

PNEUMOLOGIA PEDIATRICA

PROVE DI FUNZIONALITÀ RESPIRATORIA

La valutazione della funzionalità respiratoria
nel bambino non collaborante

La misura della funzionalità respiratoria
in età prescolare

La spirometria nel bambino collaborante

La valutazione dei Volumi Polmonari Statici
nella Patologia Respiratoria e nelle patologie
extra-polmonari

La diffusione alveolo-capillare in età pediatrica
I test di iperreattività bronchiale

Le prove da sforzo in età pediatrica

Pulsiossimetria ed emogasanalisi:
la base della fisiopatologia respiratoria

Rinomanometria in età pediatrica
e studio della funzione nasale

La misura dell'ossido nitrico espirato:
applicazioni cliniche

Un articolo "patchwork":
cosa dovrebbero leggere i pediatri



INDICE

Editoriale

Editorial

Renato Cutrera, Giancarlo Tancredi, Stefania La Grutta

La valutazione della funzionalità respiratoria nel bambino non collaborante

Lung function tests in uncooperative children

Ferdinando Savignoni, Francesca Landolfo, Claudia Columbo, Flaminia Calzolari, Andrea Dotta

La misura della funzionalità respiratoria in età prescolare

Lung Function Tests in preschool children

Grazia Fenu, Claudia Calogero, Alfredo Boccaccino, Enrico Lombardi

La spirometria nel bambino collaborante

Spirometry in cooperating children

Stefania La Grutta, Giuliana Ferrante

La valutazione dei Volumi Polmonari Statici nella Patologia Respiratoria e nelle patologie extra-polmonari

Lung Volumes in Respiratory Pathology and its applications in extra-pulmonary diseases

Marcello Verini, Paola Di Filippo, Salvatore Cazzato.

La diffusione alveolo-capillare in età pediatrica

Diffusion Lung Capacity in children

Massimo Pifferi, Vincenzo Ragazzo, Maria Di Cicco

I test di ipereattività bronchiale

Bronchial hyperreactivity test

Laura Tenero, Carlo Capristo, Giorgio Piacentini

Le prove da sforzo in età pediatrica

Exercise tests in children

Giancarlo Tancredi, Valeria Tromba, Renato Cutrera, Giulia Cafiero, Attilio Turchetta.

Pulsiossimetria ed emogasanalisi: la base della fisiopatologia respiratoria

Pulse oximetry and blood gas analysis: the bases of respiratory pathophysiology

Aleksandar Veljkovic, Elvira Rizza, Cristiana Tinari, Elisabetta Bignamini

Rinomanometria in età pediatrica e studio della funzione nasale

Pediatric rhinomanometry and nasal functionality study

Anna Maria Zicari, Anna Rugiano, Francesca Occasi, Giovanna De Castro, Marzia Duse

Pneumologia Pediatria

Volume 16, n. 62 - giugno 2016

Direttore Responsabile

Francesca Santamaria (Napoli)

Direzione Scientifica

Stefania La Grutta (Palermo)
Luigi Terracciano (Milano)

Segreteria Scientifica

Silvia Montella (Napoli)

Comitato Editoriale

Angelo Barbato (Padova)
Filippo Bernardi (Bologna)
Alfredo Boccaccino (Misurina)
Attilio L. Boner (Verona)
Mario Canciani (Udine)
Carlo Capristo (Napoli)
Fabio Cardinale (Bari)
Salvatore Cazzato (Bologna)
Renato Cutrera (Roma)
Fernando M. de Benedictis (Ancona)
Fulvio Esposito (Napoli)
Mario La Rosa (Catania)
Massimo Landi (Torino)
Gianluigi Marseglia (Pavia)
Fabio Midulla (Roma)
Luigi Nespoli (Varese)
Giorgio L. Piacentini (Verona)
Giovanni A. Rossi (Genova)
Giancarlo Tancredi (Roma)
Marcello Verini (Chieti)

Editore

Giannini Editore
Via Cisterna dell'Olio 6b
80134 Napoli
e-mail: editore@gianninispa.it
www.gianninieditore.it

Coordinamento Editoriale

Center Comunicazioni e Congressi
Srl
e-mail: info@centercongressi.com
Napoli

Realizzazione Editoriale e Stampa

Officine Grafiche F. Giannini & Figli
SpA
Napoli

© Copyright 2015 by SIMRI
Finito di stampare nel mese di febbraio 2016

**La misura dell'ossido nitrico espirato (FENO):
applicazioni cliniche** 72

*Measurement of exhaled nitric oxide (FENO): clinical
applications*

Mario Barreto, Anna Prete, Maria Pia Villa

Contributo Speciale 78

*Un articolo "patchwork": cosa dovrebbero leggere i pediatri
A patchwork paper: what pediatricians should read*

Andrew Bush

Traduzione a cura di Maria Elisa Di Cicco

Le prove da sforzo in età pediatrica

Exercise tests in children

Giancarlo Tancredi¹, Valeria Tromba¹, Renato Cutrera², Giulia Cafiero³, Attilio Turchetta³.

