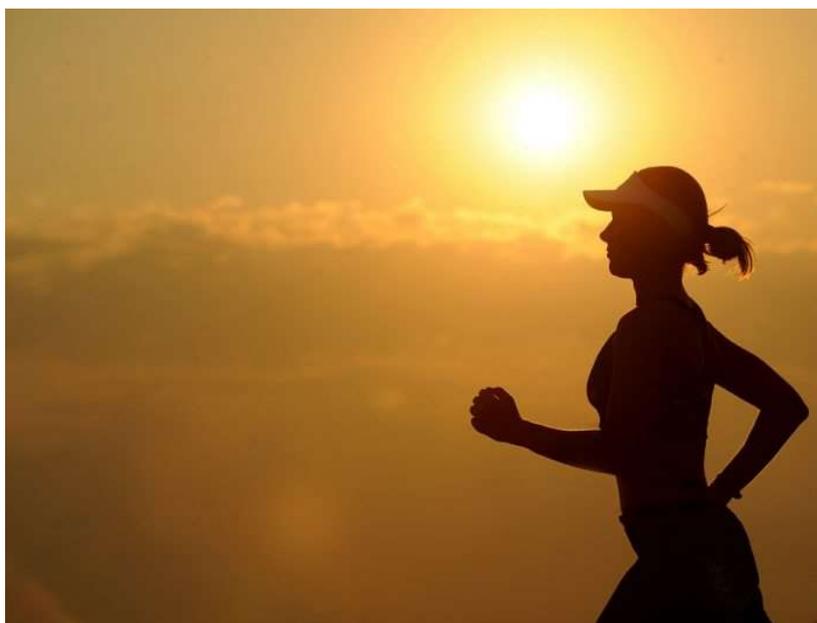


VIVO SANO - L'ATTIVITÀ FISICA È SALUTE



Volume 1 – anno 2020

INDICE

1. I numeri dello sport
2. Sport e attività fisica, le differenze
3. Attività fisica e salute: fai sempre la visita medica
4. Attività fisica: previene le malattie e favorisce la salute
5. Resta in forma: consigli pratici
6. Attività fisica: l'adattamento migliora la tua salute
7. Grassi: il carburante di riserva per l'attività fisica
8. Grassi ed esercizio fisico
9. I carboidrati: carburante per l'esercizio fisico
10. I carboidrati: assumili con attenzione prima di una gara
11. I carboidrati: energia durante la competizione
12. Carboidrati: indispensabili per il recupero dopo lo sforzo fisico
13. Le proteine, necessarie per una massa muscolare ottimale

14. Attività fisica: esercizi di allungamento e equilibrio per la tua salute
15. Il costo energetico della locomozione umana
16. Quanta energia si spende per camminare
17. Il costo energetico per correre
18. Il costo energetico per nuotare ed andare in bicicletta
19. L'esercizio fisico allunga la vita
20. Attività fisica: come produci energia per muoverti
21. Il vo_{2max} : massimo consumo di ossigeno
22. Acido lattico: produzione e smaltimento
23. La soglia anaerobica ed aerobica
24. La fosfocreatina: energia per i tuoi muscoli
25. Dolori muscolari: come prevenirli
26. I crampi muscolari

Introduzione

Il progetto Vivo Sano è promosso dall'Azienda Ospedaliera Universitaria Senese, l'Università degli Studi di Siena, l'Associazione Italiana di Dietetica e Nutrizione Clinica (ADI) e la Toscana Food Association APS.

L'obiettivo del progetto è condividere informazioni scientifiche sui corretti stili di vita per vivere in salute.

La salute è un fattore determinante per una buona qualità della vita. Vivere in salute è una responsabilità individuale e si realizza attraverso la conoscenza e la pratica di corretti stili di vita.

I corretti stili di vita determinano lo stato di salute. Questo ebook, dal titolo "L'ATTIVITÀ FISICA È SALUTE – volume 1", redatto nel 2020, è una guida ricca di informazioni scientifiche e propone semplici consigli da seguire relativi l'attività fisica ed al suo contributo al mantenimento di uno stato di salute ottimale.

Segui queste semplici indicazioni e potrai migliorare il tuo stato di salute.

Responsabile del Progetto Vivo Sano è la dottoressa Barbara Paolini, Medico Dietologo, direttore dell'Unità Operativa di Dietetica e Nutrizione Clinica presso l'Azienda Ospedaliera Universitaria Senese.

Attualmente la Dott.ssa Paolini è Professore all'Università degli Studi di Siena e Presidente dell'Associazione Italiana di Dietetica e Nutrizione Clinica, sezione Toscana (ADI).

La consulenza scientifica e la redazione dei testi riportati è del Professor Marco Bonifazi, specialista in Medicina dello Sport, Professore associato di Fisiologia presso il Dipartimento di Scienze Mediche, Chirurgiche e Neuroscienze dell'Università degli Studi di Siena. Il Prof. Bonifazi è inoltre coordinatore tecnico del Centro Studi e Ricerche della Federazione Italiana Nuoto ed ha partecipato, come medico e dirigente tecnico, a otto edizioni dei Giochi Olimpici, dal 1988 al 2016.

Il progetto Vivo Sano è ospitato sulle pagine web www.cibum.eu

Per informazioni: info@cibum.eu

1 - I NUMERI DELLO SPORT



ATTIVITÀ FISICA: IN QUANTI LA PRATICANO?

L'Italia è un Paese di sportivi. Quasi 5 milioni di praticanti nel Bel Paese. Soprattutto ragazze e ragazzi sotto i 18 anni. Con l'avanzare dell'età, però, si riducono i praticanti di sport e aumenta chi fa attività motoria. Di conseguenza, quasi un Italiano su tre è sedentario: non pratica sport e non fa nessuna attività fisica.

Il Centro Studi e Osservatori Statistici per lo Sport della CONI Servizi SpA riporta che, nel 2017, **le persone praticanti sport a livello agonistico (dunque atleti e atlete) erano 4,7 mln.** Di questi, il 72%

atleti e il 28% atlete e circa 2,7 mln, pari al 57%, avevano meno di 18 anni.

Sempre nel 2017, nelle statistiche ISTAT relative all'indagine "Aspetti della vita quotidiana", **il 34% degli italiani con più di tre anni, pari a circa 20 mln di persone, ha dichiarato di praticare almeno uno sport** (a livello agonistico oppure non agonistico o anche per divertimento intendendo per sport l'attività motoria). Circa il 25% della popolazione (quasi 15 mln) ha affermato di farlo con continuità mentre il 9% ha detto di praticare tale attività in modo saltuario.

