

VALUTAZIONE DELLA FORMA FISICA

Ognuna delle componenti della forma fisica può essere valutata attraverso differenti tests. Gli scopi dei tests fitness sono i seguenti:

- Informare i partecipanti sul loro attuale livello di fitness in relazione agli standard per età e sesso.
- Fornire informazioni che siano di aiuto per sviluppare un programma di attività fisica preventivo o adattativo
- Raccogliere dati ed informazioni utili per valutare i progressi conseguiti dai partecipanti
- Motivare i partecipanti sui risultati conseguiti e sugli obiettivi da raggiungere

Tuttavia prima di valutare la forma fisica di un soggetto occorre conoscere il suo stato di salute ed il suo stile di vita.

La scelta dei tests, infatti, dipende dall'età, il sesso, il livello di attività fisica, il tipo di alimentazione, la presenza di fattori di rischio, malattie e controindicazioni all'esercizio fisico.

VALUTAZIONE DELLA FORMA FISICA

È opportuno predisporre misure per garantire la sicurezza ed il confort dei soggetti. Essi infatti devono ricevere delle istruzioni precise sull'attività che svolgeranno.

o Indossare indumenti confortevoli ed idonei per svolgere l'attività fisica

o Bere a volontà nelle 24 ore precedenti il test per assicurare un grado di idratazione ottimale

o Evitare di mangiare, fumare, ingerire alcol e caffeina almeno nelle 3 ore precedenti il test

o Dormire un numero adeguato di ore (6-8 ore) nella notte precedente il test.

VALUTAZIONE DELLA FORMA FISICA

Tabella 22.3 Indici di riferimento, metodi diretti (o di riferimento) ed indiretti (da campo) per la valutazione delle componenti della forma fisica

Componente della forma fisica	Indice di riferimento	Metodo diretto (test laboratorio)	Metodo indiretto (test da campo)	Errore standard di stima (SEE)
Fitness cardiorespiratoria	VO ₂ max (mL · kg ⁻¹ · min ⁻¹)	GXT massimale	GXT submassimale, run/walk tests, step test	<5.0 mL · kg ⁻¹ · min ⁻¹
Composizione corporea	DC (g/cm ³), FFM (kg), %FM	DEXA	Bioimpedenziometria (BIA), plicometria, antropometria	<0.0080 g/cm ³ <3.5 kg FFM (maschi) <2.8 kg FFM (femmine) <3.5% FM
Forza muscolare	Forza massimale (kg) o peak torque (Nm)	Test isocinetico o 1-RM		< 2.0 kg
Flessibilità	ROM (gradi)	Raggi X o goniometro	Misure lineari del ROM	< 6°

DC = densità corporea; FFM = fat-free mass (massa libera dal grasso); % fat mass (massa grassa); GXT: graded exercise test; ROM: range of motion; RM: ripetizione massimale; Nm: Newton-metro; Peak torque: massima quantità di forza generata in ogni momento durante una ripetizione.



VALUTAZIONE DELLA FORMA FISICA

Tabella 22.4 Classificazione e stratificazione dei fattori di rischio atero-coronarici secondo l'ACSM

Fattori di rischio Positivi	Criteri di definizione
Storia familiare	Infarto del miocardio, o morte improvvisa del padre prima dei 55 anni o di parenti maschi di 1° grado (fratello, figlio) o prima dei 65 anni nella madre o parenti di 1° grado femmine (sorella, figlia)
Fumo di sigaretta	Fumatore o che ha cessato di fumare da non più di 6 mesi
Ipertensione	Pressione arteriosa sistolica (PAS) ≥ 140 mmHg o diastolica (PAD) ≥ 90 mmHg (valori confermati da misurazioni effettuate in almeno due occasioni separate) o in cura con farmaci antipertensivi
Dislipidemia	LDL colesterolo > 130 mg \cdot dl ⁻¹ (3.4 mmol \cdot L ⁻¹); HDL colesterolo < 40 mg \cdot dl ⁻¹ (1.03 mmol \cdot L ⁻¹) o colesterolo totale sierico (se è la sola misura disponibile) > 200 mg \cdot dl ⁻¹ (5.2 mmol \cdot L ⁻¹) o in cura con farmaci antilipemici.
Alterazione glicemia a digiuno	Glicemia a digiuno ≥ 100 mg \cdot dl ⁻¹ (5.6 mmol \cdot L ⁻¹) confermata da misurazioni effettuate in almeno due occasioni separate.
Obesità	Indice di massa corporea > 30 kg \cdot m ⁻² o circonferenza vita $> 10^2$ cm per i maschi e > 88 cm per le femmine o rapporto vita/fianchi ≥ 0.95 per i maschi e ≥ 0.86 per le femmine
Stile di vita sedentario	Persone che non svolgono un programma regolare di esercizio o non effettuano almeno 30 minuti o più di attività fisica moderata quasi tutti i giorni o tutti i giorni.
Fattori di rischio Negativi	Criteri di definizione
Elevati valori di HDL colesterolo	> 60 mg \cdot dl ⁻¹ (1.6 mmol \cdot L ⁻¹)



VALUTAZIONE DELLA FORMA FISICA

Tabella 22.5 Stratificazione iniziale dei fattori di rischio secondo l'ACSM

Rischio basso	Rischio moderato	Rischio alto
Soggetti giovani che sono asintomatici o che non hanno più di un fattore di rischio fra quelli indicati nella Tabella 22.4	Soggetti anziani (uomini ≥ 45 anni; donne ≥ 55 anni) che hanno almeno 2 fattori di rischio fra quelli indicati nella Tabella 22.4	Soggetti con uno o più segni o sintomi riportati nella Tabella 22.4 o con definite malattie cardiovascolari, polmonari o metaboliche

Adattata da: ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, Lippincott Williams & Wilkins. 9th edition, 2014.

Tabella 22.6 Raccomandazioni per (A) visita medico-diagnostica o GXT prima dell'inizio di un programma di esercizi e (B) supervisione medica dei test da sforzo

	Rischio basso	Rischio moderato	Rischio elevato
A. Esercizio moderato* Esercizio intenso**	Non necessaria Non necessaria	Non necessaria Raccomandata	Raccomandata Raccomandata
B. Test da sforzo submassimale	Non necessaria	Non necessaria	Raccomandata
Test da sforzo massimale	Non necessaria	Raccomandata	Raccomandata

* Si definisce moderata un'attività fisica di un'intensità compresa tra 3 e 6 METs o 40-60% VO₂ max.

