,5	125 min	ICC	r=0,94*
(McMurray et al. 1998)	22 M/F	12-14	1 settimana	ICC	r=0,61**
(Treuth et al. 2003)	68 F	9,0 ± 0,6	1 giorno x 3 volte	ICC	r=0,24**

Ridley 2005). Note: Parametri misurati: tipo/frequenza/durata/intensità/comportamenti sedentari; EE: spesa energetica; A: attività; AF: attività fisica; *p<0,05; deviazione standard); ^a Frequenza MET: si ottiene dalla somma dei prodotti delle frequenze di ciascuna attività.

Diari e agende

I diari e le agende richiedono ai partecipanti di registrare periodicamente le proprie attività in termini di tipo, durata, intensità e frequenza per un periodo di tempo variabile da poche ore a qualche giorno. È possibile tradurre l'attività fisica in dispendio energetico totale mediante specifiche tabelle di classificazione del costo energetico delle varie attività. Ainsworth et al. (2000) elencano 605 attività specifiche, ciascuna assegnata ad un livello di intensità basato sulla stima della spesa energetica espressa in METs, cioè multipli della spesa energetica basale. Un MET è definito come la spesa energetica in condizione di riposo che, per un adulto di età media, corrisponde approssimativamente a 3,5 ml di ossigeno assunto per chilogrammo di peso corporeo al minuto (1,2 kcal/min per un individuo di 70 kg), (U.S. Department of Health and Human Services et al. 1999). Tuttavia, le tabelle di classificazione del costo energetico sono state elaborate principalmente a partire da valutazioni effettuate su individui sani di età media e, di conseguenza, la loro applicazione in relazione ad altre popolazioni o situazioni patologiche può essere limitata (U.S. Department of Health and Human Services et al. 1999; Oppert 2006). La metodica del diario/agenda è poco costosa e applicabile contemporaneamente a più soggetti la cui disponibilità ed accuratezza nella compilazione risultano cruciali per eseguire una registrazione la più fedele possibile delle proprie attività. Per tale motivo essa non è adatta alle popolazioni infantili e risulta tanto più dispendiosa al crescere della numerosità della popolazione di studio e del periodo di osservazione (Mezzani, Giannuzzi 2000).

L'evidenza scientifica che sostiene l'affidabilità e la validità degli strumenti soggettivi più comunemente utilizzati per stimare i livelli di attività fisica nella popolazione infantile, risulta contraddittoria. Negli studi disponibili – considerevolmente diversi per obiettivi e metodologia utilizzata – il campione differisce significativamente per età, sesso e status socio-economico, rendendo, di conseguenza, difficile ogni eventuale comparazione (tabella 1). Anche i *questionari* che rappresentano la metodica più diffusa di valutazione dell'attività fisica, presentano alcuni svantaggi.

Questionari e interviste

I questionari rappresentano il metodo più diffuso di valutazione dell'attività fisica abituale (Montoye et al. 1996; Vuillemin et al. 1998; Oppert 2006).

Le domande – che nel caso dell'intervista sono poste da un ricercatore – indagano il tipo, la frequenza, l'intensità e la durata dell'attività fisica di un individuo. Esse possono

riguardare un periodo da uno a più giorni, a una settimana o pochi mesi, sino all'intero anno precedente e vengono generalmente scelte in relazione agli obiettivi dello studio e alla popolazione in esame. Come per i diari e le agende, il dispendio energetico complessivo è ricavato dall'uso di specifiche tabelle di stima del costo energetico delle varie attività: tale utilizzo può, tuttavia, introdurre errori valutativi legati a discrepanza di età e/o di nazionalità fra la popolazione in esame e quella da cui le tabelle sono state ricavate (Mezzani, Giannuzzi 2000; Oppert 2006). La metodica del questionario/intervista è poco costosa, veloce da eseguire e ideale per lo studio di grandi popolazioni. Essa può essere concepita specificamente per popolazioni di età, lingua, ambiente socio-culturale e/o patologia sovrapponibili (Mezzani, Giannuzzi 2000) e, quindi, preparata adeguatamente per valutare in maniera specifica bambini e giovani.



La difficoltà più grande relativa al loro utilizzo in età evolutiva, consiste nella capacità del bambino (o del genitore o dell'insegnante) di ricordare in maniera accurata le attività svolte nel periodo precedente alla somministrazione (Goran 1998; McCormack, Giles-Corti 2002).

È stato dimostrato che i bambini riescono a ricordare solo il 50% delle attività effettuate nella settimana precedente (Goran 1998) e che l'esattezza dei loro ricordi varia in funzione dell'età, con correlazioni più alte negli adolescenti (Kohl et al. 2000): i risultati di alcuni studi raccomandano, infatti, l'utilizzo dei questionari su campioni di età superiore ai dieci anni (Aaron et al. 1995; Crocker et al. 1997).

Un'altra difficoltà consiste nel tradurre le informazioni qualitative ottenute in dati quantitativi – specifici per i bambini – relativi alla spesa energetica delle varie attività effettuate: i dati disponibili in letteratura presentano ancora numerosi limiti e necessitano di ulteriori indagini (Goran 1998). Anche la capacità dello strumento di misu-

rare la natura sporadica dell'attività fisica della popolazione infantile risulta piuttosto discutibile: la variabilità inter ed intra-individuale nel praticare una determinata attività fisica non permette quasi mai una definizione dei reali dispendi energetici connessi con le molteplici attività quotidiane e/o sportive (Welk et al. 2000a).

Inoltre, gli strumenti che si occupano in larga misura delle attività di tempo libero organizzate possono non tener conto delle attività ludiche o ricreativo-spontanee (Kohl et al. 2000) – caratteristiche dell'attività fisica dei bambini – e tendono, talora, a sopravvalutare la spesa energetica includendo anche il tempo non effettivamente impiegato in attività motorie (Montoye et al. 1996; Oppert 2006).

Metodi oggettivi

Gli strumenti oggettivi sono metodiche più precise rispetto a quelle soggettive, dal momento che non subiscono l'influenza di fattori umani. Secondo alcuni Autori (Scholler et al. 1986; Maffei et al. 1995), la migliore misura della spesa energetica per l'attività fisica in condizioni di vita libera è data dalla combinazione del *metodo dell'acqua doppiamente marcata* con la *calorimetria indiretta*; tuttavia, il costo elevato ne limita l'utilizzo su piccoli gruppi.

Acqua doppiamente marcata

La metodica (per una rassegna, cfr. Welk et al. 2000a; Kohl et al. 2000) consiste nell'assunzione da parte del soggetto di una quantità di acqua contenente una concentrazione nota di isotopi dell'idrogeno (^2H) e dell'ossigeno (^{18}O) i quali, dopo essersi distribuiti nell'organismo, lasciano il corpo sotto forma di acqua marcata ($^2\text{H}_2\text{O}$ e H_2^{18}O) e, solo nel caso dell'ossigeno, di anidride carbonica (C^{18}O_2). Dalla differenza delle concentrazioni di $^2\text{H}_2\text{O}$ e H_2^{18}O nelle urine è possibile risalire alla produzione di CO_2 durante il periodo di studio e, mediante la stima del quoziente respiratorio – non senza un margine di rischio di errore – al consumo di ossigeno (VO_2), (Coward 1988; Davies et al. 1994; Mezzani, Giannuzzi 2000).

L'acqua marcata è una tecnica molto accurata che è stata proposta, tra l'altro, come *gold standard* per le varie metodiche di valutazione del livello di attività fisica abituale (Mezzani, Giannuzzi 2000). Essa fornisce informazioni circa il dispendio energetico totale per un periodo di tempo compreso tra i dieci e i quattordici giorni (Melanson, Freedson 1996; O'Connor et al. 2003). Tuttavia, si tratta di un metodo estremamente costoso e di complessa attuazione, applicabile, quindi, su campioni numericamente ridotti e non adatto per valutazioni su larga scala dei livelli di attività fisica dei bambini (O'Connor et al. 2003).

Calorimetria indiretta

La metodica (per una rassegna, cfr. Ferrannini 1988; Welk et al. 2000a; Kohl et al. 2000) consente di valutare la spesa energetica a partire dalla misurazione delle variazioni di concentrazione di ossigeno e anidride carbonica nei gas respiratori e di calcolare, altresì, l'ossidazione dei substrati energetici (glucidici, lipidici, proteici). La produzione energetica viene calcolata stimando il consumo di ossigeno e trasformando, successivamente, i litri di O₂ consumati in kcal spese. Per misurare il consumo di ossigeno di un individuo in condizioni di riposo e/o impegnato nelle varie attività fisiche, la calorimetria indiretta si avvale di tecniche a circuito chiuso e/o a circuito aperto (Sacchi di Douglas; Respirometri portatili: di Kofranyi-Michaelis; Oxylog; K4). La tecnica di calorimetria indiretta a circuito aperto – che stima il consumo di ossigeno e la produzione di anidride carbonica – è quella più comunemente utilizzata, anche perché consente di calcolare il Quoziente Respiratorio (QR, definito come il rapporto tra moli di anidride carbonica prodotta e ossigeno consumato nell'ossidazione) di ciascun nutriente. Da esso è possibile determinare quale substrato energetico abbia fornito la quota maggiore di energia durante l'attività fisica che si sta valutando e, quindi, quale valore di equivalente calorico di 1 litro di ossigeno utilizzare nel calcolo della spesa energetica (per valori di QR compresi tra 0,8 e 0,85, si è soliti indicare l'equivalente calorico di 1 litro di O₂ = 5 kcal). Pur permettendo un monitoraggio e un controllo dell'attività fisica e dell'introito calorico, la metodica risulta applicabile solo per periodi brevi (solitamente 30 minuti) e non sempre riproducibile nella popolazione infantile (Goran 1998).



Foto Calzetti & Maruccia Edizioni



Osservazione diretta

Questa metodica (per una rassegna, cfr. McKenzie et al. 1991) richiede all'osservatore di annotare il tipo, la durata, l'intensità e la frequenza di esecuzione delle attività quotidiane del soggetto in esame, il cui dispendio energetico sarà poi calcolato sulla base di tabelle di classificazione del costo energetico delle varie attività.

L'osservazione diretta è generalmente utilizzata per lo studio delle popolazioni infantili (Puhl et al. 1990; Noland et al. 1990; McKenzie et al. 1992; DuRant et al. 1993, 1996; Baranowski et al. 1993; Finn, Specker 2000) o come "gold standard" contro cui confrontare misurazioni del livello di attività fisica ottenute con metodi differenti (Klesges et al. 1985; Freedson, Melanson 1996; Hands et al. 2006). Pur fornendo risultati validi ed attendibili, è una metodica estremamente dispendiosa, specie se è prevista la presenza di un osservatore per ogni soggetto in esame: risulta, quindi, applicabile solo per periodi di osservazione brevi (che possono non rappresentare adeguatamente il livello di attività fisica abituale) e su piccoli gruppi (Mezzani, Giannuzzi 2000).

