

**SCUBAPRO** DEEP DOWN YOU WANT THE BEST



IMMERSIONE  
CON CARDIOFREQUENZIMETRO  
E CARICO DI LAVORO

## INDICE

- 03 - Rilevazione della frequenza cardiaca in immersione
- 04 - Come si misura la frequenza cardiaca?
- 05 - Frequenza a riposo - cosa la influenza?
- 06 - Gittata cardiaca, pressione sanguigna e carico di lavoro
- 09 - Influenza della posizione del corpo sulla frequenza cardiaca
- 10 - Variazione della frequenza cardiaca con la respirazione
- 11 - Frequenza cardiaca durante l'apnea
- 12 - Equilibrio dei fluidi e frequenza cardiaca
- 13 - Pulsazioni - caldo e freddo
- 14 - Perché l'emozione fa correre il cuore
- 14 - Frequenza cardiaca come indicatore dell'allenamento
- 15 - Suggerimenti di allenamento
- 18 - Glossario



## RILEVAZIONE DELLA FREQUENZA CARDIACA IN IMMERSIONE

La frequenza cardiaca è un indicatore importante dell'aumento dello stress. Questo è noto da molto tempo. L'industria dello sport ha reagito a questo ed offre una gamma di prodotti per atleti ambiziosi, per analizzare e valutare il loro addestramento. Non importa che siano atleti ricreativi appassionati, maratoneti professionisti o un pensionato attento alla salute: oggi il cardiofrequenzimetro è un equipaggiamento quasi standard. Quindi perché non utilizzare questa tecnologia anche per l'immersione? Con l'aiuto di un cardiofrequenzimetro si possono monitorare le pulsazioni anche in immersione e quindi rendere le immersioni ancora più sicure. Monitorando la frequenza cardiaca si può valutare meglio il carico di lavoro ed il subacqueo può reagire all'aumento dello stress in modo tempestivo. Inoltre, misurando la frequenza cardiaca è possibile allenarsi specificamente e preventivamente per migliorare la propria resistenza.

Poiché un aumento di sforzo fisico durante l'immersione in acque profonde fa aumentare la circolazione e questo a sua volta aumenta l'assorbimento di azoto, la frequenza cardiaca può essere anche usata per calcolare i tempi di decompressione in modo ancora più preciso e rendere l'immersione ancora più sicura. Ecco perché i computer SCUBAPRO non si limitano ad indicare profondità, tempi di no-deco e decompressione, ma informano continuamente l'atleta/subacqueo circa la sua frequenza cardiaca, vale a dire il suo livello personale di stress che, a sua volta, viene utilizzato per il calcolo di altri parametri dell'immersione.

Ci sono però altri fattori da considerare quando si utilizza la frequenza cardiaca

durante l'immersione. Questo testo vuole essere di supporto per una migliore comprensione di molti aspetti legati al "ruolo" della frequenza cardiaca rilevata e per un corretto e ottimale utilizzo di questa tecnologia integrata nella maggior parte dei computer SCUBAPRO.

A vantaggio di una più agile e rapida lettura si è preferito strutturare l'indice in una serie di domande e risposte riguardo alla frequenza cardiaca, al fitness e all'immersione. In questo modo al subacqueo interessato basterà dare un'occhiata all'indice per trovare il capitolo che risponde alla sua domanda.

Ascolta il tuo cuore! Ti auguriamo fantastiche immersioni:  
 Dr. Uwe Hoffmann  
 Dr. Tobias Dräger e  
 Jörn Kießler (editore)

## COME SI MISURA LA FREQUENZA CARDIACA?

Ci sono molti modi di misurare la frequenza cardiaca. In modo empirico, si possono sentire le pulsazioni sull'arteria dell'avambraccio o sull'arteria carotide, per esempio, e si possono contare per un periodo di tempo predefinito, solitamente 15 secondi. Si possono anche sentire le pulsazioni appoggiando l'orecchio al petto di un'altra persona. Nella pratica medica le pulsazioni sono usualmente registrate tramite un elettrocardiogramma (ECG). Ogni pulsazione produce un segnale elettrico misurabile. Usando almeno due elettrodi, uno su ciascun lato del cuore, questo segnale può essere misurato dall'esterno del corpo.

Molti cardiofrequenzimetri usati nell'attività sportiva utilizzano questa tecnica e sono dotati di elettrodi incorporati in una fascia pettorale. I dispositivi elettronici posti dentro la fascia pettorale cercano l'impulso elettrico prodotto da ciascuna pulsazione. L'impulso registrato viene trasmesso al ricevitore sotto forma di segnale, cioè al cardiofrequenzimetro, e poi analizzato. Per questa applicazione è essenziale che i due elettrodi rimangano a contatto con il petto in ogni momento.

### DURANTE L'IMMERSIONE

È esattamente questo il principio di misurazione usato anche dai computer SCUBAPRO. Con una fascia pettorale impermeabile dotata di due elettrodi, l'impulso elettrico della pulsazione può essere registrato anche in immersione.

I dati però non vengono mandati ad un semplice cardiofrequenzimetro, ma al computer subacqueo. Il computer fa esattamente la stessa cosa che farebbe un

cardiofrequenzimetro, per esempio mentre una persona sta facendo jogging: mostra la frequenza cardiaca della persona in quel momento. Ovviamente memorizza anche i dati, così che dopo l'immersione è possibile ricostruire esattamente in che momento il carico di lavoro era particolarmente alto o particolarmente troppo basso. Una caratteristica speciale dei computer SCUBAPRO con la quale nessun cardiofrequenzimetro normale e nessun computer subacqueo tradizionale possono competere, è che la frequenza cardiaca del subacqueo viene usata come fattore nel calcolo dei tempi di no-deco, di decompressione e di risalita. Invece di basarsi su di un singolo algoritmo, vengono utilizzati i dati personali effettivi.

A questo scopo, i computer SCUBAPRO mostrano la frequenza cardiaca media in un dato periodo di tempo, ad esempio quattro secondi. Utilizzando questa tecnica è possibile rilevare la frequenza cardiaca a riposo e durante lo sforzo fisico, facilmente e senza arrecare disturbo alla persona coinvolta.



