

Capitolo 1

TEST DEL CAMMINO: UN'ANALISI DELLO STATO DELL'ARTE

Daniele Giansanti (a), Luana Bottini (b), Alberto Boschetto (b), Giovanni Maccioni (a)
(a) *Centro Nazionale Tecnologie Innovative in Sanità Pubblica, Istituto Superiore di Sanità, Roma*
(b) *Università Sapienza, Facoltà di Ingegneria, Roma*

Introduzione

I test del cammino sono test utilizzati per verificare quale è lo stato di forma fisica del soggetto che si sottopone ad essi, in relazione a differenti parametri che vengono misurati durante la loro esecuzione. Tali test, vengono utilizzati principalmente in due ambiti, quello sportivo e quello medico. Nell'ambito sportivo, sono applicati su soggetti sani e vengono usati per monitorare periodicamente lo stato di forma fisica dell'atleta e i risultati dei programmi di allenamento a cui questo è sottoposto, nonché per l'individuazione di elementi utili per gli allenamenti. Nell'ambito medico invece, vanno a valutare lo stato di salute del paziente, come questo risponde alle cure riabilitative prescritte e l'efficacia delle cure stesse. I test possono essere eseguiti sia all'aperto che in laboratorio. La scelta del luogo di esecuzione dipende dall'obiettivo del test, dalle strumentazioni richieste e dall'accuratezza e precisione dei dati che si vogliono misurare. Esistono in letteratura tantissimi test che possono essere utilizzati per gli scopi sopra descritti; nel capitolo vengono riportati i principali, insieme ai relativi protocolli da seguire per la loro realizzazione e ad eventuali studi condotti in merito ad essi e alla loro validità.

Il massimo consumo di ossigeno (VO_2max) è un parametro di grande importanza nella valutazione delle condizioni fisiche di un individuo. Esso esprime la massima capacità aerobica del soggetto, ovvero la massima quantità di ossigeno che può essere utilizzata nell'unità di tempo da un individuo nel corso di una attività fisica che coinvolge grandi gruppi muscolari, di intensità progressivamente crescente e protratta fino all'esaurimento. Può essere espresso in maniera assoluta (L/min) o in relazione al peso corporeo (mL/kg/min).

Secondo alcuni autori (1), tale parametro dà il massimo consumo di ossigeno è una misura globale e integrata della massima intensità di esercizio che un soggetto può tollerare per periodi di tempo abbastanza lunghi. Secondo tali studiosi inoltre, il VO_2max può essere sostenuto al massimo per una decina di minuti. Tuttavia, poiché il tempo di esaurimento è funzione della frazione di VO_2max effettivamente utilizzata, soggetti dotati di un alto valore di tale parametro sono in grado di sostenere, a parità di tempo, esercizi di intensità più elevata, o a pari intensità esercizi di più lunga durata, rispetto a soggetti caratterizzati da VO_2max inferiori.

Il VO_2max pur dipendendo da caratteristiche genetiche può essere migliorato fino al 25%. Esso può essere misurato attraverso:

- *Metodi diretti*

che utilizzano sofisticate e costose apparecchiature, monitorando costantemente il consumo di ossigeno e la produzione di anidride carbonica. Tali metodi applicano dei protocolli massimali a carico incrementale che andranno portati avanti fino al completo esaurimento del soggetto. Ci sono vari protocolli che si possono utilizzare, questi si differenziano per il carico utilizzato ad ogni incremento, per gli intervalli di incremento (ad intervalli regolari

oppure continuo) e per l'ergometro su cui si svolge il test. Si tratta di test molto impegnativi per il soggetto, che necessitano di un certo grado di allenamento e soprattutto di un laboratorio attrezzato e di personale medico specializzato.