Per contro, purtroppo, il 28% (oltre 16 mln) ha dichiarato di fare "solo qualche attività fisica nel proprio tempo libero" e **i sedentari sono il 38% (oltre 22 mln) della popolazione**. In pratica **due italiani su tre non fanno attività fisica in grado di determinare benefici della loro salute**. Quest'aspetto è da considerare d'importanza fondamentale, in particolare, per gli impatti che genera sul sistema sanitario.

È vero che **il numero dei praticanti tende (lentamente) a aumentare**: nel 2001 le persone che dichiaravano di fare attività in modo continuativo erano il 19% della popolazione (**6 punti in meno dell'ultima rilevazione**) e i sedentari il 40% (**2 punti in più**). Tuttavia, **in Italia il numero delle persone attive è ancora troppo basso in assoluto e in rapporto alle altre nazioni**. Inoltre, l'attività sportiva presenta differenze di genere molto marcate: **lo sport con continuità risulta praticato dal 29% degli uomini e dal 21% delle donne**.

Per confronto, Sport Statistics 2018 di Eurostat, riporta che, oltre i 15 anni, l'attività motoria almeno una volta la settimana è praticata da oltre il **40% della popolazione europea sia maschile sia femminile**. In **Danimarca, Germania, Austria, Lussemburgo, Svezia, Norvegia e Finlandia tale valore supera il 60%** (in qualche caso il 70%) e spesso è addirittura leggermente superiore nelle donne rispetto agli uomini.

La pratica motoria in Italia è **fortemente influenzata dall'età: diminuisce in modo rilevante con l'aumentare degli anni**. Basta pensare che la popolazione praticante con continuità **scende sotto il 20% dopo i 55 anni per gli uomini e dopo i 35 anni per le donne**. Inoltre, tale pratica è caratterizzata da differenze territoriali marcate: nel Centro-Nord la percentuale dei praticanti in modo continuativo è compresa fra il 27 e il 29% mentre nel Sud è nelle isole è di poco superiore al 18%.

RIDURRE LA SEDENTARIETÀ IN ETÀ AVANZATA

Il quadro italiano appare quindi caratterizzato da **un numero di persone attive davvero basso**, da una differenza di genere, penalizzante le donne, particolarmente marcata e da differenze territoriali importanti. I dati, anche in confronto con gli altri paesi europei, mostrano come sarebbe **necessaria nel nostro paese una politica volta ad aumentare il numero dei praticanti l'attività motoria**, al femminile in particolar modo. Così come è necessaria una forte attenzione per il Sud ed a prolungarne l'attività anche in

età avanzata. Quest'ultimo aspetto appare fondamentale per l'**impatto sul sistema sanitario**: secondo il Censis, infatti, **dal 2010 al 2030 la popolazione italiana di over 65 aumenterà da circa 12 mln a oltre 16 mln** grazie all'aumento della speranza di vita delle persone di tre anni.

2 - SPORT E ATTIVITÀ FISICA, LE DIFFERENZE



FAI ATTIVITÀ FISICA O SPORT?

L'attività fisica e lo sport non sono la stessa cosa. Spesso si usano come sinonimi, commettendo un errore.

Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), *“l'attività fisica”* è un comportamento che determina *“qualunque movimento corporeo prodotto dai muscoli scheletrici che richiede un dispendio di energia superiore a quello a riposo”*. L'attività fisica produce un **miglioramento della propria condizione fisica e di salute**. In questa definizione, ovviamente, non rientrano non solo le attività sportive propriamente dette e codificate da regole. Sono attività fisica anche le attività più comuni come **camminare, andare in bicicletta, giocare, fare giardinaggio e lavori domestici**, che costituiscono

l'attività motoria spontanea. Attività motoria e attività fisica sono da considerare, in pratica, termini equivalenti tra di loro.

L'inattività fisica o **sedentarietà** è caratterizzata dall'assenza di comportamenti che determinano l'attività motoria.

Sempre secondo l'OMS, il termine attività fisica non dovrebbe essere confuso con **esercizio fisico** che è *“una sottocategoria di attività fisica pianificata, strutturata, ripetitiva e che mira a migliorare o mantenere una o più componenti della forma fisica”*.

SPORT: UNA DEFINIZIONE

Molto semplice e bella è la definizione data dal Consiglio d'Europa contenuta nella Carta Europea per lo Sport (7° Conferenza dei Ministri europei responsabili dello Sport – Rodi, 13 – 15 maggio 1992): *“S'intende per sport qualsiasi forma di attività fisica che, attraverso una partecipazione organizzata o non, abbia per obiettivo l'espressione o il miglioramento della condizione fisica e psichica, lo sviluppo delle relazioni sociali o l'ottenimento di risultati in competizioni di tutti i livelli”*.

L'ATTIVITÀ SPORTIVA

Anche se il termine *attività sportiva* è spesso comunemente usato in alternativa ad attività fisica o motoria, **la definizione di sport è più specifica** e dipende dalle regole degli organismi nazionali e

internazionali che lo disciplinano. Il termine è, in generale, riferito all'**insieme degli esercizi praticati, secondo regole codificate da istituzioni**, per divertimento o per competizione (anche professionalmente) che stimolino le capacità fisiche e psichiche della persona.

In Italia, in osservanza alle norme sulla tutela sanitaria dell'attività sportiva, le Federazioni Sportive Nazionali sono tenute a definire per i loro tesserati quali sono le **attività sportive agonistiche che richiedono una certificazione medica specifica**. Così come quelle **non agonistiche** che a loro volta richiedono una certificazione propria e quelle attività che non hanno necessità di certificazione.

Nella terminologia olimpica, in accordo con il Comitato Olimpico Internazionale, il termine **“sport” si riferisce a tutte le attività che sono disciplinate da regole stabilite da una Federazione Sportiva Internazionale**. Ciò differisce dal significato comune della parola “sport”. Uno sport, per definizione olimpica, di solito comprende discipline diverse che sono considerate sport nell'uso comune del termine (per esempio gli sport acquatici codificati dalla FINA comprendono le discipline di nuoto, nuoto artistico sincronizzato, pallanuoto e tuffi). Questa definizione tecnica è applicata, a caduta, dai Comitati Olimpici e dalle Federazioni Sportive Nazionali.

3 - ATTIVITÀ FISICA E SALUTE: FAI SEMPRE LA VISITA MEDICA



L'attività fisica è salute. Va fatta in sicurezza, senza correre rischi. La visita medica e l'elettrocardiogramma ti dicono se ci sono problemi. E come risolverli.