¹ *UOC Cardiologia Pediatrica, Medicina dello Sport in età evolutiva, Dipartimento di Pediatria, “Sapienza” Università di Roma*

² *Direttore UOC Broncopneumologia. Dipartimento Pediatrico Universitario Ospedaliero. Ospedale Pediatrico Bambino Gesù – IRCCS, Roma*

³ *UOSD di Medicina dello Sport, DMCCP, Ospedale Pediatrico “Bambino Gesù” - IRCCS, Roma*

Corrispondenza: Giancarlo Tancredi **email:** giancarlo.tancredi@uniroma1.it

Riassunto: La prova da sforzo rappresenta il metodo ideale per valutare la risposta e i limiti di tolleranza all'esercizio fisico. Il test da sforzo costituisce uno stress fisiologico in grado di mettere in evidenza anomalie cardiache e respiratorie non sempre presenti a riposo. Nel presente articolo vengono descritte le indicazioni, le modalità di esecuzione e i limiti delle prove da sforzo validate per l'età pediatrica. Inoltre, sono state riportate informazioni relative ai test per la diagnosi di asma da sforzo (EIA/EIB), anafilassi da sforzo (EIA_n) e ostruzione laringea indotta da esercizio (EILO). Infine, abbiamo preso in considerazione i test più semplici, poco costosi e riproducibili come il *six minute walking test*, lo *step test* e lo *shuttle walking test*, che permettono di ottenere informazioni preziose sulla tolleranza allo sforzo.

Parole chiave: test da sforzo cardiopolmonare, asma da sforzo, anafilassi indotta da esercizio fisico, ostruzione laringea indotta da esercizio, test del gradino, test del cammino.

Summary: Stress test is an ideal method to assess the response and the exercise tolerance limits. The exercise test is a physiological stress able to highlight cardiac and respiratory abnormalities that are not always present at rest. The present article describes the signs, the manner of performance and the limitations of stress testing validated for children. Moreover, we reported information related to testing for the diagnosis of exercise-induced asthma (EIA/EIB), exercise-induced anaphylaxis (EIA_n) and laryngeal obstruction induced by exercise (EILO). Finally, we considered the exercise field tests, inexpensive and reproducible (six minute walking test, step test and shuttle walking test) that allow us to obtain valuable information on exercise tolerance.

Key words: cardiopulmonary exercise test, exercise-induced asthma, exercise-induced anaphylaxis, exercise-induced laryngeal obstruction, step test, six minute walking test.

INTRODUZIONE

L'età evolutiva è il periodo della vita in cui avvengono le maggiori trasformazioni fisiologiche e psicologiche che influenzano in modo rilevante la fitness fisica, considerata come una misura integrata di molti fattori coinvolti nell'attività fisica quotidiana e nell'esercizio. Per tali motivi la fitness fisica è oggi ritenuta uno dei più importanti marcatori di salute e un fattore predittivo di morbilità e mortalità per malattie cardiovascolari (1). La capacità aerobica è una delle componenti fondamentali della fitness fisica legata alla salute; infatti maggiore è il suo valore, minori sono morbilità e mortalità nei soggetti affetti da malattie croniche (2, 3). La prova da sforzo è uno strumento valido e non invasivo per misurare la fitness fisica anche in età pediatrica e adolescenziale, indipendentemente dallo stato di salute e, in particolare, il test cardiopolmonare massimale (CPET) è considerato il *gold standard* per determinare la massima capacità aerobica misurando il massimo consumo di ossigeno (VO₂max) e/o il consumo di ossigeno di picco (VO₂peak). Le indicazioni per richiedere un CPET in età pediatrica sono numerose e sono elencate nella tabella 1.

