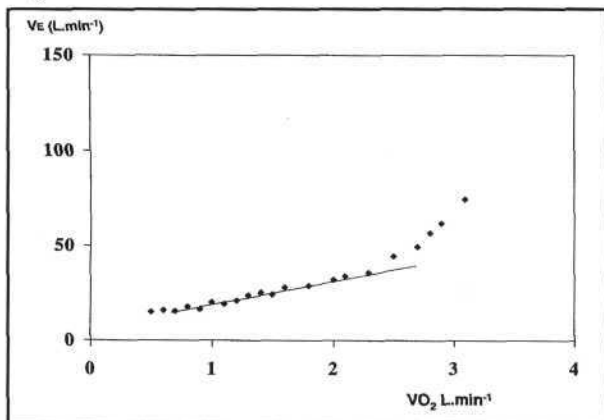


"Hoc hopus hic labor est". Così scriveva Virgilio nel I sec. a.C., sottintendendo che ciascun lavoro può essere eseguito con differente fatica. Il test da sforzo cardiorespiratorio (Cardiopulmonary Exercise Test = CPET) è un'adeguato strumento atto a valutare l'adeguatezza degli organi o sistemi implicati nella risposta all'esercizio fisico e della loro riserva funzionale, identificando quantitativamente e qualitativamente i meccanismi di eventuali limitazioni della tolleranza all'esercizio fisico.

Fisiologicamente l'esercizio fisico massimale è limitato dalla percezione di fatica muscolare ed in alcuni casi dalla dispnea. Questa è solitamente la conseguenza di una domanda di ossigeno da parte dei tessuti muscolari che eccede la fisiologica capacità di assorbimento dell'ossigeno attraverso la respirazione e di trasporto dell'ossigeno stesso.

È noto infatti che le principali sorgenti energetiche del tessuto muscolare durante l'esercizio sono di tipo aerobico (in sostanza l'ossigeno proveniente dall'aria respirata e da sorgenti endogene) e di tipo anaerobico (consumo delle riserve energetiche intramuscolari con produzione di acido lattico). La cosiddetta soglia anaerobica (AT - anaerobic threshold) riflette pertanto il carico di lavoro al quale, la sola sorgente esogena di ossigeno (proveniente dalla respirazione) non è in grado di sostenere l'aumentata richiesta di ossigeno da parte del tessuto muscolare. Sarebbe sufficiente pertanto misurare continuamente la produzione di acido lattico nel sangue durante lo sforzo per definire esattamente il livello della soglia AT; questo normalmente non viene fatto e pertanto la soglia anaerobica viene calcolata indirettamente, seppure con minore precisione, attraverso la misurazione dei gas espirati duran-

Figura 1



TEST DA SFORZO CARDIORESPIRATORIO

L. Bianchi

Fondazione S. Maugeri,
Centro Medico di Gussago (BS)

te lo sforzo. Nel soggetto normale la ventilazione (VE) cresce linearmente con l'aumentare del carico di lavoro fino a circa il 50-60% del carico massimo; al di sopra di questo livello la VE cresce in modo esponenziale per rispondere all'aumentata produzione di CO₂ quale conseguenza della glicolisi anaerobica (v. fig. 1).

Anche il consumo di O₂ (VO₂) aumenta linearmente con l'esecuzione dello sforzo, pertanto è possibile stabilire in modo sufficientemente preciso il livello della soglia AT mettendo in relazione il consumo di O₂ e la produzione di CO₂ (v. fig. 2). Una stima della soglia AT in

modo indiretto è utile nell'identificare e valutare la presenza di eventuali patologie cardiache o respiratorie. Nel soggetto sano si evidenzia la soglia AT a valori solitamente compresi tra il 50 ed il 70% del massimo carico di lavoro corrispondente al massimo consumo di O₂. In presenza di malattie cardiache si assiste tipicamente ad un abbassamento della soglia AT,

mentre pazienti affetti da patologie respiratorie nelle quali la limitazione principale allo sforzo è data dall'incapacità di aumentare progressivamente la ventilazione (come per es. nella Broncopneumopatia cronica ostruttiva), possono non essere in grado di sopportare un carico di lavoro sufficiente a raggiungere la soglia anaerobica. Ancora, in soggetti affetti da patologia polmonare, la cessione di ossigeno può essere limitata dai polmoni piuttosto che dalla gittata cardiaca. Il condizionamento fisico quale può verificarsi in soggetti sedentari si accompagna tipicamente ad un abbassamento della soglia AT a livelli solitamente inferiori al 50% senza l'indicazione di evidenti patologie cardiache o respiratorie. L'esercizio fisico aerobico, pertanto, migliora la resa cardiaca e la cessione di ossigeno ai tessuti,