Prima di iniziare una pratica costante di attività fisica o sportiva è necessario sottoporsi a una visita medica. È importante porre particolare attenzione al **sistema cardiocircolatorio**. Così come è

necessaria una valutazione generale volta a escludere controindicazioni legate allo stato attuale di salute.

Il motivo principale è semplice: **attività di un certo impegno cardiovascolare sono associate a un maggior rischio di morte improvvisa cardiaca**. Sono esempi di queste attività **corse podistiche, ciclismo, nuoto, sci di fondo**. L'attività fisica e sportiva, di per sé, non è una causa di aumento di mortalità anzi, **fa bene alla salute**. Va però considerato che lo sforzo fisico potrebbe scatenare nelle persone che sono affette da malattie cardiache (*spesso non sospettate*) disturbi del ritmo del cuore, sino alla fibrillazione ventricolare.

L'ELETTROCARDIOGRAMMA

La prevenzione primaria della morte improvvisa dell'atleta è rappresentata da una visita medica. In questa visita, l'elettrocardiogramma (ECG) ha un ruolo fondamentale. **L'ECG si è dimostrato uno strumento efficace, in grado di identificare persone asintomatiche con malattie cardiache non precedentemente diagnosticate**. Inoltre è economico. Va svolto con attenzione e professionalità. Così da interpretare correttamente le alterazioni comuni, legate all'allenamento, che possono essere presenti negli sportivi.

Le norme di legge prevedono che sia il **medico a rilasciare la certificazione**. Questa di solito è annuale e specifica per gli sportivi tesserati per una organizzazione sportiva (Federazioni Sportive

Nazionali, Discipline Associate o Enti di Promozione Sportiva riconosciuti dal CONI). La certificazione rilasciata può essere di **idoneità all'attività agonistica** oppure a quella **non agonistica**. Questo dipende dal tipo di tesseramento e dalle regole delle varie organizzazioni sportive. Il certificato per l'idoneità agonistica è rilasciato dallo **specialista in Medicina dello Sport**, mentre quello per l'idoneità non agonistica dal **medico di medicina generale o dal pediatra** di libera scelta, relativamente ai propri assistiti. Può rilasciare certificato di idoneità non agonistica anche il medico Socio della Federazione Medico Sportiva Italiana, anche se non specialista in Medicina dello Sport.

Le cause di morte improvvisa degli sportivi dipendono dall'età:

- **sotto i 35 anni sono legate più frequentemente a cardiopatie di natura congenita**
- **sopra i 35 anni sono prevalenti quelle dipendenti da malattie coronariche**

A questo proposito, le ricerche di Domenico Corrado dell'Università di Padova hanno dimostrato come l'obbligo di legge della visita medica per l'attività sportiva agonistica (introdotto nel 1982) abbia ridotto l'incidenza della morte improvvisa negli atleti veneti. I dati dimostrano che sotto i 35 anni, la morte improvvisa è passata da 3,6% al 0,4% su 100.000 persone/anno. Risultato eccellente, frutto dell'identificazione delle persone con cardiopatie congenite.

ATTIVITÀ LUDICO-MOTORIA, ATTENZIONE: L'80% DELLE MORTI IMPROVVISE RIGUARDA I NON TESSERATI

Per l'attività ludico-motoria, dal 2013 non esiste più l'obbligo di certificazione medica per praticarla.

La nota del 16 giugno 2015 del Ministero della Salute ha definito che, "per attività ludico-motoria si intende l'attività praticata da soggetti non tesserati, individuale e collettiva, non occasionale, finalizzata al raggiungimento e al mantenimento del benessere psico-fisico della persona, non regolamentata da organismi sportivi, ivi compresa l'attività che il soggetto svolge in proprio, al di fuori di rapporti con organizzazioni o soggetti terzi".

Secondo la Fondazione Giorgio Castelli Onlus oltre l'80% delle morti improvvise riguarda i non tesserati. Quindi è particolarmente importante sottoporsi lo stesso una visita medica con ECG per fare in tranquillità l'attività motoria desiderata.

4 - ATTIVITÀ FISICA: PREVIENE LE MALATTIE E FAVORISCE LA SALUTE



Fare attività fisica o sport è indispensabile per il tuo benessere. Previene cardiopatie, ictus, diabete di tipo 2, osteoporosi, cancro, obesità, ipertensione.

La sedentarietà è il 4° fattore di mortalità nei paesi sviluppati.

ATTIVITÀ FISICA: PREVENZIONE PRIMARIA E SECONDARIA

La scienza è concorde: **l'attività fisica svolge un ruolo fondamentale nella prevenzione primaria e secondaria di molte malattie.** La prevenzione **primaria** si realizza quando la pratica dell'attività fisica e dello sport mantiene il benessere della persona limitando la possibilità che la malattia insorga.

La prevenzione **secondaria** rappresenta invece il ruolo dell'attività motoria e dello sport nella cura di alcune malattie.

Gli studi hanno valutato gli effetti dell'attività fisica in uomini e donne a tutte le età, nelle persone con malattie e disabilità, durante la gravidanza e nel post-parto.

Tutte le ricerche giungono sempre ad una conclusione: **l'attività fisica e lo sport sono indispensabili strumenti per prevenire il rischio di malattie e per mantenersi in salute.**

Le evidenze scientifiche indicano che l'attività fisica riduce il rischio di:

- **mortalità** per tutte le cause
- malattie come **cardiopatía coronarica, ictus, diabete 2, osteoporosi e cancro**, in particolare al *colon, mammella, endometrio, rene, vescica, esofago, cardias*
- altre malattie, come **sovrappeso o obesità, ipertensione e dislipidemia**

- **cadute** o lesioni da cadutaInoltre, l'attività fisica produce importanti benefici positivi per la tua salute. In particolare aumenta:
- la capacità **aerobica, forza muscolare, flessibilità e equilibrio posturale**
- le capacità **cognitive specie nell'anziano, depressione, ansia, demenze senili, morbo di Parkinson**

ATTIVITÀ FISICA: LA SUA ASSENZA È LA QUARTA PRINCIPALE CAUSA DI MORTE

Oltre che per perseguire il benessere individuale, ci sono altri importanti motivi, sociali e politici, per incentivare la pratica dell'attività fisica. **L'inattività fisica è considerata la quarta principale causa di mortalità globale.**

È tra le prime 10 principali cause di morte e disabilità nei paesi a reddito medio-alto. E' stato stimato che **diminuendo la sedentarietà del 25% si potrebbero evitare 1,3 milioni di morti ogni anno.** In particolare, la frazione attribuibile all'inattività fisica dell'incidenza delle principali malattie non trasmissibili (coronaropatie, carcinoma mammario, cancro del colon, diabete di tipo 2) negli Stati Uniti è stimata fra il 6 e il 10%.