L'affidabilità e la validità dei *cardiofrequenzimetri* come misure oggettive del costo energetico e dei livelli di attività fisica dei bambini e dei giovani risultano ancora incerte (Welk et al. 2000a; Sirard e Pate 2001). In merito, i dati esistenti in letteratura si riferiscono a un numero limitato di studi effettuati su campioni numericamente ridotti (Gilliam et al. 1981; Emons et al. 1992; Janz et al. 1992; Livingstone et al. 1992; Maffei et al. 1995; Bitar et al. 1996; Freedson, Miller 2000); inoltre, nella maggior parte di tali lavori (Gilliam et al. 1981; Emons et al. 1992; Livingstone et al. 1992; Maffei et al. 1995) non è stata stimata l'affidabilità dello strumento.

Cardiofrequenzimetri

La metodica (per una rassegna, cfr. Welk et al. 2000a; Kohl et al. 2000) consiste nella misurazione della frequenza cardiaca, variabile fisiologica notoriamente correlata con il livello di attività fisica abituale dell'individuo. Il cardiofrequenzimetro è uno strumento costituito da un trasmettitore (applicato al torace mediante una fascia) che ricava la frequenza cardiaca dal segnale elettrocardiografico derivato attraverso due elettrodi – posti a contatto della cute – e da un orologio da polso che funge da ricevitore/registratore. Quest'ultimo visualizza, tra l'altro, la frequenza cardiaca in tempo reale e, se collegato al computer, può fornire l'andamento nel tempo (in un periodo selezionabile dall'operatore) sotto forma di grafico e/o di valori numerici (Mezzani, Giannuzzi 2000).

I cardiofrequenzimetri sono strumenti semplici, non invasivi e poco costosi. Possono essere utilizzati per valutare in maniera indiretta il dispendio energetico e la frequenza, l'intensità, la durata dell'attività fisica (Hands et al. 2006). La stima del dispendio energetico si basa sulla relazione che lega la frequenza cardiaca al VO₂ (e, quindi, al dispendio energetico aerobico) del soggetto: essa appare più valida per intensità di esercizio >50% del picco di VO₂ (Mezzani, Giannuzzi 2000), dal momento che la correlazione diretta tra frequenza cardiaca e consumo di ossigeno diventa lineare al di sopra di una certa soglia di attività (Oppert 2006). Altro limite di questa metodica è costituito dall'esistenza di fattori non legati all'attività fisica (stress, temperatura corporea, farmaci, fattori genetici) che possono indurre variazioni anche marcate della frequenza cardiaca (Welk et al. 2000a; Mezzani, Giannuzzi 2000; Eslinger et al. 2005; Oppert 2006; Hands et al. 2006). Tuttavia, l'associazione del cardiofrequenzimetro con un sensore di movimento (es. accelerometro) costituisce un approccio metodologico interessante per la valutazione dei livelli di attività fisica (Emons et al. 1992; Bitar et al. 1996; Louie et al. 1999; Oppert 2006).

Alcuni studi (Livingstone et al. 1992; Fontvieille et al. 1993; Goran et al. 1995) hanno utilizzato tale combinazione metodologica per misurare la spesa energetica per l'attività fisica dei bambini in condizioni di vita libera, evidenziandone valori piuttosto bassi (400 kcal/giorno) e confermando che, in età infantile, solo una piccola frazione di tempo è impiegata in attività ad alta intensità (Gilliam et al. 1981; Bailey et al. 1995).

Gli strumenti oggettivi più adatti per la valutazione dell'attività fisica dei bambini e dei giovani sono l'*osservazione diretta*, il *cardiofrequenzimetro*, il *podometro* e l'*accelerometro* (Hands et al. 2006). In merito alla metodica dell'osservazione diretta, alcuni studi hanno utilizzato la *Children's Activity Rating Scale (CARS)* per comparare differenti livelli di spesa energetica in bambini di 5 e 6 anni (Puhl et al. 1990), della fascia di età 3-5 (Noland et al. 1990) e 4-5 anni (DuRant et al. 1993), evidenziando un'affidabilità (84,1%; Puhl et al. 1990) e una riproducibilità ($r = 0,81$; DuRant et al. 1993) dello strumento elettronico.

Strumento/i	Caratteristiche ^a	Affidabilità	Validità	Bibliografia
CSA Accelerometer* Tritrac Accelerometer Yamix Digiwalker Pedometer	Campione: N = 21 M di età 8-10 anni Validati contro: Calorimetria indiretta (SVO ₂)	Non rilevante	Cammino e corsa: SVO ₂ e CSA (anca sx): r = 0,809 SVO ₂ e Tritrac (anca dx): r = 0,934 SVO ₂ e Pedometer (anca sx): r = 0,772 Attività ludiche: SVO ₂ e CSA (anca sx): r = 0,881 SVO ₂ e Tritrac (anca dx): r = 0,934 SVO ₂ e Pedometer (anca sx): r = 0,931	Louie et al. 1999
Tritrac Accelerometer Yamix Digiwalker Pedometer	Campione: N = 10 bambini di età 7-12 anni Validati contro: Osservazione diretta (CARS)	Non rilevante	Attività in classe (organizzate): CARS e Tritrac (anca): r = 0,70 CARS e Pedometer (anca): r = 0,80 Attività ricreative (ludico-spontanee): CARS e Tritrac (anca): r = 0,94 CARS e Pedometer (anca): r = 0,97	Kilanowski et al. 1999
CSA Accelerometer*	Campione: Studio 1: Nessun soggetto Stima delle differenze intra-strumento (IS) (CSA ad accelerometro meccanico) Studio 2: N = 10 bambini in età prescolare Effetto posizionamento CSA (anca sx-anca dx) durante attività ludiche Studio 3: N = 11 bambini in età prescolare Confronto CSA - Children's Physical Activity Form (CPAF) durante attività ludiche organizzate	IS: r = 0,98 a 0,99 Anca sx vs anca dx: r = 0,92 CSA-CPAF: r = 0,87	Non stimata	Fairweather et al. 1999
Caltrac Accelerometer	Campione: N = 27 bambini di grado 3 N = 21 bambini di grado 4 Validato contro: HR (Heart rate) telemetria Diario di attività	Non stimata	Studenti grado 3 Caltrac and HR: r = 0,70 (A moderata) r = 0,80 (A intensa) Studenti grado 5 Caltrac and HR: r = 0,57 (A moderata) r = 0,50 (A intensa)	Simons- Morton et al. 1994
CSA Accelerometer*	Campione: N = 92 bambini di grado 1-3 N = 98 bambini di grado 4-6 N = 97 giovani di grado 7-9 N = 94 giovani di grado 10-12	Affidabilità IC (g) = giorni Gradi 1-3: Alpha = 0,46 (1g) Alpha = 0,77 (4g) Alpha = 0,86 (7g) Gradi 4-6: Alpha = 0,49 (1g) Alpha = 0,79 (4g) Alpha = 0,87 (7g) Gradi 7-9: Alpha = 0,33 (1g) Alpha = 0,66 (4g) Alpha = 0,77 (7g) Gradi 10-12: Alpha = 0,31 (1g) Alpha = 0,64 (4g) Alpha = 0,76 (7g)	Non stimata	Trost et al. 2000
CSA Accelerometer* Tritrac R3D Accelerometer	Campione: N=28 bambini di età 9-11 anni Validati contro: HR (Heart rate) telemetria METs calcolati	Correlazioni IC (ultimi 3' di A) HR (range): r = 0,92-0,99 CSA (range): r = 0,59-0,94 Tritrac (range): r = 0,60-0,96	CSA e Tritrac: r = 0,86 CSA e HR: r = 0,64 CSA e METs: r = 0,43 Tritrac e HR: r = 0,73 Tritrac e METs: r = 0,66	Ott et al. 2000
RT3 Accelerometer Tritrac R3D Accelerometer	Campione: N=19 M di età 9,5 ± 0,8 anni N=15 M di età 20,7 ± 1,4 anni Validati contro: SVO ₂	Non stimata	RT3 (anca dx) con sVO ₂ : r = 0,87 (bambini) Tritrac (anca sx) con sVO ₂ : r = 0,87 (bambini)	Rowlands et al. 2004
Actical Actigraph	Campione: N = 32 bambini e giovani di età 7-18 anni Validati contro: EE stimata con calorimetria diretta e indiretta HR (Heart rate)	Non stimata	Actical con EE: r = 0,83 Actical con AEE: r = 0,85 Actical con HR: r = 0,60 Actigraph con EE: r = 0,79 Actigraph con AEE: r = 0,82 Actigraph con HR: r = 0,63	Puyau et al. 2004

Tabella 2 – Affidabilità e validità dei podometri e degli accelerometri per la valutazione dell'attività fisica in età evolutiva (adattato da McCormack, Glies-Corti 2002). Note: sx: sinistra; dx: destra; EE: spesa energetica; A: attività; IC = intra-classe *L'età del campione è riportata in gradi scolastici in anni (media ± deviazione standard); * CSA Ac (model 7164) conosciuto anche come MTI Ac o Actigraph Ac.

Infine, gli *accelerometri* e i *podometri* sono strumenti oggettivi affidabili e validi di misurazione dell'attività fisica in età evolutiva (tabella 2).

Il loro utilizzo in associazione con gli strumenti soggettivi rappresenta un approccio metodologico interessante per una valutazione ottimale dei livelli di attività fisica.

Accelerometri

L'accelerometro è uno strumento che, mediante un trasduttore piezoelettrico – capace, cioè, di piegarsi sotto l'effetto di una forza applicata in una certa direzione – misura l'accelerazione di un determinato segmento corporeo.

Durante un movimento, infatti, il segmento corporeo è sottoposto ad accelerazioni e decelerazioni che determinano un piegamento del trasduttore; quest'ultimo genera una differenza di potenziale teoricamente proporzionale alla forza esercitata su di esso e, quindi, all'energia spesa (Montoye et al. 1996; Melanson, Freedson, 1996; Westertep 1999; Oppert 2006).

Attraverso sistemi computerizzati, previo inserimento di dati riguardanti l'età, il sesso, la statura e il peso del soggetto, è possibile, quindi, risalire – dall'intensità e dalla frequenza della corrente prodotta – al consumo energetico delle attività effettuate. In alternativa, lo strumento può essere utilizzato come semplice contatore dei movimenti del distretto corporeo cui è applicato (solitamente il fianco, il polso o la caviglia), (Mezzani, Giannuzzi 2000). Esso permette, altresì, di definire i profili comportamentali individuali relativi all'attività fisica, dal momento che misura la quantità totale e l'intensità di essa (Freedson, Miller 2000; Eslinger et al. 2005; Oppert 2006).