Tab. 1. Indicazioni principali al test da sforzo cardiopolmonare in età pediatrica

Valutazione di segni e sintomi indotti e/o aggravati dallo sforzo fisico
Valutazione e identificazione di risposte patologiche allo sforzo fisico in bambini affetti da patologie cardiache inclusa la presenza di ischemia miocardica e/o aritmie
Valutazione funzionale nelle patologie polmonari croniche
Valutazione preoperatoria (interventi di resezione polmonare)
Valutazione dell'efficacia di trattamenti farmacologici e/o chirurgici
Valutazione della capacità funzionale ai fini della pratica dell'attività fisica agonistica, non agonistica o ludico-motoria
Programmi di riabilitazione
Diagnosi di asma da sforzo
Trapianto di polmone o cuore-polmone
Valutazione del danno polmonare e invalidità

È opportuno ricordare, inoltre, che le prove da sforzo non sono prive di rischio in determinate categorie di pazienti (tabella 2) ed è molto importante conoscere la comparsa dei segni e sintomi che obbligano a interrompere il CPET:

- Dolore toracico acuto
- Pallore improvviso
- Perdita di coordinamento
- Segni di confusione mentale
- Intensa dispnea
- Sottoslivellamento del tratto ST > 2mm
- Inversione dell'onda T
- Tachicardia ventricolare
- Mancato incremento pressorio o caduta della pressione sistolica di almeno 20 mmHg rispetto al più alto valore registrato durante l'esercizio
- Ipertensione arteriosa significativa rispetto ai valori massimali teorici per età e sesso.

Gli ergometri più utilizzati per eseguire un CPET sono il tappeto rotante (*treadmill*) e il cicloergometro. Il *treadmill*, sebbene sia più costoso, richiede meno abilità fisica, coinvolge una maggiore massa muscolare e determina valori del VO_2max superiori di circa il 10%, rispetto al cicloergometro.

PROCEDURE E PROTOCOLLI

L'esecuzione del CPET richiede la disponibilità di spazi adeguati in grado di contenere *treadmill* e/o cicloergometro, elettrocardiografo, pulsossimetro, sfigmomanometro, lettino per la valutazione del paziente e tutto ciò che è indispensabile per la gestione di una emergenza, come un defibrillatore, l'ossigeno e i farmaci; è richiesta la presenza di due medici oppure di un medico e un infermiere. Prima di effettuare il test bisogna fornire al paziente informazioni chiare e dettagliate riguardanti le modalità di esecuzione della prova, anche al fine di ottenere il consenso informato. È necessario, inoltre, acquisire notizie riguardanti la storia clinica del paziente per prevedere ed essere pronti a trattare le complicanze che possono verificarsi durante il test. La visita medica comprende la misurazione dei parametri antropometrici, altezza e peso, e dei parametri vitali: frequenza cardiaca (FC), pressione arteriosa (PA) e saturazione di O_2 (SpO_2). Il paziente deve indossare un abbigliamento confortevole e aver consumato un pasto leggero. Particolare attenzione va posta alla pulizia dei siti di applicazione degli elettrodi dell'ECG sul torace per migliorare l'adesività e la trasmissione dell'impulso elettrico. Infine, il bracciale della PA, di misura adeguata, deve essere applicato al braccio del paziente per tutta la durata della prova per consentire di rilevare la PA a ogni nuovo carico di lavoro e nella fase di recupero (4). Il protocollo di Bruce, utilizzato con il *treadmill*, ha il vantaggio di essere adatto anche per i bambini in età prescolare e permette di monitorare la funzionalità cardio-respiratoria di un soggetto nel corso degli anni. La durata del test in un bambino, in assenza di pato-

Tab. 2. Grado di rischio durante l'esecuzione del test cardiopolmonare

BASSO RISCHIO	ALTO RISCHIO
Sintomi correlati allo sforzo fisico, anche in bambini sani e con ECG normale	Ipertensione polmonare
Broncospasmo indotto dallo sforzo in assenza di severa ostruzione delle vie aeree	Pazienti con diagnosi di sindrome del QT-lungo
Valutazione del QT-lungo in pazienti asintomatici	Pazienti con cardiomiopatia dilatativa/restrittiva con scompenso cardiaco o aritmie
Aritmie ventricolari in pazienti con cuore anatomicamente sano	Paziente con storia di aritmie emodinamicamente instabili
Pazienti con cardiopatie congenite non corrette o residue asintomatici a riposo: <ul style="list-style-type: none"> • <i>shunt sinistro-destro</i> in casi di: difetti del setto interatriale, difetti del setto interventricolare, dotto arterioso pervio, ritorno venoso polmonare anomalo parziale; • ostruzioni efflusso destro senza ostruzione severa a riposo in casi di: stenosi tricuspidalica, stenosi valvolare polmonare, tetralogia di Fallot. 	Pazienti con cardiomiopatia ipertrofica con: <ul style="list-style-type: none"> • sintomi; • ostruzione di grado superiore a moderato del tratto d'efflusso ventricolare sinistro; • aritmie.
<i>Follow-up</i> di pazienti asintomatici a rischio di ischemia miocardica <ul style="list-style-type: none"> • malattia di Kawasaki in assenza di aneurismi giganti • post-correzione anomalia arteria coronarica sinistra • post-intervento di <i>switch</i> arterioso 	Pazienti con ostruzione delle vie aeree di grado superiore a moderato ($FEV_1 < 70\%$ predetto) ai test di valutazione di primo livello
<i>Follow-up</i> dei pazienti con trapianto cardiaco senza evidenza di rigetto	Pazienti con sindrome di Marfan e dolore toracico riferibile a cause cardiache
Pazienti con interventi palliativi in assenza di scompenso cardiaco, aritmie e/o cianosi severa	Pazienti con sospetta ischemia miocardica
Pazienti con storia di tachicardia sopraventricolare emodinamicamente stabile	Episodi sincopali durante esercizio fisico riferibili a cause cardiache
Pazienti con cardiomiopatia dilatativa in assenza di scompenso cardiaco e aritmie documentate	

