

# BPCO

(**B**ronco**P**neumopatia**C**ronica**O**struttiva)

La broncopneumopatia cronica ostruttiva è una patologia caratterizzata da ostruzione persistente del flusso aereo, solitamente progressiva ed associata ad una risposta infiammatoria all'inalazione di fumo di sigaretta o di particelle e gas nocivi.

# EPIDEMIOLOGIA

**Ha un'incidenza media di 7-10/1000**

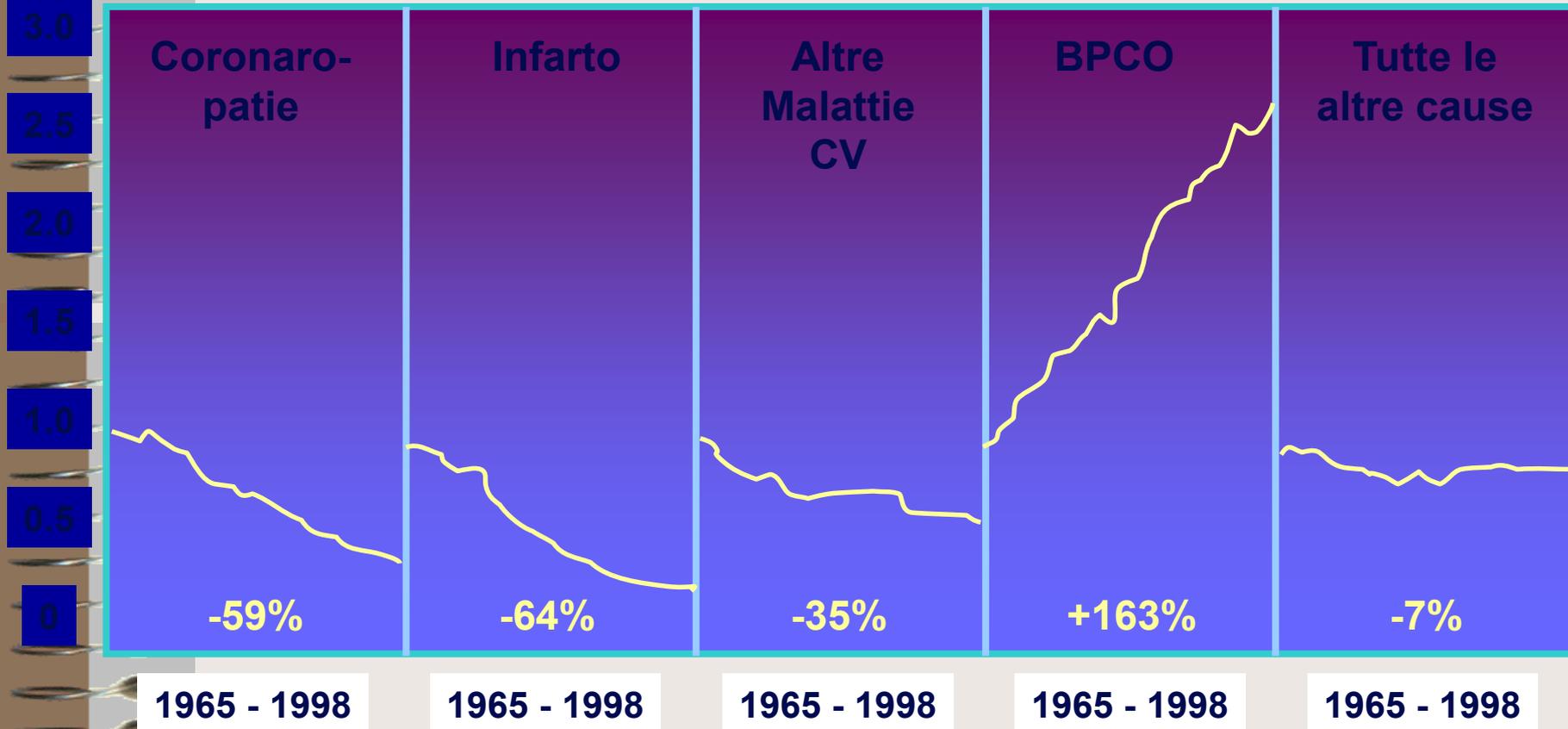
**E' la 4° causa di morte negli Stati Uniti (dopo cardiopatie, neoplasie e malattie vascolari) e la 5° nel mondo.**

**In Italia le malattie respiratorie sono la 3° causa di morte e la BPCO è causa del 55% delle morti per malattie dell'apparato respiratorio**

**La morbilità è prevista in notevole incremento nel mondo con uno spostamento dal 12° al 6° posto**

# Variazione percentuale della mortalità aggiustata per l'età in U.S.A.

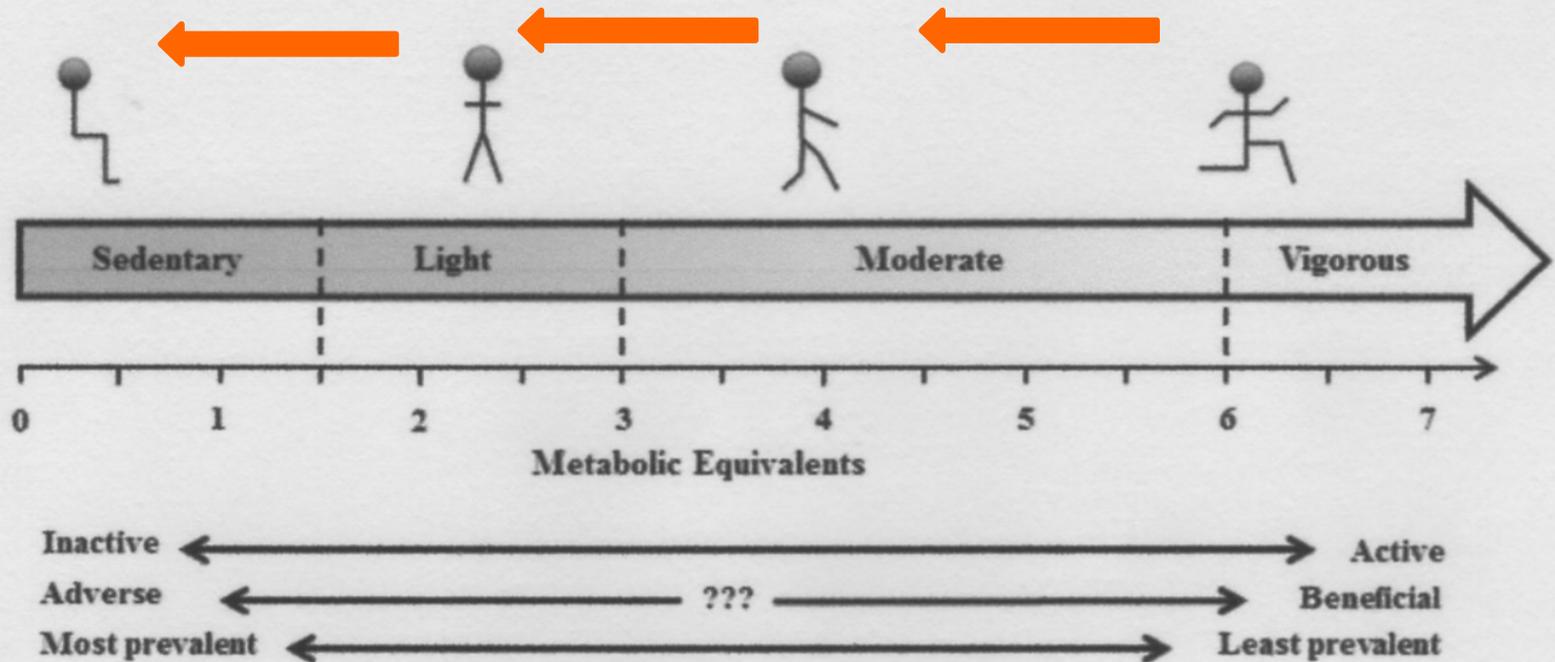
Proporzione della frequenza del 1965



# BPCO ed Attività Fisica

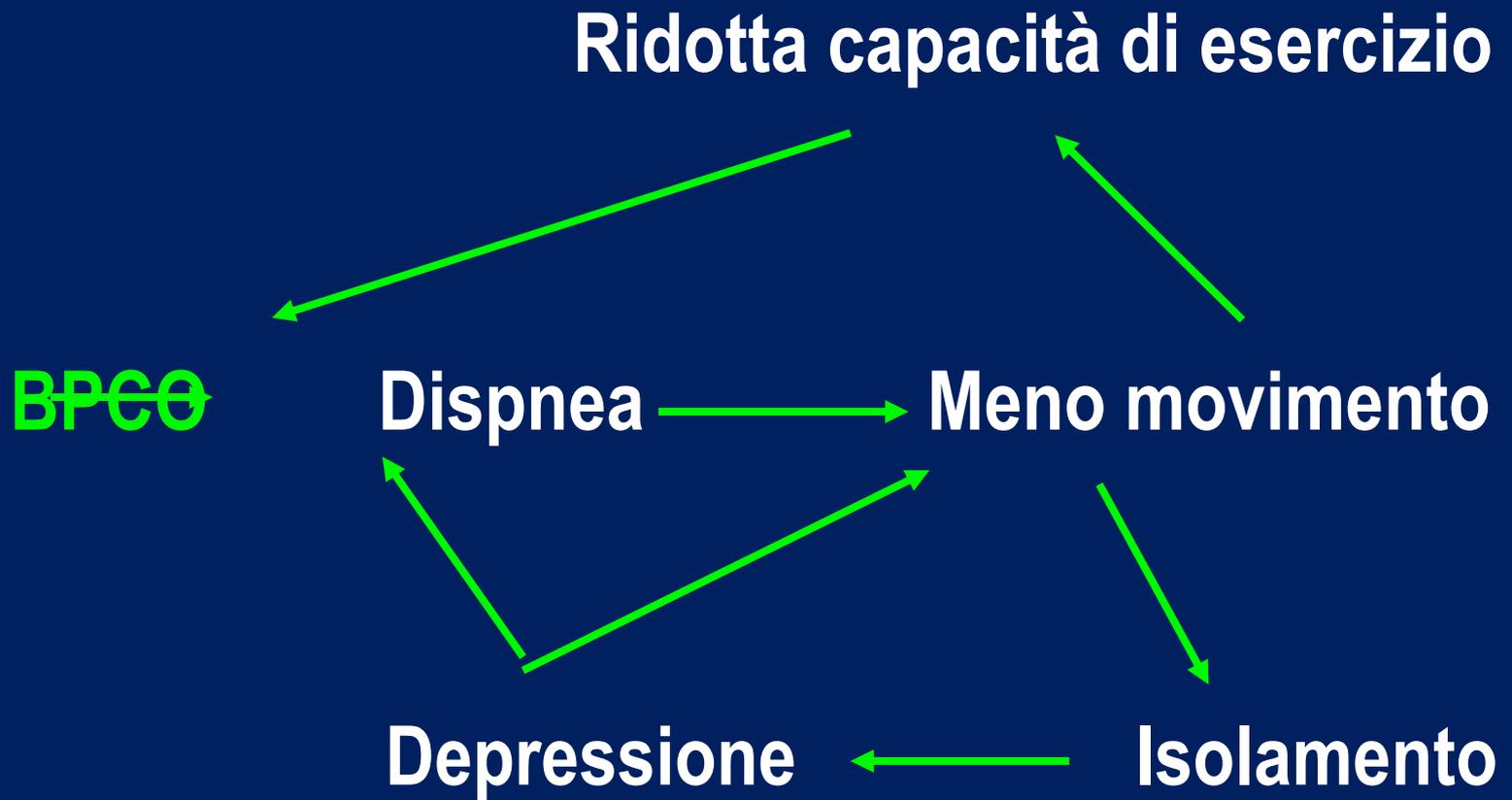
**I pazienti BPCO sono soggetti ad una progressiva riduzione del loro livello di attività. Ciò è dovuto inizialmente a fattori patologici cui si aggiungono in genere, successivamente, fattori psicologici**

Figure 1: An integrated and comprehensive view of activity and inactivity



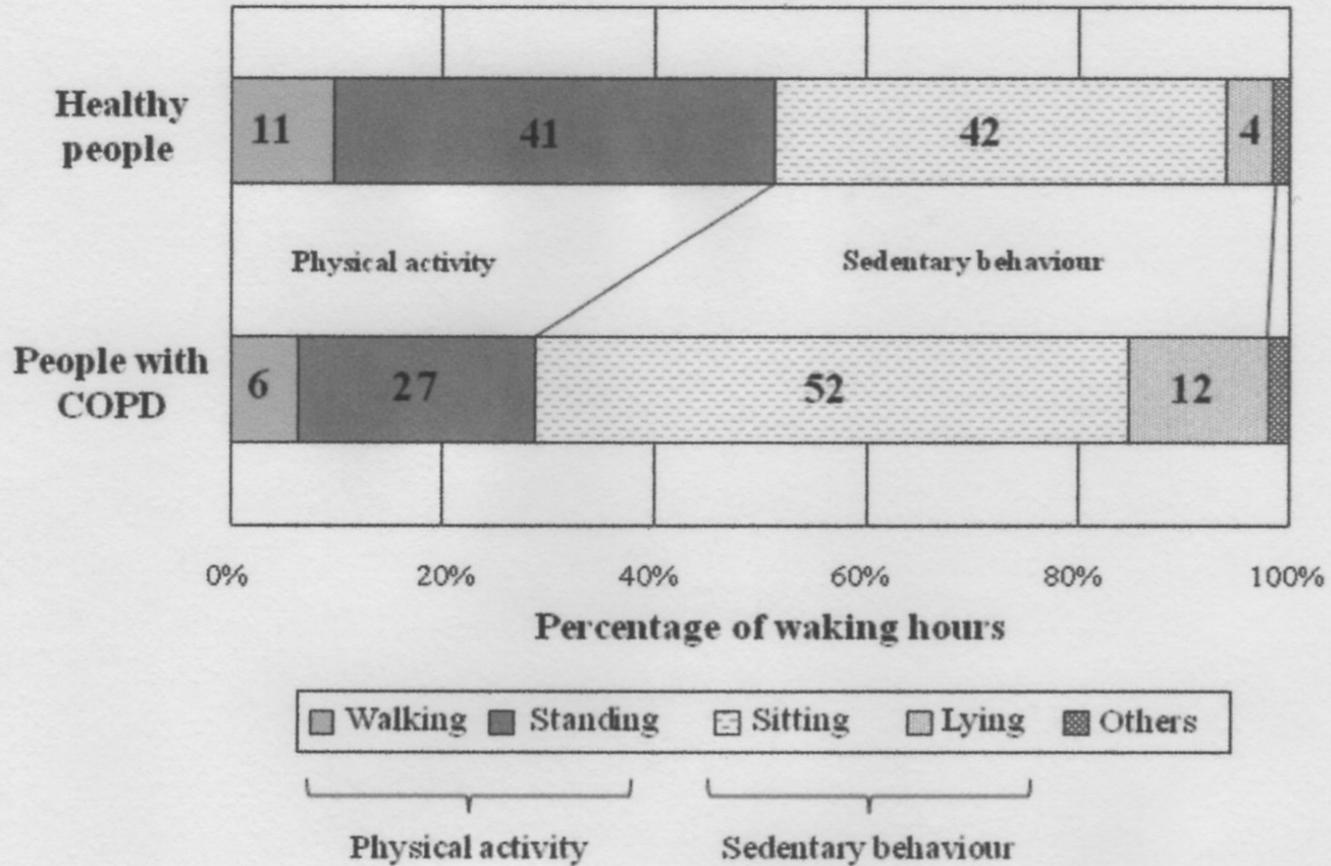
Adapted from: <http://www.sedentarybehaviour.org/what-is-sedentary-behaviour/>

# Il circolo vizioso della BPCO



# Attività Fisica in soggetti BPCO e soggetti normali di età simile.

Figure 2: Physical activity and sedentary behaviour of people with COPD



Adapted from: Pitta, F. et al. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2005;171(9):972-977.