Buona parte dei costi sanitari è prevalentemente determinato da malattie causate da uno stile di vita non sano, compresa l'inattività

fisica. Ci sono dati coerenti che **il peso economico dell'inattività possa rappresentare sino al 4% delle spese sanitarie annue totali.**

Nella Gran Bretagna, secondo una stima del 2009, i costi totali stimati per l'inattività sono stati valutati in 8,3 miliardi di sterline.

5 - RESTA IN FORMA: CONSIGLI PRATICI



L'attività fisica è salute. Ti permette di restare in forma e vivere bene. Puoi fare molte attività: camminare, correre, nuotare, andare in bicicletta.

Ma per funzionare, ognuna ha precise regole da seguire.

RESTA IN FORMA: ESERCIZI E DURATA

Effettuare esercizi fisici ed una sana alimentazione permette di vivere bene e limita il rischio di malattie. Ci sono varie tipologie di attività che puoi svolgere per raggiungere i tuoi obiettivi di benessere. E semplici regole da seguire per non sbagliare e aumentare i risultati. Ecco quali:

- **Quale attività fisica fare?** Si considerano quattro tipi principali: attività **aerobica**, esercizi di **forza**, esercizi di **flessibilità**, esercizi per **l'equilibrio**. Si dovrebbe praticare i primi tre tipi di esercizio in modo combinato, per aumentare gli effetti benefici, aggiungendo quelli per l'equilibrio con l'aumentare dell'età
- **Cosa si intende per durata dell'attività fisica?** Di solito si considera in **minuti giornalieri**, per esempio la durata di una seduta o sessione di lavoro fisico, e in minuti totali settimanali. La durata del programma complessivo è normalmente in mesi
- **E per frequenza?** Generalmente, quante sessioni si fanno la settimana. L'evidenza scientifica indica che i **benefici derivano da un'attività fisica regolare almeno due-tre volte la settimana**, ma meglio ancora per la maggior parte dei giorni. Ciò incoraggia la pratica dell'attività fisica come parte integrante dello stile di vita quotidiano

- **Come si valuta l'intensità?** Esprime quanto la persona sta lavorando duramente durante l'esercizio fisico. Per l'attività aerobica, di solito, è in relazione alla **velocità di locomozione o alla frequenza dei movimenti**; per gli esercizi di forza al **peso da sollevare**. Il modo migliore per definirla è però legato all'effetto che ha sulla persona: per esempio, l'entità dello sforzo necessario per fare l'attività oppure delle risposte fisiologiche che essa provoca, per esempio sulla frequenza del battito cardiaco oppure su quella del respiro. Ovviamente l'intensità è relativa alla capacità della persona di svolgere tali attività

Gli adulti dovrebbero fare almeno 150 minuti di attività fisica aerobica moderata la settimana o almeno 75 minuti di attività fisica aerobica vigorosa durante la settimana. **Va bene anche una combinazione di attività moderata e vigorosa**. Esistono molti modi di accumulare il totale minimo. Per esempio, 90 minuti moderati e 30 vigorosi la settimana. In pratica, 20 minuti il giorno (dei quali 5 vigorosi) per sei giorni la settimana.

Ovviamente, **raddoppiando la durata dell'attività fisica i benefici sono superiori**, quindi si dovrebbe cercare di arrivare a 300 minuti di attività moderata, o 150 di attività vigorosa la settimana, o a una combinazione delle due.

RESTA IN FORMA ANCHE A CASA

L'attività aerobica si può fare anche in casa, per esempio salendo e scendendo da un gradino. L'altezza comune dei gradini è di solito compresa fra 16 e 20 cm e l'intensità dell'esercizio è data dalla frequenza di salita: per la maggior parte delle persone moderatamente attive **salire a una frequenza compresa tra 20 e 25 volte al minuto** significa fare un esercizio moderato, mentre a 25-30 volte al minuto l'esercizio diventa vigoroso, alternando ogni minuto il piede di salita.

Ovviamente tali intensità potrebbero essere eccessive per alcuni e troppo basse per i ben allenati.

L'ATTIVITÀ AEROBICA

L'attività aerobica migliora principalmente la forma cardiorespiratoria e quindi riduce il rischio cardiovascolare. Le varie forme di locomozione (movimento) umana sono il modo principale per fare attività aerobica.

Per esempio **camminare, correre, salire le scale, pedalare, nuotare, remare, andare in bicicletta.** Naturalmente, gli esercizi si possono fare anche in **casa o in palestra**: camminare o correre sul tappeto rotante, pedalare sulla cyclette, salire e scendere da uno scalino e così via.

Per la sua intensità, le linee guida fanno normalmente riferimento a due livelli: moderata e vigorosa.

- **Attività aerobica di moderata intensità.** L'attività moderata è quella fatta a un **ritmo che permette di parlare abbastanza facilmente, ma non di cantare o fischiare in modo agevole.** Per esempio, camminare spediti in pianura, salire le scale o camminare in salita lentamente, pedalare o nuotare tranquilli, ballare. Ma ovviamente dipende dal grado di preparazione fisica e dall'abilità di ciascuno.
- **Attività aerobica vigorosa.** L'attività vigorosa è quella fatta a un **ritmo che rende difficile parlare** e impossibile cantare o fischiare. Questo si verifica a causa dell'aumento della frequenza e della profondità della respirazione (fiato grosso o fiatone). Per esempio, camminare in salita o salire le scale velocemente, correre e pedalare veloci.

ESERCIZI DI FORZA

Gli esercizi di forza **migliorano soprattutto la capacità di lavoro nella vita quotidiana** e conseguentemente la qualità della vita. Come l'attività aerobica, essi **migliorano anche l'umore.** Si fanno di solito in una palestra, ma non è indispensabile. Si possono infatti usare **elastici o bande elastiche, fare piegamenti sulle braccia, sedersi e alzarsi dalla sedia.**

Si dovrebbe iniziare cercando di fare con uno sforzo leggero alcune ripetizioni del movimento scelto, che coinvolga i gruppi muscolari principali, arrivando progressivamente a farne 10-15, per una o, pian piano, anche più serie.

Successivamente, nell'arco di settimane, si può arrivare a **fare 8-12 ripetizioni dello stesso esercizio aumentando il carico e quindi con uno sforzo medio o pesante da ripetere per 2-3 volte**. Per un recupero adeguato è bene dare sempre almeno **un giorno di riposo fra le sessioni** di lavoro di forza.