logia, è di almeno 8 minuti, con una media di 10.2 minuti (5). Per i bambini più piccoli, di circa 4 anni, è possibile utilizzare un protocollo di Bruce modificato, definito *half-Bruce protocol*, in cui la velocità e l'inclinazione aumentano in modo più graduale e in un tempo dimezzato, e la durata media dell'esercizio (9.4 minuti) è di 50 secondi inferiore rispetto al Bruce tradizionale (5). Con il cicloergometro può essere utilizzato, invece, il protocollo di James (6), di cui sono disponibili i valori di riferimento di una popolazione di bambini e adolescenti italiani sani (7). Nella fase di recupero il bambino deve camminare o pedalare per almeno 3 minuti, per favorire una rapida rimozione dell'acido lattico prodotto con lo sforzo. Durante il CPET possono essere misurate numerose variabili come la ventilazione minuto (VE), il consumo di ossigeno (VO_2), la produzione di anidride carbonica (VCO_2) e il quoziente respiratorio (VCO_2/VO_2) (tabella 3).

Tab. 3. Parametri cardiorespiratori misurati con il test cardiopolmonare

Ventilazione minuto	Volume di gas espirato o inspirato in un minuto. Si ottiene dal prodotto di VT per FR.
Volume corrente (VT)	Volume di gas inspirato o espirato durante ogni atto respiratorio.
Frequenza respiratoria (FR)	Numero di atti respiratori al minuto.
Massimo consumo di ossigeno (VO₂ max)	Valore massimo di O ₂ raggiunto dal soggetto durante un test da sforzo massimale. Si determina quando il VO ₂ raggiunge il <i>plateau</i> anche se aumenta il carico di lavoro.
VO₂ Peak	Valore più elevato di O ₂ raggiunto durante un test da sforzo massimale. Può differire dal VO ₂ max.
Produzione di CO₂ (VCO₂)	Quantità di CO ₂ prodotta ed espirata nell'unità di tempo.
Quoziente respiratorio	Rapporto tra VCO ₂ e VO ₂ . Fornisce indicazioni sul metabolismo e sul tipo di substrato metabolico utilizzato.
Polso di O₂	Rapporto tra VO ₂ e FC. Rappresenta la quantità di O ₂ utilizzata per ogni sistole.
Riserva cardiaca (HRR)	Differenza tra FC massima teorica e FC massima raggiunta durante il test da sforzo.
Soglia anaerobica	Livello di lavoro, espresso come % di VO ₂ , in cui si verifica un progressivo e significativo accumulo di acido lattico.
Equivalentente ventilatorio per la CO₂ (VE/VCO₂)	Rapporto tra ventilazione e CO ₂ prodotta espressi in litro/minuto. Utilizzato per misurare indirettamente la soglia anaerobica.
Equivalentente ventilatorio per l'O₂ (VE/VO₂)	Rapporto tra ventilazione e O ₂ consumato espressi in litro/minuto. Utilizzato per misurare indirettamente la soglia anaerobica.

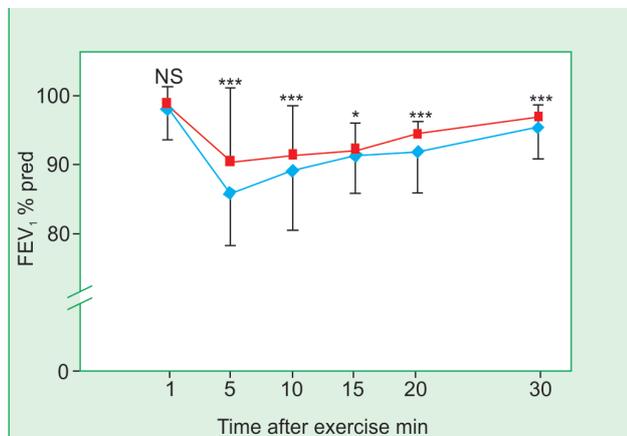
Il VO₂ max è il *gold standard* per la determinazione della massima capacità aerobica ed è definito come la capacità dell'apparato cardiopolmonare e dei muscoli di captare, trasportare e utilizzare l'ossigeno durante un'attività fisica di tipo massimale. Un'altra unità di misura della quantità di ossigeno utilizzata dall'organismo durante l'attività fisica è il *metabolic equivalent* (MET), che ha un valore a riposo di 3,5 ml O₂/kg/minuto. Un'attività fisica che determina un consumo da 3 a 6 MET è considerata di intensità moderata, mentre un valore compreso tra 12 e 15 identifica un'attività a elevata intensità.