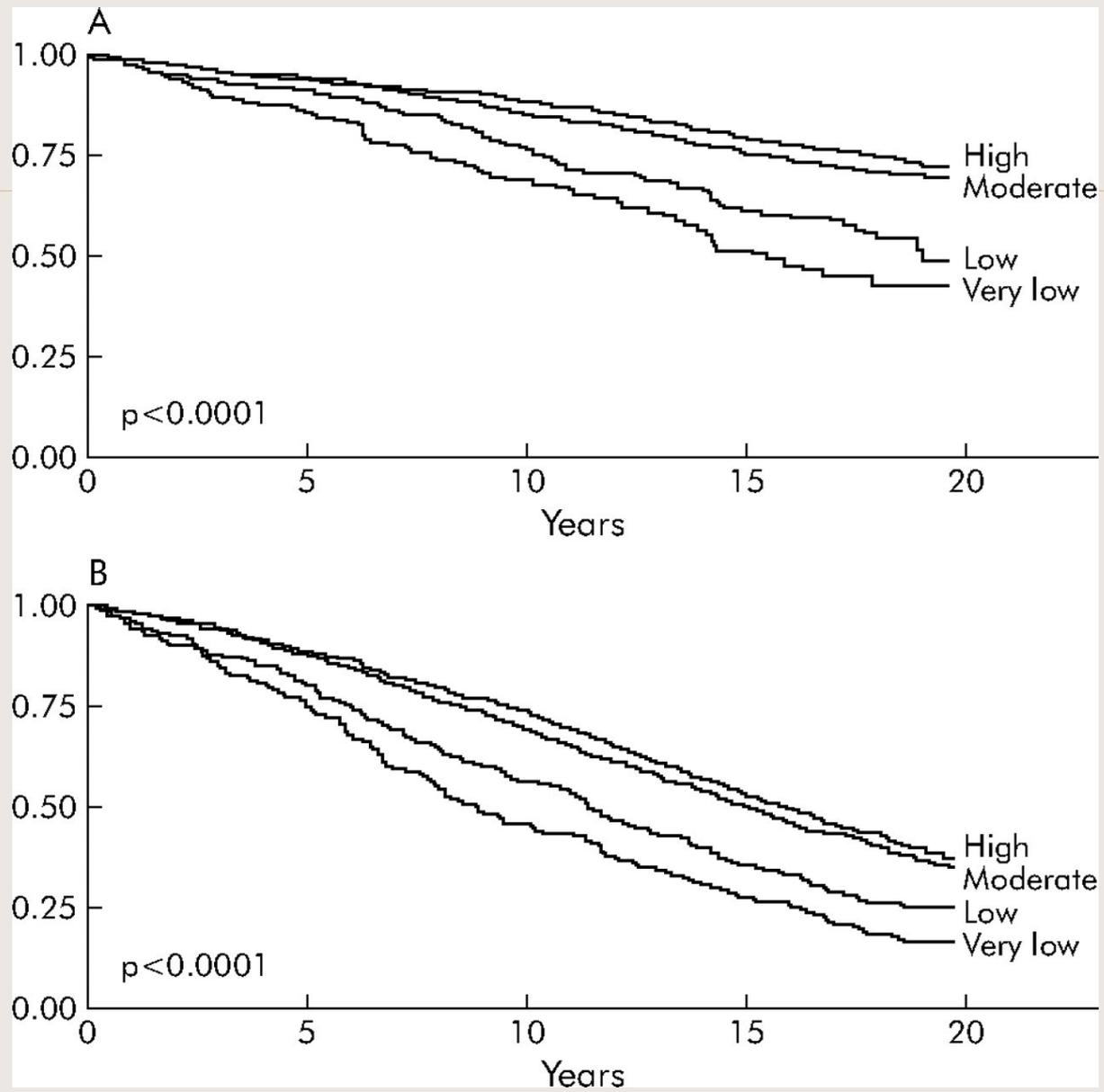
# **Copenhagen City Heart Study**

**Coorte di soggetti reclutati dalla popolazione generale, di età >20 anni, seguiti per una media di 12 anni con valutazioni ogni 5-10 anni**

**Totale soggetti: 15563**

**2386 BPCO**

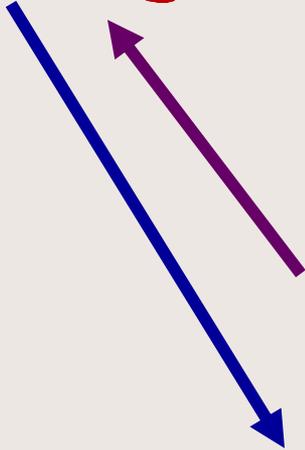
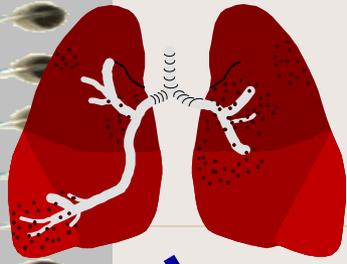
Figure 1 (A) Kaplan-Meier curve of time to first COPD admission during follow up according to level of regular physical activity. (B) Kaplan-Meier curve of time to death (all-cause mortality) according to level of regular physical activity.



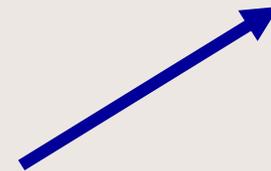
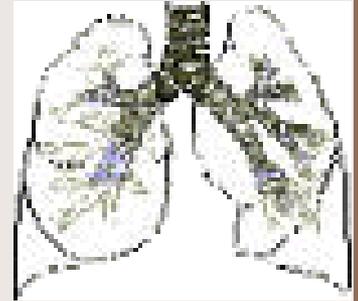
**Questo studio ha coinvolto 2386 soggetti con BPCO che sono stati seguiti per 20 anni.**

**I risultati hanno evidenziato che un livello di attività fisica equivalente a camminare o andare in bicicletta per  $\geq 2$  ore/settimana era associato ad una riduzione del 30–40% del rischio sia di ospedalizzazione sia di mortalità per patologia respiratoria.**

# BPCO ed Attività Fisica



**PREVENZIONE**



**RIABILITAZIONE**



## BPCO Definizione

- ▶ La Broncopneumopatia Cronica Ostruttiva (BPCO) è una malattia comune, prevenibile e curabile caratterizzata da sintomi respiratori persistenti e limitazione al flusso aereo ed è dovuta a delle anomalie delle vie aeree e/o alveolari di solito causati da una significativa esposizione a particelle nocive o gas.

# **BPCO: DEFINIZIONE**

**Tosse e catarro cronici spesso precedono lo sviluppo di BPCO di molti anni e questi sintomi identificano gli individui a rischio di BPCO.**

**Per converso, alcuni pazienti sviluppano una significativa ostruzione al flusso in assenza di sintomi respiratori cronici.**



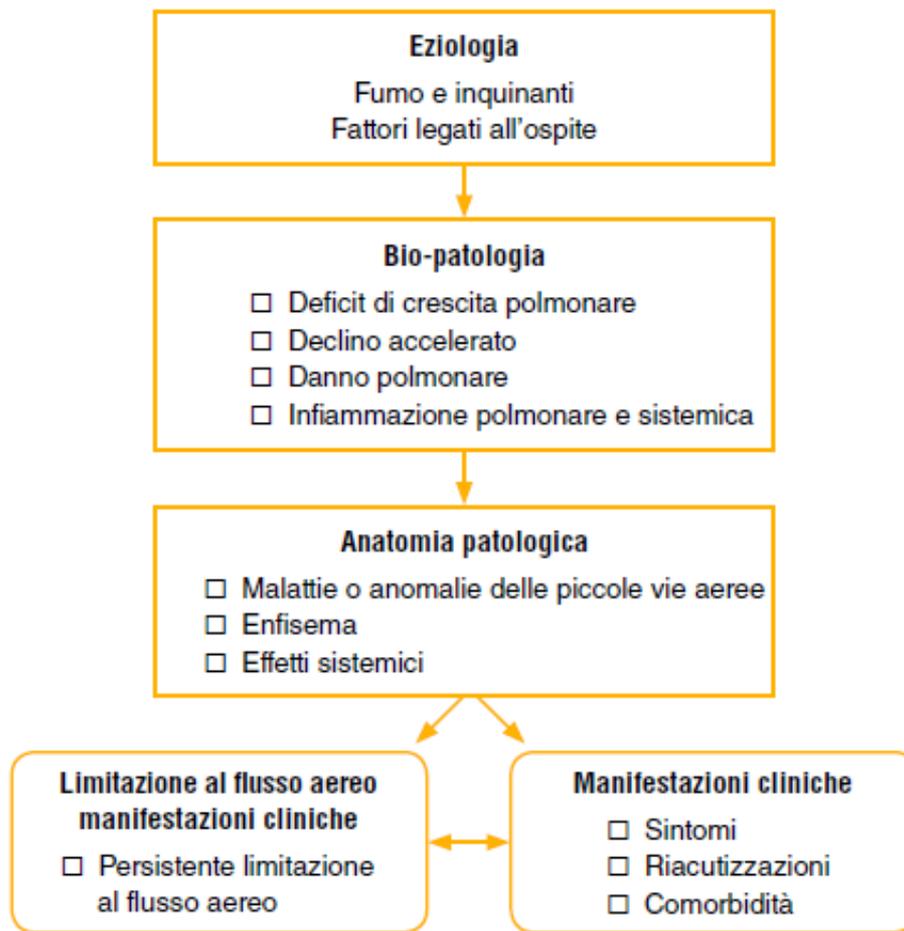
# Broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO)

- ▶ La BPCO è attualmente la quarta causa di morte nel mondo.<sup>1</sup>
- ▶ Si prevede che la BPCO diventi la terza causa di morte entro il 2020.<sup>2</sup>
- ▶ Oltre 3 milioni di persone sono decedute per BPCO nel 2012, rappresentando complessivamente il 6% di tutti i decessi.
- ▶ Nel complesso, si prevede che il costo della BPCO aumenti nei prossimi decenni a causa della continua esposizione ai fattori di rischio e per l'invecchiamento della popolazione.

1. Lozano R, Naghavi M, Foreman K, et al. Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* 2012; **380**(9859): 2095-128.

2. Mathers CD, Loncar D. Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030. *PLoS Med* 2006; **3**(11): e442.

# BPCO Etiologia, Bio-patologia & Patologia



**FIGURA 1.1.** Meccanismi eziologici, bio-patologici e anatomico-patologici della BPCO che conducono alla limitazione al flusso aereo e alle manifestazioni cliniche



## Definizione e inquadramento generale

### PUNTI CHIAVE (1 di 2):

- ▶ La Broncopneumopatia Cronica Ostruttiva (BPCO) è una malattia comune, prevenibile e curabile che è caratterizzata da sintomi respiratori persistenti e limitazione al flusso aereo che è dovuta a delle vie aeree e / o anomalie alveolari di solito causati da una significativa esposizione a particelle nocive o gas.
- ▶ I sintomi respiratori più comuni includono dispnea, tosse e / o espettorazione. Questi sintomi possono essere sotto-segnalati dai pazienti.
- ▶ Il principale fattore di rischio per la BPCO è il fumo di tabacco, ma altre esposizioni ambientali come l'esposizione a combustibile da biomassa e l'inquinamento atmosferico possono contribuire.



## Definizione e inquadramento generale

### PUNTI CHIAVE (2 di 2):

- ▶ In aggiunta alle esposizioni, fattori legati all'ospite predispongono gli individui a sviluppare la BPCO, tra cui: anomalie genetiche, anomalo sviluppo polmonare e invecchiamento precoce.
- ▶ La BPCO può essere caratterizzata da periodi acuti con peggioramenti dei sintomi respiratori, noti come riacutizzazioni.
- ▶ Nella maggior parte dei pazienti, la BPCO è associata a significative malattie croniche concomitanti, che aumentano la sua morbilità e mortalità.



## Prevalenza

### Prevalenza di BPCO:

- ▶ Stimati 384 milioni di casi di BPCO nel 2010
- ▶ Prevalenza globale stimata dell' 11.7% (95% CI 8.4%–15.0%).
- ▶ Tre milioni di morti all'anno.
- ▶ Con l'aumento della prevalenza del fumo nei paesi in via di sviluppo, e l'invecchiamento della popolazione nei paesi ad alto reddito, la prevalenza della BPCO è destinata ad aumentare nel corso dei prossimi 30 anni.
- ▶ Entro il 2030 sono previsti 4,5 milioni di decessi all'anno correlati alla BPCO.

# FATTORI DI RISCHIO

## FATTORI LEGATI ALL'AMBIENTE:

- fumo di sigaretta
- fattori professionali
- inquinamento outdoor e indoor
- infezioni
- stato socio-economico

## FATTORI LEGATI ALL'OSPITE:

- geni (ad esempio, deficit di  $\alpha_1$  antitripsina)
- iperreattività bronchiale
- crescita del polmone

## Diagnosi e Valutazione iniziale



# PATOGENESI

## AGENTI NOCIVI

(fumo di sigaretta, inquinanti, agenti professionali)



Fattori genetici  
Infezioni respiratorie  
Altri fattori

**BPCO**

# **PROGETTO MONDIALE BPCO**

**Il fumo di sigaretta è la principale causa della BPCO**

**Negli USA 47 milioni di persone fumano (28% M e 23% F)**

**L'OMS stima nel mondo oltre 1 miliardo di fumatori, con un aumento fino ad oltre 1,6 miliardi nel 2025. Nei Paesi a basso-medio tenore di vita la percentuale di fumatori sta crescendo in modo allarmante.**

## Il Fumo in Italia (dati DOXA 2017)

Sono 11,7 milioni i fumatori in Italia e rappresentano il 22,3% della popolazione (22,0% nel 2016). M 23,9%) e F 20,8%.

Gli ex fumatori sono invece il 12,6% e i non fumatori il 65,1%.

Si fuma di più tra i 25 e i 44 anni (il 28%) invece nella fascia d'età più giovane, tra i 15 e i 24 anni, fuma il 16,2%.

Si fumano in media 13,6 sigarette al giorno

Si fumano principalmente sigarette confezionate (94,3%) sebbene continui costantemente a crescere il consumo prevalente di sigarette fatte a mano (9,6%), significativamente più diffuso tra i giovani e preferito dagli uomini (16,6%) rispetto alle donne (12,8).

L'età in cui si comincia a fumare è di 17,6 anni per i ragazzi e 18,8 per le ragazze.

Il 12,2% dei fumatori ha iniziato a fumare prima dei 15 anni.