► **Misurazione della frequenza cardiaca in immersione con la fascia pettorale**

## FREQUENZA A RIPOSO – COSA LA INFLUENZA?

Cos'è esattamente la frequenza cardiaca a riposo e da cosa è influenzata? La frequenza cardiaca a riposo è la frequenza cardiaca di una persona che non sta facendo alcuno sforzo. Per determinare la sua affidabilità, la frequenza cardiaca a riposo andrebbe misurata sempre in condizioni comparabili. Fattori importanti sono il tempo - di solito viene determinata la mattina cinque minuti dopo il risveglio - e la posizione del corpo. Idealmente, la persona dovrebbe rimanere distesa a letto durante la misurazione. I risultati più affidabili sono offerti anche in questo caso da un cardiofrequenzimetro. Se non se ne ha uno a disposizione si possono anche contare le pulsazioni per 20 secondi e poi estrapolarle su un minuto, cioè moltiplicare il numero di pulsazioni per 3. Comunque, se si misura da soli la frequenza cardiaca, occorre ricordare che anche l'atto di contare influenza la frequenza cardiaca. L'importante è che il metodo di misura sia sempre lo stesso.

Da una parte, la frequenza cardiaca a riposo rilevata assicura un valore che consente di potersi confrontare semplicemente con gli altri. Dall'altra, il ruolo della frequenza cardiaca a riposo come indicatore del carico di lavoro complessivo è molto più importante. Per lo sforzo, sia in immersione che in superficie, la frequenza cardiaca a riposo fa da punto di riferimento allo scopo di valutare e classificare lo stress acuto.

Ovviamente non tutti hanno la stessa frequenza cardiaca, poiché ogni persona è differente. Ad esempio, età, altezza del corpo (e non solo posizione del corpo) e dimensioni del cuore sono solo tre caratteristiche che spiegano le differenze tra i valori di individui differenti. Per esempio, sforzi precedenti, del giorno prima, dieta, assunzione di

liquidi, ora del giorno, condizioni ambientali (temperatura, umidità, altitudine) e la posizione del corpo sono tutti fattori che influenzano la frequenza cardiaca. Ma anche i cambiamenti improvvisi hanno un impatto sulla frequenza cardiaca a riposo. Per esempio la respirazione svolge sempre un proprio ruolo rispetto al livello della frequenza cardiaca a riposo: influenza la frequenza cardiaca attraverso il suo impatto sulla fornitura di sangue e sul trasporto di sangue da e per il cuore. Tra le altre cose, anche un ritmo respiratorio elevato - dovuto ad esempio all'eccitazione - fa aumentare la frequenza cardiaca. Dopo lo sforzo, la frequenza cardiaca di una persona allenata per la resistenza, ritorna al suo livello base più rapidamente della frequenza cardiaca di una persona non allenata.



► **Ritorno alla frequenza cardiaca basale in base al livello di allenamento**

### DURANTE L'IMMERSIONE

La frequenza cardiaca a riposo indica il "limite inferiore" che un subacqueo può raggiungere. È certo che nessuna immersione inizia alla "reale" frequenza cardiaca a riposo, poiché solo indossare l'attrezzatura è uno sforzo sufficientemente imponente da farla aumentare.

In combinazione con la frequenza cardiaca massima, si può quantomeno definire l'intervallo all'interno del quale la frequenza cardiaca fluttua. In questo modo basta uno sguardo al computer SCUBAPRO per sapere quanto è elevato il proprio livello di sforzo, in base a criteri completamente obiettivi. E' però importante ricordare che, specialmente nell'acqua, si può verificare anche solo temporaneamente che la

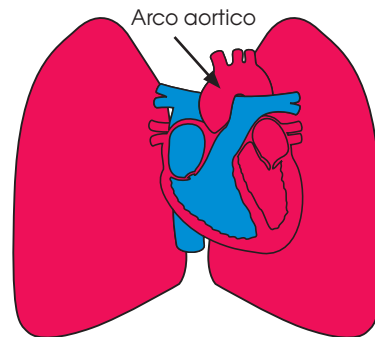
frequenza cardiaca sia inferiore all'effettiva frequenza cardiaca a riposo. Perché? Semplicemente perché alcune variabili ambientali fondamentali variano ed influenzano il corpo immerso in acqua. La somma degli effetti descritti di seguito fa rallentare la frequenza cardiaca in immersione. Questo rallentamento deve essere considerato quando si interpretano le variazioni della frequenza cardiaca.

## GITTATA CARDIACA, PRESSIONE SANGUIGNA E CARICO DI LAVORO

Il cuore si trova posizionato tra i polmoni e svolge il ruolo di pompa. Il flusso di sangue è controllato da valvole ed arriva alla parte destra del cuore tramite la vena cava superiore e la vena cava inferiore. Il sangue viene poi arricchito di ossigeno passando nei polmoni e spinto di nuovo in circolo dalla parte sinistra del cuore che sbocca nell'aorta, la più grande arteria del corpo.

Per l'organismo la frequenza cardiaca è in realtà un fattore secondario e non c'è un meccanismo con il quale il corpo la può misurare direttamente. Come il pedale dell'acceleratore in una macchina, la frequenza cardiaca ottimale in ogni momento è determinata da altri fattori. Ad esempio non si guiderebbe mai a tutta velocità in città all'ora di punta. Ma un guidatore non viaggerebbe neppure a 35 km all'ora su un'autostrada deserta. Quindi, esattamente come le condizioni del traffico determinano la velocità di un'auto, rifornire i tessuti -specialmente di ossigeno- è fondamentale per l'organismo. Se il tessuto sta consumando molto ossigeno, il cuore preme sull'acceleratore per pompare attraverso il tessuto una determinata quantità di sangue per unità di tempo. Quindi il fattore cruciale è la gittata cardiaca, ovvero la quantità di

sangue pompata attraverso il corpo in un minuto, per esempio. Un altro fattore è la distribuzione del sangue nel corpo. Questo fattore è misurato dalla pressione sanguigna, che può essere determinata dal corpo in base a quanto i vasi sono distesi. Il modo di funzionare del sistema non potrebbe essere più semplice: non appena ci sono segni di una circolazione insufficiente, vengono attivati dei meccanismi di compensazione. Il corpo reagisce all'imminente carenza.



► **Diagramma: sistema cardiopolmonare**

Una situazione di emergenza viene comunicata al corpo da dei sensori e dal sistema nervoso centrale. In particolare vengono elaborate le informazioni provenienti dagli organi centrali, come il cervello stesso. Sono possibili due meccanismi di compensazione:

Si può migliorare localmente la circolazione aprendo dei vasi arteriosi, ovvero il corpo fornisce il sangue con canali di alimentazione che sono i più larghi possibile. Per usare ancora la metafora dell'auto: il corpo libera l'autostrada per il passaggio del sangue. Così che possa arrivare rapidamente alle aree scarsamente rifornite.