** Si definisce attività fisica vigorosa l'intensità maggiore di 6 METs o > 60% VO₂ max.



VO₂max (mL·kg⁻¹·min⁻¹) Classifications for Women

Age (years)	Poor	Fair	Good	Excellent	Superior
20 - 29	≤ 35	36 - 39	40 - 43	44 - 49	50+
30 - 39	≤ 33	34 - 36	37 - 40	41 - 45	46+
40 - 49	≤ 31	32 - 34	35 - 38	39 - 44	45+
50 - 59	≤ 24	25 - 28	29 - 30	31 - 34	35+
60 - 69	≤ 25	26 - 28	29 - 31	32 - 35	36+
70 - 79	≤ 23	24 - 26	27 - 29	30 - 35	36+

VO₂max (mL·kg⁻¹·min⁻¹) Classifications for Men

Age (years)	Poor	Fair	Good	Excellent	Superior
20 - 29	≤ 41	42 - 45	46 - 50	51 - 55	56+
30 - 39	≤ 40	41 - 43	44 - 47	48 - 53	54+
40 - 49	≤ 37	38 - 41	42 - 45	46 - 52	53+
50 - 59	≤ 34	35 - 37	38 - 42	43 - 49	50+
60 - 69	≤ 30	31 - 34	35 - 38	39 - 45	46+
70 - 79	≤ 27	28 - 30	31 - 35	36 - 41	42+

VALUTAZIONE DELLA FORMA FISICA

Tabella 22.7 Norme generali per sospendere un test cardiofitness in persone adulte con fattori di rischio

- Inizio di sintomi anginosi o simili all'angina.
- Caduta consistente della pressione arteriosa sistolica PAS di più di 20 mmHg o incapacità della stessa di elevarsi quando viene incrementato lo sforzo.
- Aumento eccessivo della pressione arteriosa sistolica PAS, a più di 260 mmHg o pressione diastolica PAD maggiore di 115 mmHg.
- Segni di insufficiente circolazione: cefalea, confusione, atassia, pallore, cianosi, nausea, pelle fredda e sudata.
- Incapacità della frequenza cardiaca di aumentare con il crescere dello sforzo.
- Cambi rilevanti del ritmo cardiaco.
- Richiesta del soggetto di fermare l'attività.
- Manifestazioni fisiche o verbali di affaticamento.
- Inadeguato funzionamento dell'attrezzatura.

N.B. La verifica della pressione arteriosa non è indispensabile nei test sub-massimali, è sufficiente la rilevazione della frequenza cardiaca.



**Attività fisica per
la salute III Ed.**

VALUTAZIONE DELLA FORMA FISICA

Tabella 22.8 Scala di CR10 e Scala di Borg (RPE)

Scala di Borg CR10		Scala di Borg (RPE)	
0	Nulla	6	Nessuno sforzo
0.5	Leggerissimo	7	Leggerissimo
1	Molto leggero	8	
2	Leggero	9	Molto leggero
3	Moderato	10	
4	Abbastanza duro	11	Piuttosto leggero
5	Duro	12	
6		13	Abbastanza duro
7	Molto duro	14	
8		15	Duro
9		16	
10	Durissimo	17	Molto duro
		18	
		19	Durissimo
		20	

Tabella 22.9 Relazione tra la frequenza cardiaca (FC) e la valutazione dello sforzo percepito (RPE)

FC max	RPE
< 35%	< 10
35%-54%	10-11
55%-69%	12-13
70%-89%	14-16
≥ 90%	17-19



Valutazione della fitness cardiorespiratoria



La fitness cardiorespiratoria fa riferimento alla capacità di sviluppare un certo grado di forma fisica per sostenere esercizi fisici da moderata ad alta intensità per periodi prolungati.

Il *Gold Standard* per valutare la fitness cardiorespiratoria è il VO_2max . VO_2max → è la massima quantità di ossigeno che può essere utilizzata dal muscolo durante un'attività fisica massimale. Essa dipende direttamente dallo stato funzionale del sistema respiratorio, cardiovascolare e muscolo-scheletrico.

VO_2max varia di soggetto in soggetto e anche per il raggiungimento del suo *plateau* non possiamo avere dei dati precisi di riferimento.

Viene utilizzato il VO_2 peak per indicare la forma cardiorespiratoria poiché rappresenta il più alto² valore di VO_2 misurato durante un test cardiorespiratorio anche senza raggiungere il *plateau*.

Valutazione della fitness cardiorespiratoria

- Il valore di $\dot{V}O_2max$ può essere espressa in maniera assoluta o relativa.
- $\dot{V}O_2$ assoluto, misurato in L x min⁻¹, fornisce l'indicazione del consumo di ossigeno in relazione alla massa muscolare (è indicato per la misurazione del costo energetico in attività dove non si deve lavorare contro gravità)
- $\dot{V}O_2$ relativo, misurato in ml x kg x min⁻¹, a differenza del $\dot{V}O_2$ assoluto, fornisce un'indicazione più idonea per classificare la capacità aerobica individuale e consente di confrontare i livelli di fitness dei soggetti indipendentemente dal peso corporeo (può essere usato per stimare il costo energetico in presenza di forza di gravità dove il peso corporeo incide sul dispendio energetico complessivo e quindi sulla misura della massima capacità aerobica).

Valutazione della fitness cardiorespiratoria

ESEMPIO:

- Soggetto A (Uomo 70 Kg) $2,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ (Valore Assoluto)
- Soggetto B (Uomo 60Kg) $2,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ (Valore Assoluto)

Soggetto A (Uomo 70 Kg) $2,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ (Valore Assoluto)

$2,5/70*1000=35,71 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (Valore Relativo)

Soggetto B (Uomo 60Kg) $2,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ (Valore Assoluto)

$2,5/60*1000=41,66 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (Valore Relativo)

Come si misura il VO_2 max?



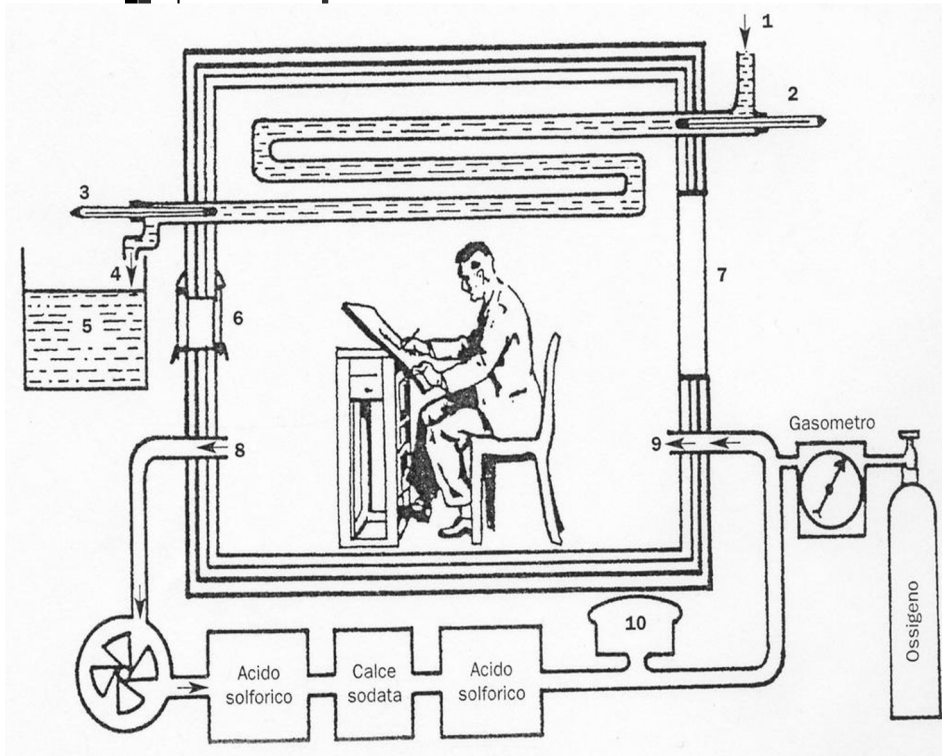
Per misurare il VO_2 max si possono effettuare diverse tecniche:

- Calorimetria diretta;
- Calorimetria indiretta;
- Metodi indiretti non calorimetrici.

