

**Zeitschrift:** Gioventù e sport : rivista d'educazione sportiva della Scuola federale di ginnastica e sport Macolin  
**Band:** 37 (1980)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Tenacia : importanza, limiti e metodi di misura  
**Autor:** Howald, Hans  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1000488>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

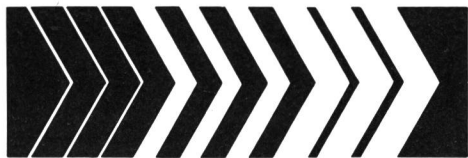
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.11.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



## Tenacia: importanza, limiti e metodi di misura

Hans Howald

La tenacia assume un importante ruolo nel complesso dei cosiddetti fattori di condizione fisica. È definita come capacità aerobica, cioè la facoltà dell'organismo di assorbire dell'ossigeno e di trasportarlo ai diversi organi dove viene trasformato in energia necessaria alle funzioni vitali e al lavoro. Nella competizione sportiva, la tenacia diventa il fattore di condizione fisica preponderante dal momento in cui un esercizio dura più di 2 o 3 minuti. Per un lavoro di breve durata e spesso intensivo, l'energia necessaria può ugualmente essere prodotta senza ossigeno (produzione anaerobica).

La figura 1 fornisce una panoramica delle proporzioni fra la produzione aerobica e anaerobica d'energia nelle discipline fra le più importanti. Benché piccoli scarti siano sempre possibili, in particolare nei giochi, questa tabella è un aiuto prezioso per giudicare l'importanza della tenacia nelle diverse discipline sportive.

### Fattori che limitano l'assorbimento e il consumo d'ossigeno

I polmoni, il cuore, i vasi sanguigni con i loro globuli rossi (eritrociti) partecipano al trasporto dell'ossigeno, apportato dalla respirazione, fino ai muscoli in azione. La struttura e la funzione di questi sistemi di organi sono presentati schematicamente nella figura 2.

L'ossigeno ( $O_2$ ) attraversa la trachea e i bronchi per arrivare agli alveoli polmonari che sono in stretto rapporto con i capillari della circolazione polmonare. Dato che la pressione d'ossigeno ( $pAO_2$ ) è più grande negli alveoli che nei capillari vicini ( $pCO_2$ ), l'ossigeno penetra nei capillari tramite ciò che si chiama diffusione, grazie a questa differenza di pressione ( $\Delta pO_2$ ). La capacità di diffusione dei polmoni (DL) dipende dalla superficie totale degli alveoli ( $S_A$ ), dalla superficie dei capillari ( $S_C$ ) e dal volume di questi capillari (VC). In condizioni atmosferiche normali (al massimo a

	<b>Aerobia</b>	<b>Anaerobia</b>	
Corsa 100 m	0%	100%	Alterofilia
Lotta Scherma	10%	90%	Ginnastica artistica Pallacanestro Pallavolo Pallamano Hockey su ghiaccio
Corsa 400 m Nuoto (100 m)	20%	80%	Tennis Calcio
	30%	70%	
Corsa 800 m Nuoto (200 m)	40%	60%	
	50%	50%	Pugilato
Corsa 1500 m	60%	40%	
Nuoto (400 m)	70%	30%	Ciclismo (4 km)
	80%	20%	
Nuoto (800 m) Corsa 5000 m	80%	20%	Canottaggio (2000 m)
	90%	10%	
Corsa 10 000 m	90%	10%	
Maratona Jogging	100%	0%	Ciclismo su strada Sci di fondo
	<b>Aerobia</b>	<b>Anaerobia</b>	

Figura 1: La produzione aerobica e anaerobica d'energia negli sport più importanti (secondo Fox).