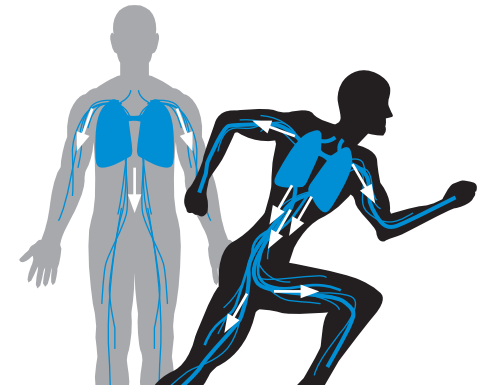
A livello centrale può aumentare la gittata cardiaca aumentando il volume di stroke e/o la frequenza cardiaca: il corpo preme l'acceleratore.

Una speciale misura dell'interazione tra la circolazione locale e la gittata cardiaca è rappresentata dalla pressione arteriosa. Questa determina quanto rapidamente il sangue circola e, quindi, quanto velocemente le sostanze sono trasportate avanti e indietro. Se i vasi arteriosi sono dilatati e offrono una minor resistenza al flusso, la gittata cardiaca deve essere aumentata per mantenere la pressione sanguigna, quindi la frequenza cardiaca aumenta.

Se la pressione sanguigna è alta, cioè se i vasi sono costretti, è il contrario: in questo caso la frequenza cardiaca viene ridotta. Tenendo in mente questi fatti, vale la pena di esaminare più da vicino il modo in cui il sistema cardiovascolare reagisce ad un aumento dell'attività muscolare. Perché qui si verifica un caso particolare.

### ATTIVITA' MUSCOLARE

Quando i muscoli si contraggono, schiacciano i vasi circostanti, facendone aumentare la resistenza. Questo porterebbe ad un eccessivo aumento della pressione sanguigna, quindi la frequenza cardiaca dovrebbe in realtà diminuire. Invece accade l'opposto, perché l'attività fisica fa



► **Se il carico di lavoro è alto, è necessario trasportare più ossigeno ai muscoli, quindi i vasi sono dilatati.**

scattare dei complessi processi cerebrali che portano a variazioni della pressione del sangue. Il processo metabolico causato dalla contrazione, i metaboliti prodotti e l'aumento dell'impatto del sistema nervoso simpatico, portano ad ulteriori variazioni che causano un aumento della frequenza cardiaca, perché quando il livello di prestazioni aumenta, i muscoli in attività devono essere riforniti con più sangue. I nutrienti, in particolare l'ossigeno, devono essere forniti in quantità maggiore, i metaboliti, in particolare l'acido lattico e l'anidride carbonica ed anche il calore, devono essere allontanati. Questo richiede un'augmentata gittata cardiaca. Dato che lo stroke volume (cioè la quantità di sangue che viene pompata attraverso il cuore ad ogni contrazione) limita la capacità di aumentare la gittata cardiaca, il fabbisogno aumentato viene soddisfatto principalmente dalla frequenza cardiaca. Banalmente la regola è: la frequenza cardiaca aumenta proporzionalmente al metabolismo.

Utilizziamo ancora la metafora dell'auto. In un'auto (il sangue) alcuni passeggeri (ossigeno e metaboliti) devono essere trasportati rapidamente alla destinazione richiesta (i muscoli). Dato che l'auto può essere allargata solo fino ad un certo limite (stroke volume limitato) e quindi può accogliere solo un numero limitato di passeggeri, il pilota (il cuore) deve guidare più velocemente e quindi accelera (frequenza cardiaca). I responsabili della reazione a questi cambiamenti (che possono essere causati non solo da un intenso sforzo temporaneo, ma anche da un cambiamento di posizione) sono degli speciali recettori di distensione, posti sull'arco aortico e alla biforcazione dell'arteria carotide. Questi rilevano le informazioni necessarie che sono poi processate dal sistema nervoso centrale per adattare rapidamente la pressione sanguigna alla nuova situazione. Però è anche fondamentale capire se si tratta di un lavoro statico svolto in un lungo periodo di tempo o un lavoro dinamico che permette una fornitura continua di sangue ai muscoli. Questo tipo di attività muscolare avviene con tutti i tipi di locomozione, quindi in particolare anche nel nuoto pinnato. Qui il livello di prestazioni è il fattore decisivo per l'impostazione della frequenza cardiaca: se una persona nuota più velocemente o deve combattere delle correnti forti, avrà bisogno di più sangue nei muscoli rispetto a qualcuno che si muove lentamente lungo una barriera corallina, sospinto da una pinnata occasionale.

Questo maggior fabbisogno di ossigeno non significa che la respirazione deve essere immediatamente aumentata per incrementare l'assorbimento d'ossigeno, ma piuttosto che una maggior quantità di ossigeno deve essere trasportata ai muscoli utilizzati.

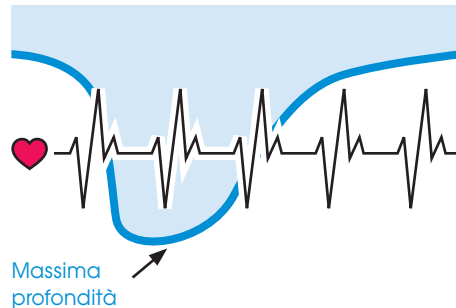
### DURANTE L'IMMERSIONE

Nelle due pagine precedenti abbiamo spiegato quali sono i mezzi che il corpo usa per

adattarsi a certe situazioni. Ovviamente questi meccanismi sono efficaci anche nell'attività subacquea, sia prima dell'immersione che, più tardi, sott'acqua. Trasportare e indossare la pesante attrezzatura è solitamente il primo sforzo fisico intenso, che non solo mette in funzione i muscoli, ma anche il sistema cardiovascolare.

Ancora più intenso è lo sforzo quando si è nell'acqua con l'attrezzatura, che crea una forte resistenza idrodinamica (molto maggiore della resistenza dell'aria durante il jogging o il ciclismo) e ci si sposta in avanti pinneggiando, i muscoli ed il cuore stanno facendo esercizio.

Ovviamente, quanto più rapidamente si nuota, tanto maggiore è lo sforzo fisico richiesto. Ma questa relazione è anche molto dipendente dall'attrezzatura subacquea indossata e dalla tecnica di nuoto impiegata. Un subacqueo che utilizza una tecnica di pinneggiamento efficiente ed economica ha bisogno di esercitare uno sforzo molto minore rispetto a un nuotatore meno allenato. Comunque, in questo contesto, la frequenza cardiaca non può essere utilizzata come indicatore del valore metabolico assoluto. La frequenza cardiaca è uno strumento utile per misurare e dimostrare le variazioni nelle capacità fisiche di una persona, ma non è né l'unica né la migliore.