Calorimetria diretta

Il soggetto è in una stanza termicamente isolata nelle cui pareti scorre acqua a temperatura costante (calorimetro).

Viene misurata la variazione della temperatura dell'acqua circolante nelle pareti e vengono calcolate le calorie rilasciate dal soggetto per conduzione, convezione e irraggiamento. 5kcal corrispondono ad 1litro di ossigeno utilizzato nei processi metabolici permettendo di misurare, con questa proporzione, il dispendio massimo di ossigeno.



Come si misura il VO_2 max?



Calorimetria indiretta

La produzione di calore viene determinata dall'analisi del consumo di ossigeno e anidride carbonica prodotta durante gli scambi respiratori. Esistono due tecniche per determinare il massimo consumo di ossigeno (VO_2 max) :

- Circuito chiuso;
- Circuito aperto.

Nel primo il soggetto compie uno sforzo fisico su un ergometro indossando una mascherina che gli permette di inspirare ossigeno da un sistema dove la concentrazione di ossigeno è nota e di espirare l'anidride carbonica in un circuito analizzatore.

Quando la quantità di ossigeno nel sistema chiuso diminuisce, quello stesso ossigeno è la quota utilizzata durante lo sforzo fisico.

Nel circuito aperto, invece, il soggetto inspira l'aria dall'ambiente, la quale ha anch'essa una concentrazione nota di ossigeno, e la espira in un apparecchio di misurazione

La differenza tra l'aria inspirata e l'anidride carbonica inspirata ci fornisce la quantità di ossigeno utilizzata sia durante che alla fine dello sforzo.

Calorimetria indiretta



Per i costi elevati, le attrezzature delle quali disporre, la necessità di personale medico autorizzato, questo tipo di valutazione è riservato prettamente per l'ambito clinico o di ricerca.

Come si misura il VO_2 max?



I metodi non calorimetrici sono quelli maggiormente utilizzati nell'ambito fitness, ne esistono molteplici e sono più o meno validi in base ai soggetti in esame. Essi stimano il VO_2 max con equazioni che utilizzano la frequenza cardiaca (FC) e alcuni parametri quali: Età, sesso, peso, condizione fisica, ecc..

Test cardiorespiratori

Esistono due tipologie di test per la valutazione della VO_2 max; quelli da campo e quelli con macchine cardio-fitness e possono essere eseguiti in maniera massimale e sub-massimale.

Test da campo

- Sono facili da somministrare;
- Non richiedono attrezzature;
- Possono essere effettuati all'aperto o in palestra;
- Viene chiesto di camminare, correre, nuotare, salire scale, percorrere distanze in tempi prestabiliti o nel minor tempo possibile;
- Ogni protocollo dei test da campo ha delle equazioni parametriche per la stima della VO_2 max;
- La frequenza cardiaca (FC), nella maggior parte dei casi viene misurata alla fine della prova.

Test da campo



12 Min Run Test

Meglio conosciuto come Test di Cooper; bisogna coprire la massima distanza correndo il più velocemente possibile in 12 minuti.

Si può alternare la corsa con la camminata e alla fine del test si misura la distanza percorsa in metri inserendola nella seguente equazione:

$$\begin{aligned} \text{VO}_2\text{max (mL} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) &= \\ &= \text{distanza percorsa (m)} - 504,9 / 44,73 \end{aligned}$$

1,5 Mile Run / Walk Test

Il soggetto deve percorrere 2,4 km (1,5 miglia) nel minor tempo possibile. Alla fine del test viene misurata la frequenza cardiaca e durante il test il soggetto indossa un cardio frequenzimetro per monitorare la prova durante la quale deve mantenere un ritmo costante in modo tale che abbia uno *steady state* della frequenza cardiaca compreso tra il 60 – 90% della FC max (**220 – età**). I valori rilevati dalla prova sono inseriti nell'equazione della stima della VO₂max :

$$\begin{aligned} \text{Per giovani adulti VO}_2\text{max(mL} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) &= \\ &= 100,16 + 7,30 (\text{ sesso })^* - 0,164 (\text{ peso in kg }) - 1,273 (\text{ tempo in min }) - 0,1563 (\text{ FC} \\ &\text{ fine test }) \end{aligned}$$

•*Per il sesso sostituire 1 per i maschi e 0 per le femmine

Test da campo



1 Mile Jogging test

In questo test il soggetto sceglie il ritmo di corsa più idoneo alle sue capacità fisiche.

Per percorrere 1,6 Km dovrebbe impiegarci 8 minuti se si parla di un maschio e 9 minuti se si parla di una femmina.

La **FC post esercizio** viene misurata per 15 secondi e il valore moltiplicato per 4; il valore non deve superare i 180 bpm. L'equazione per la stima dei VO_2 max, per soggetti di età compresa tra i 18 – 29 anni è la seguente:

$$\begin{aligned} \text{VO}_2 \text{ max (mL} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{)} &= \\ &= 100,5 - 0,1636 (\text{peso del soggetto}) - 1,438 (\text{tempo in minuti}) - 0,1928 \\ &(\text{FC fine test}) + 8,344 (\text{sexso}) \end{aligned}$$

1 Mile Walking test

Detto anche test di *Rockport* prevede una camminata veloce ed è il test indicato per anziani e sedentari tra i 20 – 69 anni. Viene chiesto al soggetto di camminare il più veloce possibile per 1,6 Km e alla fine del test si rivela la FC.

$$\begin{aligned} \text{VO}_2 \text{ max (mL} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{)} &= 132,853 \\ &- 0,1692 (\text{peso in Kg}) - 0,3877 (\text{età}) + 6,315 (\text{sexso}) - 3,2649 (\text{tempo in minuti}) \\ &- 0,1565 (\text{FC finale}) \end{aligned}$$

Test con macchine cardiofitness



Per effettuare dei test che valutino la fitness cardiorespiratoria ma che accompagnino il gesto motorio, vengono utilizzate macchine cardiofitness o ergometri e questi test prendono il nome di ***Graded Exercise Test o GXT***.

Sulle macchine cardiofitness è possibile incrementare l'intensità dello sforzo rendendo il test massimale o controllarne l'andamento rendendolo sub-massimale.

All'aumento dello sforzo aumenta l'intensità di lavoro, la velocità, la pendenza o la resistenza della macchina.

Le macchine utilizzate sono il ***Treadmill e la bike***. L'utilizzo del Treadmill da più valenza ai valori di VO_{2max} .

Viene utilizzato come strumento anche l'ergometro a braccio (***Arm-ergometro***) come alternativa al test da sforzo per i soggetti che non possono utilizzare le gambe per problemi alle articolazioni, al microcircolo o per disabilità.