# PREVALENZA DI BPCO NEI FUMATORI

Circa il 20% dei fumatori sviluppa la BPCO

Circa il 30% di fumatori (> 10 pack-year) oltre i 40 anni presenta una limitazione al flusso aereo

$\text{Packs/year (P/Y)} = n^{\circ} \text{ sigarette fumate al giorno} \times \text{anni di fumo} / 20$

# Rischio di BPCO

Età del soggetto	15-24	25-34	35-44	45-54	55-64
<b>Non-fumatori</b>					
Nessuna esposizione					
Esposizione ambientale					
Esposizione lavorativa					
Entrambe le esposizioni					
<b>Ex-fumatori</b>					
Nessuna esposizione					
Esposizione ambientale					
Esposizione lavorativa					
Entrambe le esposizioni					
<b>Fumatori</b>					
Nessuna esposizione					
Esposizione ambientale					
Esposizione lavorativa					
Entrambe le esposizioni					

## Livelli di rischio - in percentuale

molto basso



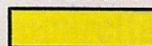
< 3%

basso



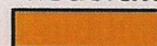
3-4%

lieve



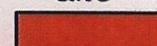
5-9%

moderato



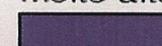
10-19%

alto



20-39%

molto alto



≥40%

**Particelle e gas nocivi**

**Fattori legati all'ospite**

**Infiemmazione polmonare**

**Anti-ossidanti**

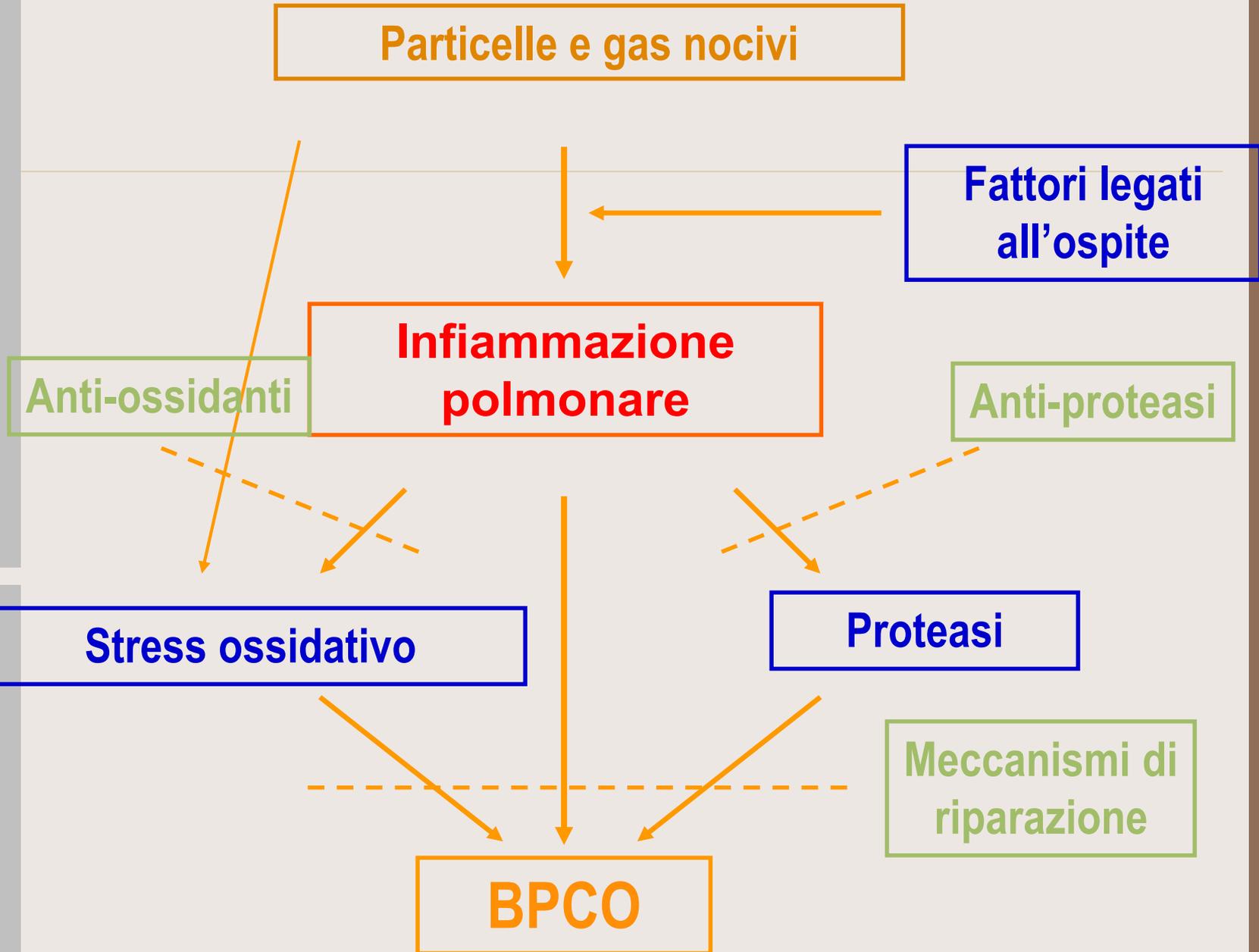
**Anti-proteasi**

**Stress ossidativo**

**Proteasi**

**Meccanismi di riparazione**

**BPCO**



# PATOGENESI

## INFIAMMAZIONE

```
graph TD; A[INFIAMMAZIONE] --> B[Patologia piccole vie aeree<br/>Infiammazione bronchiale<br/>Rimodellamento bronchiale]; A --> C[Distruzione parenchimale<br/>Perdita attacchi alveolari<br/>Riduzione tono elastico]; B --> D[RIDUZIONE DEL FLUSSO AEREO]; C --> D;
```

### Patologia piccole vie aeree

Infiammazione bronchiale  
Rimodellamento bronchiale

### Distruzione parenchimale

Perdita attacchi alveolari  
Riduzione tono elastico

## RIDUZIONE DEL FLUSSO AEREO

# ALTERAZIONI della MECCANICA RESPIRATORIA nella BPCO

Nella BPCO l'ostruzione al flusso delle vie aeree riconosce 2 cause:

- 1. Bronchiolite ostruttiva**, dovuta al processo infiammatorio (muco, edema, rimodellamento).
- 2. Enfisema**: processo che attraverso il danno anatomico comporta riduzione della forza di retrazione elastica del parenchima.

# BASI MORFOLOGICHE dell'OSTRUZIONE BRONCHIALE nella BPCO.

La riduzione del **Calibro Bronchiale** e l'eccessiva riduzione del **Flusso Aereo** possono realizzarsi per:

- **Secrezioni nel lume bronchiale.**
- **Ispessimento della parete bronchiale.**
- **Maggiore capacità del muscolo liscio bronchiale di generare forza contrattile.**
- **Riduzione della forza di interdipendenza fra vie aeree e polmone.**

# Ostruzione Bronchiale nella BPCO

Tutti questi meccanismi possono coesistere nel paziente BPCO ma il loro ruolo relativo cambia a seconda della patologia prevalente.

La presenza di **secrezioni** all'interno del lume bronchiale e **l'ispessimento della mucosa** per l'infiltrazione di cellule infiammatorie sono caratteristiche morfologiche sia della BPCO sia dell'asma e possono essere in parte responsabili dell'incremento delle resistenze che si può riscontrare in ambedue queste condizioni patologiche.



➤ L'ispessimento della mucosa può amplificare gli effetti dell'accorciamento e dell'allungamento della muscolatura liscia bronchiale.

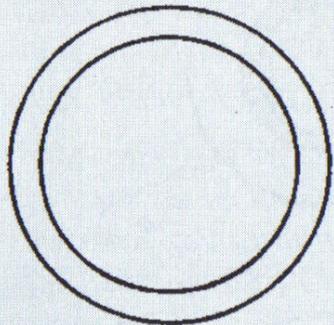
➤ La capacità di generare forza contrattile da parte della muscolatura liscia bronchiale dipende dalle sue caratteristiche contrattili e dalla sua massa.

➤ Anche in presenza di normali contrattilità e massa del muscolo liscio, il calibro bronchiale può ridursi per la ↓ del carico elastico che il muscolo deve vincere prima che la forza contrattile da lui generata si traduca in un suo accorciamento.

# EFFETTO dell'ISPESSIMENTO della MUCOSA BRONCHIALE sul CALIBRO BRONCHIALE

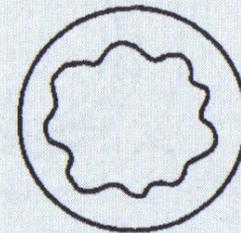
**A**

Area della parete = 20%



$R = 1$

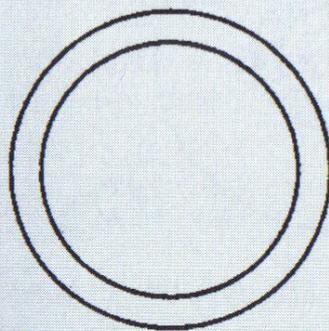
30% di accorciamento  
del muscolo liscio



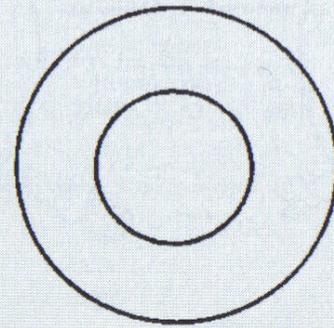
$R = 7,6$

**B**

Area della parete = 40%

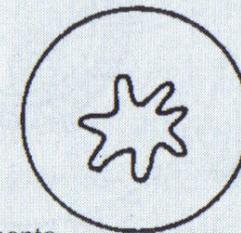


$R = 1$



$R = 1,8$

30%  
di accorciamento  
del muscolo liscio



$R = 80$

## **Rappresentazione schematica dell'effetto dell'ispessimento della mucosa bronchiale sul calibro bronchiale.**

**Assumendo che lo strato interno al muscolo liscio rappresenti il 20% dell'area occupata dal bronco, un accorciamento muscolare del 30% causerebbe un  $\uparrow$  della R (resistenza) di circa 8 volte (pannello A).**

**Assumendo che lo stesso grado di accorciamento del muscolo liscio avvenga in un bronco con mucosa = 40% dell'area del bronco, l'  $\uparrow$  della R sarebbe di 80 volte (pannello B).**



Anche in presenza di normale contrattilità e massa del muscolo liscio, il calibro bronchiale nei pazienti BPCO può essere ridotto a causa della ↓ del carico elastico che il muscolo liscio bronchiale deve vincere prima che la forza contrattile da esso generata si traduca in un suo accorciamento.

**Il carico elastico totale** = tutte le componenti non contrattili della parete bronchiale e del muscolo liscio (carico interno) + le strutture elastiche del parenchima (carico esterno).

**Enfisema**: riduzione del carico elastico esterno

# OSTRUZIONE al FLUSSO AEREO

Flusso d'aria = differenza di pressione A-B  
Resistenze vie aeree

Espirazione Passiva: la pressione che genera il flusso è totalmente data dalla forza di retrazione elastica del polmone

A = alveoli

B= bocca

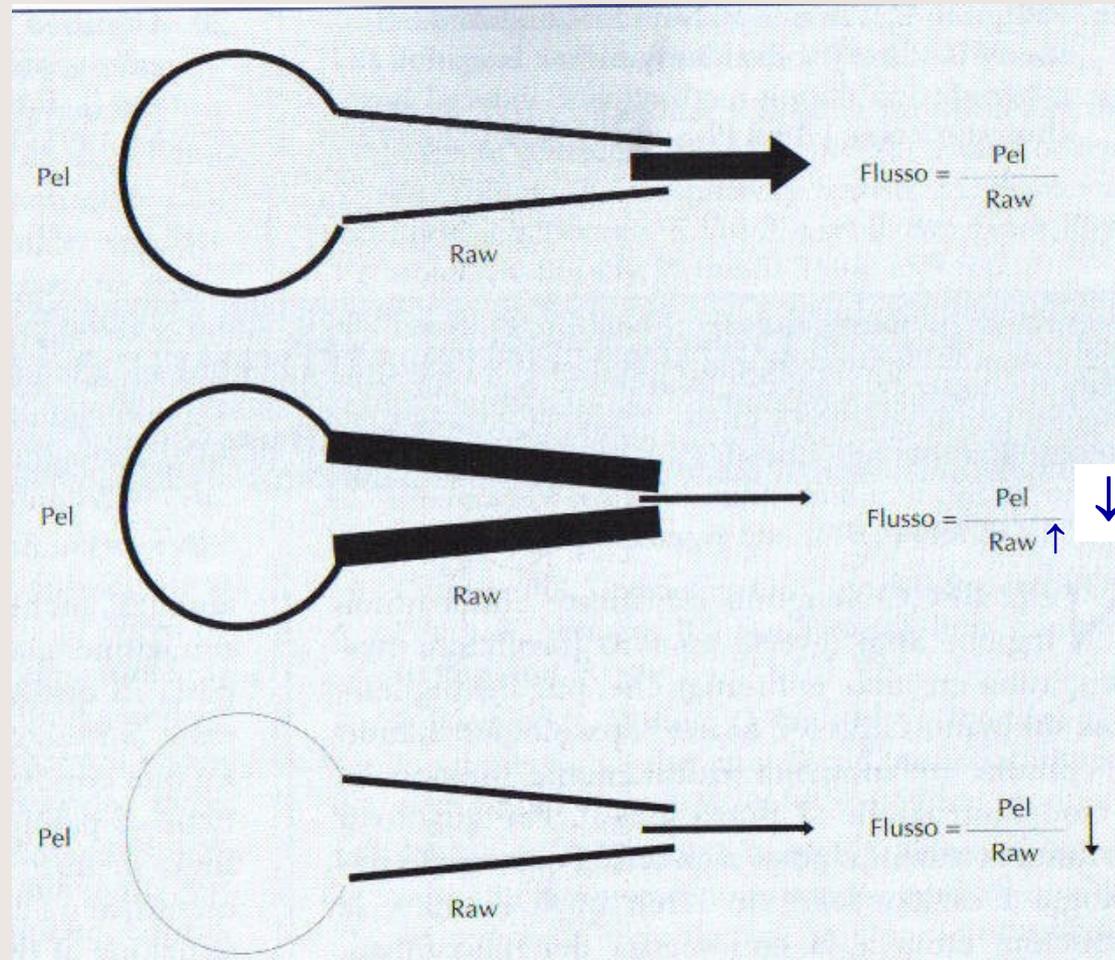


Se si considera per semplicità il caso di un'espirazione passiva (cioè senza intervento dei mm espiratori), la pressione che genera il flusso aereo è totalmente fornita dalla forza di retrazione elastica del polmone.

Se questa è ↓ (enfisema) anche il flusso è ↓ anche se i bronchi sono anatomicamente integri.

Nel caso di aumentate resistenze, il flusso è ↓ anche se la pressione fornita dalla forza di retrazione elastica del polmone è conservata.

# MECCANISMI di OSTRUZIONE BRONCHIALE nella BPCO



# Principali meccanismi dell'ostruzione al flusso aereo nella BPCO.

Il polmone è per semplicità rappresentato da un unico alveolo e le vie aeree da un unico condotto. Durante un'espiazione passiva il flusso espiratorio è fisiologicamente determinato dal rapporto tra la pressione elastica ( $P_{el}$ ) e la resistenza delle vie aeree ( $R$ ). In condizioni patologiche, il flusso espiratorio può ridursi in egual misura per  $\uparrow$  della  $R$  (come nel caso dell'asma e della BPCO) o per  $\downarrow$  della  $P_{el}$  (come nell'enfisema).