► La frequenza cardiaca non ha un comportamento dipendente dalla profondità

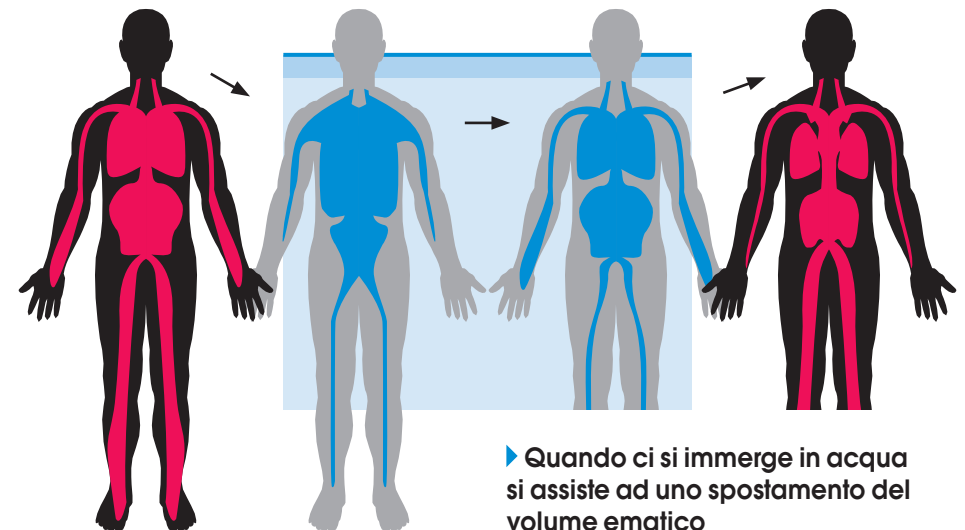
## INFLUENZA DELLA POSIZIONE DEL CORPO SULLA FREQUENZA CARDIACA

La posizione del corpo influisce anche sulla frequenza cardiaca: in particolare, determina il ritorno venoso verso il cuore. Per esempio in posizione orizzontale, con il corpo disteso più o meno tutto allo stesso livello uniforme, più sangue può tornare al cuore. Perché? La risposta è molto semplice: quando si è in piedi il sangue si sposta alle estremità inferiori. Il sangue deve scorrere in senso contrario al gradiente di pressione idrostatica -il che significa praticamente contro la forza di gravità- per risalire fino al cuore. Ma se si è distesi, e quindi se gambe, tronco e testa sono allo stesso livello, il volume del sangue si distribuisce diversamente: il sangue dalle gambe si sposta verso il cuore, causando inizialmente una riduzione della gittata cardiaca e una diminuzione della frequenza cardiaca. La ragione di questo effetto è da ricercarsi nell'aumentato afflusso di sangue alla parte destra del cuore (ventricolo e atrio),

che viene interpretata dall'organismo come un segnale di un equilibrio fluido più elevato, poiché è esattamente la stessa cosa che accade quando si beve molto e questo causa un aumento del volume ematico. In entrambi i casi ha luogo anche un altro meccanismo di compensazione: viene prodotta più urina. Questo aumento della produzione di urina e la conseguente riduzione del volume ematico, nel tempo compenserà, almeno in parte, questo effetto. Quando si torna ad alzarsi, si ottiene esattamente l'effetto opposto: la gittata cardiaca diminuisce e la frequenza cardiaca aumenta. Il volume ematico aumenta di nuovo mediante la fornitura di liquido.

### IN IMMERSIONE

Come abbiamo appena descritto, ciò deriva dall'effetto della gravità sul corpo. Se il corpo



si sposta in posizione orizzontale, l'effetto della gravità viene in parte neutralizzato. La stessa esatta cosa si verifica quando il corpo è immerso in acqua fino al collo, perché la pressione dell'acqua neutralizza il gradiente pressorio che esiste fuori dall'acqua.

Quando ci si immerge nell'acqua, il volume ematico si sposta: fuori dall'acqua (rosso a sinistra) una parte consistente del volume è localizzata nelle vene delle gambe. Dopo essersi immersi (blu a destra) il volume si sposta verso il petto/cuore. Questo ha un effetto sulla gittata cardiaca e porta ad

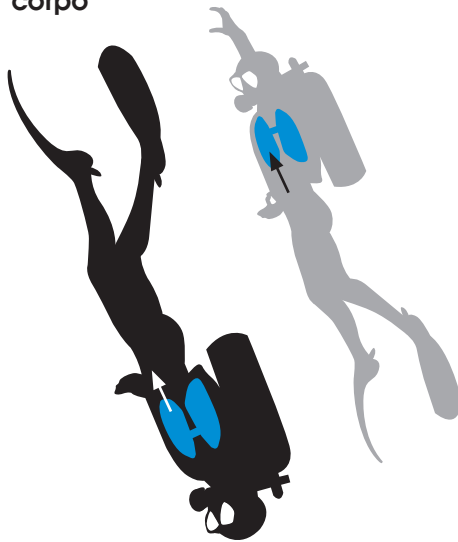
un'aumentata produzione di urina. In questo modo, alla fine dell'immersione il volume ematico è significativamente ridotto dopo l'immersione.

Però, come già spiegato nel precedente capitolo, anche la posizione del corpo nell'acqua ha un effetto sulla frequenza cardiaca, anche se non è più dovuto allo spostamento del volume ematico, quanto piuttosto al fatto che la posizione nell'acqua influenza la respirazione (vedere figura di pagina 9).

## VARIAZIONE DELLA FREQUENZA CARDIACA MEDIANTE LA RESPIRAZIONE

In precedenza abbiamo spiegato come lo sforzo fisico e la posizione del corpo influenzano la frequenza cardiaca. Ma ci sono anche altri fattori che influenzano la frequenza cardiaca, uno di questi è la respirazione. Chiaramente la respirazione di una persona, ed in particolare il volume respiratorio è spesso influenzato dallo sforzo fisico. Quando i muscoli ed i tessuti hanno necessità di molto ossigeno, i vasi sono dilatati ed il cuore pompa rapidamente, il quantitativo di ossigeno necessario deve entrare nel sistema attraverso i polmoni, cioè attraverso la respirazione. La frequenza respiratoria e il volume respiratorio sono aumentati: si inspira più aria nei polmoni più spesso. Ma anche quando non si sta sbuffando come un mantice, le funzioni di cuore e polmoni sono strettamente connesse. Questo è dovuto al modo in cui il corpo umano è strutturato: il cuore è posizionato tra i polmoni (vedi figura a pagina 6), quindi ogni pressione positiva o negativa nei polmoni andrà ad influire sull'attività cardiaca. Durante l'inspirazione nel polmone si crea una pressione negativa, che determina l'aspirazione di aria attraverso la faringe.

► **Il sistema cardiopolmonare si sposta in base alla posizione del corpo**



Questa pressione negativa assicura un migliore ritorno venoso, ma allo stesso tempo determina una leggera diminuzione della pressione arteriosa.