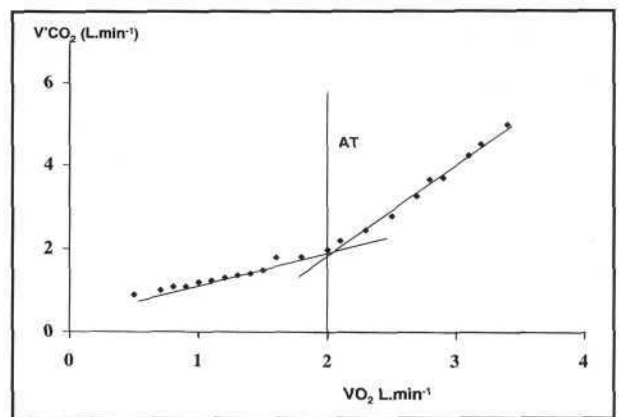


Figura 2

determinando un innalzamento della soglia AT, cioè un ritardo della soglia fino a livelli più alti di carico lavorativo. La misurazione della soglia AT è importante pertanto anche per selezionare il livello di allenamento più idoneo; i massimi risultati di un allenamento all'esercizio fisico sembrano verificarsi a carichi di lavoro immediatamente al di sotto della soglia anaerobica.

Monitoraggio e sicurezza. Oltre alla misurazione dei gas espirati, il monitoraggio continuo dell'elettrocardiogramma (ECG), preferibilmente a 12 derivazioni (6 principali e 6 precordiali), e continuo o intermittente della pressione arteriosa durante il test, si rende necessario come complemento alla identificazione e comprensione di eventuali fattori limitanti lo sforzo, ma soprattutto per un sicuro svolgimento della prova stessa. Nella Tabella I sono elencate le controindicazioni assolute e relative all'esecuzione della prova da sforzo cardiorespiratoria.

Tabella I - Controindicazioni all'esecuzione del test da sforzo cardiorespiratorio

ASSOLUTE	RELATIVE
• Infarto miocardico acuto (3-5 gg)	• Coronaropatie croniche
• Angina instabile	• Stenosi valvolari moderate
• Aritmie	• Alterazioni elettrolitiche
• Endocarditi	• Ipertensione arteriosa (PAS>200-PAD>120)
• Miocarditi e/o pericarditi acute	• Ipertensione polmonare significativa
• Stenosi aortica severa	• Tachi-bradiaritmie
• Scompenso cardiaco instabile	• Cardiomiopatia ipertrofica
• Embolia o infartopolmonare	• BAV
• Tromboflebiti arti	• Paziente non collaborante
• Infezioni croniche	

Tabella II - Criteri di sospensione del test da sforzo cardiorespiratorio

Sono criteri assoluti di sospensione del test ergometrico:

- Raggiungimento dell'esaurimento muscolare
- Dispnea importante o iperventilazione sproporzionata rispetto al carico
- Raggiungimento dell'FC max predetta ed il suo mantenimento per 1 minuto
- Raggiungimento del carico previsto
- Alterazioni ECG a significato ischemico o peggioramento di quelle già esistenti
- Aritmie gravi (per es. tachicardia sopraventricolare eccessiva, superiore alla max FC predetta: 210-età, e tachicardia ventricolare)
- Blocchi di conduzione atrio-ventricolari (BAV) 2° e 3° indotto dall'esercizio
- Blocchi di branca destra o sinistra indotti dallo sforzo
- Desaturazione ossiemoglobinica importante (< 85% di SaO₂ o PaO₂ < a 55 mmHg)
- Caduta della PA a livelli inferiori al basale o di ca 20 mm Hg rispetto allo step precedente
- Disturbi vari: dolore toracico (anche senza alteraz. ECG), nausea, vomito, vertigini, sudorazione, oscuramento della vista.

Sono criteri relativi di sospensione del test:

- Frequenti battiti ventricolari polimorfi
- Ipertensione arteriosa (Sist >250 mmHg e diast. >130 mm Hg)

Tabella III. Indicazioni all'esecuzione del test da sforzo cardiorespiratorio

Finalità diagnostiche:

- valutazione del grado di disabilità
- diagnosi precoce
- precisazione diagnostica

Finalità terapeutiche: valutazione dell'efficacia di:

- farmaci
- ossigenoterapia
- terapia nutrizionale

Finalità riabilitative:

- precisare i criteri di impostazione e gli effetti di un programma riabilitativo

Altre finalità:

- valutazione pre-operatoria del rischio chirurgico
- valutazioni medico-legali e pensionistiche
- ricerca

Una corretta valutazione della risposta individuale allo sforzo, non può prescindere da una valutazione eseguita in modo intermittente ed impiegando la scala di Borg. Infine il personale coinvolto nella procedura di CPET deve essere informato sui segni e sintomi che richiedono la sospensione del test come riassunto nella tabella II.