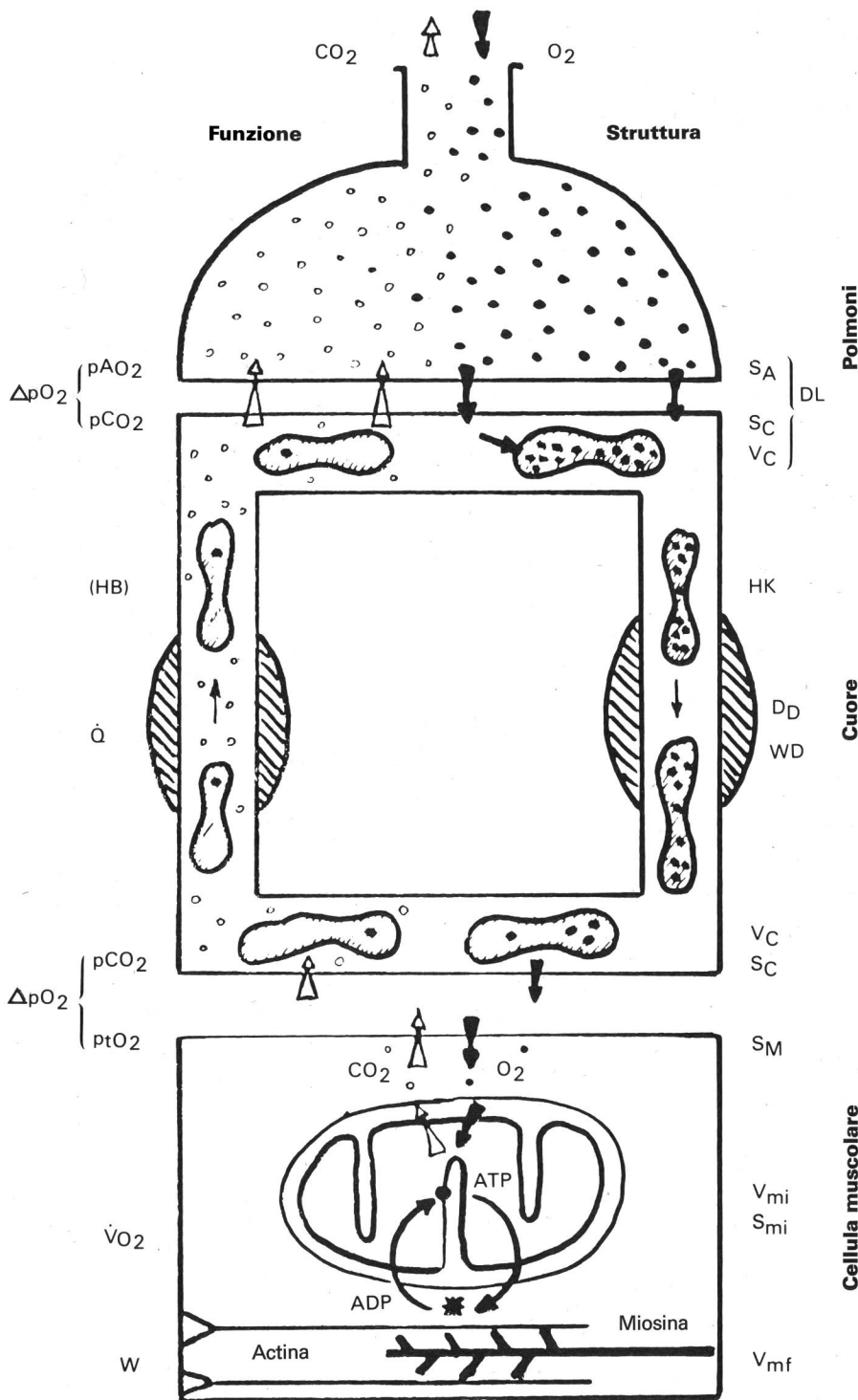


Figura 2: Spiegazione nel testo (secondo Weibel).

1500 m di altitudine) e se gli organi di respirazione sono sani, la respirazione non è un fattore che limita la capacità aerobica, visto che le possibilità strutturali e funzionali dei polmoni (massimo respiratorio) non sono mai totalmente esaurite, anche se lo sforzo è massimale. Di conseguenza è impossibile valutare la tenacia misurando semplicemente la funzione dei polmoni come per esempio la capacità vitale (massimo d'aria espirata dopo una inspirazione forzata) e la capacità durante il primo secondo (volume d'aria soffiato durante il primo secondo di una espirazione forzata).