Durante l'espiazione avviene l'esatto contrario. Specialmente durante l'espiazione sotto sforzo, ad esempio durante la compensazione ottenuta con la manovra di Valsalva, il ritorno venoso è ridotto, ma la pressione sanguigna è aumentata, almeno temporaneamente. Il corpo possiede un meccanismo di compensazione anche per queste due fluttuazioni della pressione sanguigna: la cosiddetta regolazione autonoma. Essa limita l'aumento o il calo della pressione sanguigna mediante una corrispondente variazione della risposta cardiaca. Il risultato sono delle fluttuazioni più o meno marcate della frequenza cardiaca, in particolare a riposo.

### DURANTE L'IMMERSIONE

La pressione dell'acqua che agisce sul corpo sommerso porta ad avere una maggiore

differenza di pressione tra le parti del polmone riempite di gas e quelle riempite di fluido. Questo perché, a differenza di quella riempita di liquido, la parte riempita di gas può essere compressa, ovvero schiacciata. La regola è: in posizione eretta la differenza è maggiore che in posizione orizzontale. Quindi, se si è sospesi sott'acqua in posizione eretta, come ad esempio durante una breve pausa per osservare qualcosa da vicino su una parete ripida, anche le fluttuazioni della pressione sanguigna del corpo sono più estreme. Ma questo effetto può presentarsi anche in posizione di nuoto orizzontale, nello specifico mentre si fa dello snorkeling. Anche lo stesso snorkeling può aumentare la differenza di pressione agendo direttamente sul flusso di ritorno verso il cuore e quindi influenzando l'attività cardiaca e la frequenza cardiaca.

## FREQUENZA CARDIACA DURANTE L'APNEA

Quindi la respirazione influenza la frequenza cardiaca. Ma cosa accade quando non si sta respirando? Specialmente in immersione? Ovviamente si può trattenere il respiro anche in superficie, ma durante un'immersione può divenire assolutamente necessario, per esempio mentre si respira in due da un solo secondo stadio. Ci sono "livelli" diversi di "trattenere il respiro": il riflesso da immersione e l'immersione in apnea, vale a dire immergersi intenzionalmente senza una bombola d'aria compressa, usando solo l'aria contenuta nei propri polmoni.

### IL RIFLESSO DA IMMERSIONE

Il riflesso da immersione, o "diving reflex", è un riflesso naturale che permette ai mammiferi di rimanere sott'acqua per lunghi periodi di tempo. È particolarmente pronunciato negli animali marini, ma è rilevabili anche negli

umani. Il riflesso si è sviluppato per favorire la sopravvivenza, ed è attivato da uno stimolo freddo al viso, quindi anche l'immersione in acqua. Questo stimolo freddo, che può essere rappresentato da un impacco freddo al viso, provoca una reazione facilmente misurabile anche a riposo: la frequenza cardiaca rallenta (bradicardia). Questo è dovuto alla presenza di recettori localizzati attorno al naso, agli occhi e alla bocca. Il rallentamento della frequenza cardiaca può superare i 10 battiti al minuto negli umani, negli animali è stato dimostrato un rallentamento superiore al 50%. Questa bradicardia è accompagnata da altre reazioni usate dal corpo per adattarsi alla nuova situazione. I vasi sanguigni dei tessuti che possono funzionare per brevi periodi senza ossigeno, si costringono (vasocostrizione). In questo modo si

conserva ossigeno per gli organi vitali, ad esempio il sistema nervoso centrale o il cuore e, contemporaneamente, si previene un aumento della pressione sanguigna. Quanto più pronunciata è la vasocostrizione, tanto maggiore è il rallentamento della frequenza cardiaca. Questo in pratica significa che il riflesso da immersione porta ad una reazione fisica esattamente opposta a quella causata dallo sforzo fisico. Mentre il corpo sotto sforzo aumenta la frequenza cardiaca per essere in grado di alimentare tutto il tessuto e quindi dilata i vasi sanguigni per evitare che la pressione sanguigna "schizzi alle stelle", durante l'apnea tutti i sistemi sono orientati alla conservazione.

## IMMERSIONE IN APNEA

Durante l'immersione in apnea, si verifica esattamente lo stesso effetto, in quanto il viso è in contatto con l'acqua anche in questo caso. Però, oltre alle reazioni suddette, il corpo mette in atto anche dei meccanismi compensatori addizionali, alcuni dei quali sono già stati descritti. Ad esempio il volume sanguigno si sposta verso il cuore quando

ci si immerge senza una bombola ad aria compressa (vedere il paragrafo: "Influenza della posizione del corpo sulla frequenza cardiaca"). Durante l'immersione in apnea questo effetto è ancora più pronunciato, perché i polmoni pieni d'aria saranno compressi sempre di più via via che il subacqueo scende in profondità lasciando spazio per il sangue che affluisce nella zona del petto.

Però ciò non produce alcun effetto aggiuntivo sulla frequenza cardiaca, poiché questo spostamento del volume ematico previene il verificarsi di una pressione negativa nella cavità toracica e quindi il barotrauma polmonare. Ma un altro fattore (che non abbiamo menzionato prima e che si verifica solo durante le immersioni in apnea) fa rallentare ulteriormente la frequenza cardiaca: l'aumento della concentrazione di anidride carbonica. Quanto più tempo un apneista si trattiene sott'acqua, tanto maggiore diventa la concentrazione di CO<sub>2</sub> nel suo sangue. Lo sforzo fisico durante l'apnea, come quello che avviene nell'apnea dinamica, intensifica ulteriormente questo effetto.

## BILANCIO DEI FLUIDI E FREQUENZA CARDIACA

La questione di come l'equilibrio fluido ha effetto sulla frequenza cardiaca può trovare facilmente risposta applicando quanto abbiamo appreso nel capitolo cinque. Questo perché una grave perdita o un'eccessiva assunzione di liquidi hanno lo stesso effetto di una variazione della posizione del corpo o dell'entrare o uscire dall'acqua, ma per motivi differenti (vedere figura a pagina 9). Se il corpo è rifornito di liquidi mediante il bere, anche la quantità di sangue disponibile per il cuore varia:

la gittata cardiaca aumenta ed il cuore rallenta. Il caso opposto, troppo pochi liquidi, ha lo stesso effetto di alzarsi in piedi o di uscire dall'acqua: la gittata cardiaca si riduce ed il cuore accelera.