Gli accelerometri *uniassiali* (come il *Caltrac* o il *CSA Accelerometer*) rilevano movimenti effettuati secondo l'asse verticale, sono di piccole dimensioni, relativamente leggeri e adatti per le popolazioni infantili (Bar-Or et al. 1994; Trost et al. 2002; Hands et al. 2006). Gli accelerometri *triassiali* (come il *Tritrac-R3D*), ovvero sensibili ai movimenti effettuati su tutti e tre i piani dello spazio, sono relativamente grandi e pesanti (PCPFS 2004; Hands et al. 2006); tuttavia, essi sembrano particolarmente promettenti in termini di accuratezza di valutazione del dispendio energetico globale (Mezzani, Giannuzzi 2000).

La metodica è valida e ripetibile (almeno in condizioni di laboratorio), anche se il suo costo rimane ancora piuttosto elevato per applicazioni su larga scala (Mezzani, Giannuzzi 2000; Hands et al. 2006). Inoltre, l'affidabilità dei dati raccolti dipende dal suo posizionamento sul corpo; in particolare, i bambini possono incontrare difficoltà nell'applicare correttamente tale strumento su di sé (Welk 2002), influenzandone, di conseguenza, l'affidabilità e la validità.

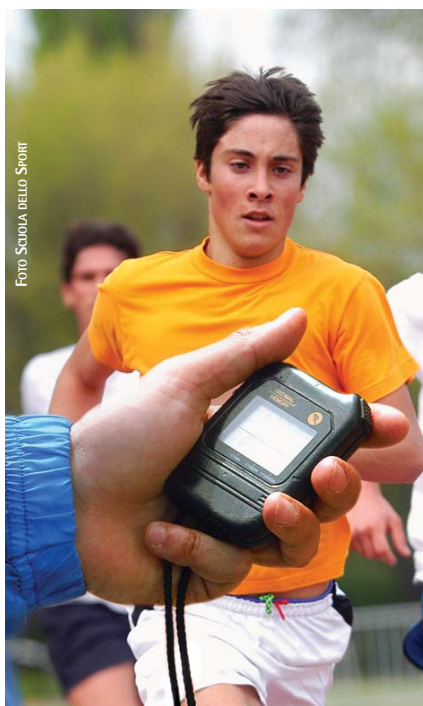


FOTO: SCUOLA BELLO SPORT

Podometri

Il podometro è uno strumento di piccole dimensioni in grado di contare il numero di passi compiuti da un individuo (Montoye et al. 1996; Freedson e Miller, 2000; Oppert 2006). I movimenti effettuati lungo l'asse verticale determinano, infatti, lo spostamento dall'alto verso il basso di una leva – contenuta all'interno dello strumento – la quale giunge a contatto con un dispositivo elettronico, permettendo di risalire, così, al numero totale di passi compiuti (Welk et al. 2000a; Oppert 2006).

Solitamente applicato alla cintura o alla caviglia, il podometro è uno strumento poco costoso e di semplice utilizzo anche per lunghi periodi (Welk et al. 2000; Tudor-Locke, Myers 2001). Alcuni modelli recenti, oltre a contare i passi effettuati dal soggetto durante il cammino o la corsa, offrono informazioni supplementari. Digitando, infatti, dati relativi alla lunghezza del passo alla statura, al peso, al sesso e all'età dell'individuo, è possibile risalire – dal numero di passi compiuti – alla distanza percorsa e alla spesa energetica (Tudor-Locke, Myers, 2001). Tuttavia, il podometro non permette di valutare l'intensità del movimento e le attività eseguite da fermo o con scarsa componente verticale, quali il ciclismo o il nuoto (McCormack, Giles-Corti 2002; PCPFS 2004; Ozdoba et al. 2004; Hands et al. 2006). Nonostante questi limiti, tale metodica – ideale per applicazioni su larga scala – risulta relativamente accurata (Le Masurier, Tudor-Locke 2003; Schneider et al. 2003) e valida (Bassett et al. 1996; Crouter et al. 2003); essa rappresenta anche uno strumento di pratico utilizzo adatto per la valutazione dell'attività fisica di bambini e adolescenti (Vincent, Pangrazi 2002; Wilde et al. 2004).

Conclusioni

Il tema della valutazione dei livelli di attività fisica in modo particolare per l'età evolutiva, costituisce un ambito di ricerca e di applicazione di notevole interesse teorico-pratico perché indica il passaggio da un approccio pluridisciplinare alle scienze delle attività motorie e sportive ad un approccio interdisciplinare. Se, in prima battuta, potrebbe sembrare una necessità prevalente dell'ambito biomedico (ad es. in pediatria per l'attuazione della terapia nei confronti dell'obesità o nell'attività fisica adattata ai cardiopatici, ecc.), in realtà è un tema di raccordo scientifico e metodologico tra più ambiti, al fine di attuare un'azione preventiva attraverso le attività motorie e non va confusa con l'analisi dei livelli di efficienza/sviluppo motorio condizionale e coordinativo (indicanti presumibili livelli di pratica o sedentarietà).

Lo studio sulla valutazione dei livelli di attività fisica e, parallelamente, delle metodologie, infatti, riunisce in un rapporto dialettico, saperi afferenti all'ambito biomedico, metodologico, psicopedagogico; costituisce una problematica di snodo tra i settori scientifici, è uno dei temi di dialogo interdisciplinare che riafferma l'interdipendenza tra i settori scientifici che si occupano del movimento umano. Non solo, la valutazione e l'analisi dei livelli di attività fisica permette, in una cornice più ampia, di dare contenuto alla funzione preventiva delle attività fisiche e di concretizzare, attraverso linee guida scientifiche e metodologiche corrette e condivise sia il ruolo delle attività fisiche e sportive per la prevenzione delle malattie ed il miglioramento della qualità della vita sia il ruolo delle attività fisiche come "farmaco", cioè come terapia per obiettivi personalizzati.

Negli ultimi decenni si è registrato un crescente interesse, a livello mondiale, per il tema della salute e per la prevenzione da promuovere ed attuare attraverso modalità differenti da parte di tutte le agenzie formative. La salute dei bambini e degli adolescenti oggi, infatti, è significativamente influenzata da numerosi fattori, sociali, economici, culturali: informazione, educazione, abitudini alimentari, spazi e condizioni che favoriscono o limitano la pratica delle attività fisiche, incidono notevolmente sulla salute e la qualità della vita.

Le evidenze scientifiche ormai da tempo sono concordi nel ritenere che l'esercizio fisico costituisca un'attività determinante per il mantenimento di un corretto equilibrio psico-fisico dell'individuo, in grado di migliorare in modo significativo la qualità della vita e di attuare un'efficace attività di prevenzione di numerose patologie tipiche della società contemporanea. L'analisi dei bisogni e dello stile di vita dei bambini e dei giovani, ha evidenziato, infatti, il ruolo pre-



RACETIME2 KIT
LIGHT RADIO



PRENDI IL TEMPO AL VOLO!

Il Kit Racetime2 light radio permette una valutazione semplice e immediata delle performance degli atleti. Testato in allenamento e in gara da squadre sportive di altissimo livello, richiede solo pochi minuti di installazione. Grazie alle fotocellule Polifemo Radio, con l'acceleratore integrato, è possibile effettuare i test tipici del mondo sportivo professionistico, quali test navetta, di velocità e di rapidità. Il Kit Racetime2 è inoltre pratico e leggero da trasportare, perfetto per seguire ogni spostamento delle migliori squadre di Calcio. Disponibile a partire da Euro 1.200,00 più iva.

MICROGATE
TIMING AND SPORT

ventivo e formativo delle attività fisiche e sportive ed il contributo fondamentale al "ben essere" individuale, inteso non solo sotto l'aspetto della tutela dell'integrità e della salute fisica ma anche sotto l'aspetto psicologico e socioaffettivo.

La prevenzione attraverso le attività motorie e sportive è necessario però che sia corretta. Molto spesso la consapevolezza da parte di genitori ed insegnanti dell'importanza delle attività motorie coincide con la scelta delle attività stesse (quale attività o sport svolgere durante l'età evolutiva) ma ciò può considerarsi solo una tappa che richiede, contestualmente, anche la valutazione di alcuni parametri relativi all'esecuzione motoria (cioè, come attuarla): la quantità e la durata di attività necessaria, l'intensità, la difficoltà esecutiva, la frequenza settimanale e mensile. La valutazione e l'adattamento personalizzato di tali parametri, riferiti ad un'attività motoria, infatti, sono necessari a garantire livelli essenziali di efficienza funzionale dei sistemi e degli apparati dell'organismo e per l'apprendimento e lo sviluppo delle capacità motorie.

Un obiettivo perseguibile attraverso l'analisi dei livelli di attività fisica riguarda, poi, l'educazione del giovane alla consapevolezza della propria condizione fisica e della propria salute e del ruolo che occupano le attività motorie e sportive nel proprio, personale, quadro di valori. Ulteriore interesse scientifico-metodologico, infine, assume lo studio degli effetti dei differenti livelli di attività fisica (blando - moderato - intenso) sullo sviluppo socioaffettivo e delle metodologie più efficaci secondo bisogni individuali e contesti socio-culturali.

La bibliografia dell'articolo può essere consultata e scaricata da www.calzetti-mariucci.it

Gli autori:

Dario Colella, Docente di Teoria e metodologia del movimento umano e di Teoria tecnica e didattica delle attività motorie per l'età evolutiva, Corso di Laurea in Scienze delle Attività motorie e sportive, Facoltà di Medicina e Chirurgia, Università degli Studi di Foggia
e-mail: d.colella@unifg.it

Milena Morano, Assegnista di ricerca in Metodi e didattiche delle attività motorie presso l'Università degli Studi di Foggia, Facoltà di Medicina e Chirurgia, Corso di Laurea in Scienze delle Attività motorie e sportive
e-mail: m.morano@unifg.it

Laura Bortoli, Docente di Teoria e Tecnica dell'Attività motoria adattata presso la Facoltà di Scienze dell'educazione motoria di Chieti; docente di Psicologia sociale, Corso di Laurea in Scienze delle Attività motorie e sportive, Facoltà di Medicina e Chirurgia, Università degli Studi di Foggia
e-mail: laura.bortoli@tin.it

Gian Nicola Bisciotti, *Cattedra di Riabilitazione funzionale dello sportivo, Facoltà di Scienze dello sport, Università Claude Bernard, Lione, Preparatore atletico FC Internazionale, Milano*

La sindrome femoro-rotulea

Eziopatogenesi, clinica, diagnosi, trattamento conservativo, riabilitazione e ritorno all'attività sportiva



FOTO CALZETTI E MARIUCCI EDITORI

La sindrome femoro rotulea è una patologia relativamente frequente nell'ambito sportivo. La sua eziopatogenesi è essenzialmente riconducibile ad un malallineamento dell'articolazione del ginocchio, oppure ad una displasia a carico della rotula e/o della troclea femorale. La gonalgia anteriore che accompagna questa patologia, può rivelarsi

altamente limitante nei confronti della pratica sportiva. In particolare, alcune discipline sportive, che prevedano dei piegamenti degli arti inferiori di una certa entità, come ad esempio la danza oppure il sollevamento pesi, possono contribuire, atleti che posseggano una predisposizione di tipo anatomico-funzionale, all'insorgenza della patologia.