Nei capillari dei polmoni, l'ossigeno è immediatamente assorbito dai globuli rossi e fissato al pigmento rosso del sangue (emoglobina, HB). La quantità d'ossigeno che il sangue può trasportare dipende dalla percentuale degli eritrociti nel plasma sanguigno (ematocrito, HK). Se il numero degli eritrociti e il tasso di emoglobina diminuiscono, la tenacia è fortemente perturbata, ciò significa che uno sportivo sofferente di anemia, anche leggera, non potrà mai realizzare grandi prestazioni in discipline di tenacia. Il caso contrario, cioè l'aumento del numero dei globuli rossi, scopo ricercato per esempio con le auto-trasfusioni sanguigne, non sembra provocare un miglioramento della capacità aerobica, da un canto perché un eccedente di eritrociti rende il sangue più viscoso impedendo così la circolazione nei capillari, e dall'altro probabilmente perché un'eccedenza d'ossigeno non è consumata dalle cellule muscolari.

Il trasporto del sangue dai capillari ai polmoni e da lì ai capillari dei muscoli in azione è assicurato dal cuore il cui volume (Q) dipende dal diametro dei ventricoli (DD) e dello spessore della parete muscolare (WD). Un allenamento di tenacia durante parecchi anni porta a una dilatazione del cuore, e da qui a un aumento del volume (o portata). Secondo le nozioni più recenti, questa dilatazione si manifesta fra i corridori di fondo e gli sciatori di fondo con un aumento della «cilindrata» (diametro dei ventricoli, DD) e fra i rematori con un aumento dello spessore della massa muscolare del cuore (WD). La capacità cardiaca è certamente un fattore determinante per la tenacia, ma non è il solo come spesso lo si pretendeva in passato.

Nel muscolo i capillari sono in stretto rapporto con le cellule muscolari e l'ossigeno passa, ugualmente per diffusione, dal sangue a queste cellule. Come nei polmoni, questo processo dipende da un canto dalla pressione dell'ossigeno nei capillari ( $pCO_2$ ) e nelle cellule muscolari ( $ptO_2$ ) come pure dal volume dei capillari ( $VC$ ) e d'altro canto dalla superficie totale dei capillari ( $SC$ ) e delle cellule muscolari ( $SM$ ).

Nella cellula muscolare, le molecole d'ossigeno sono trasportate fino ai mitocondri («centrali

d'energia cellulare»), intercalati nelle miofibrille (fibre muscolari molto fini composte di sostanze protidiche miosina e actina), grazie alla differenza fra la pressione alla periferia e quella al centro della cellula. Questo trasporto passivo all'interno della cellula muscolare è facilitata dalla mioglobina (pigmento muscolare) che è imparentata chimicamente all'emoglobina degli eritrociti. Nei mitocondri ha luogo la respirazione cellulare, cioè la «combustione» tramite ossidazione di rifiuti di glucosio e/o degli acidi grassi. Lo scopo di questo catabolismo è la produzione di adenosintrifosfato (ATP), una sintesi ricca d'energia necessaria al lavoro dei muscoli (reazione fra le molecole di miosina e di actina) che è trasformata in adenosindifosfato (ADP). Il consumo massimale di ossigeno ( $\dot{V}O_2 \text{ max}$ ) da parte delle cellule muscolari dipende