# **OSTRUZIONE da CAUSA ESTRINSECA o INTRINSECA**

**Se la forza di retrazione elastica del polmone è ↓ (enfisema) il flusso aereo è ↓ anche se i bronchi sono integri (ESTRINSECA).**

**Se il calibro del lume bronchiale è ↓ (bronchite, asma) il flusso è ↓ per le resistenze ↑ anche se la pressione fornita dalla forza di retrazione elastica è = (INTRINSECA)**

# CONSEGUENZE dell'OSTRUZIONE AL FLUSSO

Resistenze delle vie aeree ↑

Flussi espiratori ↓

Tempo di espirazione ↑

= intrappolamento di aria

= VR ↑ e CPT ↑

**IPERINSUFFLAZIONE**

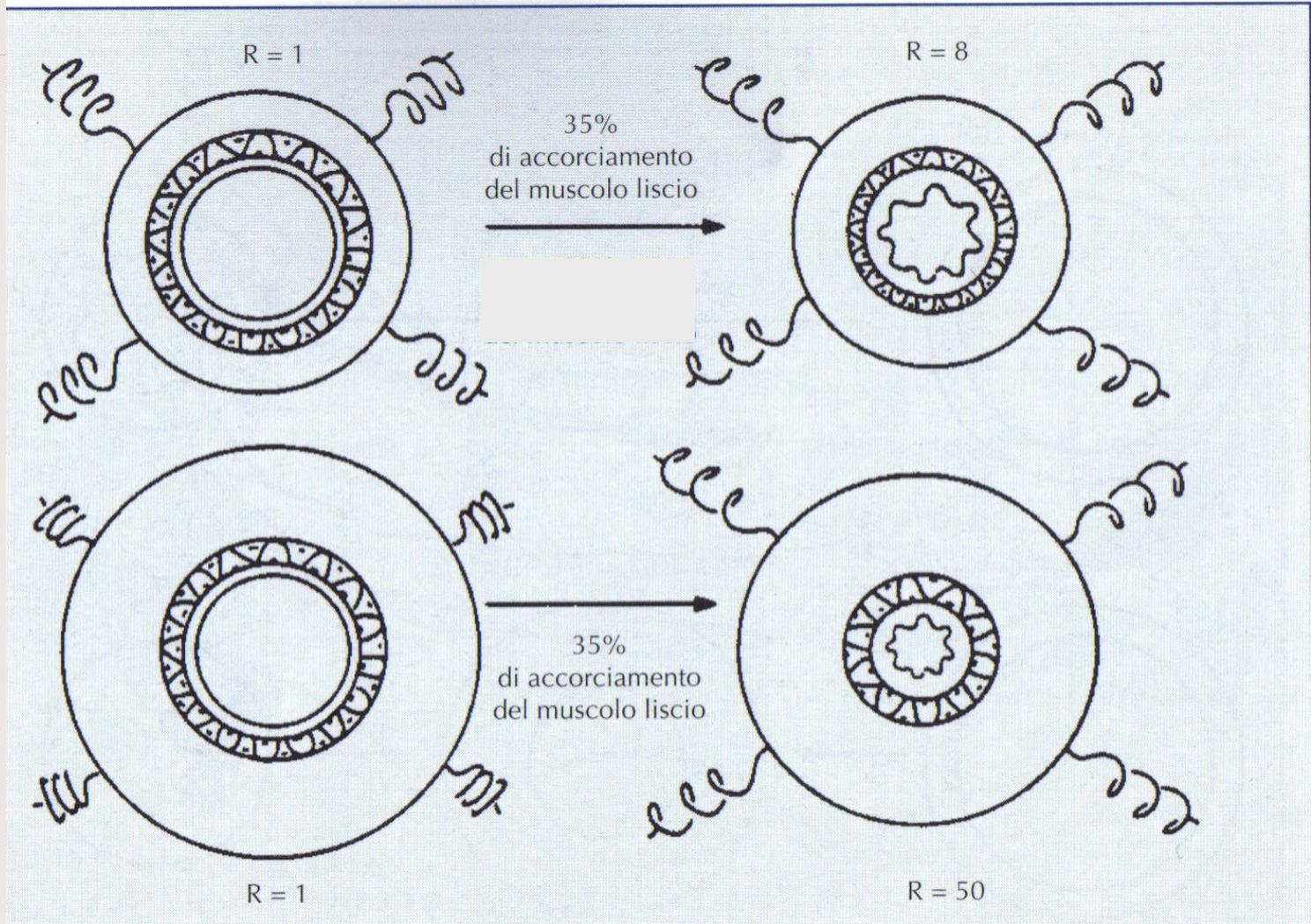


Le pareti bronchiali sono sottoposte ad una forza di trazione, in senso sia radiale sia longitudinale, la cui grandezza dipende dalla forza di retrazione elastica del polmone e dall'integrità strutturale della zona di connessione fra il tessuto connettivo peribronchiale e quello dei setti alveolari circostanti.

**Nella BPCO la relazione fra volume polmonare e resistenze delle vie aeree è alterata nel senso che il calibro delle vie aeree aumenta meno del volume polmonare o per riduzione della forza di trazione radiale sulle vie aeree o per una maggiore rigidità delle pareti bronchiali.**

# EFFETTO della PERDITA di INTERDIPENDENZA

A



B

## Rappresentazione schematica dell'effetto della perdita dell'interdipendenza sul calibro bronchiale

In condizioni di normale trasmissione della forza di trazione radiale sulla parete bronchiale da parte del tessuto polmonare (A) un accorciamento del muscolo liscio bronchiale del 35% determinerebbe un  $\uparrow$  della R di 8 volte.

In presenza di attenuazione della forza di interdipendenza (B) lo stesso accorciamento del muscolo liscio bronchiale causerebbe un  $\uparrow$  della R di 50 volte.

# IPERINSUFFLAZIONE

↑ oltre i limiti di norma della CFR, cioè del volume di riposo del polmone.

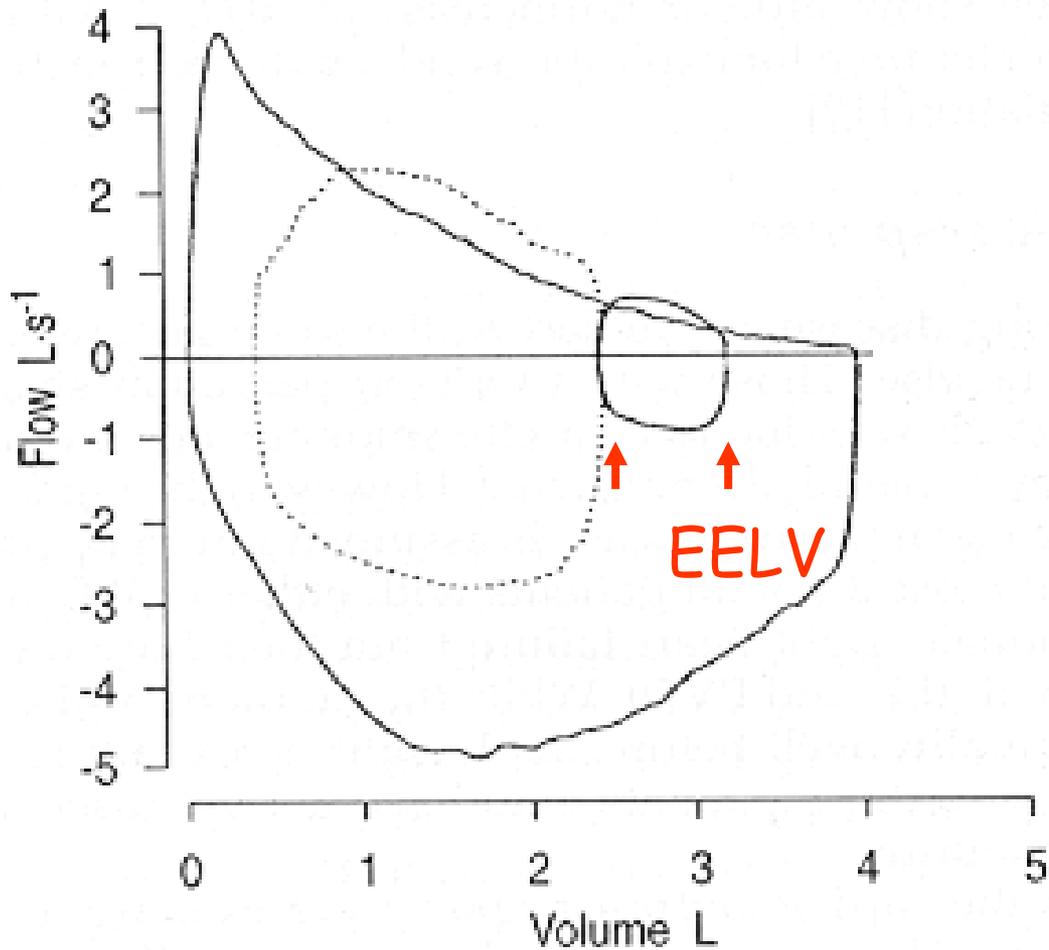
Nelle fasi avanzate della malattia



**Flusso Limitazione =**

I flussi espiratori a volume corrente sono dello stesso ordine di grandezza di quelli massimali durante espirazione forzata

# Dynamic hyperinflation during exercise in COPD



# POLMONE IPERINSUFFLATO

1. Il diaframma si appiattisce
2. Gabbia toracica si dilata

**Questa alterata configurazione geometrica comporta condizioni di svantaggio per i muscoli respiratori e compromette la loro capacità di generare forza (cioè di produrre ventilazione).**



**Lavoro della Respirazione**



**Tolleranza all'esercizio**



**Piccoli sforzi → Dispnea**

**= Disarmonica rottura del rapporto di equilibrio tra stimolo nervoso (motorio) e la capacità di risposta ventilatoria.**



# **ALTERAZIONI della MECCANICA RESPIRATORIA**

---

**Modificazioni dei Volumi Polmonari**

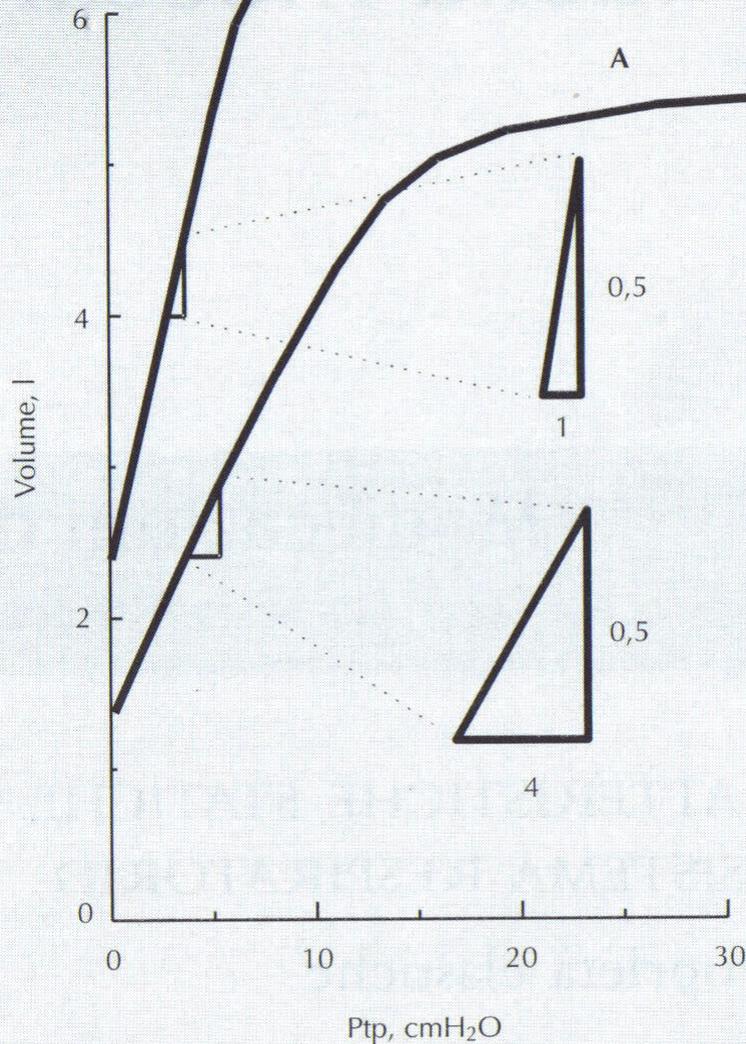
**Caratteristiche statiche del sistema respiratorio**

## **VOLUMI POLMONARI nella BPCO**

**Due sono le caratteristiche più importanti della BPCO:**

- la riduzione del calibro bronchiale conseguente al rimodellamento**
- la riduzione della pressione elastica del polmone tipica dell'enfisema**

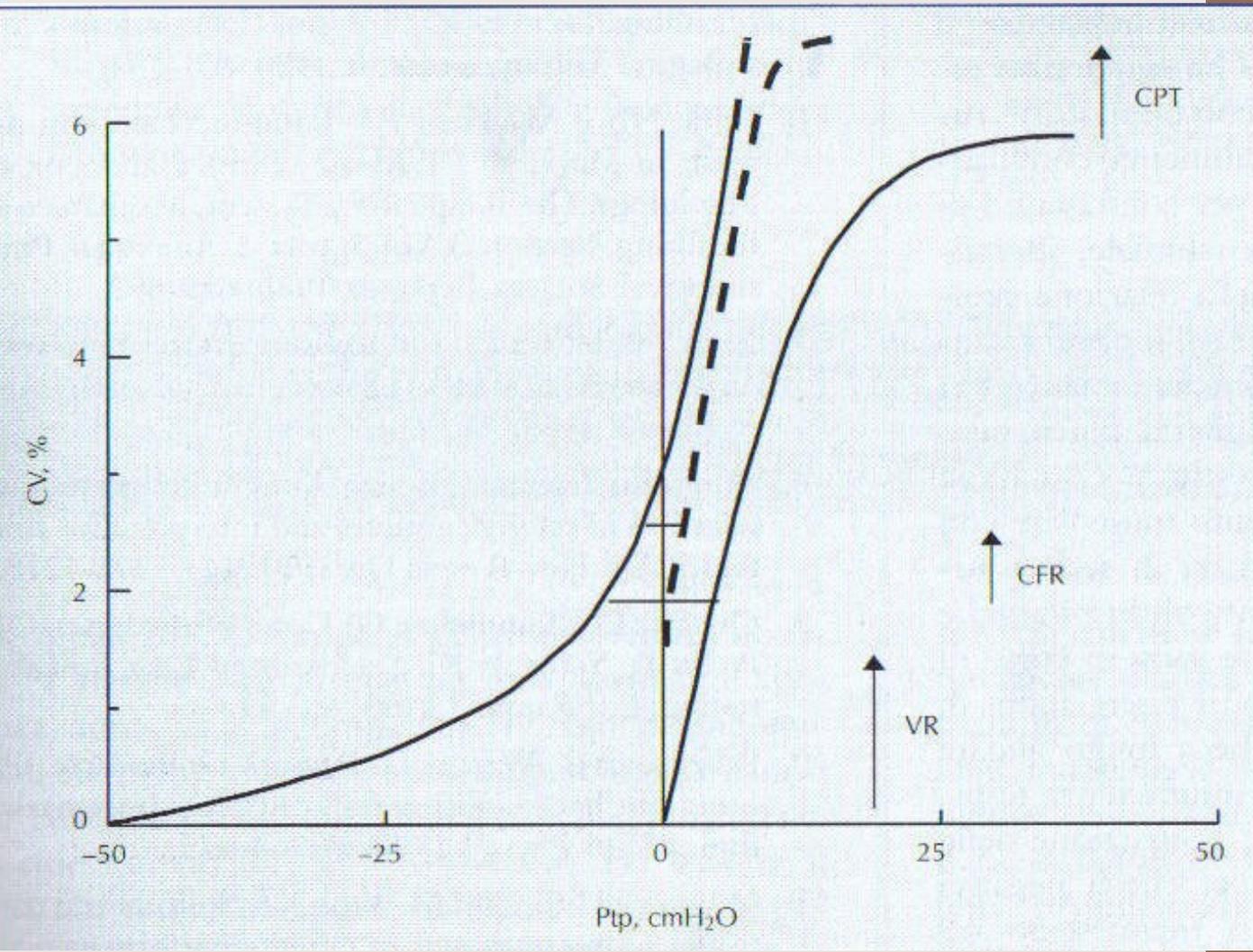
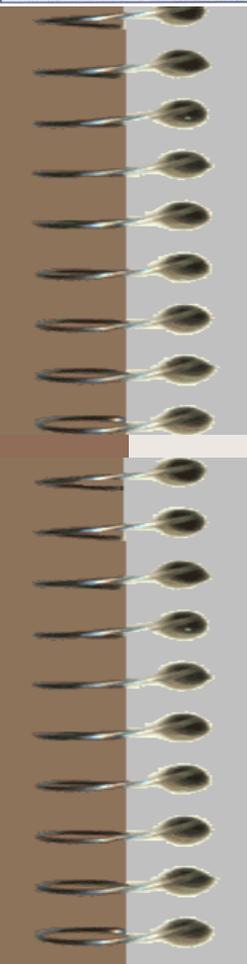
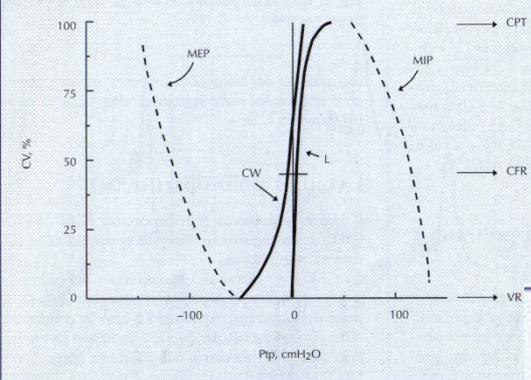
**Entrambe possono portare ad  $\uparrow$  dei volumi polmonari anche se con modalità differenti.**



## Misura della Compliance Polmonare

**A: normoelasticità**  
**1cm = 200mL**

**B: enfisema**  
**1cm = 500mL**



# Inquinamento

Inquinamento aria: è strage. Nel 2016 quasi 500.000 morti premature in Europa. E l'Italia è uno dei Paesi dove si muore di più.