– *Metodi indiretti*

Data la difficoltà di applicazione delle metodiche dirette e gli elevati costi, sono state sviluppati nel tempo, numerosi metodi indiretti attuabili con maggior facilità e che permettono di ottenere stime accurate del massimo consumo di ossigeno utilizzando differenti parametri facilmente misurabili. Tali metodi indiretti si dividono in metodi massimali e submassimali. I primi, ossia i metodi massimali prevedono una prova fisica che porta il soggetto ad un livello di intensità lavorativa massimale, dove la fatica e la comparsa di sintomi impediscono un ulteriore incremento di intensità. In genere questo tipo di test non è indicato per soggetti sedentari, anziani o che presentano patologie importanti. I parametri misurati nel test vengono poi inseriti in opportune formule per calcolare il $VO_2\max$. Essendo una metodologia indiretta, la stima comporterà comunque una minima percentuale di errore (più bassa rispetto i metodi submassimali). I metodi indiretti submassimali invece, sono facilmente attuabili e non necessitano di particolari strutture e apparecchiature. Prevedono che il soggetto esegua una prova fino al raggiungimento di una predeterminata intensità di esercizio. Per le loro caratteristiche sono adatti ad essere usati su un gran numero di persone, anche su anziani, bambini, sedentari e persone malate. Alcuni test del cammino permettono una misura come metodo massimale e submassimale e pertanto permettono una pratica soluzione per la stima del parametro massimo consumo di ossigeno.

Test del cammino maggiormente usati

Test del miglio

Il test del miglio (2), conosciuto anche con il nome di *Rockport test*, è un test submassimale impiegato per misurare in maniera indiretta il massimo consumo di ossigeno ($VO_2\max$) durante l'esercizio fisico. Il test è semplice da eseguire, pratico e non richiede strumentazioni sofisticate. Consiste nel far camminare, alla maggior velocità possibile, il soggetto che si sottopone al test per un miglio (1609 metri), con lo scopo di misurare il tempo che questo impiega a compiere il percorso e la sua frequenza cardiaca alla fine dell'esercizio. Tali dati verranno quindi inseriti in una opportuna equazione per stimare il $VO_2\max$. Il confronto del valore di $VO_2\max$ ottenuto, con i valori riportati in tabelle, ci permette inoltre di ottenere un giudizio qualitativo sullo stato di forma fisica del soggetto.

Secondo *The American College of Sports Medicine* non è necessario effettuare esami medici prima di eseguire il test per soggetti adulti in buone condizioni di salute. Nel caso in cui il soggetto sia affetto da qualche patologia è bene rivolgersi ad un medico prima di sottoporsi al test. Essendo il test semplice da eseguire e non richiedendo l'obbligo di corsa (si può eseguire anche camminando alla maggior velocità possibile) è adatto anche per soggetti sedentari, anziani o che presentano una qualche patologia (in questo ultimo caso è opportuna la presenza di un medico durante l'esecuzione del test).

Il $VO_2\max$, espresso in $mL \times kg^{-1} \times min^{-1}$, è ottenuto dalla seguente equazione:

$$VO_2\max = 132,853 - (0,1696 \times \text{Peso}) - (0,3877 \times \text{Età}) + (6,315 \times \text{Sesso}) - (3,2649 \times \text{Tempo}) - (0,1565 \times \text{FC}) \quad [1]$$

dove le variabili sono espresse in questo modo: il Peso in kg peso; l'Età in anni; il Sesso in Maschio = 1, Femmina = 0; il Tempo in minuti e centesimi di minuto; FC (frequenza cardiaca) in battiti per minuto.

Per ottenere un giudizio qualitativo sullo stato di forma fisico del soggetto si può confrontare il risultato ottenuto con i valori di VO₂max riportati nella Tabella 1 (1-2).

Tabella 1. Tavole di confronto per la valutazione della forma fisica per femmine e maschi

Età	Molto scarso	Scarso	Medio	Buono	Ottimo	Eccellente
Femmine						
13-19	<25,0	25,0-30,9	31,0-34,9	35,0-38,9	39,0-41,9	>41,9
20-29	<23,6	23,6-28,9	29,0-32,9	33,0-36,9	37,0-41,0	>41,0
30-39	<22,8	22,8-26,9	27,0-31,4	31,5-35,6	35,7-40,0	>40,0
40-49	<21,0	21,0-24,4	24,5-28,9	29,0-32,8	32,9-36,9	>36,9
50-59	<20,2	20,2-22,7	22,8-26,9	27,0-31,4	31,5-35,7	>35,7
60+	<17,5	17,5-20,1	20,2-24,4	24,5-30,2	30,3-31,4	>31,4
Maschi						
13-19	<35,0	35,0-38,3	38,4-45,1	45,2-50,9	51,0-55,9	>55,9
20-29	<33,0	33,0-36,4	36,5-42,4	42,5-46,4	46,5-52,4	>52,4
30-39	<31,5	31,5-35,4	35,5-40,9	41,0-44,9	45,0-49,4	>49,4
40-49	<30,2	30,2-33,5	33,6-38,9	39,0-43,7	43,8-48,0	>48,0
50-59	<26,1	26,1-30,9	31,0-35,7	35,8-40,9	41,0-45,3	>45,3
60+	<20,5	20,5-26,0	26,1-32,2	32,3-36,4	36,5-44,2	>44,2