L'ACSM, per poter stabilire l'idoneità all'attività fisica raccomanda di attenersi a delle raccomandazioni per quanto riguarda l'intensità dell'esercizio

Attività moderata \rightarrow 3/6 METs \rightarrow 40-60% VO_{2max}

Attività vigorosa \rightarrow > 6 METs \rightarrow $> 60\%$ VO_{2max}

Protocolli GXT

Massimali



Protocollo		Tempo (minuti)		Pen- denza (%)	Popolazione	Equazione di regressione ($VO_2 \text{ max} = \text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; valore r; SEE)
Bruce	1	0-3	2.7	10	Soggetti adulti sani (maschi)	$14.8 - 1.379 (T) + 0.451 (T^2) - 0.012 (T^3)$ $r = 0.97$; SEE = $3.35 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
	2	3-6	4	12		
	3	6-9	5.5	14		
	4	9-12	6.8	16		
	5	12-15	8.0	18	Soggetti adulti sani (femmine)	$4.38 (T) - 3.9$ $r = 0.91$; SEE = $2.7 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
	6	15-18	8.9	20		
	7	18-21	9.7	22		
Balke-Ware	1	0-1	5.3	2	Soggetti adulti sani (maschi)	$1.444 (T) - 14.99$ $r = 0.92$; SEE = $2.5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
	2	1-2	5.3	3		
	3	3-4	5.3	4		
	4	5-6	5.3	5		
	5	7-8	5.3	6	Soggetti adulti sani (femmine)	$1.38 (T) + 5.22$ $r = 0.94$; SEE = $2.2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
	6	9-10	5.3	7		
	7	11-12	5.3	8		
Naughton	1	0-2	1.6	0.0	Soggetti anziani, non allenati, pazienti con malattie	$1.61 (T) + 3.60$ $r = 0.97$, SEE = $2.60 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ T: tempo totale del test espresso in minuti e frazioni di minuto es. 9 min. e 15 sec. = 9.25 minuti.
	2	2-4	3.2	0.0		
	3	4-6	3.2	3.5		
	4	6-8	3.2	7.0		
	5	8-10	3.2	10.5		
	6	10-12	3.2	14.0		
	7	12-14	3.2	17.5		

Test massimali al Treadmill



Camminata

$$\text{VO}_2\text{max (mL} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = \\ 3.5 + (0.1 \times S) + (S \times G \times 1.8)$$

S = velocità in (m min^{-1}); ($1\text{km} \times \text{h}^{-1} = 16,7\text{m min}^{-1}$)

G = pendenza espressa come valore frazionario

3.5 = VO_2 a riposo (1 MET)

0.1 mL · Kg⁻¹ · min⁻¹ = è il consumo di O_2 durante la camminata piana

1.8 mL · Kg⁻¹ · min⁻¹ = rappresenta il consumo di O_2 durante la camminata in pendenza

Corsa

$$\text{VO}_2\text{max (mL} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = \\ 3.5 + (0.2 \times S) + (S \times G \times 0.9)$$

0.2 mL · Kg⁻¹ · min⁻¹ = rappresenta il VO_2 durante la corsa piana

0.9 mL · Kg⁻¹ · min⁻¹ = rappresenta il VO_2 durante la corsa in pendenza

Le equazioni solo quando viene raggiunto lo *steady state* del consumo di ossigeno durante lo step di riferimento sono applicabili.

Il passaggio tra uno step e l'altro del protocollo, che prevede un incremento di carico, deve tenere conto, secondo le equazioni dell'ACSM dello **steady state** della frequenza cardiaca per quello step.

Test sub-massimali al Treadmill



- Sono indicati per la popolazione sedentaria, gli anziani e i bambini;
- Molti di questi test sono simili ai massimali ma sono interrotti a valori di intensità (%FC max) inferiori rispetto ai massimali;
- Hanno come scopo quello di valutare la frequenza cardiaca in risposta a sforzi sub-massimali ripetuti;
- Servono a predire il VO_2max basato sullo *steady state* della frequenza cardiaca alle differenti intensità di esercizio;
- La frequenza cardiaca aumenta parallelamente con il consumo di ossigeno tra il 110 – 150 bpm;

FREQUENZA CARDIACA MASSIMA (FCMAX) TEORICA

- La formula più utilizzata per il calcolo della Frequenza Cardiaca Massima Teorica è:

220 - età del soggetto

- Poniamo come esempio un uomo di 20 anni e che utilizzeremo per calcolare tutti i diversi modi di stima della Frequenza cardiaca di lavoro.
- $FC_{max} = 220 - 20 = 200$ b/m
- E' facilmente deducibile che all'aumentare dell'età diminuirà la FC_{max} .
- La legge è ideata dal dottor Kenneth Cooper usata fin dagli anni '30; essa risulta essere la più utilizzata e attendibile seppur non precisissima poiché studi effettuati negli ultimi 20 anni come quello di Robergs e Landweher del 2002 ne hanno constatato un margine di errore di 7-11 battiti.
- Secondo Cooper la Frequenza Cardiaca di lavoro è facilmente calcolabile applicando la percentuale di lavoro desiderata alla FC_{max} .

FC_{max} del 70% = 70% di 200 = 140 b/m

- Un ventenne se vuole lavorare al 70% della sua FC_{max} dovrà mantenere i suoi battiti intorno ai 140 battiti al minuto.

FORMULA DI KARVONEN

- Il metodo studiato da Karvonen, noto come *Heart rate reserve* (HRR), permette di stabilire l'intensità di allenamento sulla base della differenza tra la frequenza cardiaca massima età-predetta (*Age-predicted maximum heart rate*, APMHR) e la frequenza cardiaca a riposo (*resting heart rate*, RHR).

$$\text{HRR} = \text{APMHR} - \text{RHR}$$

- Poiché esiste una relazione lineare fra frequenza cardiaca e consumo d'ossigeno durante un esercizio fisico, la scelta di un allenamento basato su di uno specifico *target* di frequenza cardiaca, *target heart rate* (THR), rappresenta il metodo più appropriato per stabilire l'intensità di lavoro.

$$\text{THR} = [(\text{APMHR} - \text{RHR}) \times \textit{desired intensity}] + \text{RHR}$$

FORMULA DI KARVONEN

- **Esempio:** impostazione di un *target* di lavoro del 45% mediante il metodo di Karvonen somministrato ad un soggetto di 50 anni, con una frequenza cardiaca a riposo pari a 70 b/m:
- **Calcolo della APMHR (220-età):** 220-50anni = 170 b/m;
- **Calcolo della RHR:** possibilmente al mattino, dopo un riposo ottimale, rilevare la FC ancora distesi (nel nostro esempio il soggetto ha 70 b/m)
- **La *desired intensity*** varia a seconda della tipologia di lavoro scelto, che nel nostro esempio abbiamo stabilito al 45% (45/100=0.45)
-
- **THR** = [(170-70) * 0.45] + 70 = 115 b/m
-
- Per tanto, 115 b/m rappresentano il target di lavoro al 45% della HRR, ovvero calcolato secondo il metodo di Karvonen

Karvonen JJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate: a "longitudinal" study. Ann Med Exp Biol Fenn. 1957; 35: 307-15.)

Single stage o multi stage?