## I nuovi dati dell'Agenzia europea per l'ambiente

***In tutto 498.100 le morti premature dovute all'esposizione a poveri sottili, biossido di azoto e ozono nei 41 Paesi europei compresi nello studio dell'Agenzia.***

***In Italia, in termini assoluti, si sono registrate 58.600 morti premature per polveri sottili, 14.600 per biossido di azoto e 3.000 a causa dell'ozono.***

***Poco incoraggianti anche i dati riguardanti gli anni di vita persi per 100.000 abitanti.***

***In particolare per il biossido di azoto nel nostro Paese gli anni di vita persi sono oltre il doppio rispetto alla media UE***

# IPERDISTENSIONE POLMONARE

## Meccanismi dinamici

Δ profilo respiratorio (respiro superficiale e corto)

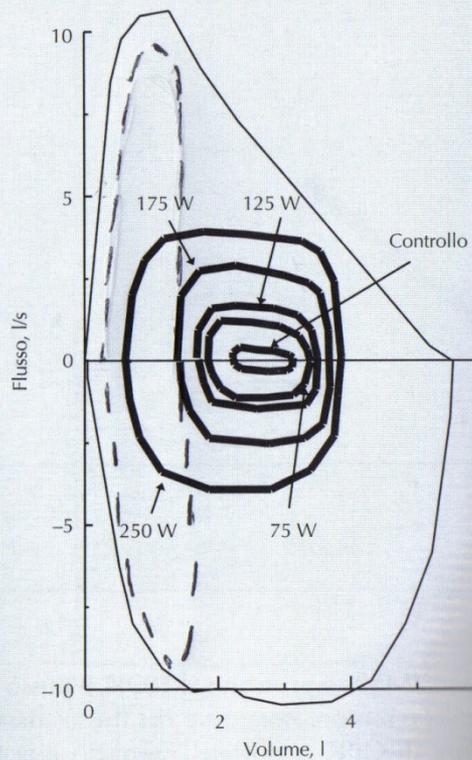
↑ tempo di svuotamento

Limitazione al flusso

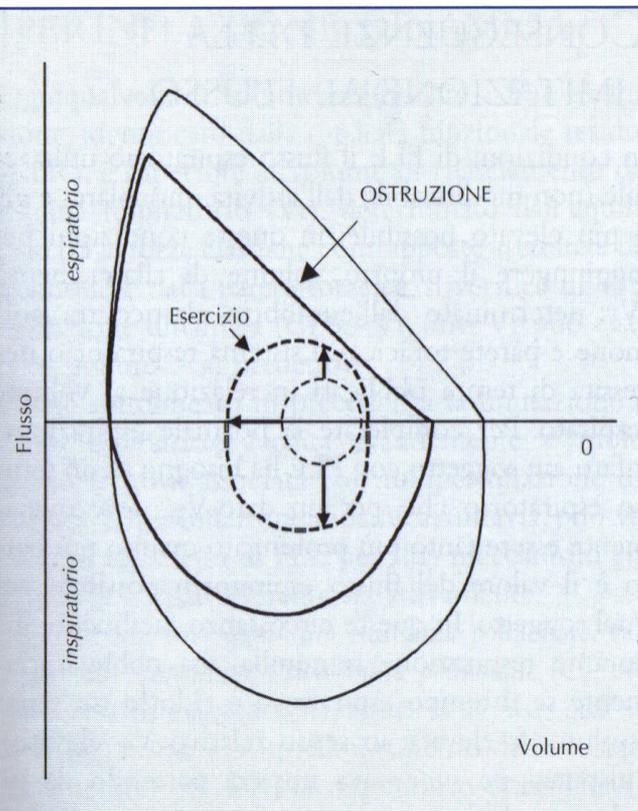
## Meccanismi statici

Qualsiasi spostamento a sx della curva P/V del polmone determina un ↑ del gas intrapolmonare

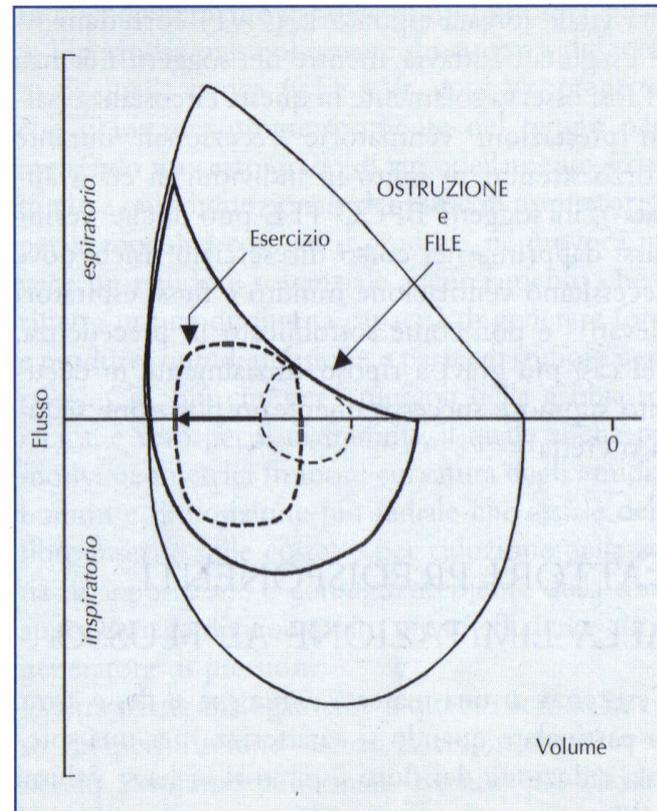
# Ventilazione durante esercizio incrementale



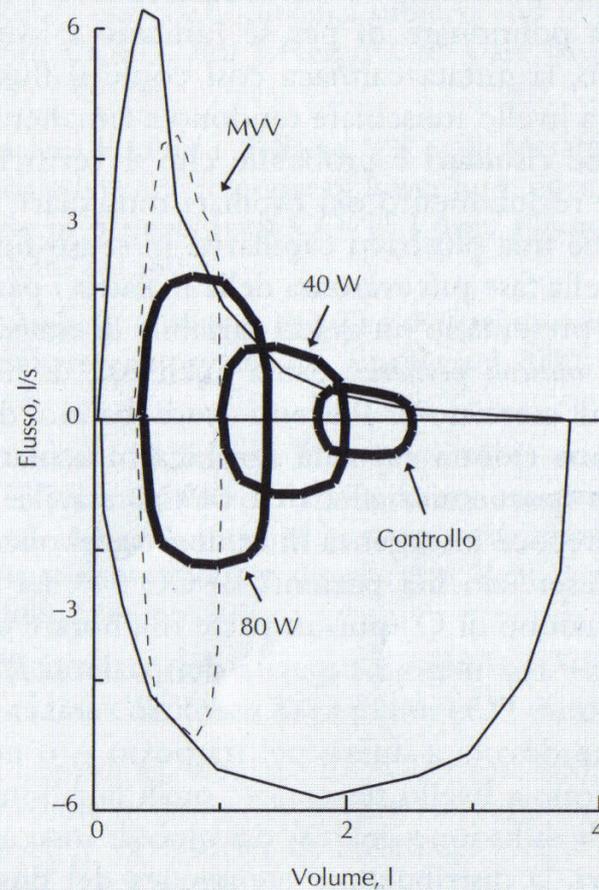
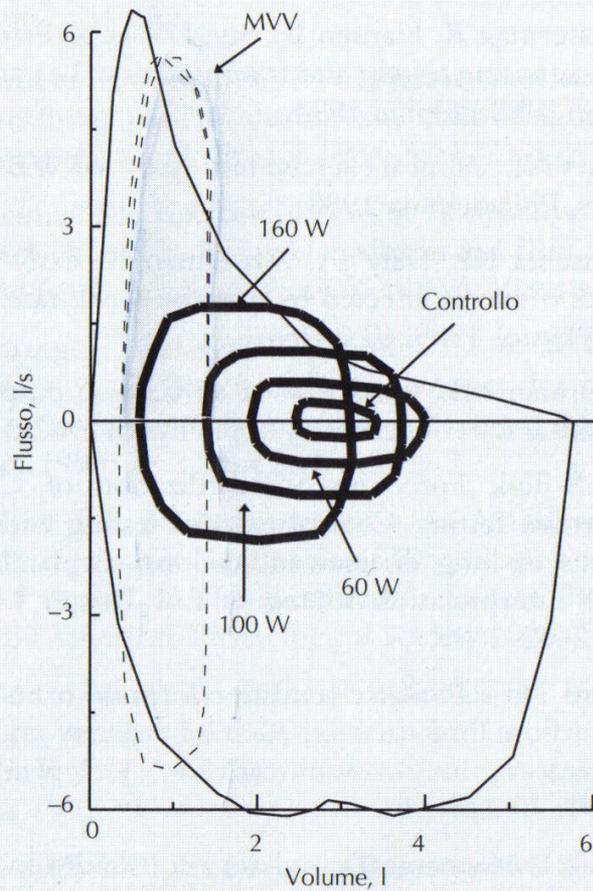
**Soggetti sani**



**Soggetti con ostruzione bronchiale**

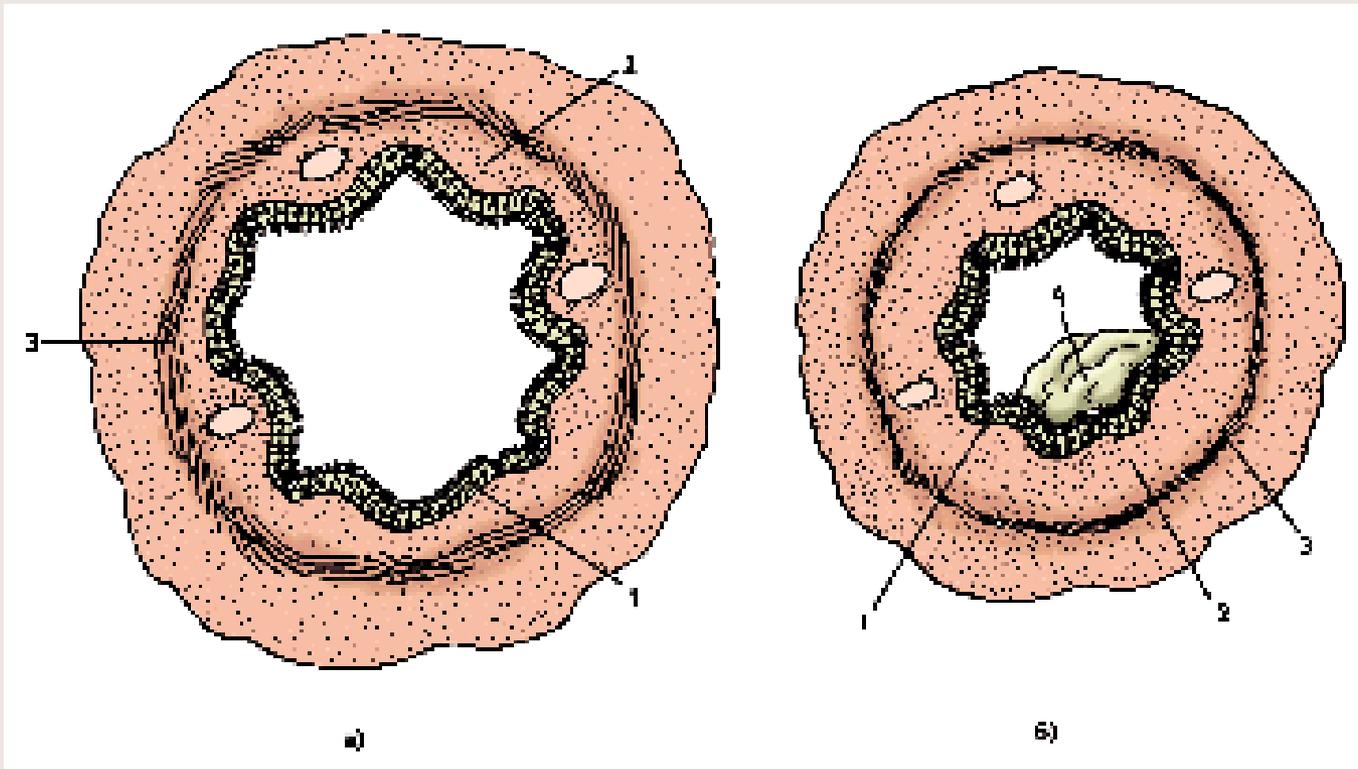
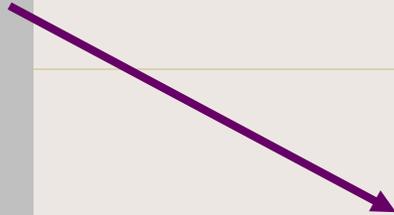


# Limitazione al flusso



Bronco normale  
infiammato

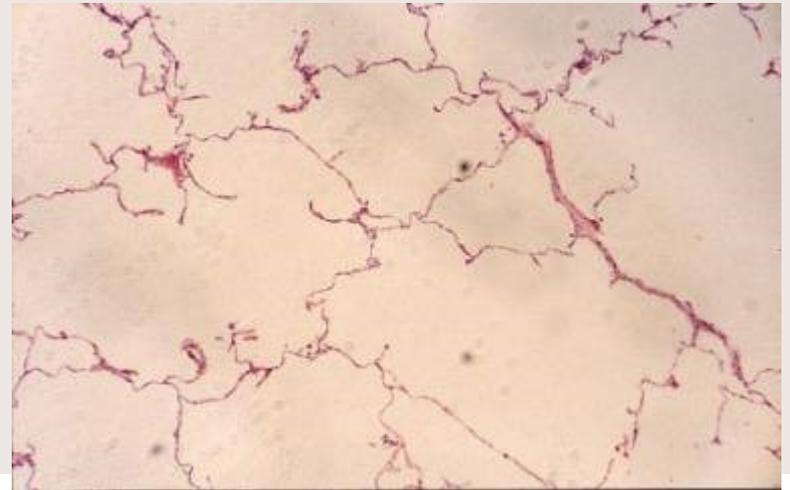
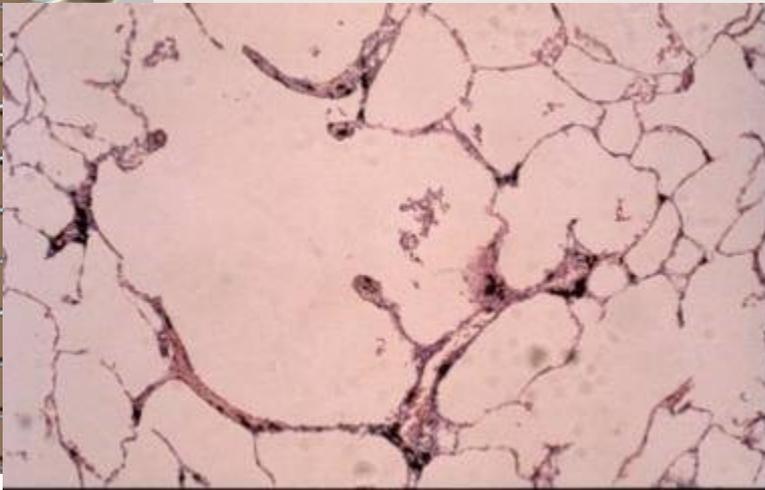
Bronco