Test di Cooper e dei 6 minuti

Il test di Cooper (3-4), conosciuto anche con il nome di test dei 12 minuti, fu creato da Kenneth H. Cooper, medico della NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), nel 1968 per usi militari ed è oggi uno dei test più utilizzati nella pratica sportiva per valutare lo stato di forma fisica dell'atleta. Il test è di tipo *submassimale*.

Nella sua forma originale il test prevede che il soggetto che si sottopone ad esso corra per 12 minuti lungo un percorso piano, cercando di coprire la massima distanza possibile. La massima distanza percorsa viene quindi confrontata con valori riportati in opportune tabelle, in modo tale da ottenere un giudizio qualitativo gradato a 5 livelli (Molto bene, Bene, Normale, Male e Malissimo) sullo stato di forma fisica dell'atleta. Inoltre i risultati del test possono essere usati per stimare in maniera indiretta il massimo consumo di ossigeno (VO₂max).

Il test è consigliato per coloro che sono già modestamente allenati e che riescono a correre con un buon ritmo e a mantenerlo nel tempo. È consigliabile sottoporsi ad una visita medica prima di effettuare tale test. Per soggetti con problemi cardiorespiratori o che presentano difficoltà motorie, tale test viene utilizzato in una forma rivisitata e conosciuta con il nome di test dei 6 minuti. La distanza percorsa viene confrontata con valori riportati in Tabella 2.

I risultati del test possono anche essere usati per stimare il VO₂max, usando la seguente formula:

$$VO_2\max = (22,351 \times d) - 11,288 \quad [2]$$

d rappresenta la distanza percorsa espresso in km.

Tabella 2. Test di Cooper: tavole di confronto per la valutazione della forma fisica (in metri percorsi) in diverse fasce d'età e nel caso di professionisti

Variabile		Molto bene	Bene	Normale	Male	Malissimo
13-20 anni						
13-14	M	> 2700 m	2400-2700 m	2200-2399 m	2100-2199 m	< 2100 m
	F	> 2000 m	1900-2000 m	1600-1899 m	1500-1599 m	< 1500 m
15-16	M	> 2800 m	2500-2800 m	2300-2499 m	2200-2299 m	< 2200 m
	F	> 2100 m	2000-2100 m	1900-1999 m	1600-1699 m	< 1600 m
17-20	M	> 3000 m	2700-3000 m	2500-2699 m	2300-2499 m	< 2300 m
	F	> 2300 m	2100-2300 m	1800-2099 m	1700-1799 m	< 1700 m
20-50 anni						
20-29	M	> 2800 m	2400-2800 m	2200-2399 m	1600-2199 m	< 1600 m
	F	> 2700 m	2200-2700 m	1800-2199 m	1500-1799 m	< 1500 m
30-39	M	> 2700 m	2300-2700 m	1900-2299 m	1500-1899 m	< 1500 m
	F	> 2500 m	2000-2500 m	1700-1999 m	1400-1699 m	< 1400 m
40-49	M	> 2500 m	2100-2500 m	1500-1899 m	1200-1499 m	< 1200 m
	F	> 2300 m	1900-2300 m	1600-1999 m	1300-1599 m	< 1300 m
50+	M	> 2400 m	2000-2400 m	1600-1999 m	1300-1599 m	< 1300 m
	F	> 2200 m	1700-2200 m	1400-1699 m	1100-1399 m	< 1100 m
Professione						
atleti professionisti	M	> 3700 m	3400-3700 m	3100-3399 m	2800-3099 m	< 2800 m
	F	> 3000 m	2700-3000 m	2400-2999 m	2100-2399 m	< 2100 m