Introduzione

La sindrome femoro-rotulea è costituita da un insieme di alterazioni morfofunzionali che determinano l'insorgenza di una gonalgia anteriore.

Da un punto di vista eziopatologico, le alterazioni che si possono ritrovare alla base della sindrome femoro-rotulea, sono essenzialmente riconducibili ad un malallineamento, oppure ad una displasia della rotula e/o della troclea femorale.

Occorre comunque ricordare che le alterazioni funzionali delle strutture anatomiche sovra e sottostanti, come ad esempio le variazioni assiali o rotazionali dell'arto inferiore, oppure le alterazioni morfo-funzionali del piede, possono influire negativamente sulla meccanica dell'articolazione femoro-rotulea.

Da un punto di vista anatomico, la rotula è un osso sesamoide, di forma grossolanamente triangolare, posta internamente al tendine del muscolo quadricipite.

Meccanicamente la rotula, articolandosi con il solco trocleare del femore, costituisce il fulcro di tutto il meccanismo estensorio dell'arto inferiore. La rotula si trova a contatto

con il femore a partire dai 15°-20° di flessione e sino alla flessione articolare completa (Insall et al. 1983). Sia le superfici articolari della rotula stessa, che quelle del solco trocleare, sono rivestite da una cartilagine articolare spessa mediamente dai 4 ai 6 mm. I normali meccanismi di scorrimento dell'articolazione femoro-rotulea vengono controllati da fattori statici, ossia non contrattili e dinamici, ossia contrattili. I fattori statici sono costituiti dalle dimensioni della rotula, dei condili femorali e dalle loro dimensioni, dalla forma e dall'angolo del solco trocleare e dall'allineamento dell'arto inferiore. I principali stabilizzatori meccanici della rotula sono il *muscolo vasto laterale* (VL) ed il *vasto mediale obliquo* (VMO), porzione terminale del vasto mediale che si inserisce con un angolo di circa 55° sul bordo mediale della rotula (Brownstein e coll. 1985). Inoltre, il tratto ileo tibiale ed il capo corto del bicipite femorale, per la loro azione di controllo sulla rotazione tibiale, possono essere, a tutti gli effetti, considerati anch'essi degli stabilizzatori dinamici che concorrono al controllo dell'angolo Q (Kettelkamp 1981). Nell'ambito della sindrome femoro-rotulea, la biomeccanica articolare riveste

un ruolo fondamentale. Infatti, un'anormalità di forma e/o di posizione della rotula stessa, ha una ricaduta diretta sulla sua funzionalità, determinandone un alterato scorrimento nel solco trocleare. Un cattivo scorrimento rotuleo può portare ad un'alterazione cartilaginea comunemente riferita come *condrosi* od *artrosi*, la cui eziologia è da ricondursi all'azione di forze compressive non adeguatamente ripartite sull'intera superficie dell'articolazione femoro-rotulea stessa. Un aumento dell'ampiezza dei movimenti in flessione del ginocchio, come richiesto da molte attività ludico-sportive, aumentando l'entità delle forze di compressione a livello femoro-rotuleo, può causare un'alterazione della superficie articolare, riscontrabile anche in individui giovani. Già dal 1964, Outerbridge aveva classificato le lesioni della cartilagine articolare secondo tre diversi gradi:

I° grado: rammollimento e rigonfiamento minore di 1/2 pollice (1,27 cm);

II° grado: frammentazione e fissurazione maggiore di 1/2 pollice;

III° grado: erosione della cartilagine in direzione dell'osso subcondrale.

Riquadro di approfondimento

Viene definito angolo Q, l'angolo formato dall'intersezione di due linee: la prima congiunge la spina iliaca antero superiore ed il centro della rotula, ossia la linea che rappresenterebbe il vettore di forza del quadricipite femorale, e la seconda che va dal centro della rotula alla tuberosità tibiale anteriore e che rappresenta l'asse anatomico della rotula.

L'angolo Q differisce leggermente nei due sessi, essendo normalmente compreso tra 10 e 12° nell'uomo e tra 15 e 18° nella donna (Insall et al. 1976).

Un aumento dell'angolo Q può dipendere da diversi fattori di ordine anatomico come:

- Un aumento dell'antiversione femorale¹
- Un aumento della torsione esterna della tibia
- Una lateralizzazione della tuberosità tibiale anteriore.

Un aumento dell'angolo Q comporterebbe un aumento del valgismo del ginocchio che sarebbe a sua volta responsabile di uno spostamento laterale della rotula. È importante ricordare che aumentando o diminuendo il valore teorico ideale dell'angolo Q, l'area di contatto della rotula, all'interno del solco trocleare, rimane sostanzialmente la stessa. Il problema però consiste nel fatto che la modificazione dell'an-

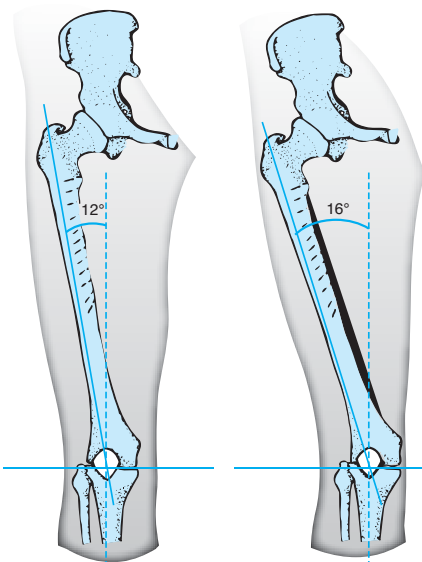


Figura 1 – La misurazione dell'angolo Q permette di valutare l'allineamento dell'apparato estensore dell'arto inferiore. Nelle ginocchia malallineate il suo valore aumenta o diminuisce rispetto ai valori normali, che peraltro, differiscono leggermente nei due sessi. Inoltre, come è facilmente arguibile dalla figura, un aumentato valgismo del ginocchio comporta un aumento dell'angolo Q stesso.

golo Q, comporta un anomalo modello di carico a livello della cartilagine articolare. Occorre poi ricordare il concetto di "angolo Q statico" ed "angolo Q dinamico", in questo caso un VMO ipotonico può, di fatto, trasformare un angolo Q statico che rientri nell'ambito dei valori normali, in un angolo Q dinamico predisponente alla patologia femoro-rotulea (Huberti, Hayes 1984). La diminuzione dell'angolo Q, non provoca invece la possibile lussazione mediale della rotula, ma è responsabile dell'aumento delle forze di compressione sul compartimento mediale tibio-femorale, attraverso un incremento dell'orientamento in varo dell'articolazione del ginocchio (Mizuno 2001) e conseguente progressivo danno del compartimento articolare mediale. Occorre poi ricordare come la cartilagine articolare, in senso generale, ritrovi più facilmente la sua forma originale dopo sforzi intensi, ma temporalmente limitati. Al contrario, dopo sforzi di minor intensità, ma prolungati nel tempo, come ad esempio nel caso di sport di *endurance* o di grande *endurance*, la cartilagine mostra una marcata sofferenza meccanica (Ferret 2006). Per questa ragione è fortemente consigliabile impostare un programma conservativo su più sedute giornaliere di breve durata, piuttosto che su di una sola seduta molto lunga.

Anche l'instabilità rotulea può essere classificata secondo tre diversi gradi:

I° grado – *lateralizzazione rotulea*: a causa dell'aumento dell'angolo Q, durante la contrazione della muscolatura estensoria, si verrà a creare una piccola area di contatto tra la superficie articolare rotulea e quella trocleare. La conseguenza di questa situazione sarà l'insorgenza di una sindrome da iperpressione laterale.

II° grado – *accentuata inclinazione della rotula o sublussazione rotulea*: nel caso di eccessiva inclinazione rotulea si verifica un ispessimento ed una retrazione del retinacolo laterale associato ad un ispessimento capsulare. Questa situazione determina, nel corso della flessione del ginocchio, un'inclinazione rotulea che esita in un'iperpressione laterale. In casi più gravi invece si assiste ad una vera e propria sublussazione laterale della rotula, generalmente provocata da una brusca contrazione del quadricipite a ginocchio esteso. Sublussazioni recidivanti causano, nel lungo periodo, una seria sofferenza della cartilagine rotulea e trocleare.

III° grado – *lussazione della rotula*: condizione grave che conduce ad una seria e progressiva sofferenza della cartilagine articolare.

Clinica e diagnosi

La sindrome femoro-rotulea, di cui si riscontra una maggior incidenza nella popolazione femminile rispetto a quella maschile, è caratterizzata da dolore costante nella parte anteriore dell'articolazione del ginocchio. Talvolta si può verificare un pseudo-blocco articolare di natura antalgica. L'ampiezza di movimento risulta comunque, nella maggior parte ridotta, e a ciò si associa un'importante ipotono-trofia del muscolo quadricipite. Nel processo di cronicizzazione possono essere coinvolte le strutture molli articolari come il tendine rotuleo, la borsa sovrapatellare, prepatellare ed anserina, il cuscinetto adiposo infrarotuleo, i retinacoli mediale e laterale, le pliche mediale, laterale e superiore, il nervo safeno a livello del tubercolo degli adduttori od al tendine della zampa d'oca (Roels et al. 1978; Patel 1986). Spesso il gonfiore è localizzato nell'area del recesso sovrarotuleo ed è dovuto ad infiammazione del tessuto sinoviale, della borsa sovrarotulea e del cuscinetto adiposo sovrarotuleo. Frequentemente si verificano episodi di cedimento, essenzialmente imputabili a inibizione muscolare secondaria a dolore e/o edema articolare (Brownstein et al., 1985; Kennedy et al. 1982). Durante alcune attività, come ad esempio il salire o lo scendere le scale, il paziente può percepire una sensazione di scroscio e crepitio, non sempre associata a



Figura 2 – Il test di apprensione si effettua con il ginocchio posizionato a 0° di flessione, l'esaminatore deve bloccare lateralmente la rotula con la mano. Nel momento in cui si richieda al soggetto di flettere il ginocchio, la rotula tendendo a sublussarsi, provoca dolore. Un'altra modalità per effettuare il test di apprensione, consiste nel posizionare il ginocchio del paziente a circa 30° di flessione, bloccare lateralmente la rotula con la mano e richiedere l'estensione della gamba. Nei pazienti con grave instabilità questo tipo di manovra provoca, appunto, apprensione, il soggetto infatti, in caso di test positivo, spesso afferra la mano dell'esaminatore, oppure ritrae la gamba.

sintomatologia dolorosa. Generalmente camminare in salita provoca meno dolore di quanto non si provi camminando in discesa. Questo è dovuto al fatto che il ginocchio sotto carico in salita, raggiunge un'angolazione pari a circa 50°, mentre in discesa l'angolo di flessione raggiunge circa gli 80°. Tipico è il cosiddetto "segno del cinema", ossia la sintomatologia dolorosa che il paziente percepisce nella parte anteriore dell'articolazione del ginocchio, dopo aver mantenuto quest'ultimo in posizione flessa per un tempo piuttosto prolungato. All'esame clinico si evoca dolore richiedendo una

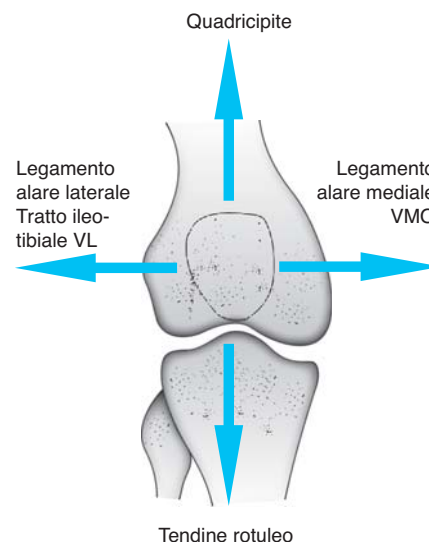


Figura 3 – Gli stabilizzatori attivi e passivi a livello rotuleo.

contrazione isometrica, contro resistenza, in un *range* compreso tra 0 e 20° di flessione. Inoltre, nell'ambito di un'instabilità di II° grado, il test di apprensione risulta positivo. La radiografia convenzionale, effettuata in diversi angoli di flessione del ginocchio e soprattutto la RM, confermano la diagnosi clinica.