# Componente Parenchimale della Limitazione al flusso



**Normale Parenchima Polmonare**



**Due tipi di Enfisema**

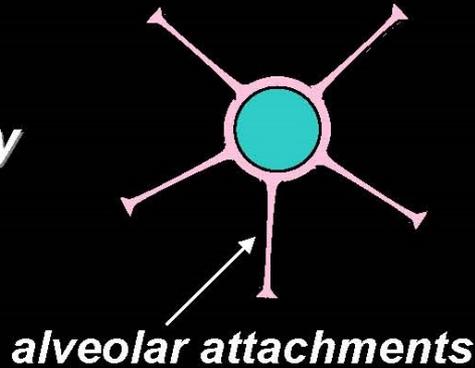
# AIR TRAPPING IN COPD

Normal

COPD

Inspiration

*small airway*

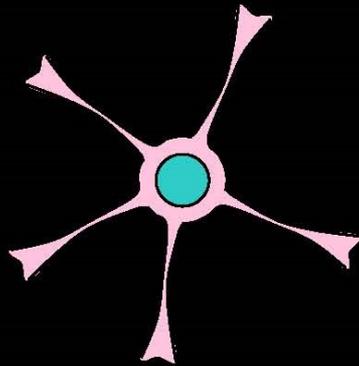


**Inflammation**



*loss of alveolar attachments  
loss of elasticity (emphysema)*

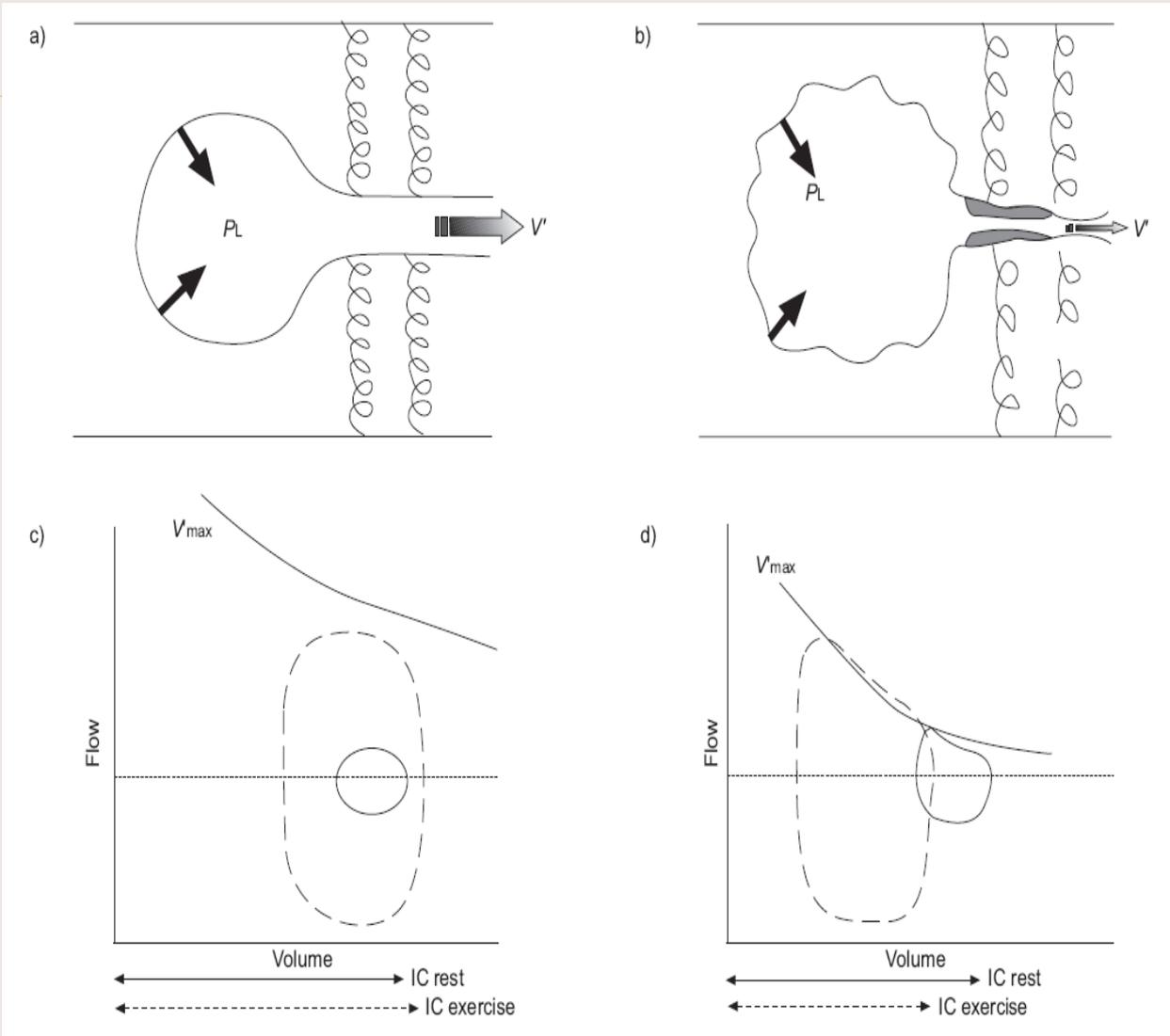
Expiration



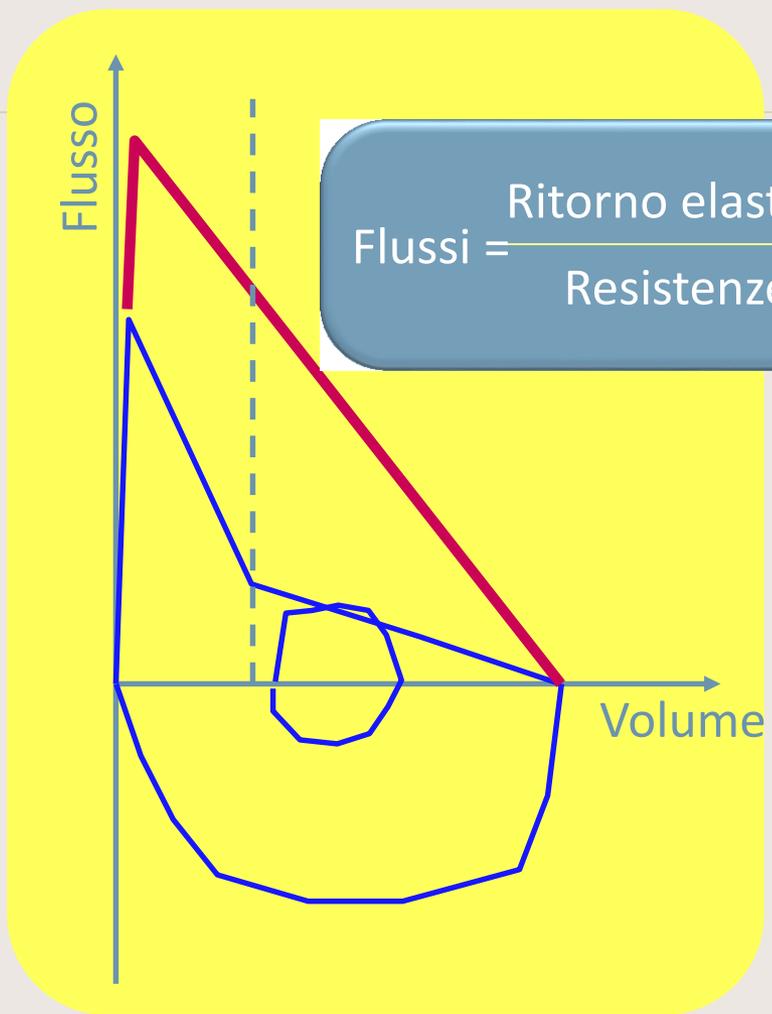
Professor Peter J. Barnes, MD  
National Heart and Lung Institute, London UK

# healthy

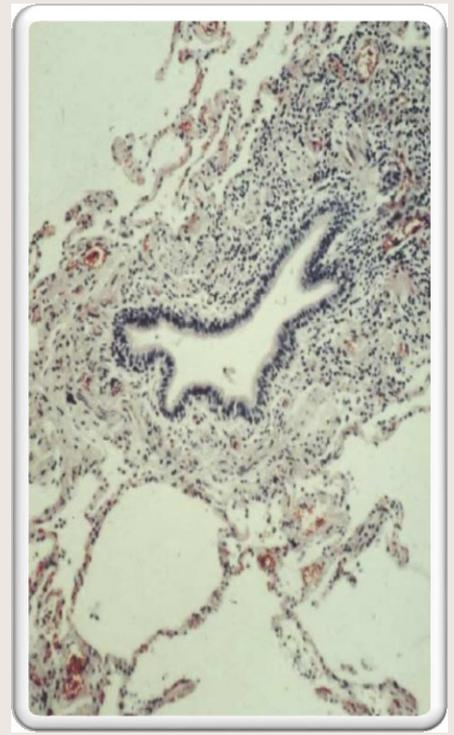
# COPD



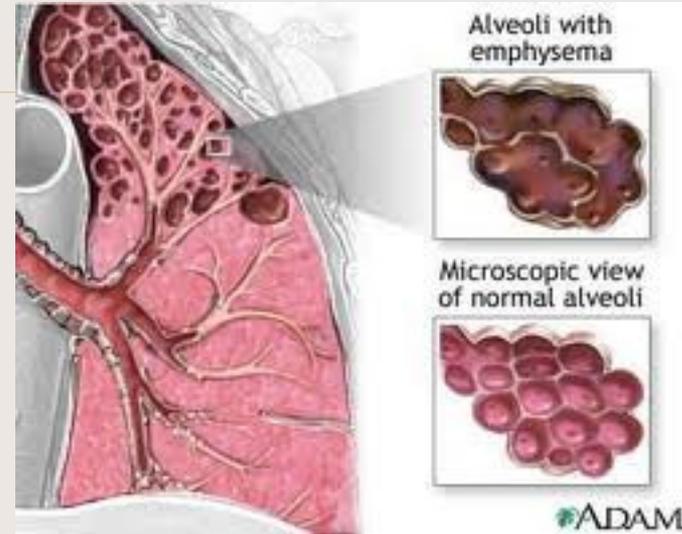
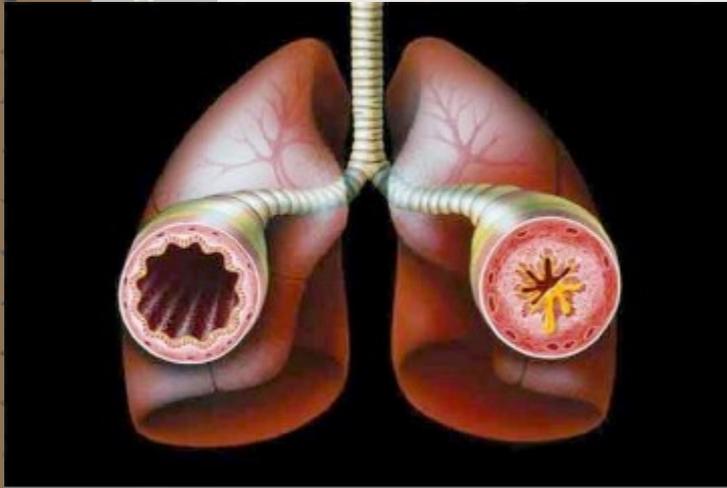
# La ridotta capacità di generare flusso



$$\text{Flussi} = \frac{\text{Ritorno elastico}}{\text{Resistenze}}$$



# Problematiche durante Esercizio



## Lavoro Toraco-Polmonare

Inadeguata Ventilazione per precoce raggiungimento dei limiti (richiesta > possibilità)

Inadeguato Scambio dei Gas (desaturazione di ossigeno durante esercizio)

# Global Strategy for Diagnosis, Management and Prevention of COPD

## Manage Stable COPD: Non-pharmacologic

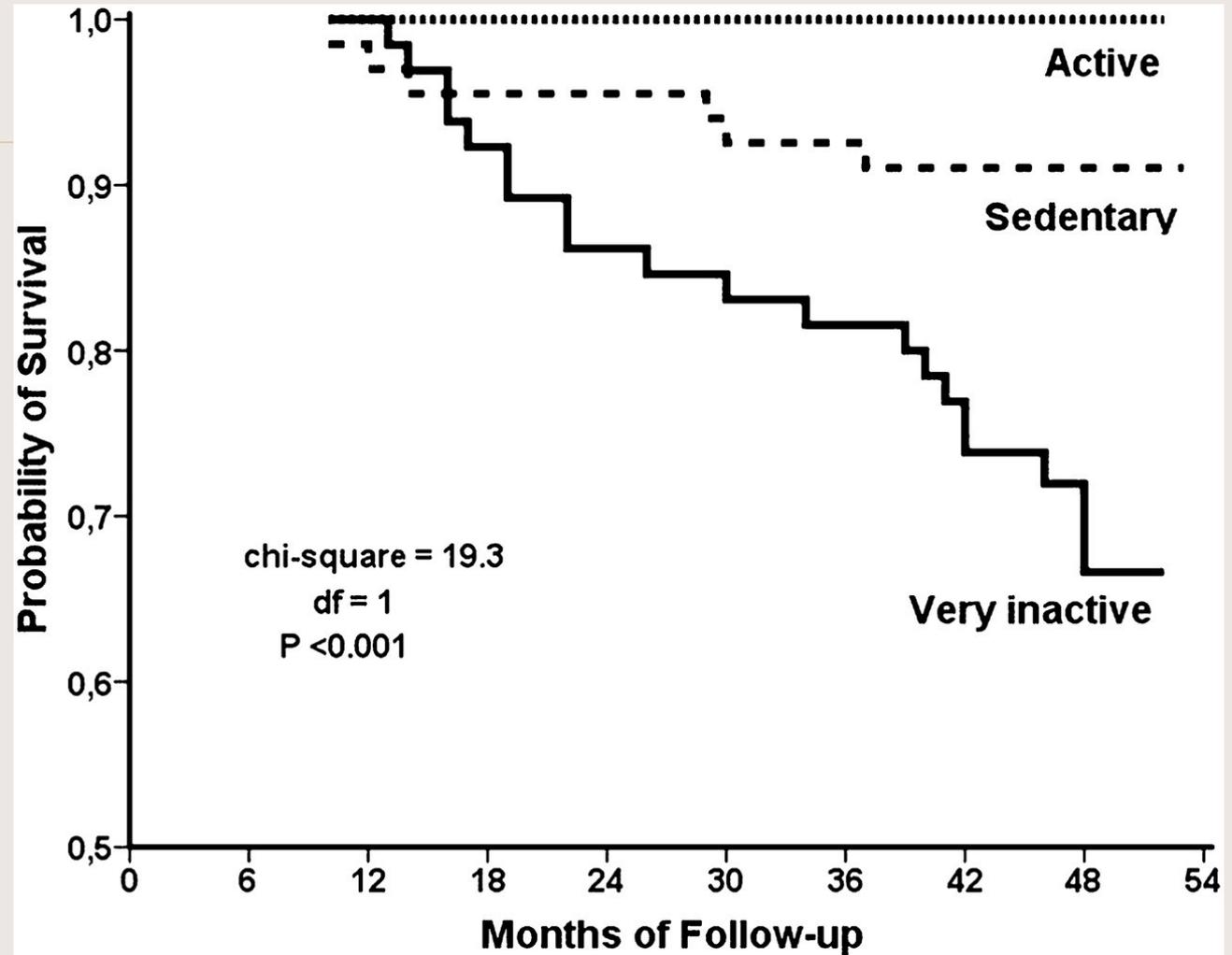
Patient Group	Essential	Recommended	Depending on local guidelines
A	Smoking cessation (can include pharmacologic treatment)	<u>Physical activity</u>	Flu vaccination Pneumococcal vaccination
B, C, D	Smoking cessation (can include pharmacologic treatment) Pulmonary rehabilitation	<u>Physical activity</u>	Flu vaccination Pneumococcal vaccination