La FC durante il test da sforzo aumenta in modo lineare in relazione al carico di lavoro e alla richiesta di ossigeno. Un valore pari almeno all' 85% del massimo teorico, calcolato con l'equazione 220 – l'età del paziente in anni, è un criterio per indicare uno sforzo di tipo massimale. L'*Heart Rate Recovery* (HRR) rappresenta la differenza tra FC al picco dell'esercizio e al primo minuto di recupero. Nei soggetti cardiopatici adulti un ridotto decremento dell'HRR, con valori inferiori a 12 bpm rispetto alla FC al picco, è un fattore predittivo di mortalità (8). I valori della pressione arteriosa sistolica, in un soggetto sano, aumentano durante l'esercizio, mentre la pressione diastolica rimane invariata o decresce moderatamente a causa della vasodilatazione del letto vascolare (9).

Per una corretta interpretazione del CPET è auspicabile che il bambino esegua il massimo sforzo e per questo motivo va incoraggiato, sostenuto e incitato durante la prova. Per la determinazione individuale della percezione dello sforzo fisico sono stati preparati appositi pittogrammi che aiutano il bambino a fornire indicazioni sulla dispnea e sul livello di fatica raggiunte durante lo sforzo (10). Il CPET è un test affidabile, non invasivo, ripetibile, di costo accettabile e fornisce informazioni di grande utilità anche in patologie diverse da quelle cardiache e respiratorie (11,12,13).

L'*exercise-induced asthma* (EIA) è caratterizzata dall'insorgenza di sintomi asmatici come dispnea, tosse, sibili e costrizione toracica, causati dall'esercizio fisico, che si verificano nel 40-90% dei soggetti asmatici (14). L'*exercise-induced bronchoconstriction* (EIB) è, invece, una broncostruzione acuta provocata dall'esercizio fisico, ma senza sintomi, che può manifestarsi sia in soggetti asmatici che in soggetti senza asma noto (15). I termini EIA e EIB sono utilizzati in modo intercambiabile dalle maggiori società scientifiche. Il test da sforzo deve essere eseguito solo se il soggetto è in buone condizioni cliniche e presenta un $FEV_1 \geq 80\%$ del valore teorico. Per una corretta diagnosi di EIA/EIB occorre misurare, mediante la spirometria, il

Fig. 1. Andamento del FEV_1 (% predetto) dopo treadmill test (♦) e step test (▪). NS: non significativo; *: $p < 0.05$; ***: $p < 0.001$
Tancredi G. et al. 3-Min step test and treadmill exercise for evaluating exercise-induced asthma. Eur Respir J. 2004;23:569-574.



FEV_1 prima dell'esercizio e ogni 5 minuti nei 30 minuti successivi alla fine della prova. I risultati sono espressi come massima caduta percentuale del FEV_1 mediante la seguente formula:
% caduta $FEV_1 = (FEV_1 \text{ pre-esercizio} - FEV_{1 \text{ minimo post-esercizio}}) / FEV_1 \text{ pre-esercizio} \times 100$.

La dimostrazione di una caduta del $FEV_1 \geq 10\%$ indica la presenza di una ostruzione bronchiale e, nella maggior parte dei soggetti, il valore più basso del FEV_1 si riscontra tra il 5° e il 10° minuto dalla fine dell'esercizio (14) (figura 1).

È inoltre possibile classificare la gravità dell'EIA/EIB, sulla base della caduta del FEV_1 , in lieve (10% - 25%), moderata (25% - 50%) e severa (> 50%) (4). È necessario somministrare un farmaco broncodilatatore se il soggetto presenta una sintomatologia asmatica o se, prima

di lasciare l'ambulatorio, ha un valore del FEV_1 ridotto del 10% rispetto al valore basale. Il test di scelta utilizzato per diagnosticare l'EIA/EIB è la prova da sforzo con *treadmill* che, rispetto al cicloergometro, ha il vantaggio di riprodurre la simulazione della corsa, evento tipico e frequente nella vita di un bambino (16). Il protocollo ideale prevede un rapido incremento dell'intensità dell'esercizio per raggiungere un alto livello di ventilazione, favorendo la respirazione orale con l'utilizzo di uno stringinaso.