Il trattamento conservativo

Nella fase acuta il trattamento conservativo deve essere essenzialmente rivolto alla diminuzione del dolore ed alla ripresa di una normale funzionalità articolare. Crioterapia, TENS e laser costituiscono le terapie strumentali maggiormente adatte a questo scopo. Parallelamente può essere iniziato un programma di rinforzo selettivo, tramite ES (elettrostimolazione) del vasto mediale obliquo (VMO), muscolo che si rivela essenziale nel controllo dell'allineamento rotuleo (Grabiner et al. 1986; Williams et al. 1986). L'atleta deve, ovviamente, interrompere tutte quelle attività che scatenano la sintomatologia dolorosa. L'utilizzo di un taping e/o di un tutore medializzante, può essere di grande aiuto nella riduzione del dolore. Una volta risolta la fase acuta, la seconda parte del trattamento deve essere basata sul rinforzo selettivo del VMO e sulla detensione del vasto laterale (VL) e degli ischiocrurali. Durante le esercitazioni per la muscolatura estensoria effettuate in CKC (*Closed Kinetic Chain*, catena cinetica chiusa), occorre limitare la flessione articolare per evitare di provocare un'eccessiva pressione sull'articolazione femoro-rotulea.

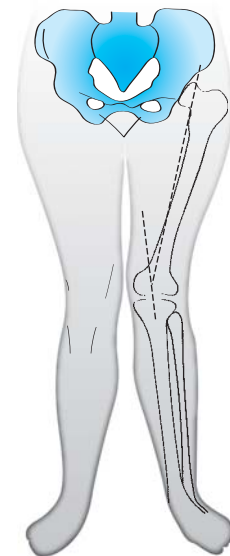


Figura 6 – Numerose anomalie anatomiche, come l'iperpronazione del piede, il valgismo del ginocchio, un'anomala rotazione tibiale, oppure un'antiversione femorale, determinando un aumento dell'angolo Q, possono essere all'origine della sindrome dolorosa femoro-rotulea.



IL GINOCCHIO

Biomeccanica, traumatologia, riabilitazione

Partendo da un'accurata descrizione anatomica del ginocchio affrontata, come nello stile abituale dell'autore, con un approccio di tipo scientifico-divulgativo, Bisciotti illustra l'eziologia delle più comuni patologie legate all'articolazione del ginocchio e, soprattutto, illustra i diversi protocolli riabilitativi. I sempre più frequenti traumi da gioco a carico del ginocchio e la sempre più perfezionata possibilità di intervento su ogni tipo di conseguente lesione, rendono questo manuale non solo utile ma fondamentale per i preparatori atletici, gli allenatori ed i gli stessi giocatori, che vogliono conoscere le tecniche di intervento riabilitativo più moderne ed efficaci.

- La biomeccanica del ginocchio
- Le lesioni acute del ginocchio
- Le lesioni da sovraccarico
- L'anatomia di superficie dell'articolazione del ginocchio
- Il concetto del puzzle
- La validazione di una nuova batteria di test per la quantificazione dello squilibrio muscolare: il Tesys Globus Evaluation System
- Il salto come metodo diagnostico nell'ambito della riabilitazione funzionale
- L'analisi elettromiografica nella ricostruzione del legamento crociato anteriore: un nuovo possibile metodo diagnostico di controllo e prevenzione
- Aumento della resistenza contrattile e cambiamento della tipologia muscolare nella ricostruzione del legamento crociato anteriore
- L'imaging

Per informazioni e ordini:

tel. 075 5997310 • fax 075 5990491
www.calzetti-mariucci.it
sport@calzetti-mariucci.it

Riquadro di approfondimento: Cosa sono il tilt ed il glide rotulei

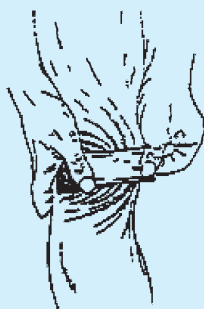


Figura 4 – Esempio di un taping correttivo di tilt rotuleo laterale. Il bendaggio parte dal centro della rotula e deve arrivare, dopo aver sollevato la cute dal lato mediale verso la rotula stessa, al condilo femorale mediale, determinando in tal modo un sollevamento del margine laterale della rotula che la renda, sul piano frontale, maggiormente parallela al femore. Il taping può essere eseguito con il ginocchio in completa estensione o leggermente flessa a 20°.

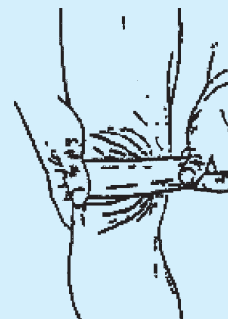


Figura 5 – Taping di correzione di un glide laterale. Un eccessivo scivolamento laterale della rotula, può essere corretto mediante l'applicazione di una benda inestensibile sul margine rotuleo laterale, che venga poi tensionata con forza, e fissata immediatamente dietro il condilo femorale mediale. Anche in questo caso il taping può essere effettuato a ginocchio esteso oppure flessa a 20°.

Il *tilt rotuleo* rappresenta una misura di natura radiologica, che si effettua avvalendosi di una TC. In pratica, rappresenta l'angolo formato dalla rotula con il piano posteriore dei due condili femorali. La misurazione del tilt rotuleo può riflettere un disequilibrio muscolare sul piano orizzontale, dovuto precipuamente ad una displasia a carico sia del quadricipite femorale, che della troclea. La misurazione deve essere effettuata sia richiedendo una contrazione del quadricipite, che a muscolatura decontratta, con l'articolazione del ginocchio estesa. Fisiologicamente l'angolo deve essere compreso in un range che va dai 10° ai 20°; al di là di questo valore è da considerarsi patologico. Palpatariamente è possibile effettuare invece il cosiddetto "test del tilt rotuleo". Il test viene eseguito dall'operatore con il pollice e l'indice, effettuando una palpazione dei margini mediali e laterali della rotula. In caso di test positivo, ossia in presenza di tilt rotuleo, il margine mediale della rotula si trova più in alto rispetto al laterale. In questo caso è possibile effettuare un *taping* che riduca l'inclinazione rotulea, orizzontalizzando la rotula stessa. Il test deve essere eseguito con l'articolazione del ginocchio completamente estesa ed il quadricipite rilassato; è inoltre essenziale effettuare un test comparativo sull'arto controlaterale. Questo tipo di test si rivela molto sensibile nell'ambito della valutazione del malallineamento rotuleo, tuttavia, occorre sottolineare che un'alterata inclinazione rotulea non necessariamente è sintomatica e può pertanto essere rilevata anche in pazienti asintomatici che non presentino instabilità del ginocchio, oppure che lamentino dolore secondario ad altri tipi di patologia.

Il *glide rotuleo*, rappresenta invece lo scivolamento della rotula nelle quattro direzioni (mediale-laterale-superiore-inferiore). Il test del *glide* rotuleo si rivela essenziale al fine di verificare la presenza di rigidità, od al contrario, di un'eccessiva mobilità della rotula. Per poter quantificare lo scorrimento rotuleo è necessario effettuare la misurazione della distanza tra il punto medio del polo rotuleo e gli epicondili femorali mediale e laterale. Queste due distanze, in condizioni di perfetta fisiologia articolare, dovrebbero essere sovrapponibili, la tolleranza massima dovrebbe pertanto aggirarsi in + 5 mm. Un eccessivo *glide* laterale si traduce infatti in una drastica riduzione della tensione medializzante esercitata dal VMO sulla rotula stessa.

Il test può essere eseguito sia con l'articolazione del ginocchio flessa a 30°, che con il ginocchio in estensione, in entrambi i casi il quadricipite deve essere completamente rilassato. L'operatore deve medializzare e successivamente lateralizzare la rotula, utilizzando il pollice e l'indice, allo scopo di rilevare una possibile alterazione dell'elasticità tissutale. Per poter meglio quantificare lo spostamento osservabile nel corso del test, la rotula può essere teoricamente suddivisa in quadranti longitudinali. Il *glide* mediale di un solo quadrante, è indice di una rigidità del legamento alare laterale, ed è solitamente associato ad un test del tilt rotuleo ad angolo negativo.

Un *glide* laterale di tre quadranti è suggestivo di un'insufficienza del retinacolo mediale, mentre una scivolamento di quattro quadranti, è un inequivocabile indicatore di grave deficit del legamento alare mediale, e quindi di rotula lussabile.

È sempre necessario valutare il *glide* rotuleo anche in modalità dinamica, richiedendo al paziente delle contrazioni sia eccentriche, che concentriche, della muscolatura estensoria, sia in *OKC* (*Open Kinetic Chain*, catena cinetica aperta) sia in *CKC*; in tal modo è possibile verificare l'effetto della contrazione sul posizionamento rotuleo. Come nel caso del test del tilt rotuleo, è sempre necessario eseguire un confronto con l'arto controlaterale. Anche in caso di eccessivo *glide* laterale esistono dei *taping* di medializzazione rotulea, che talvolta si presentano come risolutivi, o comunque di grande beneficio, nella riduzione della sintomatologia dolorosa del paziente.