I protocolli descritti nella tabella precedente possono essere adattati per effettuare test sub-massimali. La stima della VO_2 max viene fatta in base a due modelli:

- **Modello a fase multipla (multi stage model);**
- **Modello a fase singola (single stage model).**

Per la stima della VO_2 max utilizzando il modello a fase multipla bisogna rilevare i valori di frequenza cardiaca e intensità dell'esercizio in due o più step consecutivi utilizzando il protocollo scelto (treadmill o altri ergometri). Se il soggetto raggiunge lo steady state in due step consecutivi la sua FC dovrà essere tra i 115 – 150 bpm.

Il rapporto della differenza di intensità dell'esercizio (IE1 IE2) espressi come VO_2 max e calcolati con le equazioni dell'ACSM, e i corrispondenti cambiamenti della frequenza cardiaca sub-massimale (FC2 e FC1) ci danno lo *slope*.

$$a = (IE4 - IE3) / (FC4 - FC3)$$

Per la stima della VO_2 max si inserisce il valore a della seguente equazione:

$$\text{VO}_2 \text{ max (mL } \cdot \text{ Kg}^{-1} \cdot \text{ min}^{-1}) = \\ \text{IE4} + a \cdot (\text{FC max} - \text{FC4})$$

Applicazione multi stage model con protocollo Bruce



Applicazione del multi-stage model utilizzando il protocollo di Bruce

Maschio. Anni: 38; FC max = 220-età; 220-38= 182 bpm

Dati del test

3° step*	2° step*
S= 5.5 km·h ⁻¹ Conversione in m·m ⁻¹ : 5.5 x 16.7= 91.8 m·m ⁻¹ G= 14% Valore frazionario: 14/100 = 0.14	S= 4 km·h ⁻¹ Conversione in m·m ⁻¹ : 4 x 16.7= 66.8 m·m ⁻¹ G= 12% Valore frazionario: 12/100 = 0.12
$VO_2^{**} = 3.5 + (0.1 \times S) + (S \times G \times 1.8) =$ $VO_2^{**} = 3.5 + (0.1 \times 91.8) + (91.8 \times 0.14 \times 1.8) =$ $= 35.8 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (IE3)}$	$VO_2^{**} = 3.5 + (0.1 \times 66.8) + (66.8 \times 0.12 \times 1.8) =$ $VO_2^{**} = 3.5 + (0.1 \times 66.8) + (66.8 \times 0.12 \times 1.8) =$ $= 24.6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (IE2)}$
FC3 = 145 bpm (rilevata con il cardiofrequenzimetro)	FC2 = 130 bpm (rilevata con il cardiofrequenzimetro)
$\text{Slope (a)} = (IE3 - IE2) / (FC3 - FC2) = (35.8 - 24.6) / (145 - 130) = 0.75$	
$VO_{2, \text{max}} \text{ (mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = IE3 + (a) \times (FC \text{ max} - FC3) = 35.8 + 0.75 \times (182 - 145) = VO_{2, \text{max}} \text{ (mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = 63.5$	

* 3° e 2° step si riferiscono agli ultimi 2 step del GXT completo. Nell'esempio il soggetto ha completato al 3 step il protocollo di Bruce ad intensità sub-massimale (FC<150 bpm), i dati degli step 3 (ultimo) e 2 (penultimo) sono quindi stati usati per stimare il VO₂.

** VO₂ è calcolato con le equazioni dell'ACSM

Single stage model



Per stimare la VO_2max di un modello a fase singola si usa la FC e l'IE di un solo step del protocollo preso in esame. Si raggiunge lo steady state tra i 130 – 150 bpm ed esistono delle equazioni di stima sia per gli uomini che per le donne.

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{UOMINI} \quad \text{VO}_2\text{max} \text{ (mL } \cdot \text{ Kg}^{-1} \cdot \text{ min}^{-1} \text{)} &= \\ &= \text{IE} \cdot [(\text{FC max} - 61) / (\text{FC submax} - 61)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{DONNE} \quad \text{VO}_2\text{max} \text{ (mL } \cdot \text{ Kg}^{-1} \cdot \text{ min}^{-1} \text{)} &= \\ &= \text{IE} \cdot [(\text{FC max} - 72) / (\text{FC submax} - 72)] \end{aligned}$$

Applicazione del single stage-model utilizzando il protocollo di Balke-Ware

Femmina. Anni: 45; FC max = 220 - 45 = 175 bpm

Dati del test

3° step

S = 5.3 km·h⁻¹ Conversione in m·m⁻¹: 5.3 x 16.7 = 88.5 m·m⁻¹

G = 4% Valore frazionario: 4/100 = 0.04

$\text{VO}_2^{**} = 3.5 + (0.1 \times S) + (S \times G \times 1.8) = 3.5 + (0.1 \times 88.5) + (88.5 \times 0.04 \times 1.8) =$

$\text{VO}_2^{**} = 18.7 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (IE3)

$\text{VO}_2 \text{ max (mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}\text{)} = \text{IE3} \times [(\text{FC max} - 72) / (\text{FC submax} - 72)] = 18.7 \times [(175 - 72) / (148 - 72)] =$

$\text{VO}_2 \text{ max (mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}\text{)} = 25,2$

Single stage treadmill walking test



- E' utilizzato per persone adulte (20 – 59 anni);
- Prevede 4 minuti di riscaldamento a velocità tra i 3.2 – 7.3 km/h;
- La pendenza è 0;
- Con questo ritmo di camminata la FC è tra il 50 – 70% della massima predetta;
- Il test prevede 4 minuti alla stessa velocità ma con pendenza 5%;
- Si registra lo steady state della frequenza cardiaca e si valuta il VO_2 max.

$$\begin{aligned} \mathbf{VO_2max} \text{ (mL } \cdot \mathbf{Kg^{-1} \cdot min^{-1})} &= \\ &= \mathbf{15.1 + 21.8 \cdot (velocità \text{ in mph}) - 0.327 \cdot (FC \text{ in bpm})} \\ &\quad \mathbf{- 0.263 \cdot (velocità \cdot età \text{ in anni}) + 0.0054 \cdot (FC \cdot età)} \\ &\quad \mathbf{+ 5.48 \cdot (sesso)} \end{aligned}$$

1mph = 1.6 km/h

Sesso = femmine 0 – maschi 1

Single stage treadmill jogging test



- Serve a stimare la $VO_2\text{max}$ in giovani adulti (18-29);
- La velocità al treadmill è compresa tra 7 – 12 km/h (10.5 per le donne, 12 per gli uomini);
- Lo steady state della FC deve essere raggiunto entro i 180bpm con 3 minuti di corsa costanti;

La stima della $VO_2\text{max}$ sarà:

$$VO_2\text{max} (\text{mL} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) =$$

$$= 54.07 - 0.1938 \cdot (\text{peso in kg}) + 4.47 \cdot (\text{velocità in mph}) \\ - 0.1453 \cdot (\text{FC in bpm}) + 7.062 \cdot (\text{sexo})$$

1mph = 1.6km/h

Sexo = femmina 0 – maschio 1

Test massimali a ciclo ergometro



Il cicloergometro è un attrezzo utilizzato per la fitness cardiorespiratoria, l'aumento della resistenza meccanica al volano permette di ottenere una maggiore intensità allo sforzo. La potenza è espressa in chilogrammi/metri/ minuti (kg/m/ min) o in watts (1watt = 6kg m min⁻¹). Il watt è calcolato con la seguente formula:

$$\text{Potenza} = \text{forza} \times \text{distanza}/\text{tempo}$$

La forza è data dalla forza o tensione selezionata la cicloergometro (kg o newton)

La distanza è data dalla misura percorsa in metri dal volano ad ogni rivoluzione (giro) del pedale e dal numero di pedalate al minuti (rpm).