6 - ATTIVITÀ FISICA: L'ADATTAMENTO MIGLIORA LA TUA SALUTE



I benefici di una attività fisica si sentono prima, durante e dopo la sua pratica.

In particolare, durante il recupero, l'organismo produce tanti piccoli cambiamenti, detti adattamento.

Ma serve costanza e allenamento. E anche il fattore genetico conta.

ATTIVITÀ FISICA: ALLENAMENTO E ADATTAMENTO

Lo sforzo legato all'attività fisica causa uno squilibrio delle funzioni dell'organismo o dei suoi organi e apparati. **Se allo sforzo segue un periodo di recupero adeguato, i processi rigenerativi determinano modificazioni nel nostro organismo.** Nello specifico, un cambiamento della sintesi proteica che porta ad accrescere le capacità funzionali dei vari sistemi. **Ciascun singolo esercizio costituisce uno stimolo per gli adattamenti**, ma esso, da solo, non è sufficiente a modificare stabilmente l'organismo o le sue parti. **L'effetto benefico indotto dall'adattamento è la conseguenza della ripetizione delle attività fisiche nel tempo, cioè dell'allenamento.**

Dal punto di vista molecolare, per esempio, una seduta singola di attività fisica provoca un aumento rapido (di poche ore) dell'espressione di un determinato gene durante il recupero, ma tale aumento è transitorio e torna ai livelli di partenza entro un giorno. Ma se le sedute di allenamento sono svolte ripetutamente e regolarmente, anche solo un paio di volte la settimana, gli effetti degli aumenti pulsatili dell'espressione genica si accumulano e si raggiunge in poche settimane un miglioramento funzionale.

ATTIVITÀ FISICA: TIPOLOGIA DI ESERCIZIO E ADATTAMENTO

È importante **codificare gli esercizi** in modo da controllare le diverse variabili. Le variabili principali riguardano il tipo di esercizio, il metabolismo durante la sua esecuzione, la frequenza, l'intensità e il volume di ciascuna esercitazione. Ciascuna di esse incide sulle

risposte metaboliche e molecolari, che, a loro volta, determinano un risultato funzionale specifico.

Le attività aerobiche e quelle basate sulla forza rappresentano le estremità delle differenti modalità nelle quali l'esercizio può essere praticato. L'esercizio aerobico è, in generale, prolungato nel tempo, caratterizzato da un numero molto elevato di movimenti con forza muscolare ridotta e trae energia dall'ossidazione dei nutrienti. L'esercizio di forza con sovraccarichi, al contrario, si basa su pochi movimenti ma richiede una tensione muscolare elevata e trova l'energia dai sistemi anaerobici.

LA COMBINAZIONE DI DIVERSI ESERCIZI RIDUCE I RISCHI DI MALATTIE

Sia l'esercizio aerobico sia quello di forza promuovono benefici individuali per chi li pratica ma con effetti diversificati. Per esempio, **l'attività aerobica riduce maggiormente i fattori di rischio cardiovascolare**, mentre quella di **forza mantiene meglio la massa muscolare** specialmente negli anziani.

È fondamentale considerare che, **la combinazione dei due esercizi nell'allenamento, aumenta l'efficacia di entrambi, per esempio, per contrastare l'obesità e la sindrome metabolica** tanto che entrambi sono considerati indispensabili nelle linee guida internazionali.

ATTIVITÀ FISICA: GENETICA E ADATTAMENTO

Va considerato che la risposta specifica all'allenamento è molto **variabile**: ci sono persone che rispondono molto e altre che reagiscono agli stimoli allenanti poco o niente. Questa eterogeneità delle risposte è legata alla **componente genetica individuale**. Di solito si risponde meglio per quelle qualità che presentano espressioni di base più alte. Quindi, per esempio un calciatore molto rapido, ma poco resistente, nella corsa dovrebbe essere allenato per migliorare la sua caratteristica migliore (la rapidità appunto) e non per compensare la mancanza di resistenza, per la quale non avrebbe molti geni in grado di rispondere agli stimoli.

La prescrizione dell'esercizio fisico dovrebbe quindi essere personalizzata considerando anche la predisposizione dell'individuo, in contrapposizione a linee guida di salute pubblica attualmente molto ampie, per ottimizzare il tempo impiegato e **mantenere una motivazione forte** (si fanno più volentieri le attività che riescono meglio).

7 - GRASSI: IL CARBURANTE DI RISERVA PER L'ATTIVITÀ FISICA



I grassi, con zuccheri e proteine, forniscono energia alle tue attività. I grassi sono il carburante principale per l'esercizio di lunga durata e bassa intensità.

Possono essere immagazzinati e usati quando il tuo organismo lo richiede.

Sono una fonte di energia inesauribile.

GRASSI: ENERGIA SEMPRE DISPONIBILE

I **grassi** (lipidi) e gli **zuccheri** (carboidrati) **circolanti** e quelli immagazzinati nelle **riserve** dell'organismo sono le sostanze che danno l'energia necessaria durante l'esercizio. **Le riserve sono poi reintegrate da quello che mangiamo**, quindi il tipo di alimentazione influenza in modo importante il recupero. I lipidi sono rappresentati dagli **acidi grassi** circolanti (che sono liberati dal tessuto adiposo) e dai trigliceridi intramuscolari.

Gli zuccheri sono costituiti dal **glicogeno muscolare e dal glucosio circolante** (liberato dal glicogeno presente nel fegato). La quantità di energia fornita dalle **proteine** durante l'esercizio è stimata tra il 5% e il 15%, ma quando il glicogeno muscolare si esaurisce il contributo delle proteine diventa più elevato. Questa energia è ottenuta dalla degradazione delle proteine del muscolo e dall'ossidazione degli aminoacidi a catena ramificata (**BCAA**).

GRASSI: DOVE SONO LE RISERVE?

Le riserve principali di grassi sono nel **tessuto adiposo** e sono molto più grandi di quelle degli zuccheri. Ammontano, molto grossolanamente, al **10-30% del peso corporeo**, con un valore medio del tutto indicativo del 15% in giovani uomini e del 25% in giovani donne. Questa percentuale di tessuto adiposo (o grasso corporeo) è molto variabile: di solito, è **inferiore negli atleti rispetto ai sedentari e negli uomini in confronto alle donne**. Oltretutto cambia nella stessa persona a seconda del metodo usato per

valutarla. La valutazione della percentuale di grasso corporeo dovrebbe, quindi, essere fatta con lo stesso metodo e dallo stesso operatore e più che il suo valore in assoluto si devono considerare le variazioni nel tempo nella stessa persona.