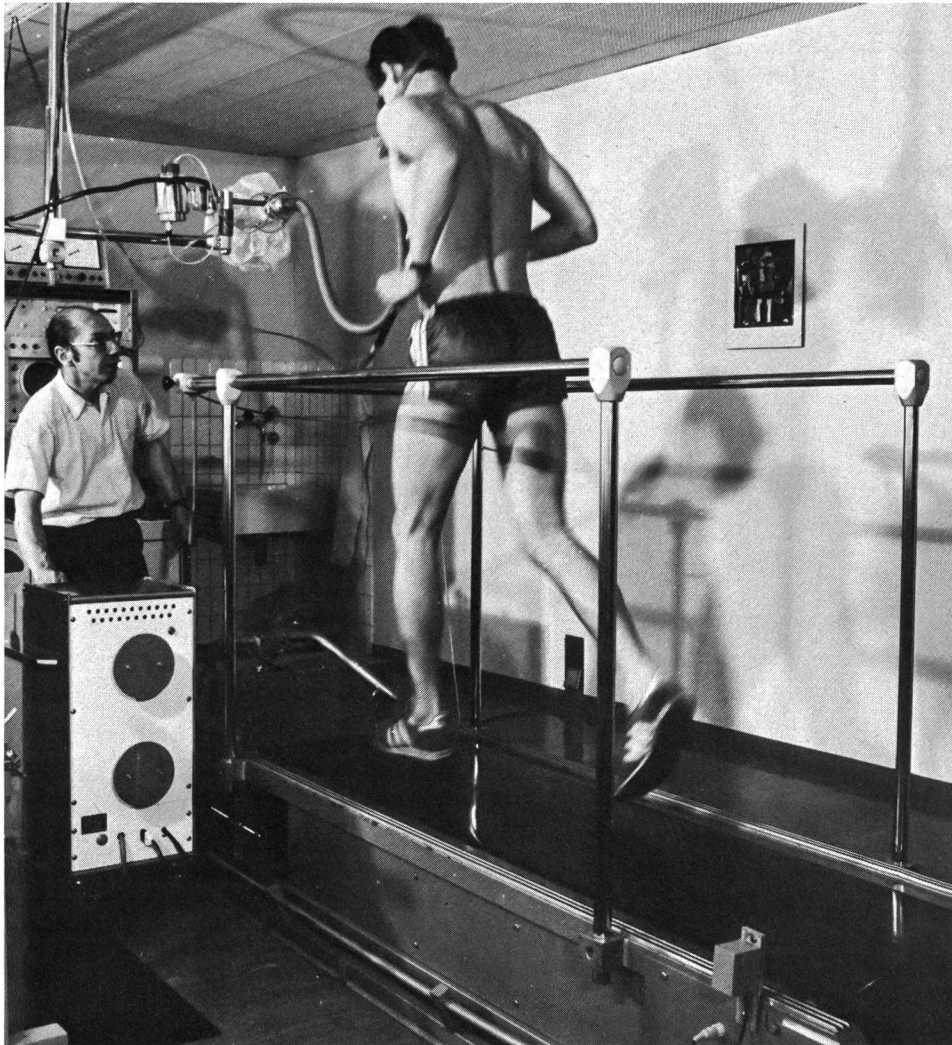
dal volume dei mitocondri ( $V_{M1}$ ) e dalla superficie delle membrane mitocondriali ( $S_{M1}$ ) nella quale si trovano gli enzimi (molecole protidiche specializzate nella regolazione di reazioni chimiche) necessari alla precipitata combustione. Il lavoro (W) della cellula muscolare è condizionato dal volume delle miofibrille ( $V_{Mf}$ ). L'allenamento di tenacia ha quale effetto un aumento del volume dei mitocondri in rapporto al volume globale della cellula e un rendimento più elevato degli enzimi che partecipano alla respirazione cellulare. In altri termini, una cellula muscolare di un soggetto allenato può consumare, in un'unità di tempo data, maggior ossigeno e produrre così maggiormente d'ATP che quella di un soggetto non allenato. Il lavoro di muscolazione, per contro, permette d'aumentare il volume delle miofibrille ma porta simultanea-

mente a una diminuzione relativa del volume dei mitocondri.

Il prodotto finale della respirazione cellulare è l'acido carbonico ( $CO_2$ ) che passa, per diffusione, dai mitocondri e dall'interno della cellula ai capillari che lo trasporta, sciolto nel sangue, fino ai capillari dei polmoni. L'acido carbonico penetra in seguito negli alveoli polmonari dove si mescola all'aria che sarà espirata, grazie alla pressione dell'acido carbonico che è ben più elevata nei capillari che negli alveoli. L'eliminazione dell'acido carbonico proveniente dal lavoro muscolare non è un fattore limitativo della tenacia.