Nei cicloergometri comuni la distanza di ogni pedalata è di 6metri;

quindi se la resistenza applicata è di 2kg il ritmo di pedalata è di 60rpm allora:

$$\text{Potenza} = 2\text{kg} \times 6\text{m} \times 60\text{rpm} = 720\text{kgm} \times \text{min}^{-1}$$

convertiti in watts = 120 watts



Test massimale a cicloergometro



Step	Tempo (minuti)	Watt
1	0-1	25
2	1-2	25
3	2-3	50
4	3-4	50
5	4-5	75
6	5-6	75
7	6-7	100
8	7-8	100
9	8-9	125
10	9-10	125
11	10-11	150
12	11-12	150
13	12-13	175
14	13-14	175
15	14-15	200
16	15-16	200
17	16-17	225
18	17-18	225
19	18-19	250
20	19-20	250

I test alla bike richiedono il mantenimento volontario della frequenza della pedalata per produrre una determinata potenza.

Il ruolo dell'esaminatore è quello di incoraggiare il soggetto a tenere costante la frequenza della pedalata controllando con un metronomo (misuratore del ritmo).

Se sul cicloergometro in esame è controllata la resistenza della pedalata non è necessario incoraggiare il soggetto.

Esistono protocolli GXT per valutare la VO_2 max che prevedono:

- Un riscaldamento;
- 3-4 minuti per ogni step di 50 watts;
- 1-2 minuti se l'incremento è di 25 watts.

Test massimale a cicloergometro



Per la stima della $VO_2\max$ si utilizzano le equazioni dell'ACSM solo se si raggiunge lo steady states ad ogni step del protocollo:

Cicloergometro:

$$\begin{aligned} VO_2\max \text{ (mL } \cdot \text{ Kg}^{-1} \cdot \text{ min}^{-1} \text{)} &= \\ &= [(10.8 \cdot W) / M] + 7 \end{aligned}$$

M = peso in kg

(test idoneo per una potenza compresa tra i 50 e i 200 watts)

Test sub-massimale di Åstrand-ryhming al cicloergometro



- Il soggetto pedala a 50rpm, 0watt per 3 minuti;
- Dopo la fase di riscaldamento il soggetto pedala per altri 6 minuti a 50rpm con una potenza che dipende dall'età, dal sesso e dal grado di allenamento.

Maschio non allenato → 50/100 watts

Maschio allenato → 100/150 watts

Femmina non allenata → 50/75watts

Femmina allenata → 75/100watts

Soggetti anziani → 50watts

- Viene misurata la frequenza cardiaca dopo ogni minuto e se lo steady state non viene raggiunto entro il 6° minuto si continua fino a che questo non viene raggiunto (125/170 bpm FC);
- Se alla fine del 6° minuto la FC è < 130bpm, il test continua per altri 6 minuti aumentando di 50watts il carico.

Normogramma Åstrand-ryhming



Il valore della FC alla fine del test, ovvero quando ha raggiunto lo steady state serve per stimare il valore della $VO_2\text{max}$ utilizzando il normogramma modificato di **Åstrand**.

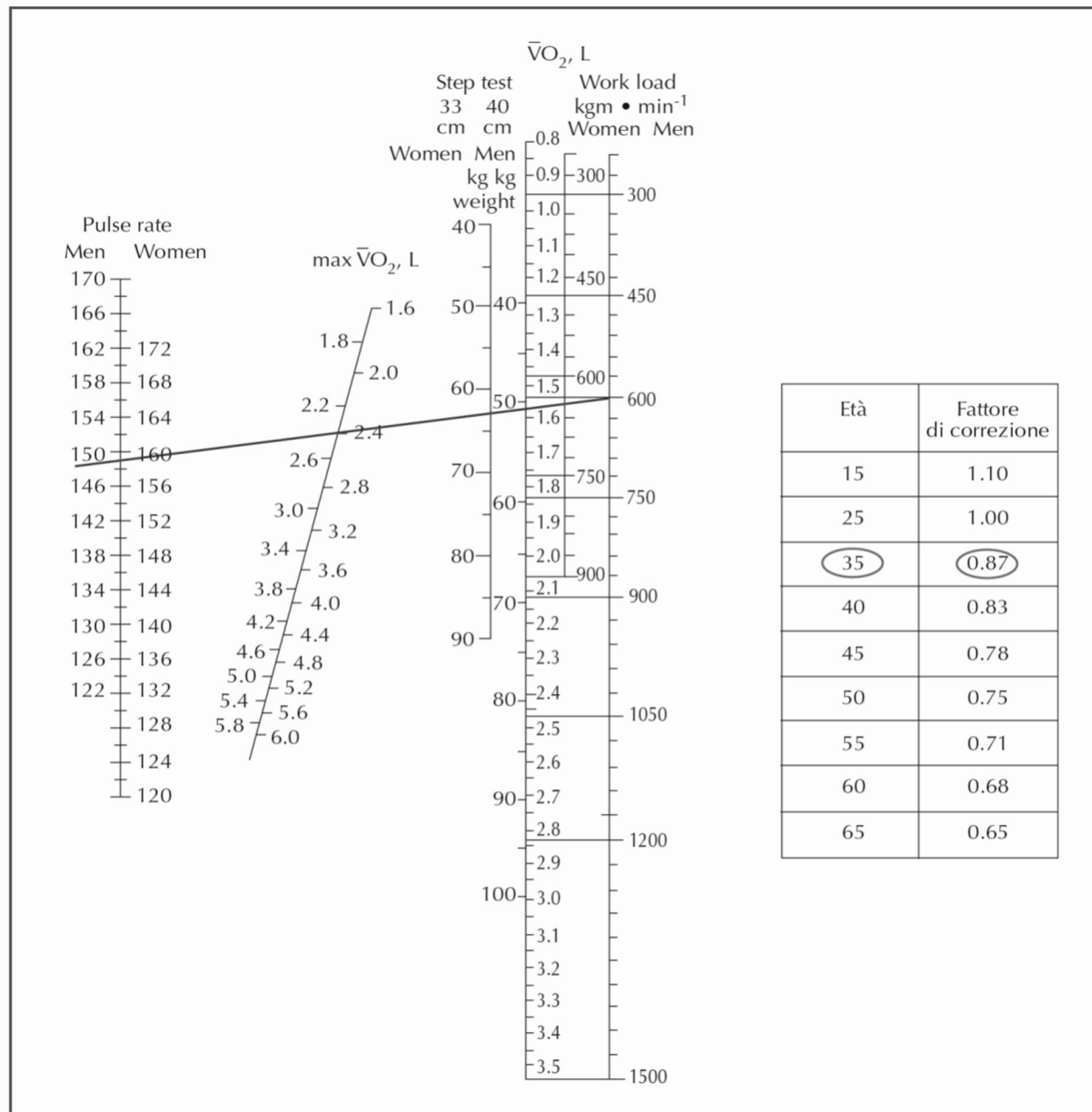
Il consumo di ossigeno può essere stimato leggendo il valore in corrispondenza del carico di lavoro per il test al cicloergometro.