I GRASSI DANNO ENERGIA PER ATTIVITÀ DI LUNGA DURATA

In generale i **grassi sono il carburante principale per l'esercizio di lunga durata e bassa intensità**, mentre gli zuccheri lo sono per quello di durata più breve (meno di 45-75 minuti) e di intensità più elevata. **I sedentari hanno più difficoltà a usare i grassi come carburante** se non per esercizi veramente leggeri, come camminare piano. **Con l'allenamento l'organismo impara a utilizzare miscele di lipidi e carboidrati** alle varie intensità dell'esercizio nel campo aerobico e, conseguentemente, a risparmiare carboidrati a parità di carico di lavoro. Orientativamente nelle persone moderatamente attive, l'ossidazione massima dei grassi (in grammi al minuto) si ha, di solito, attorno al 40-60% della riserva di frequenza cardiaca.

GRASSI: FONTE DI ENERGIA INESAURIBILE

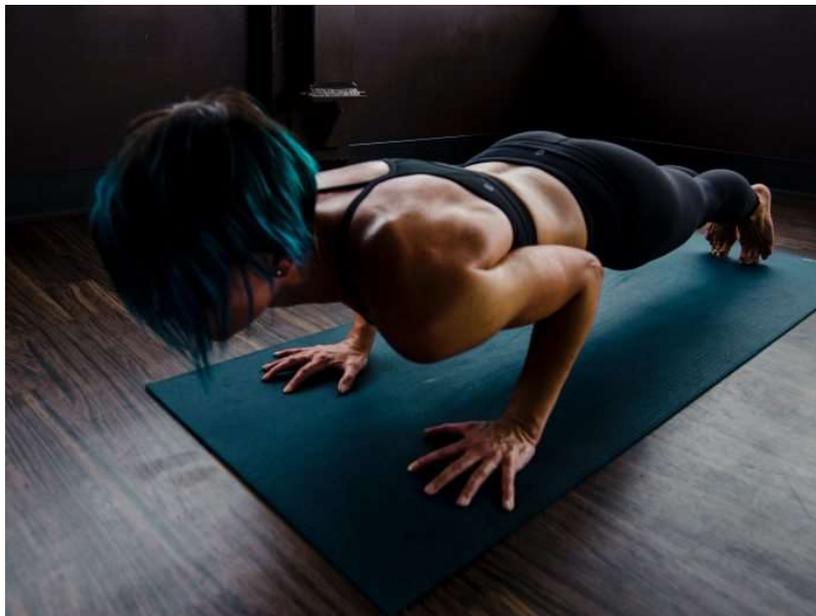
I grassi sono una riserva di energia praticamente inesauribile. Per esempio, una persona di 80Kg di peso con il 15% di grasso corporeo, ha riserve lipidiche di circa 12Kg. Considerando che **1g di acidi grassi può fornire circa 9Kcal** e che il tessuto adiposo è formato negli

adulti per circa il **75% da grasso**, la quantità totale di energia delle scorte lipidiche, in questo caso, è di oltre 80.000 Kcal.

APPROFONDIMENTO: I GRASSI E IL VALORE DI RISERVA CARDIACA

Per calcolare il valore della riserva cardiaca si deve stimare il valore della frequenza cardiaca massima teorica (approssimativamente, 220 meno l'età in anni) e conoscere quant'è la frequenza cardiaca a riposo. La riserva cardiaca è uguale alla frequenza massima meno quella a riposo. Per esempio: una persona di 50 anni ha una frequenza massima teorica di 170 battiti il minuto ($220-50=170$); se la stessa persona ha 70 battiti a riposo, la sua riserva è 100 battiti. Conseguentemente, se la massima ossidazione dei grassi è al 40-60% della riserva cardiaca (quindi 40-60 battiti) questo corrisponde a una frequenza cardiaca di 110-130 battiti il minuto.

8 - GRASSI ED ESERCIZIO FISICO



Il consumo dei grassi durante l'attività fisica ha molte variabili. La durata, l'intensità, l'allenamento, il recupero.

Tutte utili ad ottenere la massima energia dalle riserve di grassi presenti nel tuo organismo.

CONSUMO DI GRASSI E ATTIVITÀ FISICA: L'INTENSITÀ

Durante una passeggiata tranquilla, il carburante principale, almeno il 70-80%, è rappresentato dagli **acidi grassi circolanti nel sangue** e il resto dell'energia è coperta da trigliceridi intramuscolari, glicogeno muscolare e glucosio (zucchero) circolante. Invece, nell'**attività aerobica vigorosa l'energia è fornita principalmente (circa il 60-70%) dal glicogeno (zuccheri) muscolare**. All'aumentare dell'intensità, la glicolisi cioè l'utilizzo degli zuccheri, rappresentati principalmente dal glicogeno muscolare, aumenta e, contemporaneamente, **l'ossidazione dei grassi diminuisce**. Quest'ultima diventa praticamente quasi zero a circa il 90% della frequenza cardiaca massima (FC max). Quindi, quando l'organismo utilizza principalmente i grassi come carburante, la potenza metabolica disponibile è inferiore (5-15% in meno) rispetto a quando sono usati gli zuccheri perché il metabolismo dei grassi è più lungo e lento. Questo significa che anche l'intensità dell'esercizio, per esempio la velocità di corsa che si può mantenere, sarà inferiore.

CONSUMO DI GRASSI E ATTIVITÀ FISICA: LA DURATA

Durante l'attività fisica gli acidi grassi circolanti sono via via liberati dal tessuto adiposo. Questo comporta che i grassi possono essere utilizzati come carburante in modo crescente **solo dopo diversi minuti dall'inizio dell'esercizio**. Questo tempo è necessario per **mobilizzare gli acidi grassi dal tessuto adiposo** (tramite gli stimoli

ormonali) all'inizio dell'esercizio, per il loro trasporto nel sangue, per il loro ingresso nel muscolo e nei mitocondri e, infine, per la loro ossidazione. Ciò comporta che **se l'esercizio è di durata relativamente breve, per esempio meno di 10 minuti, sono consumati zuccheri** in modo rilevante anche alle intensità più basse.