Il test dei 12 minuti, pur essendo un valido strumento per la valutazione dello stato di salute fisica di un individuo, risulta essere particolarmente adatto per persone in salute ed è per questo prevalentemente utilizzato nell'ambito sportivo. Per poter essere sfruttato anche in ambito medico, ne è stata introdotta una versione modificata, conosciuta con il nome di test dei 6 minuti (5-10), che risulta essere uno strumento sicuro, affidabile e diffuso nella pratica medica per la valutazione della capacità di esercizio in tutte le fasce di età, e in diversi campi quali la cardiologia, la riabilitazione, la pneumologia e in generale in medicina cardiovascolare. La modifica introdotta rispetto il test originale riguarda la durata del test stesso, che è ridotta da 12 a 6 minuti, in maniera tale che il test possa essere ben tollerato e non risulti eccessivamente stancante per soggetti di diverse età e con particolari condizioni di salute. È sconsigliata l'esecuzione del test su tapis roulant poiché si pensa che sul tapis roulant il paziente non sia in grado di ottimizzare la frequenza del passo e del ritmo della camminata, invalidando la corretta esecuzione del test.

La formula per la stima del $VO_2\max$ è la seguente:

$$VO_2\max = (3,5 \times d) \times 10^{-2} \quad [3]$$

dove come nel caso del test di Cooper d è la distanza percorsa.

Test di Bruce

Il test di Bruce è stato sviluppato dal Robert A. Bruce (11-12) per diagnosticare i problemi cardiaci dei suoi pazienti. Oggi è un test molto utilizzato in ambito sportivo per valutare la prestazione aerobica degli atleti e in ambito medico per evidenziare eventuali anomalie cardiache. Il test permette di stimare il massimo consumo di ossigeno ($VO_2\max$) del soggetto che si sottopone ad esso. Il test di Bruce è stato sviluppato con l'obiettivo di diagnosticare i problemi cardiaci dei suoi pazienti, visto che nessuno dei test sviluppati fino a quel momento erano in grado

di raggiungere tale obiettivo. Nella prima formulazione il test prevedeva un'unica fase in cui i soggetti venivano fatti camminare su tapis roulant per 10 minuti con un carico di lavoro fisso. Durante il test veniva monitorata l'attività cardiaca del paziente tramite la connessione di quest'ultimo ad un elettrocardiografo e l'attività respiratoria tramite la misurazione di differenti parametri. Il primo studio su tale test fu pubblicato nel 1949 e in esso si riportava l'analisi minuto per minuto dei cambiamenti nelle funzioni respiratorie e cardiache di adulti sani e pazienti con problemi cardiaci e polmonari. In seguito Bruce e altri suoi colleghi svilupparono delle ulteriori varianti del test, questa volta composto da diverse fasi caratterizzate da progressivi incrementi del carico di lavoro. Il test può essere utilizzato nello screening di persone apparentemente sane per l'individuazione dei primi segni di malattia coronarica. Tale test multifase è quello oggi utilizzato ed è conosciuto con il nome di protocollo di Bruce. Di seguito si riporta la sua metodologia di esecuzione.

Il test di Bruce è un *test massimale* e come tale viene portato avanti fino a quando il soggetto che si sottopone ad esso non sarà più in grado di proseguire. Essendo un test che richiede un grande sforzo fisico, prima di sottoporsi ad esso è preferibile effettuare una visita medica. Siccome il test richiede variazioni, con frequenza regolare, di velocità e pendenza deve essere eseguito in laboratorio su tapis roulant.

La descrizione riportata di seguito è relativa al protocollo di Bruce standard. Ne esistono anche versioni modificate che utilizzano carichi di lavoro più bassi e sono state sviluppate per rendere il test utilizzabile anche per soggetti anziani o sedentarie.

Materiale occorrente:

- tapis roulant professionale con incrementi combinati di velocità e pendenza;
- cronometro.

Protocollo:

- Preparazione al test: eseguire un riscaldamento di almeno 10-15 minuti di corsa lenta intervallata da cambi di ritmo.
- Esecuzione del test: la prova è composta da vari livelli, ognuno della durata di 3 minuti; ad ogni livello vi è un incremento combinato di velocità e pendenza. Per iniziare impostare il tapis roulant ad una velocità di 2,7 km/h e ad una pendenza del 10%, far salire il soggetto e iniziare la corsa. Ogni 3 minuti verrà variata la velocità e la pendenza del tapis roulant, secondo i valori riportati in Tabella 3. Il test terminerà quando il soggetto non sarà più in grado di sopportare un ulteriore aumento dei due parametri sopra citati. Si misura con il cronometro la durata temporale del test.