La prova dura complessivamente tra i 6 e gli 8 minuti ed è necessario sottolineare che nei primi 2 minuti la velocità e il grado di inclinazione devono essere aumentati in modo tale da portare la FC all'80-90% del massimo valore teorico (220 - età in anni). La SpO_2 , misurata prima, durante e dopo il test da sforzo, può fornire utili informazioni. Il test va eseguito in un ambiente controllato e standardizzato per le condizioni di temperatura (20-22°C) e umidità relativa (circa 40%) poiché la patogenesi dell'EIA/EIB è anche dovuta alla perdita di calore e/o di acqua durante l'esercizio.

Per aumentare la sensibilità del test, mantenendone inalterata la specificità, si utilizzano protocolli che raccomandano la respirazione con aria fredda e secca (17). Le raccomandazioni generali prevedono la sospensione di *Short Acting Beta Agonists* 8 ore prima del test (in assenza di sintomatologia), di *Long Acting Beta Agonists* 24 ore prima e di antileucotrienici 72 ore prima ed è inoltre consigliabile non utilizzare steroidi inalatori il giorno del test, non svolgere attività fisica intensa, evitare nicotina e caffeina 4 ore prima della prova. Da un punto di vista patogenetico, le ipotesi attualmente più accreditate sono due: osmolare (raffreddamento delle vie aeree) e vascolare (termica). Entrambe le ipotesi si basano sul marcato aumento della ventilazione durante l'attività fisica, soprattutto in presenza di aria fredda e secca. Nell'ipotesi

osmotica l'aumentata inalazione di aria secca provoca perdita di acqua e incremento della osmolarità sulla superficie delle vie aeree con rilascio, da parte di eosinofili e mastcellule, di istamina e leucotrieni che inducono l'ostruzione bronchiale. Nella ipotesi termica la vasocostrizione durante lo sforzo, sempre dovuta all'inalazione di aria fredda e secca, è seguita da una rapida vasodilatazione con edema della mucosa delle vie aeree (18).

La predisposizione a manifestare broncostruzione ha un'alta prevalenza negli atleti che svolgono attività su ghiaccio (il 30%) e tra gli sciatori. L'EIA/EIB è inoltre frequente negli sportivi che svolgono la loro attività in ambienti ricchi di allergeni e di ozono e nei nuotatori, per la presenza di tricloramine nelle piscine (15).

ANAFILASSI INDOTTA DA ESERCIZIO FISICO

L'esercizio fisico può rappresentare un cofattore o il fattore scatenante principale dell'anafilassi (19). Questa condizione, nota come anafilassi indotta da esercizio fisico o come *exercise-induced anaphylaxis* (EIAN), è una sindrome rara, imprevedibile e potenzialmente pericolosa per la vita. I sintomi, sovrapponibili a quelli di un'anafilassi sistemica, sono presenti all'inizio, durante o subito dopo un esercizio fisico. L'EIAN può manifestarsi a qualunque età, senza differenze di sesso, in soggetti allenati o non allenati; è più comune nei soggetti atopici e sembra essere indipendente sia dall'intensità dell'esercizio che da fattori ambientali concomitanti, quali temperatura ed umidità.

L'EIAN può essere indipendente dagli alimenti oppure essere scatenata dall'assunzione, prima dello sforzo o immediatamente dopo, di un allergene alimentare (20). Si parla, in questo caso, di *food dependent exercise-induced anaphylaxis* (FDEIAN). Per provocare una FDEIAN è necessaria la concomitanza dell'esercizio fisico e dell'allergene alimentare. L'allergene più comunemente associato alla FDEIAN è il grano (il 57% in Giappone), ma molti altri alimenti possono fungere da *trigger*, dal latte vaccino alla frutta secca, dai crostacei alle uova.

OSTRUZIONE LARINGEA INDOTTA DA ESERCIZIO

L'*exercise-induced laryngeal obstruction* (EILO) è un'ostruzione laringea indotta dall'esercizio fisico con una prevalenza del 7,5 % in una coorte di soggetti di età compresa tra i 14 e i 24 anni, senza differenza di genere (21). L'EILO può essere sospettata in presenza di difficoltà respiratoria durante l'esercizio fisico, nei casi in cui l'asma è stata esclusa, poiché i sintomi sono aspecifici e includono tosse, difficoltà respiratoria, senso di costrizione toracica, sibilo inspiratorio e cambiamenti della voce, che si manifestano solo in corso di esercizio intenso e scompaiono dopo un breve periodo di riposo. La diagnosi è legata alla visualizzazione della laringe tramite laringoscopia continua durante l'esercizio fisico. Il protocollo prevede che il paziente inizi il test da sforzo sul *treadmill* dopo aver effettuato un'anestesia locale con uno spray nasale a base di lidocaina-nafazolina. La laringe viene filmata per tutta la durata del test e l'ostruzione a livello glottico e/o sopraglottico è misurata immediatamente dopo il test.