## IN IMMERSIONE

A riguardo del bilancio dei fluidi è necessario evidenziare una particolarità. Specialmente in una vacanza subacquea, molti fattori si combinano e possono avere

un forte effetto sulla frequenza cardiaca. Come descritto in precedenza, durante l'immersione il volume ematico si sposta verso il cuore. Questo fa ritenere al corpo che si è verificato un surplus di liquidi ed il corpo inizia a produrre urina allo scopo di eliminare liquidi (diuresi da immersione). Dopo l'immersione il volume ematico non solo ritorna verso le estremità inferiori, allontanandosi dal cuore (vedere grafico a pagina 9), ma altri due fattori entrano in gioco: un bilancio idrico basso e il calore elevato. In molte delle più frequentate destinazioni subacquee: Mediterraneo, Mar Rosso e Oceano Indiano, le temperature

sono molto alte. Quindi un apporto di fluidi adeguato dopo l'immersione è essenziale, altrimenti il volume ematico si ridurrà così tanto che anche l'aumento della frequenza cardiaca non potrà prevenire una insufficiente irrorazione dei tessuti. Il risultato potrebbe essere un collasso circolatorio. Anche un altro rischio specifico della subacquea aumenta in questo caso: essere vittima di un incidente decompressivo durante l'immersione. Questo perché il minor volume ematico rende il sangue più denso, la viscosità aumenta e quindi aumenta il rischio che le bolle d'azoto non si sciolgano nel sangue e quindi causino un'embolia.

## BATTITO CARDIACO - CALDO E FREDDO

Quando la temperatura ambiente varia, il corpo esibisce una reazione simile a quella esibita quando un liquido viene apportato o tolto. Se si esce sul terrazzo nel pieno dell'inverno indossando solo una T-shirt, prima o poi si sentirà freddo. Il corpo reagisce alla riduzione di temperatura costringendo i vasi sanguigni superficiali, ovvero quelli delle aree dalle quali si perde calore. Questa costrizione determina un aumento della pressione sulle pareti dei vasi ed il sistema cardiovascolare reagisce nello stesso modo in cui risponde ad un surplus di liquidi: la frequenza cardiaca si riduce. In seguito, quando il corpo cerca di stabilizzare la temperatura generando calore tramite un aumento del metabolismo, la frequenza cardiaca sale di nuovo. Ancora in seguito, una continuata esposizione al freddo porta ad ulteriori aggiustamenti che non discuteremo in questa sede.

Il calore ha un effetto esattamente contrario. La frequenza cardiaca sale perché i vasi sanguigni superficiali sono dilatati. Il risultato è che il volume ematico si sposta verso questo tessuto e quindi viene sottratto al flusso

venoso di ritorno. Inoltre la gittata cardiaca e la pressione sanguigna devono essere aumentate. In seguito possono verificarsi altri effetti dovuti alla sudorazione: perdita di liquidi.

## IN IMMERSIONE

Gli stessi effetti che si verificano in superficie si verificano anche in immersione. L'unica differenza è che sott'acqua si avverte il freddo molto prima. La causa è la maggior conduttività termica dell'acqua. Laddove l'aria è un conduttore di calore poco efficiente, al punto da essere quasi un isolante, l'acqua assorbe calore dal nostro corpo. Se percepiamo una giornata con una temperatura dell'aria di 25 °C (77 °F) come piacevolmente calda, in acqua ad una temperatura inferiore a 32 °C (90 °F), senza una protezione termica e a riposo, il corpo inizia a perdere calore sempre più rapidamente. Il corpo inizia a diventare ipotermico e cerca di prevenire questa condizione costringendo i vasi più vicini alla superficie del corpo.

## PERCHE' L'EMOZIONE FA CORRERE IL CUORE

Infine vogliamo discutere una variazione della frequenza cardiaca che, per quanto sia causata da fattori esterni, non può essere spiegata da temperatura, pressione dell'acqua o quantità di liquidi: l'emozione. Durante l'evoluzione umana il corpo ha appreso molto, compreso il concetto che l'eccitazione emotiva è usualmente correlata ad un certo pericolo, che richiede prestazioni elevate o almeno la volontà di reagire fisicamente. Per questo gli ormoni dello stress causano una variazione della pressione sanguigna e della frequenza cardiaca. L'organismo si pone in allarme. In questo senso la frequenza cardiaca

non è più espressione dello sforzo fisico, ma lo prepara a richieste maggiori. L'emozione varia anche da persona a persona. Un istruttore subacqueo che lavora da anni nell'Oceano Indiano sarà meno emozionato quando vede uno squalo balena rispetto ad un subacqueo che non ha mai incontrato uno di questi giganti. Ma a prescindere da quanto si è emozionati, sia perché si è rimasti impigliati ad una rete o perché si vede per la prima volta uno squalo tigre, è importante tenere conto delle emozioni quando si valuta una variazione della frequenza cardiaca!

## FREQUENZA CARDIACA COME INDICATORE DELL'ALLENAMENTO

Come abbiamo anticipato nell'introduzione, la frequenza cardiaca è un buon indicatore dello stress crescente. Uno sguardo al computer subacqueo SCUBAPRO ti dirà immediatamente quanto è elevato il tuo sforzo in immersione, in base a criteri totalmente oggettivi. Ovviamente si potrebbero usare anche altri parametri per valutare l'intensità dello stress, come la velocità del nuoto o della corsa, ma questi non sono in grado di indicare in modo significativo il livello di sforzo individuale.

Facciamo un esempio: la frequenza cardiaca di un atleta ricreativo salirebbe probabilmente alle stelle se egli completasse la sua usuale corsetta domenicale di 8km (5 miglia) in meno di 30 minuti. Invece per un maratoneta professionale, queste sessioni di esercizio sono parte del suo programma

normale di allenamento e la sua frequenza cardiaca non si avvicinerebbe neppure al massimo valore possibile.

Questo esempio mostra quanto sia importante conoscere i propri limiti personali di prestazioni ed usarli per orientarsi allo scopo di ottenere un soddisfacente allenamento agli sforzi prolungati. I limiti personali si possono stabilire in modo facile, ma efficace, usando la frequenza cardiaca a riposo e quella massima sotto sforzo. In realtà questi parametri sono solo valori ausiliari, perché il fattore chiave per un addestramento corretto è il metabolismo muscolare o, più specificamente, il rapporto tra metabolismo aerobico e metabolismo anaerobico. Vale a dire il metabolismo che ha luogo in presenza di una sufficiente quantità di ossigeno, ed il metabolismo in assenza di una sufficiente quantità di ossigeno.

Però, poiché questo valore è misurabile solo con una complessa attrezzatura tecnica, la frequenza cardiaca è il parametro più facile per valutare l'intensità dello stress. E la frequenza cardiaca a riposo, facile da determinare, offre un altro vantaggio: rende relativamente semplice valutare il proprio livello di fitness. Un punto di riferimento è la frequenza cardiaca a riposo, che è di circa 50 pulsazioni al minuto per una persona allenata alla resistenza e di circa 75 pulsazioni per una persona non allenata.