IL CONSUMO DI GRASSI DIPENDE DALL'ALLENAMENTO

La capacità di usare i grassi come carburante dipende dall'allenamento: gli atleti molto allenati nelle discipline di resistenza come ciclisti, maratoneti, sciatori e nuotatori di fondo, hanno una elevata potenza lipidica e sono in grado di usare i grassi per l'energia a intensità elevate (sino all'80% della riserva di frequenza cardiaca). Al contrario, **le persone sedentarie potrebbero avere una potenza lipidica molto bassa e usare gli zuccheri anche a intensità moderate.** La massima ossidazione dei grassi dovrebbe essere appena sotto l'intensità alla quale inizia ad aumentare l'utilizzo degli zuccheri a scopo energetico. Questo suggerisce che l'aumento della glicolisi inibisca l'ossidazione dei grassi riducendo la lipolisi e inibendo il trasporto di acidi grassi. Questo meccanismo è importante per la difficoltà dell'ossidazione dei grassi osservata durante l'esercizio fisico in **persone diabetiche e/o obese**, dato che l'importanza della glicolisi è eccessiva in questi soggetti anche a livelli bassi di intensità dell'esercizio aerobico. Per queste persone è quindi fondamentale che le **intensità alle quali cimentarsi all'inizio del programma di esercizio-terapia siano adeguatamente ridotte** in

modo da stimolare gradualmente la capacità di usare i grassi come carburante.

CONSUMO DI GRASSI E ATTIVITÀ FISICA: IL RECUPERO

Quando l'esercizio è terminato, le reazioni metaboliche diminuiscono. Il **metabolismo basale però rimane leggermente elevato**, circa il 10-15% in più rispetto al basale, per diverse ore, sino a 8-12, per garantire le reazioni necessarie al recupero. L'entità di questo "**consumo in eccesso di ossigeno post-esercizio**" (detto EPOC) è proporzionale allo stress metabolico e quindi all'**intensità e alla durata dell'esercizio**. Esso non è molto, corrisponde a 5-15Kcal – cioè uno o due grammi di tessuto adiposo – ogni ora, ma contribuisce a **consumare grassi**.

Infatti, durante il periodo di recupero avviene un aumento dell'ossidazione lipidica e del "risparmio" di zucchero per la fornitura di energia. Questo è dovuto alla priorità metabolica dell'organismo di ricostituire le riserve di glicogeno muscolare. L'aumento prolungato dell'ossidazione lipidica nel periodo post-esercizio rappresenta un evento chiave negli effetti mediati dall'esercizio sul metabolismo lipidico di tutto il corpo.

9 - I CARBOIDRATI: CARBURANTE PER L'ESERCIZIO FISICO



Sono la prima fonte di energia impiegata dai nostri muscoli. Il carboidrati, semplici o complessi, diventano prima glucosio e poi sono immagazzinati come glicogeno in fegato e muscoli.

Così da avere subito a disposizione energia per il nostro organismo. Svolgono una funzione fondamentale durante l'attività fisica, determinandone le prestazioni.

I CARBOIDRATI: DAL GLUCOSIO AL GLICOGENO

Gli zuccheri sono l'unico carburante per il muscolo per il quale l'alimentazione è in grado di influenzare le prestazioni. **I glucidi (zuccheri) sono carboidrati e possono essere semplici o complessi.** I primi sono subito disponibili al nostro organismo. Gli altri, attraverso la digestione, vengono prima scissi in molecole più semplici, e poi resi disponibili per essere utilizzati dall'organismo. Sono zuccheri semplici il comune **zucchero da cucina, il fruttosio presente nella frutta, lo zucchero presente nel latte**, che si chiama lattosio. Sono zuccheri complessi quelli presenti nelle **patate, nel riso e nei cereali o loro derivati come il pane e la pasta.**

Una volta digeriti, gli zuccheri sono trasformati in glucosio, un monosaccaride fonte di energia primaria di ogni cellula del nostro organismo. Sia uno sportivo, che un non sportivo, ha bisogno di immagazzinare la scorta sufficiente di glucosio per poter avere energia e svolgere le funzioni vitali primarie. **Il glucosio non immediatamente utilizzato dal nostro organismo viene trasformato in glicogeno**, una riserva di energia sempre a disposizione del nostro organismo.

I CARBOIDRATI: LA TUA RISERVA DI ENERGIA

Il glicogeno è **immagazzinato nel fegato** (circa 100-120g, necessario per mantenere la glicemia costante) e **nei muscoli**. Quest'ultimi contengono la **principale riserva di carboidrati per l'esercizio. Il glicogeno muscolare è di immediata disponibilità** (si trova nel

“motore”): infatti, inizia a scindersi in glucosio non appena inizia la contrazione muscolare. La sua quantità ammonta a circa **15g per Kg di muscolo** idratato nelle persone non allenate.

Negli atleti di *endurance* il contenuto arriva a 20g e può superare i 30 per Kg dopo un aumento di carboidrati nella dieta. Considerando un atleta del peso di 80Kg con una massa muscolare del 30% del peso corporeo, il totale delle scorte glucidiche risulta di circa 500g distribuite su 24Kg di muscoli. Siccome 1 g di zuccheri fornisce 4Kcal, il totale dell'energia disponibile che può derivare dal glicogeno muscolare ammonta a circa 2000Kcal.

Si tratta di una riserva molto più piccola rispetto a quella dei grassi (oltre 50 volte inferiore) e **si esaurisce rapidamente: bastano 75-90 minuti di esercizio intenso** (per esempio, una partita di calcio). Quando le riserve di glicogeno nei muscoli limitanti scendono sotto un livello critico la potenza cala subito.

La comparsa di corpi chetonici nelle urine (al termine dell'allenamento) indica l'esaurimento del glicogeno in alcuni dei gruppi muscolari che sono stati impegnati.

FONDAMENTALE ADEGUARE IL CONSUMO DI CARBOIDRATI SE SI AUMENTA L'ALLENAMENTO

Le ricerche hanno mostrato che gli atleti che non sono in grado di aumentare l'apporto alimentare di carboidrati quando aumenta il

volume e/o l'intensità di allenamento possono provare affaticamento e difficoltà nel fare gli allenamenti previsti.

Quindi chi si allena tutti i giorni dovrebbe essere in grado di adattare l'assunzione di carboidrati al carico di allenamento per garantire sempre un ripristino adeguato del glicogeno muscolare. Gli uomini sembrano più capaci delle donne di aumentare spontaneamente l'apporto di carboidrati durante i periodi di maggiore allenamento.

Quindi, specialmente nelle atlete, se l'apporto calorico è troppo scarso, anche se copre il fabbisogno energetico necessario per l'esercizio, si possono avere conseguenze negative come riduzione del metabolismo (e conseguentemente degli adattamenti) e aumentato rischio di infortuni e riduzione delle difese immunitarie.