Nei pazienti con EILO la laringe appare normale a riposo, ma durante l'esercizio intenso si manifesta il collasso sopraglottico, l'adduzione delle corde vocali o entrambi.

"FIELD TESTS" O TEST SEMPLICI

Lo *step test*, il *six minute walking test* (6MWT) e lo *shuttle walking test* sono semplici e poco costosi ma riproducibili e possono rappresentare una valida alternativa al test con *treadmill* o cicloergometro.

Step test

Lo *step test* (*3 minute step test*) consiste nel salire su un gradino, che può variare di dimensioni

tra i 30 e i 50 cm, in relazione all'altezza del paziente, per 30 volte al minuto per 3 minuti, con una cadenza regolata mediante un metronomo elettronico. Alla fine della prova viene misurata la frequenza cardiaca dal 60° al 90° secondo dalla fine dell'esercizio. Possiamo così calcolare l'indice di recupero immediato (IRI): più basso è il valore della frequenza cardiaca misurata, migliore sarà il giudizio sull'efficienza cardiocircolatoria. L'IRI ha tuttavia un valore indicativo. In Italia, dal 1982, la legge sulla tutela sanitaria delle attività sportive prevede l'esecuzione di *step test*, compresi spirometria ed ECG prima e dopo il test da sforzo, per tutti coloro che vogliono intraprendere un'attività sportiva agonistica. Lo *step test* è stato utilizzato per valutare la tolleranza allo sforzo dei bambini affetti da fibrosi cistica, studiare i soggetti candidati al trapianto polmonare ed evidenziare l'asma da sforzo. In un nostro studio, condotto su 154 bambini asmatici che hanno eseguito il test da sforzo su *treadmill* e con *step test*, abbiamo osservato che entrambi i test inducevano EIA nel 55,2 % dei soggetti studiati sebbene la caduta media del FEV₁ risultasse minore con lo *step test* (22).

Six minute walking test (6MWT)

Il 6MWT è un test facile da somministrare, ripetibile e poco costoso. Le principali indicazioni riguardano la valutazione funzionale di base e il *follow up* di pazienti con cardiopatie o malattie respiratorie croniche d'intensità da moderata a grave. È utilizzato anche come predittore di mortalità e morbilità. Il test consiste nel camminare su una superficie piana e richiede uno spazio di 30 metri, per cui può essere effettuato in un corridoio senza nessun equipaggiamento particolare. Il tragitto viene marcato ogni 3 metri e un cono spartitraffico viene posto all'inizio e alla fine del percorso. Il paziente deve essere a riposo da almeno 10 minuti, durante i quali vanno misurati FC, PA, SpO₂ e punteggio di Borg per la dispnea (23). Durante il test il bambino non deve correre ma camminare, con l'obiettivo di percorrere la massima distanza possibile in 6 minuti. La distanza percorsa in metri, in relazione al peso del soggetto, è usata come grado di capacità lavorativa. L'operatore lo stimolerà con semplici frasi quali "stai andando bene" e "continua così", informandolo, minuto per minuto, del tempo che manca alla conclusione della prova. Se il paziente si ferma prima dei 6 minuti occorre specificarne la causa, il tempo impiegato e i metri effettuati. Alla fine del test si somministra di nuovo la scala di Borg e si calcola la distanza totale percorsa.