# L'Attività Fisica è il più forte predittore di mortalità per tutte le cause nei pazienti BPCO

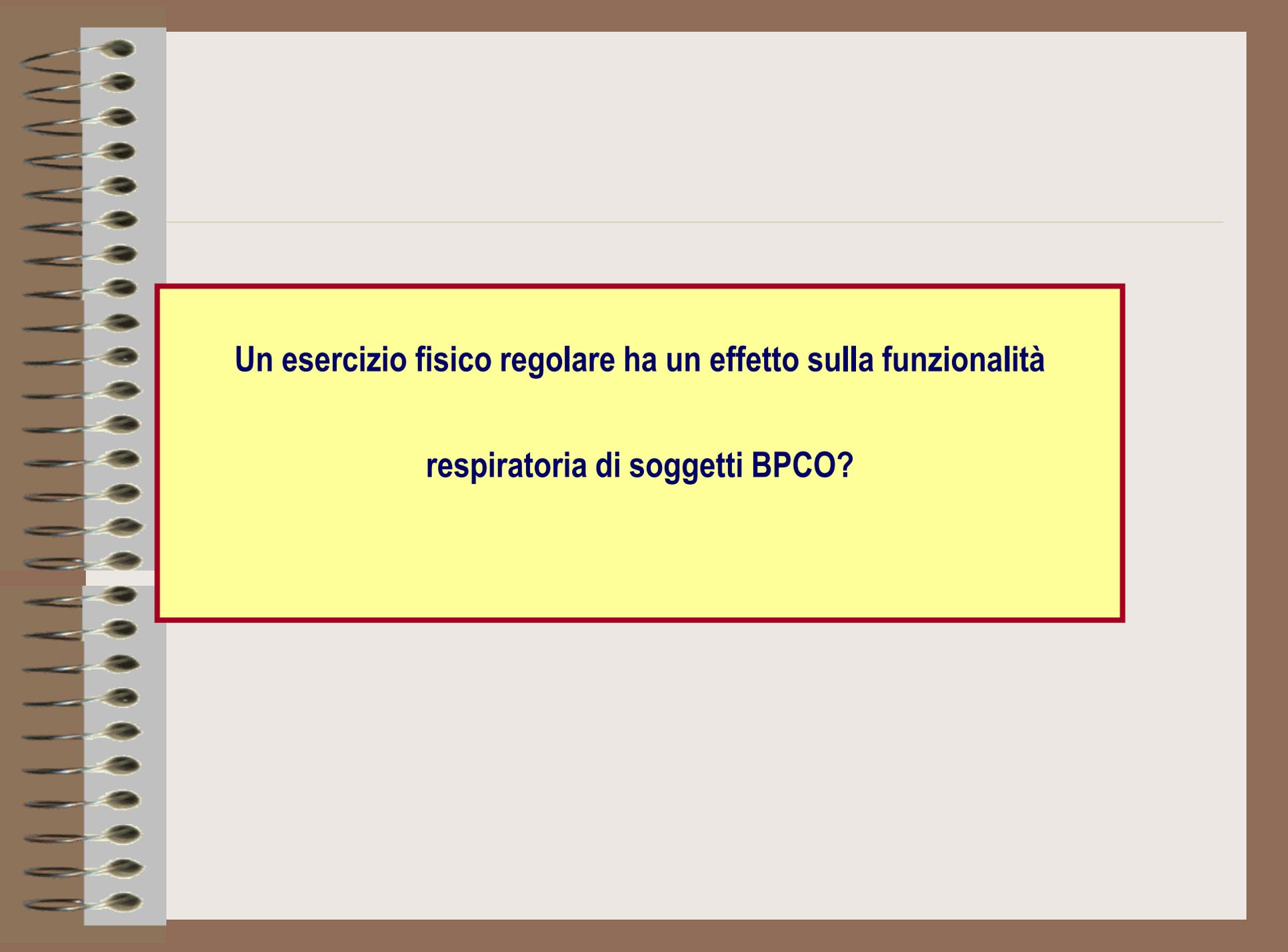
Waschki B et al. *Chest* 2011;140:331-342

aPAL of  $\geq 1.70$  = attivo  
1.40 -1.69 = sedentario  
< 1.40 = molto inattivo

Il livello di adiponectina e la funzionalità vascolare danno informazioni prognostiche indipendenti



Kaplan-Meier survival curves according to World Health Organization categories of physical activity level (PAL).

A spiral-bound notebook with a white cover and a silver metal spiral binding on the left side. The notebook is open to a blank white page. A yellow rectangular box with a red border is centered on the page, containing text.

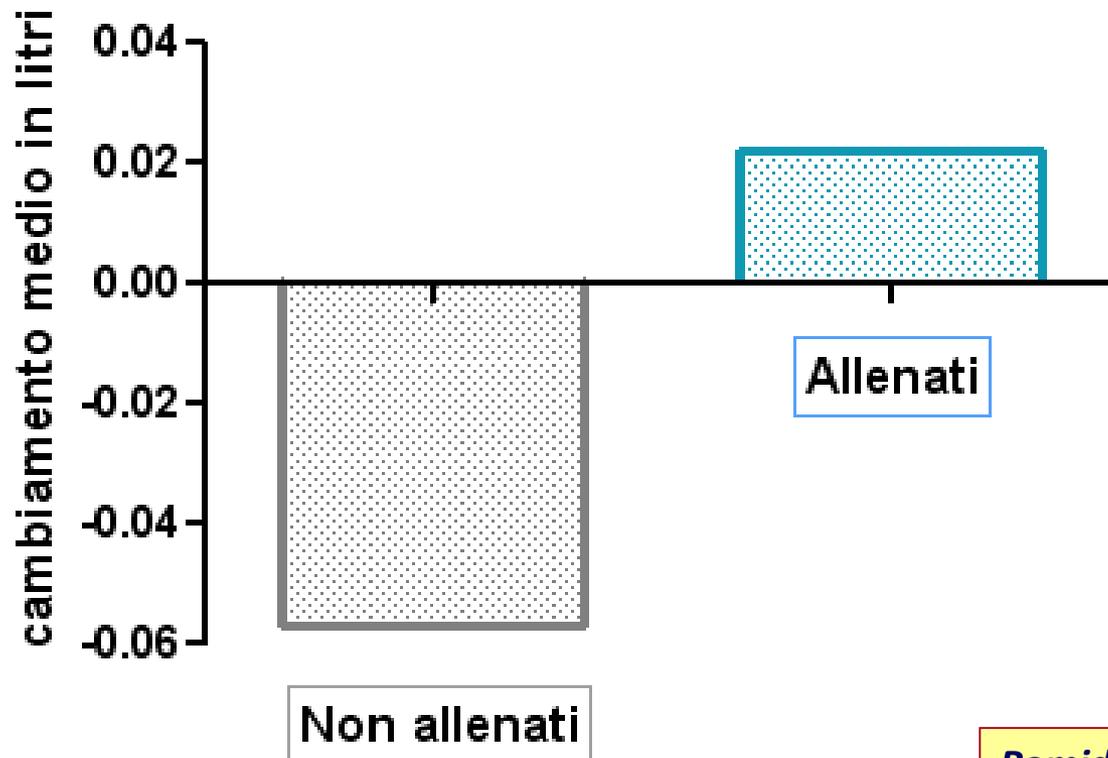
**Un esercizio fisico regolare ha un effetto sulla funzionalità  
respiratoria di soggetti BPCO?**

## Declino del VEMS in 1 anno in 68 soggetti con BPCO moderato/grave

42 allenati = partecipanti ad un programma di riallenamento all'esercizio 4-5 volte/settimana

26 non allenati = sedentari

### Declino medio annuale del VEMS



**TABLE 4**

**EFFECTS OF TRAINING ON BREATHING PATTERN AND GAS EXCHANGE EFFICIENCY FOR IDENTICAL LEVELS OF EXERCISE IN PATIENTS UNDERGOING TRAINING\***

	Incremental Test			Constant Work Rate Test		
	Before	After	% Change	Before	After	% Change
$\dot{V}_E$ , L/min	33 ± 10	30 ± 9	-10% <sup>†</sup>	32 ± 10	29 ± 8	-10% <sup>†</sup>
$V_T$ L	0.99 ± 0.30	1.10 ± 0.31	+11% <sup>‡</sup>	1.02 ± 0.28	1.13 ± 0.30	+8% <sup>§</sup>
f, breaths/min	33 ± 7	27 ± 6	-15% <sup>  </sup>	32 ± 7	26 ± 5	-19% <sup>  </sup>
$V_D/V_T$ <sup>¶</sup>	0.54 ± 0.07	0.47 ± 0.07	-13% <sup>‡</sup>	0.53 ± 0.07	0.46 ± 0.07	-13% <sup>‡</sup>

Definition of abbreviations:  $\dot{V}_E$  = ventilation;  $V_T$  = tidal volume; f = respiratory rate;  $V_D$  = dead space volume.

\* Values are mean ± 1 SD.

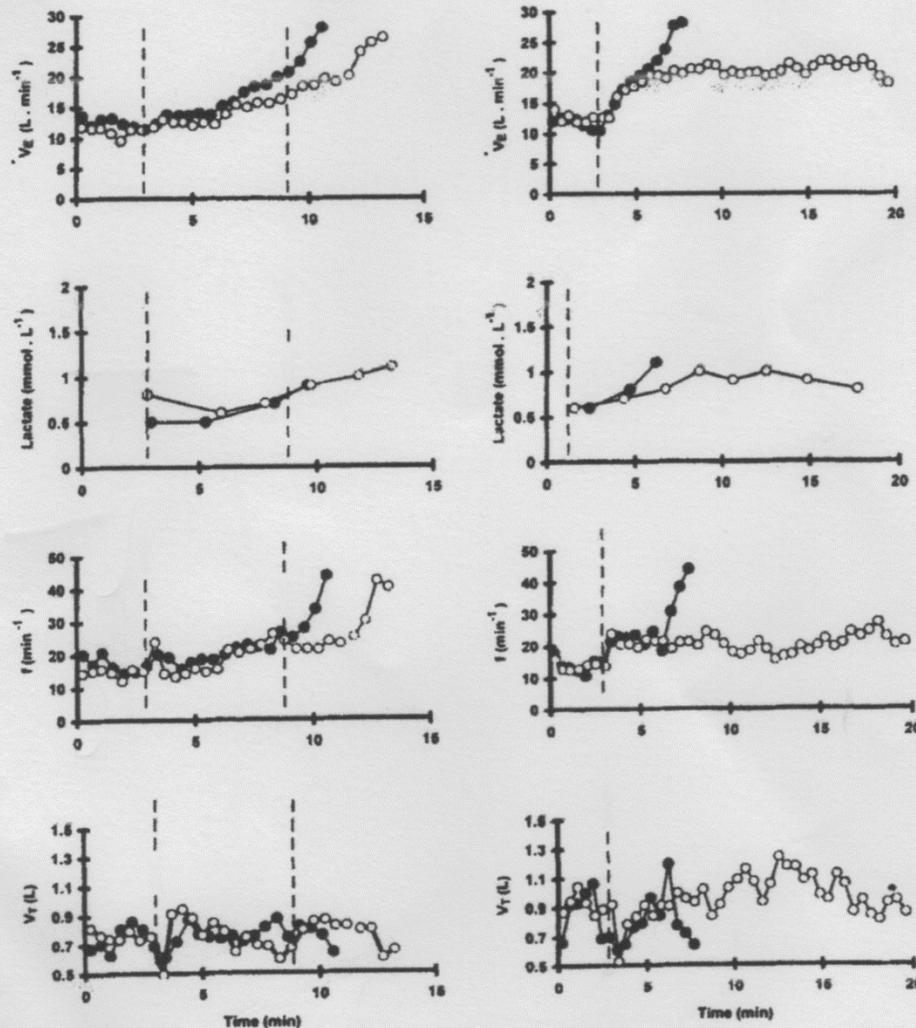
<sup>†</sup> Significantly different from pretraining response at p < 0.05.

<sup>‡</sup> Significantly different from pretraining response at p < 0.005.

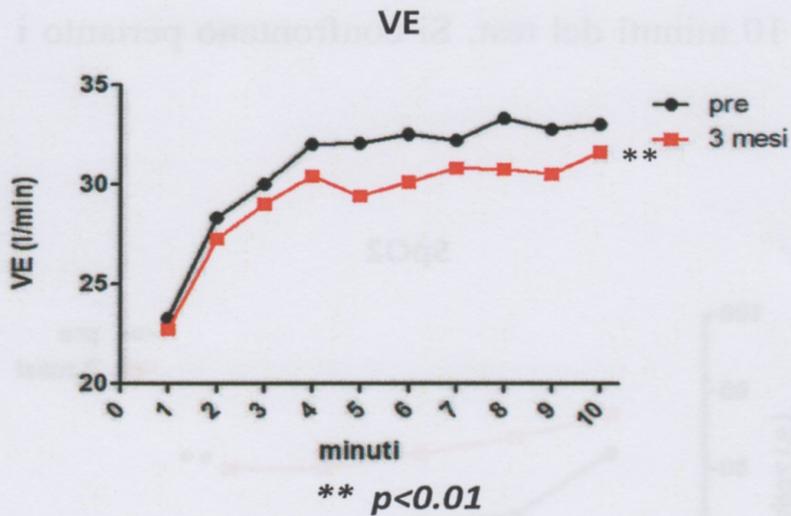
<sup>§</sup> Significantly different from pretraining response at p < 0.01.

<sup>||</sup> Significantly different from pretraining response at p < 0.001.

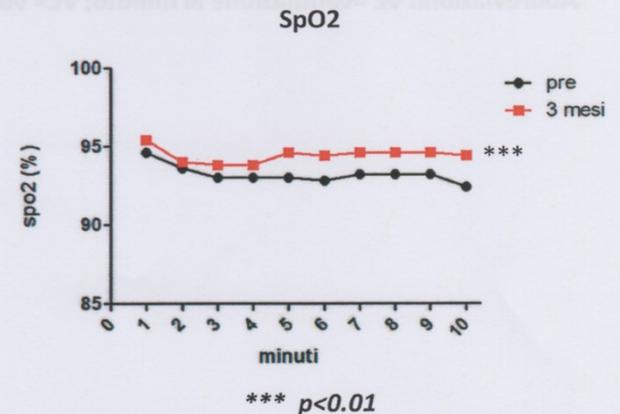
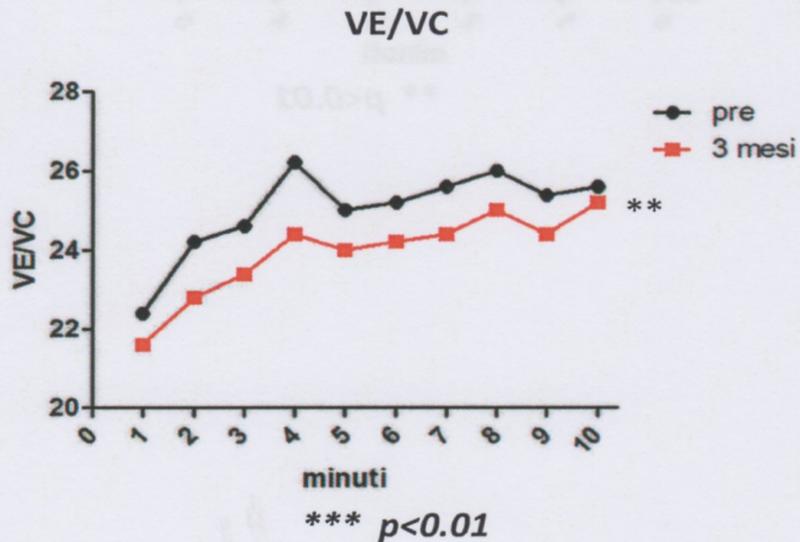
<sup>¶</sup> Calculated as  $1 - (k \dot{V}_{CO_2} / Pa_{CO_2} \dot{V}_E) - (V_{Dap} / V_T)$ , where k is a constant,  $Pa_{CO_2}$  is arterialized venous CO<sub>2</sub> partial pressure,  $\dot{V}_{CO_2}$  is CO<sub>2</sub> output, and  $V_{Dap}$  is the breathing apparatus dead space.



**Figure 3.** Physiologic responses to identical exercise tasks before (closed circles) and after (open circles) a pulmonary rehabilitation program featuring a rigorous exercise component in a 65-yr-old man with severe COPD ( $FEV_1 = 17\%$  predicted). (Left panels) Response to an incremental exercise protocol consisting of a 3-min rest followed by unloaded pedaling (3 min at 20 rpm, 1 min at 40 rpm, 1 min at 60 rpm) followed by a continuous 5-W/min increase in work rate. (Right panels) Response to a 3-min rest followed by a constant work rate of 5 W.  $\dot{V}_E$  = ventilation; Lactate = arterialized venous blood lactate; f = respiratory frequency;  $V_T$  = tidal volume. (See text.)