Un altro punto di riferimento è la massima frequenza cardiaca che si presume essere circa cinque volte la frequenza a riposo, per una persona allenata, mentre una persona non allenata potrà aumentare solo fino a tre volte la propria frequenza cardiaca a riposo. La causa di questa differenza è l'efficienza di un "cuore d'atleta" che è capace di pompare il sangue con maggiore efficacia. Ma non è solo il livello di training ad essere importante, questo ci riporta alle conoscenze di fondo menzionate in precedenza: la massima frequenza cardiaca è significativamente ridotta dall'età di una persona. Ciò significa che i subacquei più anziani - anche se ben allenati - non possono arrivare alla stessa frequenza cardiaca massima come i subacquei di 20 anni.

Per gli sport di massa, è stata stabilita una semplice regola empirica:

Massima frequenza cardiaca media: 220 - anni di età = pulsazioni al minuto

Esempio: un uomo di 75 anni ha in media una massima frequenza cardiaca di 145 pulsazioni.  $220 - 75 \text{ anni} = 145 \text{ pulsazioni}$

In base a questa regola, il cuore di un ventenne potrebbe arrivare a 200 battiti al minuto sotto massimo stress.  $220 - 20 \text{ anni} = 200 \text{ pulsazioni}$ .

Di fatto è molto più interessante osservare la frequenza cardiaca a riposo descritta in precedenza. La frequenza cardiaca varia moltissimo da persona a persona per una serie di ragioni: il momento in cui si ritorna alla frequenza cardiaca a riposo dopo uno sforzo deve essere confrontata soggettivamente e obiettivamente. Dopo uno sforzo, una persona allenata alla resistenza tornerà alla sua frequenza a riposo molto più rapidamente di una persona non allenata.

## ALLENAMENTO DI FITNESS E SUGGERIMENTI DI ALLENAMENTO

In base a queste conoscenze è davvero piuttosto facile progettare un addestramento di fitness e resistenza mirato, perché adesso si sa come usare la frequenza cardiaca per valutare il livello personale di stress e quindi mantenere l'allenamento all'interno di questo intervallo di intensità. C'è un'altra regola empirica da usare per calcolare la

frequenza cardiaca media da mantenere durante l'allenamento.

Frequenza cardiaca di allenamento:

$180 - \text{anni di età} = \text{pulsazioni al minuto}$

Se prendiamo di nuovo ad esempio il nostro atleta settantacinquenne ed il suo compagno di allenamento ventenne, possiamo suggerire loro il seguente allenamento:



170-75 anni = 105 pulsazioni al minuto  
Questo significa che il nostro subacqueo anziano dovrebbe allenarsi con una frequenza cardiaca media di 105 battiti al minuto se vuole aumentare la sua resistenza.

180 - 20 = 160 pulsazioni al minuto  
Il suo compagno d'allenamento ventenne invece dovrà andare un po' più veloce per arrivare ad una frequenza cardiaca media di 160 battiti al minuto.

Ci sono dei consigli di base che si applicano a entrambi i nostri atleti e che essi dovrebbero tenere a mente quando usano la frequenza cardiaca per controllare il loro allenamento. Le condizioni ambientali, in particolare la temperatura, dovrebbero rimanere invariate. La posizione del corpo non dovrebbe variare durante lo sforzo.

Assicurarsi di bere ad intervalli regolari.  
Fare attenzione a mantenere una respirazione regolare.  
Evitare di espirare sotto sforzo.

Nonostante tutte le regole qui descritte, la massima frequenza cardiaca, che si riduce con l'età, è sempre diversa da persona a persona. Quindi idealmente sarebbe meglio determinarla mediante uno sforzo fisico. Chiunque può farlo con l'aiuto di un cardiofrequenzimetro da polso e sforzandosi fino all'esaurimento per un breve periodo di tempo. In particolare per i principianti si raccomanda di effettuare un test ergometrico sotto la guida di un medico.

## DURANTE L'IMMERSIONE

Confrontare la frequenza cardiaca a riposo prima dell'immersione a quella durante l'immersione, aiuta a valutare lo sforzo fisico e mentale. Un subacqueo principiante esibirà certamente una differenza molto maggiore rispetto ad un subacqueo esperto. Questa differenza può anche essere utilizzata come indicatore per lo stato fisico

di quel giorno. Se un subacqueo esperto rileva una differenza maggiore del solito dovrebbe analizzare la causa sottostante e modificare l'immersione di conseguenza (minore profondità, minor sforzo prima del termine dell'immersione). Un principiante può verificare i propri progressi di sforzo fisico e mentale osservando la differenza che si riduce sempre di più. Effettuare un'analisi subito dopo l'immersione, sulla base della frequenza cardiaca registrata lo aiuterà a determinare le cause dell'aumento, che potrebbe essere dovuto da sforzo fisico (sforzo superiore al normale a causa della corrente, respirazione in coppia, zavorra eccessiva, immersione insolitamente lunga...) o sforzo mentale (profondità, zavorra eccessiva, problemi con l'attrezzatura o col compagno, gioia o timore avvistando un grande pesce...); in questo modo il subacqueo può svolgere un allenamento mirato a migliorare le sue prestazioni. Lo stesso vale per l'apnea, effettuare un'analisi dopo la sessione aiuta a programmare l'allenamento e a valutare i progressi del subacqueo. La funzione d'allarme per la frequenza cardiaca troppo bassa è un aspetto di sicurezza che non deve essere sottovalutato.

SCUBAPRO si impegna continuamente, attraverso l'uso di tecnologie innovative, a rendere le immersioni più sicure. La misurazione della frequenza cardiaca in immersione è una delle pietre miliari di cui SCUBAPRO è particolarmente orgogliosa. Perché:

DEEP DOWN YOU  
WANT THE BEST

**SCUBAPRO**

**ATTUALMENTE SCUBAPRO  
PRODUCE GLI UNICI  
COMPUTER SUBACQUEI  
CHE INCORPORANO  
LA MISURAZIONE DELLA  
FREQUENZA CARDIACA.**

**Obesità - grassezza:** proliferazione o accumulo eccessivo di tessuto grasso.

**Metabolismo aerobico:** processi di produzione di energia che si verificano solo in presenza di una quantità sufficiente di ossigeno. (conversione completa di grassi e carboidrati in CO<sub>2</sub> e acqua. Molto efficiente, consente ore di sforzo di livello medio o basso)

**Metabolismo anaerobico:** processi di produzione di energia che si verificano senza l'uso di ossigeno (conversione incompleta, quindi molto inefficiente, che però consente una prestazione molto elevata in un periodo breve di tempo. Combustione di carboidrati, produce lattato.)