Shuttle walking test

Lo *shuttle walking test* è un test del cammino incrementale di tipo massimale utilizzato per la valutazione dei soggetti con malattie respiratorie e cardiovascolari (4). Rispetto al 6MWT, è caratterizzato da maggiore ripetibilità e riproducibilità e se ne differenzia soprattutto per la cadenza del passo, che in questo caso è guidata. Lo *shuttle walking test* consiste nel camminare lungo un percorso, delimitato da due coni, della lunghezza prestabilita di 10 o 20 metri, a una velocità che viene aumentata a ogni minuto con piccoli incrementi fino al 12°-15° minuto. All'inizio e alla fine del test vengono misurate FC e SpO₂ e viene fatta una valutazione della dispnea mediante la scala di Borg. Esistono due tipi di *shuttle walking test*: il test incrementale di tipo massimale, il così detto *incremental shuttle walking test* (ISWT), controindicato in soggetti con angina instabile, infarto, tachicardia e ipertensione, caratterizzato da un cammino iniziale lento che aumenta progressivamente; il test di resistenza di tipo submassimale, l'*endurance shuttle walking test* (ESWT), in cui il cammino iniziale di riscaldamento è lento e poi la velocità aumenta fino al livello prestabilito e si mantiene costante.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, et al. *Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health*. Int J Obes. 2008; 32: 1-11.
- (2) Erikssen G, Liestøl K, Bjørnholt J, et al. *Changes in physical fitness and changes in mortality*. Lancet. 1998; 352: 759-762.
- (3) Massin M.M. *The role of exercise testing in pediatric cardiology*. Arch Cardiovasc Dis 2014; 107: 319-327.
- (4) Puente-Maestu L, Palange P, Casaburi R et al. *Use of exercise testing in the evaluation of interventional efficacy: an official ERS statement*. Eur Respir J. 2016; 47: 429-460.
- (5) Van der Cammen Zijp MH, Ijsselstijn H, Takken T, et al. *Exercise testing of pre-school children using the Bruce treadmill protocol: new reference values*. Eur J Appl Physiol 2010; 108: 393-399.
- (6) James FW. *Exercise testing in normal individuals and with cardiovascular disease*. Cardiovasc Clin 1980; 11: 227-246.
- (7) Calzolari A, Di Ciommo V, Drago F, et al. *Cycloergometric exercise test in normal children: comparison of an Italian and North American population*. G Ital Cardiol. 1990; 20: 323-328.
- (8) Cole CR1, Blackstone EH, Pashkow FJ et al. *Heart-rate recovery immediately after exercise as predictor of mortality*. N Engl J Med 1999; 341: 1351-1357.
- (9) Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, et al. *Exercise Standards for Testing and Training: A Scientific Statement From the American Heart Association*. Circulation 2013; 128: 873-934.
- (10) Pianosi PT, Huebner M, Zhang Z, et al. *Dalhousie Pictorial Scales measuring dyspnea and perceived exertion during exercise for children and adolescents*. Ann Am Thorac Soc 2015; 12: 718-726.
- (11) Giardini A, Fenton M, Derrick G, et al. *Impairment of heart rate recovery after exercise predicts poor outcome after pediatric heart transplantation*. Circulation 2013; 128: 199-204.
- (12) Tancredi G, Versacci P, Pasquino AM, et al. *Cardiopulmonary response to exercise and cardiac assessment in patients with turner syndrome*. Am J Cardiol. 2011; 107: 1076-1082.
- (13) Tancredi G, Lambiase C, Favoriti A, et al. *Cardiorespiratory fitness and sports activities in children and adolescents with solitary functioning kidney*. Ital J Pediatr. 2016; 42- 49.
- (14) Tancredi G, Turchetta A. *Le prove da sforzo*. Pneumol Ped. 2006; 22: 65-71.
- (15) American Thoracic Society Documents. *An Official American Thoracic Society Clinical Practice Guideline: Exercise-induced Bronchoconstriction*. Am J Respir Crit Care Med. 2013; 187: 1016-1027.
- (16) Paridon SM, Alpert BS, Boas SR, et al. *Clinical stress testing in the pediatric age group: a statement from the American Heart Association Council on Cardiovascular Disease in the Young, Committee on Atherosclerosis, Hypertension, and Obesity in Youth*. Circulation 2006; 113: 1905-1920.
- (17) Carlsen KH, Engh G, Mørk M. *Exercise induced-bronchoconstriction depends on exercise load*. Respir Med. 2000; 94: 750-755.
- (18) Del Giacco S.R, Carlsen KH, Du Toit G. *Allergy and sports in children*. Pediatr Allergy Immunol. 2012; 23: 11-20.
- (19) Hompes S, Köhli A, Nemat K, et al. *Provoking allergens and treatment of anaphylaxis in children and adolescents-data from the anaphylaxis registry of German-speaking countries*. Pediatr Allergy Immunol. 2011; 22: 568-574.
- (20) Morita E, Kunie K, Matsuo H. *Food-dependent exercise-induced anaphylaxis*. J Dermatol Sci. 2007; 47: 109-117.
- (21) Johansson H, Norlander K2, Berglund L, et al. *Prevalence of exercise-induced bronchoconstriction and exercise-induced laryngeal obstruction in a general adolescent population*. Thorax 2015; 70: 57-63.
- (22) Tancredi G, Quattrucci S, Scalercio F, et al. *3- min step test and treadmill exercise for evaluating exercise-induced asthma*. Eur Respir J. 2004; 23: 569-574.
- (23) ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories *ATS statement: guidelines for the six-minute walk test*. Am J Respir Crit Care Med. 2002; 166: 111-117.