**Test endurance di 10' al 60% max.  
COPD prima e dopo 3 mesi di esercizio  
fisico regolare (camminata), almeno 30'  
x 4 volte/settimana con intensità  
regolata da metronomo.**



**We describe the case of an 86-year-old woman with advanced obstructive lung disease (forced expiratory volume in 1 s/forced vital capacity ratio (FEV<sub>1</sub>/FVC) = 34%) who remains capable of superior athletic performance.**

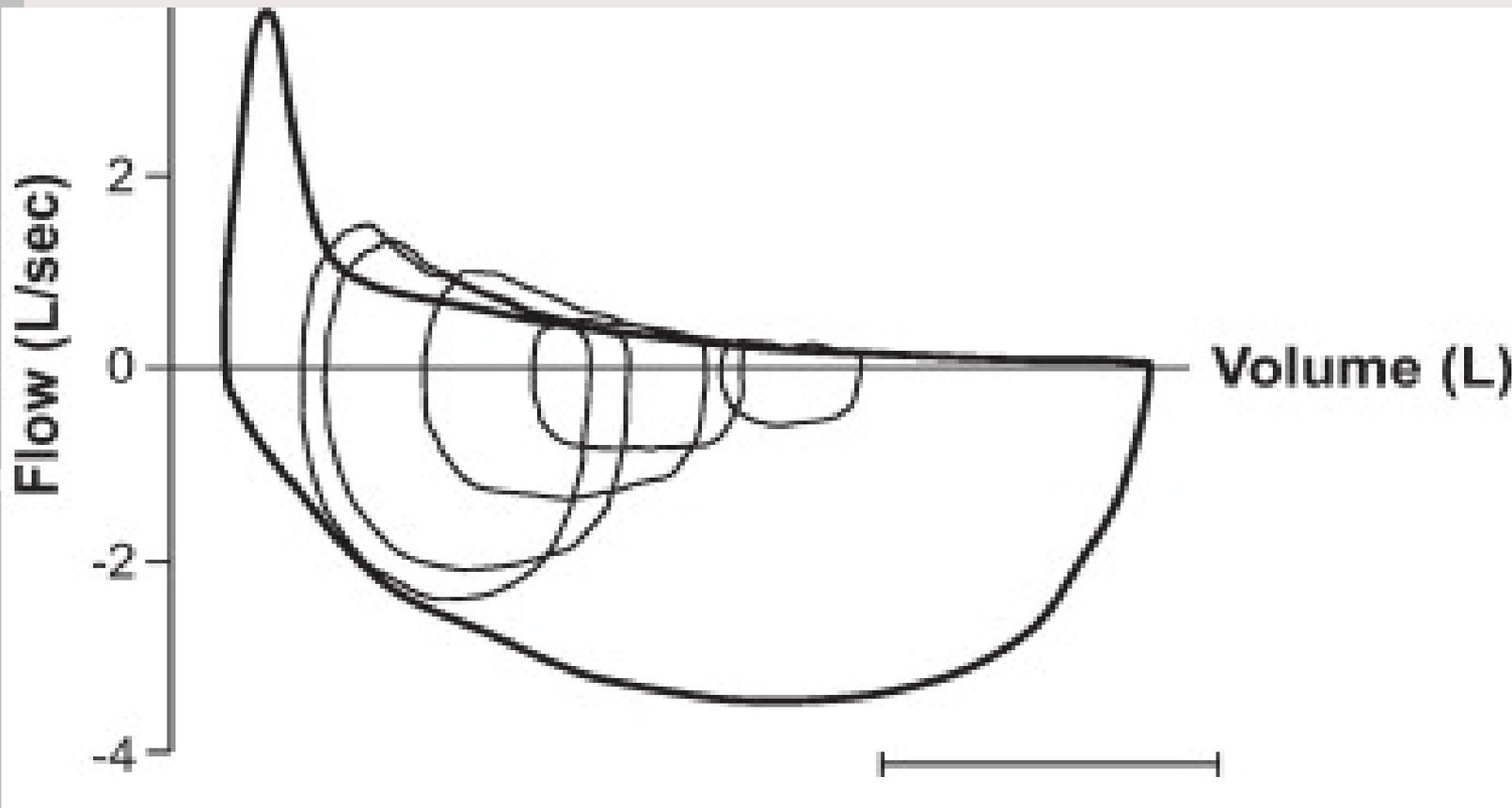
***Guenette et al Respir Physiol & Neurobiol 2012, 181, 2, 162–166***

**She continues at 86 years of age to exercise daily and regularly competes in age-group swimming and triathlon races at the national and international level.**

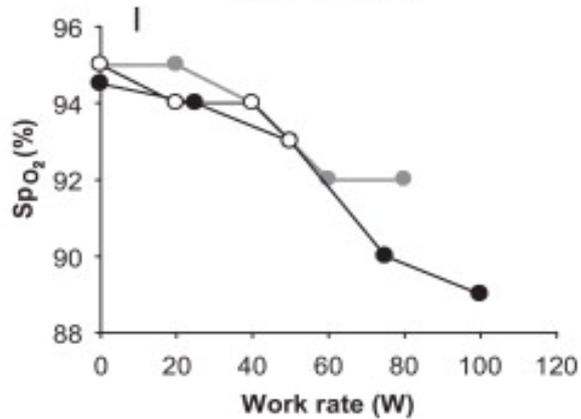
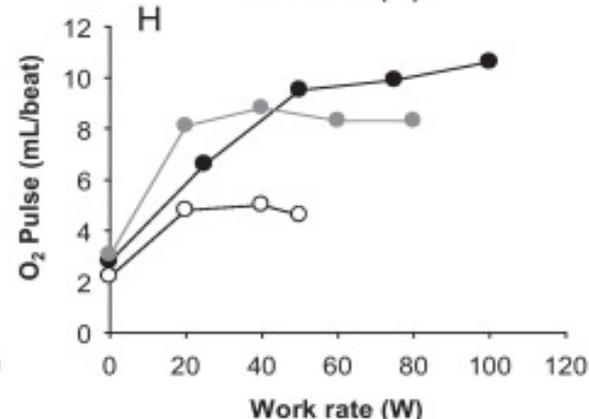
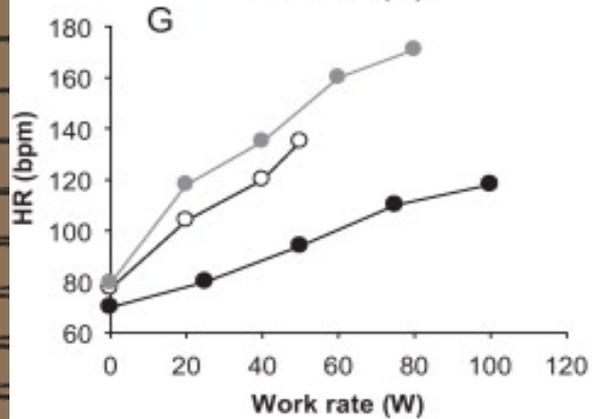
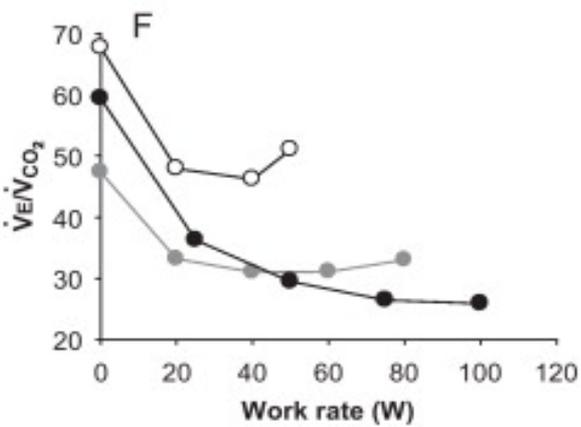
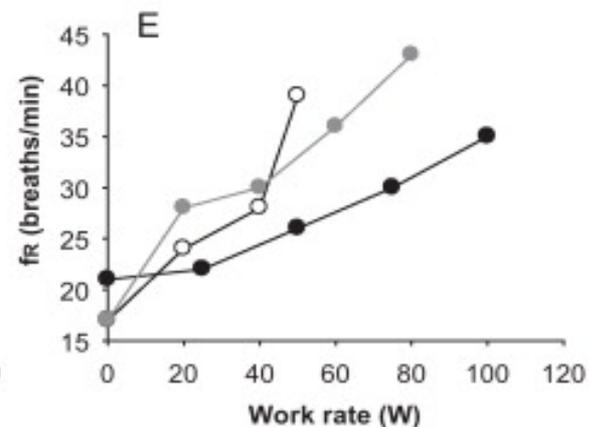
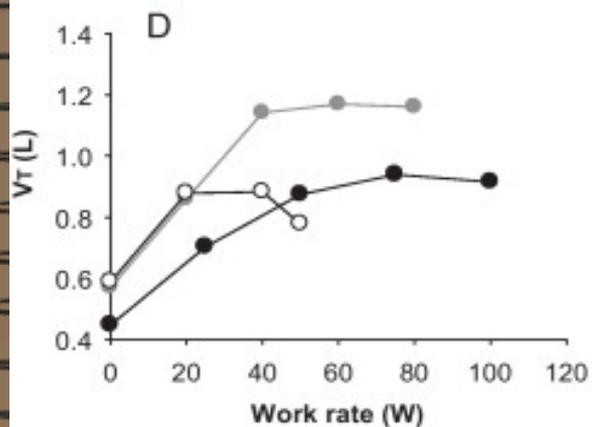
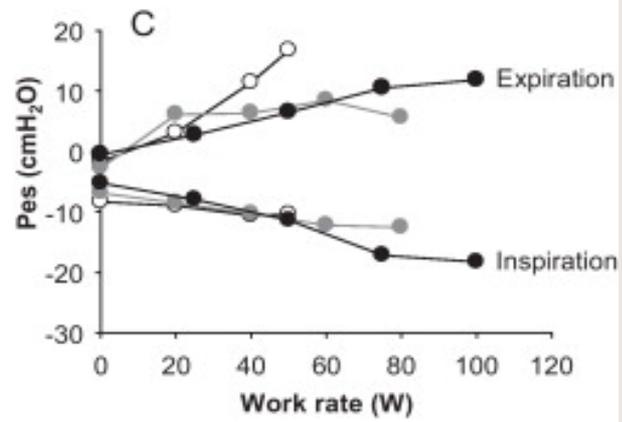
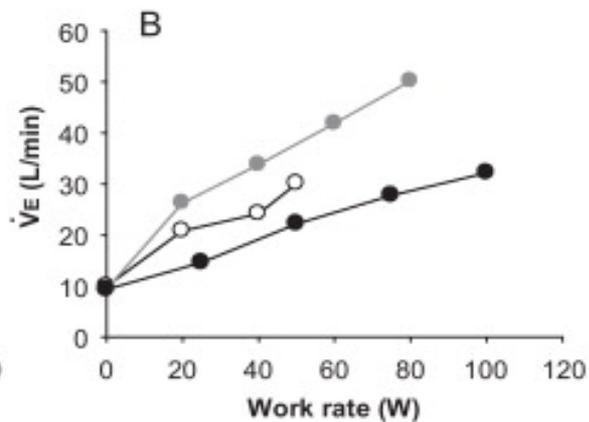
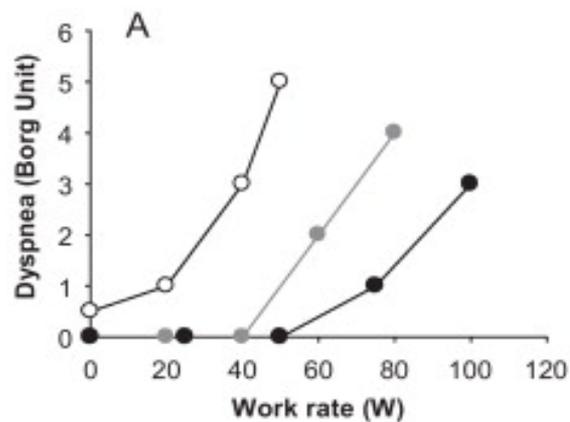
**She currently participates in swim training 6 days per week (70 min of water time per session) and will add cycling, kayaking and canoeing after her swim workouts in the summer months.**

- 
- ▶ **She experiences substantial mechanical ventilatory constraints during exercise.**
  - ▶ **She has superior athletic performance despite her severe ventilatory limitation.**
  - ▶ **Lifelong exercise training can counteract the negative effects of lung disease.**

Her current FEV1/FVC = 34%, FEV1 = 51% predicted; with an average rate of decline of approximately 40 ml/year over 12 years.



● Athlete with Chronic Airflow Limitation    ○ Sedentary COPD    ● Active Healthy



**Possible contributory factors to reduced dyspnea in our athletic patient that were considered include:**

- 1) reduced ventilatory requirements (and reduced central neural drive) for a given power output;**
- 2) breathing pattern alterations to optimize respiratory muscle function or reduce the work of breathing and;**
- 3) improved respiratory muscle performance. VE was reduced at a given work rate mainly as a result of reduced breathing frequency. This, in turn, likely reflects improved ventilatory efficiency ( $\downarrow$   $VE/VCO_2$  ).**

# Identificare la capacità individuale di svolgere esercizio e le possibili limitazioni all' esercizio

**Gold Standard**  
**Test da sforzo Cardio Respiratorio**  
**(CPET)**

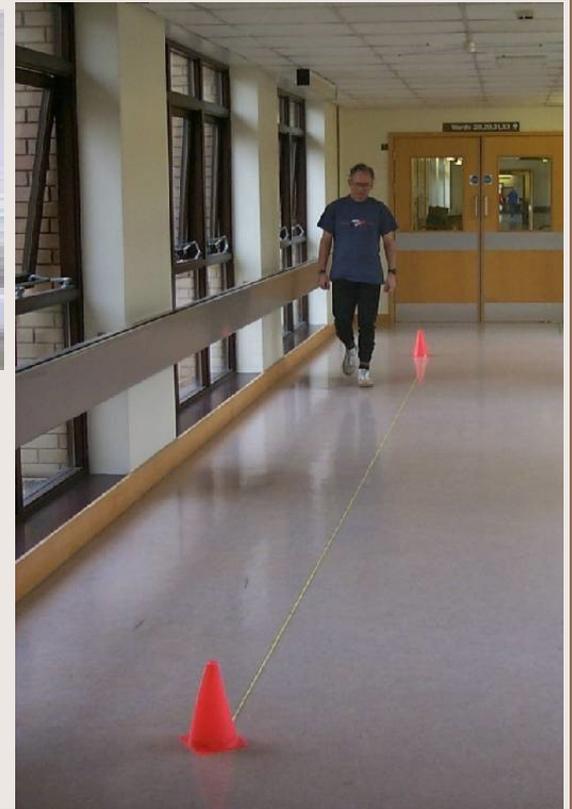
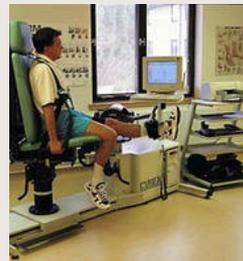
**Test da campo**

**•Parametri analizzati:**

- risposta ventilatoria (Spiropalm)
- FC
- SpO2
- Sintomi (Borg)

**•Misurazioni aggiuntive:**

- Forza



# Come disegnare un programma di riallenamento all'esercizio

- **Obiettivo = migliorare la "tolleranza all'esercizio"**
  - **Frequenza** da 3 a 5 x settimana,
  - **Minimo** 8 settimane
  - **Intensità** Moderata/Alta
  - **Tempo** 20' to 60' . sessione

L'alta intensità di solito definita in termini di frequenza cardiaca (>70% della max)

In soggetti anziani (65+) o in pazienti con malattie croniche, può essere usata la scala di BORG modificata (0-10):

Moderato 5-6/10, Intenso 7-8/10

Ai sensi della DGR dell'Emilia-Romagna n. 2127/2016, del 05/12/2016, **L'Attività Motoria Adattata è conseguente alla prescrizione dell'esercizio fisico e può avvenire:**



- in strutture non-sanitarie riconosciute come **“Palestre che promuovono salute e Attività Motoria Adattata”**;



- nelle palestre dei Servizi di Medicina dello Sport e Promozione dell'Attività fisica presenti in ogni AUSL della Regione;  
Strutture Ospedaliere



- in autonomia** da parte delle persone eleggibili e preventivamente valutate dal medico di medicina generale o dal medico specialista in medicina dello sport e dell'esercizio fisico, ovvero dallo specialista competente per la patologia principale in atto.