Tabella 3. Test di Bruce: valori di velocità e pendenza nei diversi step

Step	Tempo (minimo)	Velocità	Pendenza
1	0	2,74	10%
2	3	4,02	12%
3	6	5,47	14%
4	9	6,76	16%
5	12	8,05	18%
6	15	8,85	20%
7	18	9,65	22%
8	21	10,46	24%
9	24	11,26	26%
10	27	12,07	28%

L'analisi dei risultati permette di stabilire il $VO_2\max$ dell'atleta e, se riferita a test precedenti, è in grado di dare una stima dei miglioramenti o peggioramenti della prestazione.

Per stabilire tale valore si fa riferimento alle seguenti equazioni [4] e [5].

Per gli uomini vale la formula:

$$VO_2\max = 14,8 - (1,379 \times T) + (0,451 \times T^2) - (0,012 \times T^3) \quad [4]$$

Per le donne vale la formula:

$$VO_2\max = 4,38 \times T - 3,9 \quad [5]$$

dove T rappresenta la durata totale del test espressa in minuti e frazioni di secondo.

Test di Balke

Il test di Balke (11-13) è un test utilizzato sia in ambito sportivo che in ambito medico. Ne esistono differenti versioni che si adattano a differenti scopi e che fanno riferimento a protocolli differenti. Di seguito vengono presentate due di queste versioni, una eseguita su campo, una eseguita in laboratorio.

Test di Balke su campo (test dei 15 minuti)

Nella versione eseguita su campo, il test di Balke è conosciuto anche come test dei 15 minuti. Esso permette di stimare il massimo consumo di ossigeno a partire dalla distanza percorsa durante il test stesso. Nella sua esecuzione è molto simile al test di Cooper, l'unica differenza sta nella durata che in questo test è di 15 minuti. Esistono differenti equazioni che possono essere utilizzate per stimare il massimo consumo di ossigeno.

La formula tradizionale proposta da Balke è:

$$VO_2\max = 6,5 + 12,5 \times d \quad [6]$$

dove d è la distanza totale percorsa espressa in km.

Un'altra formula utilizzata è quella proposta da Horwill (11-13):

$$VO_2\max = 0,172 \times (d / 15 - 133) + 33,3 \quad [7]$$

dove d è la distanza percorsa espressa in metri.

Test di Balke con tapis roulant

Tale versione del test, è stata sviluppata in ambito medico per determinare il consumo di ossigeno in pazienti con problemi cardiaci. Essa ha trovato comunque applicazione anche in campo sportivo per la valutazione dello stato di forma fisica degli atleti. È un test *massimale* che termina quando il soggetto non è più in grado di andare avanti.

Materiale occorrente:

- tapis roulant;
- cronometro.

Protocollo:

- Preparazione al test: il soggetto esegue un riscaldamento di 10-15 minuti;
- Esecuzione del test: viene richiesto al soggetto di camminare a velocità costante su tapis roulant. La velocità verrà mantenuta costante per tutta la durata del test, mentre la pendenza verrà aumentata ad intervalli di 1-2 minuti. Il cronometro viene attivato all'inizio dell'esercizio e viene bloccato nel momento in cui il soggetto non riesce più ad andare

avanti. Esistono differenti versioni di questo protocollo che si differenziano per gli intervalli e la frequenza degli incrementi di pendenza.

Il massimo consumo di ossigeno viene calcolato utilizzando le seguenti formule (introdotta da Pollock):

- per gli uomini vale la formula:

$$VO_2\max = 1,444 (T) + 14,99 \quad [8]$$

- per le donne vale la formula:

$$VO_2\max = 1,38 (T) + 5,22 \quad [9]$$

dove T rappresenta la durata temporale del test espressa in minuti.

Cenni sui test per la stima della soglia anaerobica

La soglia anaerobica è una stima della capacità di sostenere un esercizio prolungato. Il suo valore indica la massima intensità di esercizio corrispondente ad un livello costante nella concentrazione ematica di lattato (circa 4 moli/litro). Essa rappresenta inoltre, il punto di attivazione massiccia del meccanismo anaerobico, cioè quel punto di demarcazione fra esercizio moderato e intenso. Oltre questo punto la produzione di anidride carbonica, la ventilazione (atti respiratori al minuto) e il livello di acido lattico prodotto crescono rapidamente. In molti casi è preferibile misurare la soglia anaerobica rispetto al $VO_2\max$. Infatti negli atleti il massimo consumo di ossigeno sale all'inizio degli allenamenti poi non aumenta più. Quello che si modifica è la percentuale di $VO_2\max$ che può essere sostenuto a lungo. Inoltre la soglia anaerobica in molte discipline si correla meglio con la prestazione, costituendo così un miglior indice di potenza aerobica.