Riquadro di approfondimento: La condropatia rotulea dell'adolescente

La condropatia rotulea è, purtroppo, una problematica abbastanza ricorrente nel periodo dell'adolescenza, tuttavia, fortunatamente, il suo trattamento non è mai di tipo aggressivo. L'esame clinico deve in primo luogo accertare che la sintomatologia algica lamentata, non sia piuttosto da attribuirsi ad una gonalgia secondaria ad una patologia dell'articolazione dell'anca ed, in particolare, ad un'epifisiolisi femorale superiore². Altre diagnosi differenziali possono essere costituite da lesioni meniscali, da menisco discoide esterno, da borsite sottorotulea, da una patologia a carico del corpo adiposo infrapatellare (malattia di Hoffa-Kastert), oppure, più semplicemente da sovraccarico funzionale a livello capsulo-legamentoso. Inoltre, occorre tenere presente che spesso la sindrome della plica mediopatellare, può facilmente essere confusa con una condropatia rotulea.

Una condizione predisponente alla sindrome da iperpressione esterna nell'adolescente, è costituita dalla "sindrome della doppia rotazione". La sindrome della doppia rotazione è costituita dall'associazione di un'iper-antiversione femorale e di un'eccessiva extrarotazione tibiale. Questa particolare situazione anatomica, determina l'instaurarsi di un "falso ginocchio varo", con uno strabismo convergente delle rotule, che si evidenzia quando il soggetto è in ortostasi a piedi uniti. L'asse meccanico dell'arto inferiore, e l'allineamento del ginocchio, si normalizzano nel momento in cui i piedi divergono, oppure quando il soggetto si pone sulla punta dei piedi. In questo caso, è appunto indicato adottare un rialzo calcaneare. In ogni caso, tutte le perturbazioni di una normale rotazione degli arti inferiori, favoriscono l'instabilità rotulea. A questo proposito dobbiamo ricordare come alcune attività sportive, come la danza classica, associno, pericolosamente, al sovraccarico funzionale un'eccessiva extra-rotazione tibiale (tipico è l'esempio del movimento del "en-dehors"), e conducano, nel caso di una pratica assidua, i giovani praticanti verso delle condropatie rotulee.

La condropatia rotulea è stata sempre considerata come il primo stadio di una degenerazione artrosica a carico dell'articolazione del ginocchio. Tuttavia, è importante sottolineare, che questo tipo di patologia non evolve ineluttabilmente e rapidamente verso una franca artrosi femoro-rotulea. Infatti, nell'adolescente, i danni cartilaginei

possono essere abbastanza contenuti e, in assenza di predisposizioni di tipo anatomico, la sintomatologia può stabilizzarsi ad un grado tale da non impedire una normale funzionalità, se non, addirittura, sparire. Le prime alterazioni sintomatiche della rotula, sono infatti di tipo focale, e in assenza di disequilibri rotulei di una certa gravità, alcuni Autori (Rombouts 1998), ipotizzano che queste irregolarità precoci possano sparire grazie ad una sorta di "rodaggio rotuleo". Negli individui molto giovani, nei quali la rotula ha ancora delle possibilità di crescita, si potrebbe anche sperare in un processo di rimodellamento spontaneo delle superfici articolari rotulee e femorali. Per tutti questi motivi quindi, il trattamento elettivo da intraprendersi inizialmente è, senza dubbio, quello conservativo. Si tratta soprattutto di ridurre le sollecitazioni mantenendo comunque un'attività articolare. Il cosiddetto "risparmio rotuleo" si attua in primo luogo riducendo ed adattando l'attività sportiva sino ad allora praticata dal soggetto. Nei pazienti che presentino un'eccessiva rotazione tibiale, associata a valgismo del piede, è fortemente consigliabile l'adozione di un'ortesi plantare correttiva. Inoltre, in caso di forte instabilità rotulea, che comporti il rischio di sublussazioni o lussazioni recidivanti, è opportuno adottare una ginocchiera stabilizzante. Dal momento che il trofismo del tessuto cartilagineo dipende da un'ottimale circolazione del liquido sinoviale l'immobilizzazione è assolutamente sconsigliabile. È comunque confortante il fatto che, nell'adolescente, la gran parte delle condropatie rotulee, risponda positivamente al trattamento conservativo. Oltre a questo, occorre ricordare che i risultati ottenibili attraverso un trattamento di tipo chirurgico, si dimostrano decisamente poco regolari. Inoltre, nel periodo dell'adolescenza le tecniche chirurgiche adottabili sono, di prassi, solamente quelle a carico dei tessuti molli, essendo fortemente sconsigliabili, prima della fine del periodo di accrescimento, tutte le tecniche chirurgiche che prevedano la trasposizione della tuberosità tibiale.

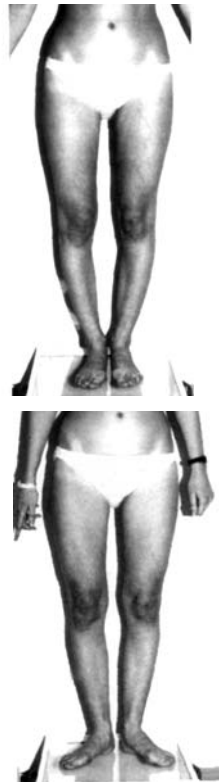


Figura 7 – Falso varismo del ginocchio dovuto alla "sindrome della doppia rotazione" (in alto). La situazione si normalizza nel momento in cui il soggetto diverge le punte dei piedi (in basso).

Riabilitazione e ritorno dell'attività sportiva

La sindrome femoro-rotulea è purtroppo molto spesso di difficile gestione con il trattamento di tipo conservativo e talvolta necessita di una procedura chirurgica di riallineamento. In ogni caso il ritorno all'attività sportiva è subordinato alla scomparsa, o comunque alla drastica riduzione, della sintomatologia dolorosa.

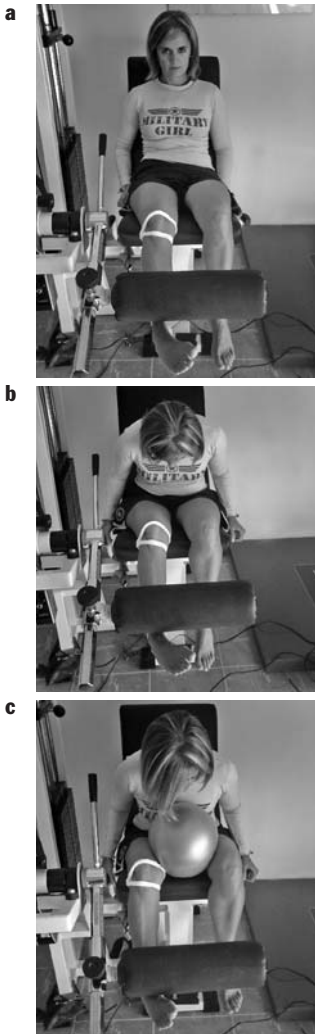


Figura 8 – Per ottenere un'attivazione selettiva del VMO occorre in primo luogo lavorare sugli ultimi gradi del leg extension (0-30°) mantenendo la punta del piede extraruotata od, ancor meglio, il piede supinato (a). Inoltre, flettendo il busto in avanti, si inibisce l'intervento del RF, focalizzando ancor di più l'azione sul VMO (b). La massima attivazione elettromiografica del VMO, si ottiene comunque effettuando contemporaneamente una contrazione isometrica della muscolatura adduttrice, ottenibile, ad esempio, stringendo tra le gambe una palla (c). La contrazione degli adduttori, infatti, inibisce l'azione del VL, massimalizzando ulteriormente l'intervento del VMO nel movimento di estensione della gamba sulla coscia.



Foto: CAZZINI & MANUCCA ENTORI

È interessante sapere che...

Gli esercizi a carico della muscolatura estensoria dell'arto inferiore, presentano una diversa incidenza per ciò che riguarda la pressione effettuata a livello dell'articolazione femoro-rotulea, in funzione del fatto che vengano eseguiti in catena cinetica chiusa oppure aperta.

In catena cinetica aperta, infatti, il momento di forza aumenta in funzione dell'estensione di pari passo alla compressione patello-femorale. In catena cinetica chiusa, al contrario, la compressione patello-femorale diminuisce in funzione dell'estensione.

Angolo di flessione del ginocchio in gradi	Compressione femoro-rotulea in MPa	Angolo di flessione del ginocchio in gradi	Compressione femoro-patellare in MPa
90	0	90	25
60	9	60	13
30	11	30	6
0	24	0	0

Compressione femoro-rotulea, espressa in MPa, durante un'esercitazione effettuata in OKC (Viel et al., 1988).

Compressione femoro-rotulea, espressa in MPa, durante un'esercitazione effettuata in CKC (Viel et al., 1988).

Per questo motivo, durante gli esercizi in CKC occorre evitare di effettuare flessioni troppo profonde. Per ciò che riguarda invece le esercitazioni in OKC, il discorso è più complesso: infatti, anche se negli ultimi gradi d'estensione l'attivazione del VMO risulta massimalizzata, è altresì importante ricordare che l'iperpressione rotulea che si registra in quest'ambito di ROM, può comportare il verificarsi di un'eccessiva forza compressiva su piccole aree di contatto (Carson et al. 1984; Grood et al. 1984). Il compromesso ideale è costituito dall'utilizzo di carichi modesti effettuati secondo una modalità di tipo resistivo, e che quindi reclutino soddisfacentemente il VMO, senza creare contestualmente eccessive forze compressive a livello articolare. In tutti casi, è sempre consigliabile un'iniziale sorta di "rodaggio rotuleo", effettuato attraverso esercizi di flessione-estensione in OKC, in un ROM compreso tra 50 e 100°, ossia in un range articolare dove la compressione femoro-rotulea sia minima, cercando di guadagnare progressivamente gradi d'estensione, sino al raggiungimento del ROM "target" per l'attivazione del VMO.



I sei punti importanti di un programma conservativo

1. Controllare il dolore e la flogosi: il dolore, l'infiammazione ed il versamento a livello articolare, costituiscono tre fattori d'aggravamento della patologia in quanto inibiscono un ottimale reclutamento del quadricipite, aggravando ulteriormente il quadro clinico. Occorre pertanto controllarli grazie all'utilizzo di FANS (farmaci antinfiammatori non steroidei), bendaggi compressivi, ghiaccio e adeguate terapie fisiche, come ad esempio la magnetoterapia e la ionoforesi. È inoltre necessario ridurre il sovraccarico funzionale al quale viene sottoposta l'articolazione del ginocchio, diminuendo o, se necessario, sospendendo l'attività sportiva.
2. Effettuare un piano di lavoro specifico per il rinforzamento del quadricipite femorale, sia attraverso esercizi isometrici che isotonici. Soprattutto, è fondamentale rinforzare selettivamente il VMO. Se si eseguono esercizi in catena cinetica chiusa, come ad esempio lo *squat*, è importante evitare l'eccessiva flessione del ginocchio.
3. Lo *stretching*: è molto importante cercare di allungare sia i muscoli del polpaccio, dal momento che una loro retrazione comporta una pronazione compensatoria del piede che, a sua volta causa un aumento dell'intrarotazione tibiale con conseguente ipersollecitazione rotulea, sia gli ischio-crurali, il tenso-

re della fascia lata, la benderella ileo-tibiale ed il quadricipite.