Se un soggetto di 35 anni/maschio lavora a 100watts al cicloergometro il suo consumo di ossigeno sarà circa $2.4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$.

Per conoscere il valore della $VO_2\text{max}$ si traccia una retta che unisca il valore dell'intensità di lavoro a quella del valore medio di FC rilevato tra il 5° e 6° minuto.

Il valore deve essere corretto in funzione dell'età moltiplicandolo al relativo fattore di correzione, ad esempio se il valore di $VO_2\text{max}$ è di $2.4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ allora quello corretto è $2.4 \cdot 0.87 = 2.1 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$

Normogramma Åstrand-ryhming



Equazione Åstrand-ryhming al cicloergometro



Può avvenire la stima della $VO_2\max$ anche utilizzando la seguente equazione:

$$VO_2\max = IS \cdot [FC \max - 73 - (sesso \cdot 10)] \\ / [FCs - 73 - (sesso \cdot 10)]$$

IS = è l'intensità submassimale espressa come valore di $VO_2\max$ calcolata con l'equazione dell'ACSM per il cicloergometro;

SESSO = è attribuito 0 per le donne e 1 per i maschi;

FCs = è lo steady state della FC (125 – 170 bpm).

$$VO_2\max = [(10.8 \times W) / M] + 7]$$

Esempio

Soggetto femmina 33 anni con peso di 63Kg pedala a 100watts ($VO_2\max = 24.1 \text{ mL} \cdot \text{Kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$) e ha una frequenza cardiaca al 6° minuto di 145bpm. Quale sarà la $VO_2\max$?

$$VO_2\max = 24.1 \cdot [187 - 73 - (0 \cdot 10)] / [145 - 73 - (0 \cdot 10)] \\ VO_2\max = 38.1 \text{ mL} \cdot \text{Kg} \cdot \text{min}$$

Test sub-massimalial cicloergometro



Test submassimale YMCA al cicloergometro

- Il riscaldamento prevede che il soggetto pedali a 50rpm, 0 watts per 3 minuti;
- Nella prima fase il soggetto pedala a 50rpm, 25watts per 3 minuti fino a che non raggiunge lo steady state della frequenza cardiaca;
- Nella seconda fase il soggetto pedala a 50rpm, per 3 minuti (o oltre) con una potenza modificata in base allo steady state della FC rilevato nella prima fase;
- Se la prima fase si è conclusa con un valore di bpm > 100 si aumenta di 50 watts, tra 90-100 bpm di 75 watts, tra 80-89bpm di 100 watts e < di 80bpm 125 watts;
- Se lo steady state della FC non è stato raggiunto nella prima fase, questa si prolunga di 1 minuto;
- Se lo steady state non viene raggiunto nemmeno con l'incremento di 1 minuto si svolge il test per un altro minuto;
- Se nemmeno allora è raggiunto lo steady state è necessaria una terza fase di 3 minuti per far sì che la FC sia compresa tra i 110bpm e l'85% della FC massima predetta;
- Il VO₂ max di ogni fase può essere stimato con equazioni dell'ACSM per il cicloergometro.

$$\text{VO}_2\text{max} = \text{IS}_2 + a \cdot (\text{Fcmax} - \text{FC}_2)$$

$$a = \frac{\text{IS}_2 - \text{IS}_1}{\text{FC}_2 - \text{FC}_1}$$

$$\text{IS} \left(\text{mL} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \right) = \left[(10.8 \cdot W) / M \right] + 7$$

Test massimale di McArdle al cicloergometro



- Il test prevede una potenza iniziale di 150 watts per maschi e femmine;
- Ritmo di pedalata è di 60 rpm;
- Si effettuano 2 minuti con questa potenza e ritmo di pedalata;
- Dopo i 2 minuti si incrementa di 30 watts ogni 2 minuti;
- Il test finisce quando il soggetto arriva al massimo sforzo o non riesce a mantenere i 60rpm;
- Vengono utilizzate le equazioni dell'ACSM tenendo in conto i dati dell'ultimo step (quello finale) o di quello in cui non è stato raggiunto lo steady state;
- Bisogna rilevare la FC ad ogni step del protocollo per sapere quando avviene il raggiungimento dello steady state.

Test massimale di Storer-Davis al cicloergometro



- Il test è idoneo per persone sedentarie adulte di età compresa tra 20 -70 anni;
- Il soggetto pedala a 60rpm senza resistenza per 4 minuti;
- Solo dopo il riscaldamento si incrementa di 15 watts ogni minuto;
- Il test finisce quando il soggetto è al punto del massimo sforzo o non riesce a mantenere il ritmo di pedalata di 60rpm;
- Si rileva la FC ad ogni step per valutare lo steady state;

La stima della VO_2 max è data dalla seguente formula:

$$\begin{aligned} VO_2\text{max} (L \cdot \text{min}^{-1}) &= \\ &= 9.39 \cdot (\text{watt ultimo step}) + \\ &7.7 \cdot (\text{peso in kg}) - 5.88 (\text{età in anni}) + 136.7 \end{aligned}$$

Test massimale di Andersen al cicloergometro



- Il test è consigliato per persone sane tra 15 – 28 anni;
- Un ritmo di pedalata è di 70rpm mentre la potenza è di 70 watts;
- Questa cadenza va mantenuta per 7 minuti;
- Dopo i 7 minuti il ritmo di pedalata resta costante e la potenza si incrementa di 35 watts ogni 2 minuti;
- Il test finisce quando il soggetto è al punto del massimo sforzo o non riesce a mantenere il ritmo di pedalata di 70rpm;
- Si rileva la FC ad ogni step per valutare lo steady state;

Per la stima della $VO_2\text{max}$ si utilizza la seguente equazione:

$$\begin{aligned} VO_2\text{max} (L \cdot \text{min}^{-1}) &= \\ &= 0.017 \cdot (\text{watts ultimo step}) + 0.16 \end{aligned}$$

Test massimale al gradino



E' un altro metodo per valutare la fitness cardiorespiratoria che utilizza come strumento uno step.

Il protocollo prevede la salita e discesa dal gradino di una determinata altezza. L'intensità del lavoro è data dalla grandezza del gradino o dal numero di step effettuati.

La quantità di lavoro (watts) può essere calcolata con la seguente formula:

$$W = F \cdot D$$

F = peso corporeo in Kg;

D = numero di step al minuto. X ALTEZZA

Esempio

Se un soggetto di 50Kg effettua il test con una frequenza di 22step al minuto su un gradino alto 30cm il suo lavoro è :

$$50 \times 0.3 \times 22 =$$

$$330 \text{ Kgm min} = 55 \text{watts}$$

GXT al gradino



Se un soggetto di 60Kg effettua il test ad un'intensità di $300\text{Kg} \cdot \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ a una frequenza di 18step/min come determiniamo l'altezza del gradino?

$$\text{Altezza del gradino} = \frac{300\text{Kg} \cdot \text{m} \cdot \text{min}^{-1}}{60\text{Kg} \cdot 18\text{step} \cdot \text{min}^{-1}} = 0.28\text{m} = 28 \text{ cm}$$

Se l'altezza del gradino è fissa, possiamo decidere di variare la frequenza degli step ad ogni fase del GXT.