#### Metodi per determinare la tenacia

La medicina dello sport conosce attualmente dei metodi che permettono di giudicare quantitativamente la capacità di tutti i sistemi d'organi necessari a un alto grado di tenacia (per esempio la capacità di diffusione dei polmoni, il volume del cuore, il tasso di emoglobina, il volume dei mitocondri e la superficie della loro membrana, il consumo di sostanze nutritive e d'ossigeno). I differenti metodi sono tuttavia abbastanza complicati e pongono talvolta alte esigenze alle persone che compiono i test. Occorre dunque ricorrere, nella pratica, a dei procedimenti più semplici, tenuto conto che determinare il consumo massimo di ossigeno ( $\dot{V}O_2 \text{ max}$ ) durante un carico massimale resta il miglior criterio di base per determinare la tenacia. Il consumo momentaneo di ossigeno può essere considerato come il risultato sia del trasporto dell'ossigeno dai polmoni alle cellule muscolari passando dal cuore, sia il consumo d'ossigeno nelle cellule stesse. Il  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  si esprime in ml/mn/kg del peso del corpo e fornisce un eccellente punto di riferimento per la capacità aerobica. Gli svizzeri non allenati di 20-30 anni raggiungono 45 ml/mn/kg, mentre che i corridori di fondo, gli orientisti, gli sciatori di fondo e i ciclisti dispongono di un  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  di 80-85 ml/mn/kg. Per determinare direttamente il  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  bisogna disporre di un laboratorio di fisiologia dello sforzo ben equipaggiato con degli ergometri e degli apparecchi necessari per misurare la funzione dei polmoni. Partendo da questi metodi, che non sono accessibili a tutti, si sono sviluppati dei procedimenti semplici che dovrebbero permettere di dedurre il  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  di una determinata prestazione realizzata sulla bicicletta ergometrica e dalla frequenza cardiaca risultante da questo esercizio. Benché un procedimento di questo genere esiga meno tempo e danaro, bisogna essere coscienti che il risultato finale è puramente matematico e basato su numerose ipotesi. La tabella soprastante mostra le formule impiegate per l'estrapolazione del  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  prendendo come valori il risultato di un test ergometrico e la frequenza cardiaca misu-



### Estrapolazione del $\dot{V}O_2$ max sulla base di una prestazione all'ergometro e della frequenza cardiaca in «steady-state»

$$\dot{V}O_2 \text{ max (ml/mn/kg)} = \frac{(195 - 61) \cdot [(6,12 \cdot W \cdot 10,18) + (670 \cdot SC)] \cdot [215 - (\text{età})]}{(FC - 61) \cdot 5 \cdot 198 \cdot P} \text{ sesso maschile}$$

$$\dot{V}O_2 \text{ max (ml/mn/kg)} = \frac{(198 - 72) \cdot [(6,12 \cdot W \cdot 10,18) + (670 \cdot SC)] \cdot [215 - (\text{età})]}{(FC - 72) \cdot 5 \cdot 198 \cdot P} \text{ sesso femminile}$$

**Legenda:** W = prestazione in watt; FC = frequenza cardiaca; P = peso del corpo in kg  
 SC = superficie del corpo =  $P^{0,425} \cdot H^{0,725} \cdot 71,84 \cdot 10^{-4}$  (P = peso in kg; H = taglia in cm)  
 (m<sup>2</sup>) (kg) (cm)

Esempi:	Peso	Taglia	Età	Prestazione	Frequenza cardiaca	$\dot{V}O_2$ max	Frequenza cardiaca max.
	kg	cm	anni	watt	mn <sup>-1</sup>	ml/mn/kg	mn <sup>-1</sup>
Sesso maschile							
	75	180	43	180	155	42,0	172
						39,0	160
						45,1	185
Sesso femminile							
	60	170	35	120	160	37,4	180
						34,2	165
						40,5	195

Tabella: Formule per determinare il  $\dot{V}O_2$  max ed esempi.

rata quando lo «steady state» (stato d'equilibrio) è stato raggiunto. Il carico dovrebbe essere tale da esigere almeno 120 pulsazioni e al massimo 170 pulsazioni al minuto. Oltre alla prestazione all'ergometro misurata in watt e della frequenza cardiaca, bisogna conoscere il peso, la taglia, l'età e il sesso della persona in questione.