4. Migliorare lo scorrimento rotuleo: lo scorrimento della rotula si può migliorare tramite una sua mobilizzazione mediale passiva, allo scopo di detendere una struttura stabilizzatrice denominata retinacolo laterale. Alcuni Autori suggeriscono anche il *taping* rotuleo al fine di riottenere un ottimale riallineamento rotuleo e facilitarne lo scorrimento.
5. Si deve correggere un'eventuale iperpronazione che, come detto precedentemente, può essere la causa dell'insorgenza della patologia rotulea. In questo caso occorre valutare l'opportunità di intervenire tramite ortesi plantare.
6. Effettuare un lavoro di rinforzo dei muscoli extrarotatori (grande gluteo, medio gluteo, piriforme).

Note

⁽¹⁾ L'antiversione femorale è un segno clinico che compare quando la rotazione interna della diafisi femorale porta il solco femorale medialmente rispetto al tubercolo tibiale, portando il tendine rotuleo più lateralmente rispetto alla rotula e aumentando così la forza vettoriale laterale che si esercita su di essa durante la contrazione del muscolo quadricipite.

⁽²⁾ Epifisiolisi: scivolamento e separazione dell'epifisi dalla base di impianto diafisaria di un osso lungo. Ne è appunto un esempio l'epifisiolisi della testa del femore sul collo femorale per alterazione della cartilagine di accrescimento; ne consegue una deformazione dell'anca fortemente invalidante.

Bibliografia

- Brownstein B.A., Lamb R.L., Mangine R.E., Quadriceps torque and integrated electromyography, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1985, 6, 30-35.
- Carson W. G., James S. L., Larson L. R., Singer K. M., Winternitz W. W., Patellofemoral disorders: physicals and radiographic examination. Part I: Physical examination, *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1985, 178.
- Ferret J. M., Syndrome rotulien et isocinétisme, *International Association Laser Therapy*, Bergamo, 11 novembre 2006.
- Grabner M. D., Koh T. J., Andrich J. T., Decreased excitation of vastus medialis oblique and vastus lateralis in patellofemoral pain, *Eur. J. Exp. Muscolo-skel. Res.*, 1, 1992, 33-37.
- Grood E. S., Suntry W. S., Noyea F. R., Boiler D. L., Biomechanics of the knee extension exercise. Effect of cutting the anterior cruciate ligament, *J. Bone Joint Surg.*, 66, 1984, 5, 725-734.
- Huberti H. H., Hayes W. C., Patellofemoral contact pressures. The influence of Q-angle and tendofemoral contact, *J. Bone Joint Surg.* 66A, 1984, 715-724.
- Insall J. N., Aglietti P., Cerulli G., Patellar pain and incongruity, *Clin. Orthop.* 177, 1983, 176.
- Insall J. N., Falvo K. A., Wise D. W., Chondromalacia patellae: a prospective study, *J. Bone Joint Surg.* 58A, 1976, 1-6.
- Kennedy J. C., Alexander I. J., Hayes K. C., Nerve supply on the human knee and its functional importance, *Am. J. Sports Med.*, 10, 1982, 329-335.
- Kettelkamp D. E., Current concepts review: management of patellar malalignment, *J. Bone Joint Surg.*, 63, 1981, 1344-1348.
- Mizuno Y., Kumagai M., Mattessich S. M., Elias J. J., Ramrattan N., Cosgarea A. J., Chao E. Y., Q-angle influences tibiofemoral and patellofemoral kinematics, *J. Orthop. Res.*, 19, 2001, 5, 834-840.
- Outerbridge R. E., Further studies on the etiology of chondromalacia patellae, *J. Bone Joint Surg.*, 1964, 46b, 179, 190.
- Patel D., Plica as a cause of anterior knee pain, *Orthop. Clin. North Am.*, 17, 1986, 273-277.
- Roels J., Martens M., Mulier J. C., Patellar tendinitis (jumper's knee), *Am. J. Sports Med.*, 6, 1978, 362-368.
- Rombouts J. J., Traumatologie du sport, in: Thiebaud M., Sprumont P. (a cura di), *L'enfant et le sport*, Bruxelles, Ed. De Boeck Université, 1998.
- Williams R. A., Morrissey M. C., Brewster C. E., The effect of electrical stimulation on quadriceps strength and thigh circumference in meniscectomy patients, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 8, 1986, 143-153.

L'Autore è professore associato presso la Facoltà di Scienza dello Sport dell'Università Claude Bernard di Lione, titolare della cattedra di Valutazione tecnologica applicata allo sport presso la Scuola universitaria interfacoltà di Scienze motorie di Torino e preparatore atletico del F.C. Internazionale di Milano.

Indirizzo dell'Autore: G. N. Bisciotti, Via IV Novembre 46, 54027 Pontremoli

e-mail: bisciotti@libero.it

Formazione degli allenatori

Il numero di giugno 2006 di *The Sport Psychologist*, rivista trimestrale di psicologia dello sport edita dalla Human Kinetics, rivolta agli psicologi dello sport (*The Sport Psychologist* 20, 2006, 2, pagg. 126-250) si occupa interamente della formazione degli allenatori. Nove articoli del numero, la cui lettura è consigliabile a tutti coloro che lavorano nel campo della formazione degli allenatori, sono dedicati soprattutto al problema di cosa debbono essere in grado di sapere fare coloro che sono responsabili della formazione degli allenatori, se vogliono avere successo nella loro attività. Anzitutto è bene premettere come in questo campo, almeno nei Paesi di lingua inglese ai quali si riferiscono principalmente gli articoli, esistono due modi di affrontare la formazione degli allenatori: soprattutto negli Stati Uniti la formazione degli allenatori è organizzata in modo decentralizzato da privati, mentre in altri Paesi, che seguono piuttosto il modello europeo, questa responsabilità viene affidata ad una autorità centrale, generalmente una Federazione sportiva o una componente di una Federazione che spesso collabora con uno o più Istituti superiori o Università. Notevoli differenze si trovano anche per quanto riguarda i problemi posti dalla valutazione dei programmi. Nel modello americano l'obiettivo è quello di cambiare e migliorare il comportamento degli allenatori e, per questa ragione, è necessario che vi siano possibilità di osservarli per rilevare quale sia il loro comportamento e quello di coloro che stanno allenando. Se al centro si pone il comportamento, è importante chiedersi non tanto cosa un allenatore abbia appreso, quanto porsi domande del tipo: "In quale modo i metodi appresi possono essere applicati su tutti gli atleti e le atlete?" oppure: "Come influiscono sull'efficacia dell'allenatore genitori, pari, ecc.?" (pagina 138 e segg.). Per questa ragione un comportamento positivo dell'allenatore è considerato un elemento di sostegno istruttivo che stimola l'autonomia di coloro che si allenano, mentre un comportamento negativo è definito punitivo, ostile e diretto a esercitare un controllo sugli atleti, più che allo sviluppo della loro autonomia. Conoscenze, capacità e abilità degli allenatori sono tacitamente presupposte, quasi scontate.

In Nuova Zelanda, nella formazione degli allenatori di rugby – lo sport nel quale, indubbiamente ottiene più successi questo Paese che conta su una popolazione relativamente scarsa – agli allenatori si insegna che debbono considerare i loro giovani atleti come persone che stanno imparando e, quindi, debbono avere ben chiaro che per l'apprendimento le persone utilizzano diversi canali sensoriali, per cui alcune di esse apprendono soprattutto per via visiva, altri privilegiano la via uditiva, altri ancora apprendono prevalentemente per iscritto o per via cinestetica. Per questa ragione se si pensa che gli atleti – ma anche gli allenatori quando apprendono – siano tutti uguali e imparino tutti secondo le stesse modalità si raggiunge solo una parte del gruppo che si sta allenando o istruendo. Per questa ragione anche i materiali utilizzati per la formazione degli allenatori dovrebbero essere elaborati e costruiti in modo differenziato. Ciò sarebbe

Trainer's digest



decisivo nell'allenamento delle squadre di rugby, soprattutto quando si tratta dell'allenamento e dell'esercitazione di determinate fasi di gioco.

Il modello della parte francofona del Canada affronta il problema di come si possa integrare la formazione dell'allenatore in un programma "normale" di formazione universitaria per il *Bachelor of Arts* (l'equivalente della nostra laurea triennale). A tale proposito si propongono e si valutano sette moduli al cui centro troviamo i compiti dell'allenatore: presa di decisioni etiche, pianificazione dell'allenamento, analisi della prestazione, sostegno agli atleti e alle atlete durante l'allenamento, sostegno agli atleti e alle atlete durante le gare, sviluppo di un programma sportivo, gestione di un programma sportivo. L'introduzione di questi moduli non è stata semplice in quanto non sempre è facile conciliare la libertà d'insegnamento di un Istituto universitario con un programma coerente teso a insegnare competenze. Anche la valutazione di un simile programma non è senza problemi, perché il successo di un lavoro come quello dell'allenatore dipende da un serie di fattori.

Uno degli articoli più interessanti contenuti nel numero 20 di *The Sport Psychologist* è quello dei Canadesi Wertner, Trudel (Wertner P., Trudel P., *A new theoretical perspective for understanding how coaches learn to coach*, *The Sport Psychologist*, 20, 2006, 2, 198-212) che mette in evidenza come si debba comprendere la struttura mentale dell'allenatore, per il quale, frequentemente, le sue precedenti esperienze come atleta – spesso di alto livello – sono più importanti di determinati corsi di teoria che ha frequentato o dei testi di teoria che ha letto. Proprio gli allenatori più motivati sviluppano modelli di apprendimento loro propri (ad esempio dalla valutazione di una stagione) e ne ricavano un'utilità maggiore che da una formazione di tipo formale.