Protocolli applicativi. In particolare, in ambito pneumologico è ampiamente utilizzato per:

- a) l'ampio potenziale di applicazione clinica (numerose indicazioni),
- b) per le caratteristiche di non invasività e facilità di esecuzione ed infine
- c) per la possibilità di ottenere informazioni che non potrebbero essere ottenute altrimenti con le metodiche diagnostiche convenzionali eseguite a riposo.

Nella tabella seguente (Tabella III) sono elencate le principali indicazioni all'esecuzione della prova da sforzo cardiorespiratoria.

Esistono principalmente due modalità di esecuzione del CPET: su tappeto (treadmill) e su cicloergometro.

Mentre la prima modalità possiede il vantaggio di riprodurre situazioni svolte quotidianamente dal paziente (camminare in piano o in salita), la seconda è di più facile esecuzione e standardizzazione e viene consigliata per la valutazione funzionale di laboratorio; essa consente infatti una corretta identificazione del carico di lavoro imposto.

Un'esecuzione in maggior sicurezza e con miglior adattamento per il soggetto oltre che minori artefatti legati al movimento degli arti superiori e del tronco sul dato saturimetrico e sul tracciato elettrocardiografico.

Sono disponibili un'ampia varietà di protocolli di esecuzione del CPET, ciascuno più o meno utile nel rispondere alle diverse situazioni cliniche o a specifici quesiti diagnostici.

Tuttavia, i protocolli di esecuzione del CPET più importanti sono il test di tipo incrementale (o scalare) e il test a carico di lavoro costante (test rettangolare o di endurance).

Il protocollo incrementale prevede l'incremento del carico di lavoro a step di 10 o 25 watts ogni 1/3 minuti fino ad esaurimento del paziente (test limitato dai sintomi), fino a raggiungimento della massima frequenza cardiaca predetta (test massimale) o fino ad insor-

genza di segni o sintomi tali da consigliare la sospensione del test.

Il protocollo a carico costante (test rettangolare) consente di meglio valutare una eventuale desaturazione da sforzo, la necessità di supplemento di

ossigeno e la quantità di ossigeno durante un carico di lavoro che simula il livello di attività quotidiana.

Nella tabella seguente (Tabella IV) è schematizzata a guisa di *check list* la procedura di esecuzione del test

da sforzo cardiorespiratorio.

Tabella IV. Procedura di esecuzione del test da sforzo cardiorespiratorio

1. Verifica indicazione al test ed esistenza di controindicazioni
2. Spiegazione del test al paziente e firma del modulo di consenso informato
3. Spiegazione della scala di Borg
4. (calibrazione analizzatore gas espirati)
5. Collegare il paziente alla strumentazione
6. Stampa ECG
7. Controllo della saturazione ossiemoglobinica (eventuale esecuzione del test in O₂)
8. Esecuzione del test incrementale 10 W ogni minuto preceduto da 2 minuti di riscaldamento a 20W, se non richiesto altro protocollo specifico (test rettangolare o altro tipo di test incrementale)
9. Sospensione del test al massimo carico tollerato dal paziente (test limitato dai sintomi), a raggiungimento della max frequenza cardiaca o per insorgenza di complicazioni (vedi sopra)
10. Monitoraggio FC, ECG, SpO₂, (gas espirati) per 4-6 minuti dalla sospensione del test o comunque fino a regressione completa di segni e sintomi che hanno reso necessaria la sospensione prematura del test
11. (Calcolo della soglia anaerobica)
12. Revisione e stampa del test (ECG e parametri metabolici indiretti)
13. Fare due copie del test e della documentazione
14. Allegare una copia refertata del test in cartella
15. Prescrizione carico di allenamento per la palestra o aggiornamento della cartella del programma riabilitativo



Figura 3. *Strumentazione per l'esecuzione del test da sforzo cardiorespiratorio: cicloergometro con freno elettrico, monitor ECG, sfigmomanometro, pulsossimetro, fonendoscopio; opzionale: analizzatore di gas espirati per calcolo della soglia anaerobica. Dotazione di laboratorio: sorgente di O₂; defibrillatore elettrico; strumentazione per intubazione ET di emergenza.*