Nelle formule della tabella si suppone che la frequenza cardiaca massimale di un uomo possa raggiungere 215 pulsazioni al minuto e che questo valore diminuisca di una pulsazione al minuto ogni anno. Questo principio è basato su inchieste approfondite. Tuttavia è possibile che il valore individuale sia molto diverso da questa media, ciò che può portare a risultati falsati utilizzando questi semplici metodi. Gli esempi nella tabella mostrano che le persone la cui frequenza cardiaca massima è inferiore a quella corrispondente alla loro età sono avvantaggiati, mentre quelli che possiedono una frequenza cardiaca massimale superiore alla media sono svantaggiati. Una correzione è possibile solo se si può misurare la frequenza cardiaca massimale e inserirla nella formula al posto della parentesi [215 - (età)]. Contrariamente al carico in «steady-state», può essere pericoloso sottoporre delle persone, soprattutto di una certa età, a un carico massimale per misurare la frequenza cardiaca massimale. Un tale procedimento non dovrebbe quindi diventare un'abitudine. Il metodo ergometrico semplificato per determinare

il  $\dot{V}O_2$  max è particolarmente bene adattato all'osservazione di una sola persona, per esempio per documentare il miglioramento della tenacia durante una fase d'allenamento. Per contro, mal si presta al paragone della capacità aerobica di più persone, dato che gli errori al momento dell'estrapolazione sono relativamente grandi, in particolare a causa della frequenza cardiaca massimale che può variare considerevolmente da un soggetto a un altro e in ragione di altri fattori.

Se non si dispone di una bicicletta ergometrica, il metodo più semplice per determinare la tenacia è il test dei 12 minuti di Cooper. Si tratta in questo caso di percorrere, su un terreno piatto, la più grande distanza possibile in 12 minuti esatti, correndo o marciando. Visto che uno sforzo di 12 minuti dipende quasi esclusivamente (90 per cento e più) dalla capacità aerobica, è possibile determinare il  $\dot{V}O_2$  max sulla base della distanza percorsa.

Esperimenti hanno mostrato che questi due metodi (bicicletta ergometrica e test dei 12 minuti) concordano in modo soddisfacente. Il consumo massimale d'ossigeno può essere stimato secondo la formula seguente, se si conosce la distanza percorsa in 12 minuti:

$$\dot{V}O_2 \text{ max (ml/mn/kg)} = (0,02 \times \text{distanza percorsa} - 5,4)$$

(Esempio: distanza percorsa = 2500 m,  $\dot{V}O_2$  max = 44,6 ml/mn/kg)

### Preoccupante l'aumento annuo degli annegamenti

27 bambini e adolescenti, 6 donne, 61 uomini: queste le vittime dei 94 casi d'annegamenti deplorati l'anno scorso nel nostro paese. All'origine della maggior parte di questi drammi, l'imprudenza e la temerità.

Una volta di più, il Centro d'informazione dell'Associazione Svizzera d'Assicurazione, l'INFAS, a Losanna, tiene a rammentare le regole di prudenza elementare seguenti:

- sorvegliate costantemente i bambini, specialmente quelli piccoli, incoscienti del pericolo;
- non esponetevi per ore ed ore al sole;
- evitate di buttarvi in acqua troppo accaldati o con lo stomaco pieno;
- rinunciate al bagno se non vi sentite bene;
- evitate gli scherzi stupidi, le prodezze inutili ed i giochi imprudenti;
- in piscina, prima di tuffarvi, assicuratevi che non vi siano nuotatori sotto il trampolino e che il fondo sia sufficiente;
- non sopravvalutate mai le vostre forze di nuotatore;
- se vedete una persona in difficoltà agite rapidamente. Val meglio chiamar soccorso per nulla che intervenire quand'è troppo tardi!