Un caffè, prego

Non tutte le sostanze che permettono di incrementare il rendimento sportivo si trovano nella lista di quelle considerate doping. Così dal primo gennaio 2004 dalla lista delle sostanze vietate e dei metodi proibiti dalla WADA (*World Anti-Doping Agency*) – anche se la WADA ha inserito tali sostanze in un programma di monitoraggio per valutare il loro eventuale uso improprio in ambito sportivo – sono scomparsi gli anestetici locali e la caffeina, un alcaloide naturale presente nelle piante di caffè, cacao, tè, cola, guaranà e mate, e nelle bevande da esse ottenute, il cui effetto d'incremento del rendimento degli atleti è noto da tempo. Se il suo effetto positivo sul metabolismo dei grassi e, quindi, sulle prestazioni di resistenza di lunga durata è stato accertato sin dai lavori di Costill del 1978, non esistono risultati altrettanto certi per quanto riguarda il suo effetto sulla capacità di prestazione prevalentemente anaerobica. Alcuni ricercatori inglesi del *Department of Sport Science, Tourism and Leisure della Canterbury Christ Church University* (Wiles J. D., Coleman D., Tegerdine M., Swaine I., *The effects of caffeine ingestion on performance time, speed and power during a laboratory-based 1 km cycling time-trial*, *Journal of sports sciences*, 24, 2006, 11, 1165-1171) hanno sottoposto otto ciclisti dilettanti inglesi di livello elevato ad un test al cicloergometro servendosi del *SRM Powermeter – Powercontrol*, (uno strumento che consente misurazioni precise della potenza espressa nella pedalata, e di registrare velocità media, chilometri percorsi, frequenza cardiaca) consistente in tre prove su 1 km in tre condizioni diverse: dopo il consumo di una limonata senza carboidrati più 5 mg di caffeina in compresse per kg di peso corporeo; dopo il consumo di un placebo (limonata senza carboidrati); di controllo (assunzione di acqua). La successione delle prove avveniva in modalità a doppio cieco randomizzata e venivano rilevati il tempo di ciascuna prova, la velocità media, la potenza media e la potenza di picco. L'assunzione dei fluidi avveniva un'ora prima del riscaldamento o 75 min prima dei test. Mentre le differenze tra le prove placebo e controllo erano scarse, la capacità di rendimento degli atleti nella prova con caffeina aumentava significativamente: *tempo della prova*, caffeina vs. placebo vs. controllo: $71,1 \pm 2,0$ s $73,4 \pm 2,3$ s $73,3 \pm 2,7$ s; *velocità media*, rispettivamente $50,7 \pm 1,4$ vs. $49,1 \pm 1,5$ vs. $49,2 \pm 1,7$ km/h; *potenza media*, 523 ± 43 vs. 505 ± 46 vs. 504 ± 38 W; *picco di potenza*, da 864 ± 107 W (placebo) e 830 ± 87 W (controllo) a 940 ± 83 W (caffeina). Quindi la caffeina mostra di avere un notevole effetto anche nel settore anaerobico. Gli Autori della ricerca non hanno rilevato alcun parametro biochimico e ciò non permette di conoscerne il perché. Se considera che in 100 ml di Coca Cola sono contenuti circa 25 mg di caffeina e che gli atleti dell'esperimento pesavano mediamente 73,6 kg, invece delle compresse avrebbero potuto bere circa 1,5 l di Coca, oppure nove espressi.

A cura di Arndt Krüger, Mario Gulinelli

LA RICERCA NELLO SPORT:
DALL'ANALISI ALLA PRESTAZIONE

2° CORSO DI SPECIALIZZAZIONE
**Progettazione e gestione
della ricerca
applicata allo sport**

ROMA 14-16 GIUGNO 2007
4-6 OTTOBRE 2007

 **ConiServizi**
Scuola dello Sport

Largo Giulio Onesti, 1
00197 Roma
Tel. 06 3685 9123
Fax 06 3685 9236
scuoladello sport@coni.it
scuoladello sport.coni.it



Il Sistema di Gestione per la Qualità della Scuola
dello Sport è certificato in accordo alla norma
UNI EN ISO 9001 - Certificato n. 50 100 4694

 **ConiServizi**
Scuola dello Sport

ISCRIZIONI

Il modulo di richiesta compilato (scaricabile anche da <http://scuoladello sport.coni.it> e da www.coni.it) dovrà essere inviato via fax (al n. 06 3685.9236) o via e-mail (a scuoladello sport@coni.it). La quota di partecipazione per il corso è di 900 euro comprensiva dei materiali didattici. Le spese di viaggio, vitto e alloggio sono a carico dei partecipanti. Il pagamento va effettuato tramite bonifico postale a: CONI Servizi S.p.A. BNL conto corrente n. 9000 ABI 01005 CAB 03309 CIN K indicando nella causale Cognome e Nome, data e titolo del Corso. Copia della ricevuta del Bonifico dovrà essere inviata via fax al n. 06 3685.9236 o via e-mail a scuoladello sport@coni.it. Saranno ammessi un massimo di 30 partecipanti. Le domande dei candidati, in possesso dei requisiti minimi, saranno selezionate in base all'ordine di arrivo.

INFORMAZIONI

Rivolgersi alla Scuola dello Sport, Largo G. Onesti, 1, 00197 - Roma
tel. 06 3685.9158, fax 06 3685.9236, e-mail: sds_didattica@coni.it

Summaries

72

Periodisation in speed-strength training (part 1)

K. Wirth, D. Schmidtbleicher

Today, strength training in an established part of almost all sports. The spectrum of using systematic strength development is manifold and includes preventive measures of strengthening, supportive strength training as well as strength preparation in sports where strength is a performance limiting factor. In the first part of this article, the physiological fundamentals of speed-strength development are presented. The second part will deal with periodisation and starting from this, detailed recommendations for training practice.

Jumping endurance (part 2)

G. Cometti, G. Alberti

In many sporting disciplines the performance model requires the repetition, often in rapid succession, of a large number of jumps or leaps performed cyclically or with different forms of propulsion. To describe the ability to effectively perform these motor actions, the use of the term jumping endurance has been proposed, meaning the ability to maintain the efficiency of the action under plyometric conditions or during work of a plyometric nature despite the onset of fatigue. For jumping actions performed intermittently, such as in volleyball, or cyclically, such as in some track athletics disciplines, the paper looks at the mechanisms involved that place a limit on performance. After having illustrated, in part one (cf. issue n° 72) some researches that have looked at this topic, focusing on very prolonged effort, the second part illustrates scientific evidence based on some studies that have sought to evaluate the effects of series of 100 jumps and bounds performed under particular test conditions, which would appear to ascribe, in the fatigue process resulting from a repeated succession of jumps, greater importance to neuromuscular factors than to so-called aerobic properties, and then the practical consequences deriving from these results.

The Match Analysis (part 2)

A. Sacripanti

Situation sports are increasingly practised with the interests of the public in mind. Theory on training in these sports is a highly complex matter, going from physical training to the study of local and global strategies. Nowadays, technology designed to carry out match analysis can supply useful support to the trainer. This article explains the methodological and scientific foundations and technological implications of match analysis. The article will be developed in two parts, which are methodologically connected. The first part contains a general description of advanced technologies applied to match analysis, basically tied up with the identification of the athlete's movement, a survey of interactions with opponents and the scientific foundations of movement

and interaction. The second part will attempt to link the results of match analysis with training theory, broken down into three operating levels: first level, athlete's physiological conditioning, second level, biomechanical improvement of technique and study of "competition invariant", third level, advanced training, connected with the study of local and global strategies.

Ability to repeat sprints and appraisal

F. M. Impellizzeri, E. Rampinini, C. Castagna, D. Duccio Ferrari Bravo, D. Bishop

Repeated sprint ability (RSA) is an important physical characteristic for footballers and for athletes playing team sports. For this reason a number of tests to measure this physical component have been developed, but only a few have been scientifically validated. As a general rule, RSA tests must not reflect the "average" moments of a match (a conceptual error that is sometimes committed) but rather attempt to simply reproduce the most intense phases of a match (validity in terms of logic and content). For this reason the RSA test proposed by Capanna in the 1990s and now often used in Italy appears appropriate for measuring RSA in football. A recent study demonstrated the validity of the way this test has been constructed, having found a relationship between average time in the Capanna shuttle test and the distance run at a high intensity and/or sprinting during the match. If performed correctly, the repeatability of this test is less than 2%. If data are interpreted appropriately, taking into consideration repeatability coefficients, the information that can be obtained from this test can be very useful for the physical trainer when controlling the effects of training on footballers.

Changing paradigms in the theory of sports training (part 1)

Y. Verkhoshansky, N. Verkhoshanskaya

Discussion of the results of studies and researches on sports training theories and methodologies is often developed on the basis of implicit and consolidated suppositions that fail to consider relative evolution processes. This fact prevents the emergence of differing points of view through which they can be analysed. An attempt is thus made in this article to outline the problems which, in ongoing scientific discussions on the theories and methodologies of sports training, cause the most evident and common misunderstandings and contradictions. In the first part of the article, dedicated to theoretical aspects, the authors look at the current state of training theories and methodologies, differences between the concept of Periodization and that of Programming of sports training, the physiology of adaptation as a basis for the biological approach to sports training theories and methodologies, the two different visions of the "work-rest" process in sports training the-

ory. The second part will examine practical aspects concerning the construction of the micro-cycle, the block system adopted for training, the delayed effects of training and supercompensation.

Analysis of coordinative and senso-perceptive capacities in swimming (part 1)

P. L. Invernizzi, R. Del Bianco, R. Scurati, G. Caporaso, A. La Torre

The specific development of senso-perceptive and coordinative capacities is necessary to be able to generate new opportunities to improve competitive swimming performance. In the studies of numerous Authors, the most relevant relations between senso-perceptive and coordinative capacities and motor activities in swimming are illustrated. An evaluation of single performance requirements highlights the central role of differentiation and of the ability to glide in the water as guiding elements of swimming for beginners and as a point of reference for advanced training. The considerations resulting from the analysis of these capacities and of their significant contribution to the optimal preparation of the swimmer will be a starting point for a proposed methodology to diagnose and develop solutions in support of traditional training systems.

Methods for evaluating levels of physical activity

D. Colella, M. Morano, L. Bortoli

The scientific evidence of benefits deriving from physical activity has led to the need to appraise in a valid and reliable manner the levels through which such activities are performed, in order to identify specific trends regarding physically active lifestyle models and identify and customise actions to promote health and wellbeing for different age groups. This paper seeks to propose a methodology for prescribing physical activity with differing objectives in mind. After having analysed the preventive role of physical activities, with special reference to the age of development, the most valid and reliable methods for evaluating levels of physical activity are presented through an examination and comparison of existing literature.

The femoral-patellar syndrome

G. N. Bisciotti

The femoral-patellar syndrome is a relatively frequent pathology in the sporting sphere. Its etiopathogenesis is basically due to a malalignment of the knee joint, or to a dysplasia of the patella and/or femoral trochlea. The gonalgia that accompanies this pathology may prove to be highly debilitating for sporting activity. In particular, some sports that require the bending of the lower limbs to a significant degree, such as dancing or weightlifting, may contribute to the emergence of the pathology in sportsmen and women that have an anatomical-functional predisposition.

Errata Corrigere

Nell'articolo di B. Filippone, C. Vantini, M. Bellucci, A. D. Faigenbaum, R. Casella, C. Pesce: "Trend secolari di involuzione delle capacità motorie in età scolare" pubblicato nel n° 72 (pagg. 31-41) vanno apportate le seguenti correzioni: pagina 39, figura 8, ACSM 2006 al posto di AGSM 2005; pagina 41, prima colonna terza riga, 2006 al posto di 2005; nella bibliografia aggiungere: Bazzano C., Bellucci M., Faigenbaum A.D., Sedentarietà

ed obesità giovanile: nuovi problemi sociali - possibili soluzioni. Linee guida sull'innalzamento dell'efficienza fisica in età evolutiva, Perugia, Calzetti Mariucci Editori, 2007 (in stampa); Riva M., Dossier scuola: I problemi dell'educazione fisica, Educazione fisica e sport nella scuola, 2001, 170-171, 33-64, citazioni omesse per errore. Ce ne scusiamo con gli interessati.