Nei soggetti non allenati, se rapportata con il massimo consumo di ossigeno, la soglia anaerobica coincide approssimativamente con il 55% del $VO_2\max$. In atleti di alto livello tale valore può invece raggiungere l'85% del massimo consumo di ossigeno.

I metodi per misurare la soglia anaerobica di uno sportivo sono basati su:

- concentrazione del lattato ematico;
- misurazione dei parametri ventilatori;
- deflessione della curva frequenza cardiaca/intensità di esercizio (Test Conconi).

Il primo metodo oltre ad essere invasivo non garantisce una precisione ottimale. È stato infatti dimostrato che le concentrazioni di lattato allo stato stazionario variano notevolmente da persona a persona. Questo problema è stato in parte risolto da un metodo abbastanza complesso in grado di definire la soglia anaerobica individuale. Tuttavia il lattato in circolo è sempre e comunque un'ombra di quello muscolare e questo riduce la precisione dei test che lo utilizzano come parametro per valutare la soglia anaerobica.

La misurazione dei parametri ventilatori fornisce invece risultati estremamente precisi. Purtroppo tale metodica richiede l'uso di apparecchiature molto costose (analizzatore dei gas respiratori). Il terzo metodo, il test Conconi, è il modo più semplice e utilizzato per determinare la Soglia anaerobica di un atleta. Si rimanda ai due lavori (14-15) per una dettagliata descrizione che esula dagli obiettivi di questo rapporto.

Bibliografia

1. Ferretti G, Gussoni M, Di Prampero PE, Cerretelli P. Effects of exercise on maximal instantaneous muscular power of humans. *J Appl Physiol* 1987;62(6):2288-94.

2. Cooper CB, Storer TW. *Exercise testing and interpretation: a practical approach*. Cambridge: Cambridge University Press; 2001.
3. Cooper KH. A means of assessing maximal oxygen uptake. *Journal of the American Medical Association* 1968;203:201-4.
4. Mitchell H, Sproule BJ, Chapman, CB. The physiological meaning of the maximal oxygen intake test. *J Clin Invest* 1958;37:538-47.
5. Stevens D, Elpern E, Sharma K. Comparison of hallway and treadmill six minute walking test. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;160:1540-3.
6. 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 (1):111-7.
7. Li AM, Yin J, Yu C, Tsang T, So AK, Wong E, Chan D, Hon E, Sung R. The six-minute walk test in healthy children: reliability and validity. *Eur Respir J* 2005;25(6):1057-60.
8. Gulmans V, Van Veldhoven N, De Meer K, Helders P. The six-minute walking test in children with cystic fibrosis: reliability and validity. *Pediatr Pulmonol J* 1996;22:85-9.
9. Enright PL, Mc Burnie MA, Bitter V, Tracy RP, Mc Namara R, Arnold A, Newman AB. Il test del cammino dei 6 minuti. Una misura rapida dello stato funzionale negli adulti anziani. *Chest Edizione Italiana* 2003;4:28-39
10. Troosters T, Gosselink R, Decramer M. Six minute walking distance in healthy elderly subjects. *Eur Respir J* 1999;14(2):270-4.
11. Solway S, Brooks D, Lacasse Y, Thomas S. A qualitative systemic overview of the measurement properties of functional walk tests used in the cardiorespiratory. *Chest* 2001;119: 256-70.
12. Bruce RA, Lovejoy FW, Pearson R, Yu P, Brothers GB, Velasquez T. Normal respiratory and circulatory pathways of adaptation in exercise. *J. Clin Invest* 1949; 28: 1423-30.
13. Balke B, Ware RW. An experimental study of physical fitness of Air Force personnel. *U.S. Armed Forces Med J* 1959, 10(6):675-88.
14. Ballarin E, Sudhues U, Borsetto C, Casoni I, Grazi G, Guglielmini C, Manfredini F, Mazzoni G, Conconi F Reproducibility of the Conconi test: test repeatability and observer variations. *Int J Sports Med* 1996;17(7):520-4.
15. Jones AM, Doust JH. Lack of reliability in Conconi's heart rate deflection point. *Int J Sports Med* 1995;16(8):541-4