Esempio

Altezza del gradino 30cm

Intensità di lavoro $450\text{Kg} \cdot \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$

Quale sarà la frequenza degli step?

$$\text{Frequenza degli step} = \frac{450 \text{ Kg} \cdot \text{m} \cdot \text{min}^{-1}}{60 \cdot 0.3} = 25\text{step} \cdot \text{min}^{-1}$$

VO_2 max nel test a gradino



Per stimare la VO_2 max nel test a gradino si utilizzano le equazioni dell'ACSM per lo step e queste possono essere utilizzate solo se si raggiunge lo steady state della FC monitorata.

$$\begin{aligned} \text{STEP: } \text{VO}_2 & (\text{ mL} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) \\ & = [(0.2 \cdot f) + (1.33 \cdot 1.8 \cdot h \cdot f)] + 3.5 \end{aligned}$$

f = frequenza dello step al minuto;

h = altezza dello step in metri;

Questa formula è idonea per una frequenza compresa tra i 12 – 30 step al minuto e un'altezza dello step compresa tra 4 – 40cm

Test submassimali al gradino



Non sono molto utilizzati i test submassimali al gradino rispetto a quelli al cicloergometro e al Treadmill poiché il coefficiente di correlazione della FC e $\dot{V}O_2$ max è altamente variabile determinando una differenza tra la $\dot{V}O_2$ max reale e quella predetta del 16%.

Tabella 22.14 Esempi di applicazione del multi-stage model in un test sub-massimale al gradino

Livello	Tempo (minuti)	Frequenza (step/min)	Altezza step/gradino (m)	$\dot{V}O_2$ (mL · kg ⁻¹ · min ⁻¹) (Calcolato con la formula dell'ACSM)	Carico di lavoro in watt per un soggetto di 75 kg
1	0-2	12.5	0.2	11.98	30.64
2	2-4	15	0.2	13.68	36.76
3	4-6	20	0.2	17.07	49.02
4	6-8	25	0.2	20.47	61.27
5	8-10	27.5	0.2	22.16	67.40
6	10-12	30	0.2	23.86	73.53

Nel protocollo riportato è prevista un'altezza fissa dello step/gradino di 20 cm (0.2 m) mentre la frequenza (e quindi l'intensità dello sforzo) nei differenti livelli varia con l'aumento della frequenza (step/min). Il test prevede i primi 2-3 minuti di riscaldamento e quindi inizio del test con 12.5 step/min (equivalente a 50 battute/minuto). Il test è concluso allorché il soggetto raggiunge uno steady state della FC compreso tra 115-150 bpm in due livelli consecutivi. I dati di $\dot{V}O_2$ (calcolati con le formule dell'ACSM) dei due livelli con quelli della FC (rilevati con il cardiofrequenzimetro) possono essere utilizzati per applicare il multistage model. Riprendendo i dati della tabella, consideriamo che un soggetto di 40 anni con una FC max stimata di 180 bpm (FC max = 220 – età = 220 – 40 = 180 bpm) raggiunga lo steady state della FC al 5° (138 bpm) e al 6° livello (143 bpm) con $\dot{V}O_2$ di 22.16 e 23.86 mL · kg⁻¹ · min⁻¹ (vedi tabella), avremo che:

$$a = [\dot{V}O_2 (6^\circ \text{ livello}) - \dot{V}O_2 (5^\circ \text{ livello}) / (FC(6^\circ \text{ livello}) - FC (5^\circ \text{ livello}))]$$

$$a = [(23.86 - 22.16) / (143 - 138)] = [1.7 / 5] = 0.342$$

$$\dot{V}O_2 \text{ max (mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = \dot{V}O_2 (6^\circ \text{ livello}) + a \times [FC \text{ max} - FC (6^\circ \text{ livello})]$$

$$\dot{V}O_2 \text{ max (mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = 23.86 + 0.342 \times [180 - 143] = 36.5$$

Test submassimali

Åstrand-ryhming al gradino



- Il test dura 5 minuti e prevede una frequenza di 22,5step/minuto con l'altezza dello step che varia in base al sesso (40cm maschio; 33cm femmina);
- Vengono contati i battiti cardiaci tra il 15° e 30° secondo subito dopo la fine del test e moltiplicati per 4 per avere il numero di bpm al minuto;
- Il $VO_2\text{max}$ può essere stimato conoscendo il peso del soggetto e utilizzando il normogramma di Åstrand.

L'equazione della stima della $VO_2\text{max}$ è:

$$\begin{aligned} \text{Donna} \rightarrow & \quad VO_2\text{max} (L \cdot \text{min}^{-1}) \\ & = 3.750 \cdot [(\text{peso in kg} - 3) / (\text{FC} - 65)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Uomo} \rightarrow & \quad VO_2\text{max}(L \cdot \text{min}^{-1}) \\ & = 3.744 \cdot [(\text{peso in kg} + 5) / (\text{FC} - 62)] \end{aligned}$$

Test Queens College al gradino



- In questo test l'altezza del gradino è fissa a 41.3 cm;
- La frequenza degli step è di 22 step al minuto per le donne, 24 per gli uomini;
- Il test dura 3 minuti;
- Alla fine del test si attende 5 secondi per rilevare i bpm in 15 secondi e moltiplicarlo per 4;
- Questa FC può essere utilizzata per la stima della VO_2 max.

Equazione della VO_2 max:

$$\begin{aligned} \text{Uomo} \rightarrow \quad & \mathbf{VO_2\max (ml kg^{-1} \cdot min^{-1})} \\ & = 111.33 - (0.42 \cdot \text{FC fine test}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Donna} \rightarrow \quad & \mathbf{VO_2\max (ml kg^{-1} \cdot min^{-1})} \\ & = 65.81 - (0.1847 \cdot \text{FC fine test}) \end{aligned}$$

Test con armergometro



Step	Tempo (minuti)	Watt
1	0-1	25
2	1-2	25
3	2-3	50
4	3-4	50
5	4-5	75
6	5-6	75
7	6-7	100
8	7-8	100
9	8-9	125
10	9-10	125
11	10-11	150
12	11-12	150
13	12-13	175
14	13-14	175
15	14-15	200
16	15-16	200
17	16-17	225
18	17-18	225
19	18-19	250
20	19-20	250

- E' uno strumento consigliato per soggetti sedentari, anziani o con disabilità agli arti inferiori;
- Serve anch'esso per valutare la frequenza cardiorespiratoria;
- Non esiste un protocollo specifico ma si possono utilizzare i protocolli di GXT al cicloergometro riportati nella tabella, incrementando contenutamente l'intensità dello sforzo.

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

$$\text{Armergometro } VO_2\max \text{ (ml kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{)} \\ = [(18 \cdot W) / M + 3.5]$$

W = potenza in watts raggiunta al massimo sforzo;

M = peso corporeo in Kg.
(potenza compresa tra 25-125watts)