**Sistema muscoloscheletrico attivo:** comprende l'intero scheletro, la muscolatura e i muscoli e tendini associati

**Soglia anaerobica:** l'intensità dello stress alla transizione tra la generazione di energia puramente aerobica e parzialmente anaerobica. Indica la massima intensità possibile alla quale la produzione e la rimozione di lattato sono in equilibrio (massimo stato stabile del lattato). Varia da persona a persona e non è soggetta ad alcuna legge fissa, dovrebbe essere ri-determinata regolarmente.

**Arteriosclerosi:** la più comune degenerazione delle arterie, caratterizzata da indurimento, ispessimento e perdita di elasticità. In stato avanzato mette a rischio la vita. Le contromisure comprendono un moderato allenamento di resistenza e cambiamenti della dieta.

**Artrosi:** malattia degenerativa delle articolazioni che si sviluppa soprattutto a causa di un disequilibrio tra lo sforzo e le condizioni o le prestazioni delle singole articolazioni o tessuto. Un esercizio

personalizzato regolare può prevenire o ridurre i problemi dovuti all'artrosi.

**Pressione sanguigna:** la pressione nei vasi sanguigni e nelle camere cardiache che causa la circolazione del sangue e dipende dalla gittata cardiaca e dalla resistenza vascolare (ovvero dall'elasticità delle pareti dei vasi)

**Indice di massa corporea:** (Body Mass Index, abbreviato BMI) si calcola dividendo il peso corporeo (in kilogrammi o libbre) per il quadrato dell'altezza (misurata in metri o piedi). Indice di valutazione del peso corporeo.

**Allenamento cardio:** si riferisce all'allenamento del sistema cardiovascolare, soprattutto attraverso sport di resistenza, anche in club sportivi o palestre.

**Colesterolo:** viene sia generato dal corpo che ingerito col cibo (soprattutto grassi animali) ed è un componente importante ed essenziale per la produzione di molti ormoni. Ad alte concentrazioni (permanentemente superiori a 200mg/dl) è considerato un fattore di rischio per le malattie cardiovascolari, tenendo conto del rapporto tra "colesterolo buono o HDL (high density lipoprotein) e LDL (low density lipoprotein) la causa principale delle malattie vascolari.

**Disidratazione:** diminuzione dell'acqua presente nel corpo causata dall'aumento dell'escrezione d'acqua (es. sudorazione eccessiva) senza un rifornimento sufficiente. Peggiora le caratteristiche di flusso sanguigno in modo da ridurre le prestazioni. La disidratazione può portare ad un collasso circolatorio.

**Ergometria:** misurazione delle prestazioni fisiche in condizioni di sforzo controllate usando un ergometro e stabilendo vari parametri della funzione cardiovascolare.

**Bilancio dei fluidi:** si riferisce ai processi di apporto, distribuzione ed escrezione di acqua dal corpo umano.

**Glicogeno:** una forma di zucchero (polisaccaride) che rappresenta la forma di immagazzinamento dei carboidrati. Si trova principalmente nel fegato e nei muscoli. Sotto uno sforzo intenso di resistenza con un uso di carboidrati prossimo al 100% delle riserve di un atleta con medio livello di allenamento, dura per un massimo di 60-90 minuti sotto sforzo.

**Variabilità della frequenza cardiaca:** misurazione dell'intervallo di tempo (in millisecondi) compreso tra due battiti cardiaci. Sulla base della quantità di variazioni di tempo si possono trarre delle conclusioni sul livello di allenamento individuale.

**Iperensione:** pressione sanguigna elevata.

**Malattia coronarica:** il risultato di problemi circolatori nei vasi coronari; è la causa principale degli attacchi di cuore. Può essere influenzata dall'esercizio fisico e dall'allenamento di resistenza moderato.

**Lattato:** sale dell'acido lattico. Il lattato è il prodotto finale della glicolisi e si produce quando il glucosio non viene bruciato totalmente. Questo è il caso quando l'ossigeno disponibile ai muscoli non è abbastanza durante l'esercizio fisico. Per esempio durante l'attività muscolare intensa la concentrazione di lattato cresce in modo significativo (vedere "Metabolismo anaerobico").

**Massimo ingresso di ossigeno:** il massimo quantitativo di ossigeno che l'organismo può assorbire e trasformare durante l'esercizio.

**Metaboliti:** sostanze che sono generate come stadi intermedi o prodotti della decomposizione durante i processi metabolici dell'organismo.

**Metabolismo:** la somma dei processi metabolici di composizione, decomposizione e trasformazione dei nutrienti.

**Mitocondri:** le "centrali elettriche" della cellula. Le sedi nelle quali ha luogo la generazione aerobica di energia.

**Dolore muscolare:** piccoli strappi del tessuto muscolare dovuti ad uno sforzo eccessivo che portano a infiammazione e dolore. Il dolore muscolare è un precursore di stiramenti o strappi delle fibre muscolari e quindi dovrebbe essere considerato una lesione da sport. La rigenerazione successiva al danno facendo riposare il muscolo colpito, misurando e stimolando il flusso di sangue, la riabilitazione e l'apporto di fluidi dovrebbero portare ad un recupero completo.

**Quoziente respiratorio:** abbreviato RQ, descrive il rapporto tra la CO<sub>2</sub> espirata e l'O<sub>2</sub> inspirato. La RQ gioca un ruolo nel determinare la quantità ed il rapporto di grassi e carboidrati bruciati.

**Spiroergometria:** misurazione delle prestazioni fisiche a livelli controllati di sforzo usando un ergometro e stabilendo vari parametri di funzione cardiovascolare e respirazione.

**Fitta al fianco:** le possibili cause includono una ridotta circolazione al diaframma, allenamenti a stomaco pieno, sforzo eccessivo e respirazione irregolare. L'aumento del flusso sanguigno nel corpo può causare dolore anche alla milza e al fegato.



## **Dr. Tobias Dräger**

Ha studiato biologia, scienza dello sport ed economia dello sport. Ha un Dottorato in Performance Physiology della Deutsche Sporthochschule di Colonia (DSHS). Direttore del Business Development al call center di emergenza subacquea Aqua-Med, istruttore subacqueo CMAS.



## **Dr. Uwe Hoffmann**

Ha studiato matematica e scienza dello sport. Ha un Dottorato in Performance Physiology della Deutsche Sporthochschule Köln (DSHS). Ricercatore associato presso l'Institute for Physiology and Anatomy e Direttore del Dipartimento Sportivo di "Subacquea ricreativa" alla DSHS. Istruttore subacqueo CMAS.



**SCUBAPRO®**

I nostri rivenditori autorizzati saranno lieti di offrirvi una consulenza competente. Potete localizzare i nostri rivenditori su [scubapro.com](http://scubapro.com) o usando l'applicazione SCUBAPRO.