Pertanto, gli atleti, specialmente nelle discipline di endurance come ciclisti, maratoneti, nuotatori e sciatori di fondo, dovrebbero **assumere carboidrati, secondo le linee guida di nutrizione sportiva, tra 6 e 10g per Kg di massa corporea al giorno in funzione dell'impegno in allenamento.**

I CARBOIDRATI: RIPOSO E CORRETTA ALIMENTAZIONE PER IL LORO REINTEGRO

Le riserve di glicogeno muscolare possono esaurirsi dopo alcune sessioni di allenamento intense. Per esempio, tre giorni consecutivi di 45-60 minuti di esercizio a intensità vigorosa possono svuotare le

riserve di glicogeno muscolare nei muscoli che sono stati impegnati. Ovviamente, l'allenamento può prevedere alcune sedute che comportino il rischio di esaurimento del glicogeno.

Dato che **per ricostituire le riserve servono decine di ore (almeno un giorno e mezzo) e un'alimentazione ricca di carboidrati**, sarà indispensabile che il programma settimanale preveda un'alternanza adeguata fra sedute di lavoro ad intensità tale da consumare zuccheri con altre, più leggere, durante le quali si consumi grassi in prevalenza. Ciò consentirà tempi corretti per la completa ricarica delle riserve.

10 - I CARBOIDRATI: ASSUMILI CON ATTENZIONE PRIMA DI UNA GARA



Sono un alimento fondamentale per ogni tipo di attività fisica. I carboidrati rappresentano la prima fonte di energia per i tuoi muscoli.

Prima di una competizione sportiva è necessario dare al tuo organismo il giusto apporto di carboidrati. Per non sentire la fatica e migliorare le tue prestazioni.

I CARBOIDRATI: UNA DIETA CONSAPEVOLE NEI GIORNI PRIMA DELLA GARA

Una alimentazione corretta, ricca di carboidrati, nei giorni precedenti la competizione, è indispensabile per aumentare le riserve di glicogeno. E per le prestazioni in gara. Per l'esercizio che dura **più di 90 minuti, maggiore è il contenuto di glicogeno muscolare all'inizio dello sforzo e più tardi insorgerà la fatica che limita la prestazione.** Infatti, durante l'esercizio fisico di questa durata, l'esaurimento di solito si verifica quando il contenuto di glicogeno muscolare diventa criticamente basso. Per questo motivo, diversi regimi alimentari di aumento dei carboidrati nell'alimentazione, sono stati proposti da molti anni per aumentare le riserve muscolari di glicogeno.

Negli anni Sessanta, fu dimostrato che la concentrazione del glicogeno nei muscoli aumentava sino a raddoppiare, se si facevano tre giorni di dieta povera di carboidrati continuando ad allenarsi per svuotare le riserve. Dovevano seguire poi tre giorni di dieta molto ricca di carboidrati e un allenamento ridotto. Per la scienza della nutrizione applicata allo sport fu un momento importante perché si dimostrò come **le strategie alimentari potessero modificare le riserve energetiche.**

Oggi si considera che **un apporto di carboidrati di almeno 10-12g per Kg di massa corporea al giorno per le 36-48 ore prima dell'evento, combinato con un normale allenamento programmato,** dovrebbe essere sufficiente per raggiungere un livello ottimale del contenuto di glicogeno muscolare. Se l'apporto

nutrizionale di carboidrati è basso, e conseguentemente **le riserve di glicogeno sono scarse, la fatica insorge precocemente anche per esercizi intensi di breve durata**, per esempio di 15 minuti. Si pensa, quindi, che le strategie nutrizionali per raggiungere il contenuto individuale massimo di glicogeno muscolare siano probabilmente utili anche per prove di durata ben inferiore a 90 minuti.

I CARBOIDRATI: L'AUMENTO DEL GLICOGENO MUSCOLARE È SEMPRE UTILE?

Spesso gli atleti non hanno buone sensazioni con un forte aumento del glicogeno. Infatti, si deve considerare che **il glicogeno muscolare è fortemente idratato** (immagina la mollica di pane bagnata): ogni grammo di glicogeno trattiene 3-5g di acqua. Aumentando di 300g il glicogeno nei muscoli si trattiene oltre un litro di acqua e gli atleti sentono **braccia e gambe "gonfie"** e dicono di essere impacciati nei movimenti. Inoltre, c'è il rischio di avere **disturbi intestinali (meteorismo) e diarrea**.

Fra l'altro, uomini e donne sembrano rispondere in modo diverso al carico di carboidrati: le donne aumentano il loro contenuto di glicogeno muscolare, in risposta a un aumento dei carboidrati, molto meno degli uomini.

Queste risposte sono individuali e quindi ciascuno dovrebbe provare differenti strategie per trovare quella ottimale.

I CARBOIDRATI: CONVIENE FARE IL CARICO DI CARBOIDRATI SUBITO PRIMA DELLA GARA?

Molti pensano che l'ultimo pasto prima della gara, nell'ora o nelle due-tre ore precedenti, possa rappresentare un'ultima valida opportunità per iniziare la prova con una disponibilità ottimale di carboidrati nelle riserve. Tuttavia, **diversi studi hanno dimostrato che l'ossidazione dei grassi durante l'esercizio è ridotta se si eccede con i carboidrati prima dello sforzo.** Ciò è dovuto principalmente all'**aumento della glicemia e al conseguente aumento dell'insulina che inibiscono la liberazione di acidi grassi** dal tessuto adiposo e la loro ossidazione all'interno dei muscoli. Questo avviene specialmente se il pasto pre-gara contiene molti alimenti ad alto indice glicemico. **Prima della competizione, quindi, dovrebbe essere meglio assumere zuccheri a basso indice glicemico, e in quantità limitata, in modo da alzare di meno la glicemia e l'insulina.** Tuttavia, anche in questo caso, l'esperienza pratica individuale dovrebbe guidare le scelte personali dato che è importante anche **evitare di avere fame durante la gara.**

11 - I CARBOIDRATI: ENERGIA DURANTE LA COMPETIZIONE



Utili nei giorni che precedono le competizioni, forniscono l'energia necessaria durante la gara.

I carboidrati, sotto forma di zuccheri semplici, migliorano le prestazioni e riducono la sensazione di fatica.

La loro assunzione in gara è determinata dalla lunghezza della competizione e dal tipo di zucchero.

GLI ZUCCHERI DURANTE UNA COMPETIZIONE SPORTIVA

Se la gara dura **meno di un'ora** e le **riserve di glicogeno** sono ben colme, l'assunzione di carboidrati durante lo sforzo non dovrebbe avere importanza dato che le riserve contengono energia sufficiente per tutta la durata della competizione. Tuttavia, anche quando i livelli di glicogeno muscolare sono quelli ottimali prima dell'inizio della gara, **assumere carboidrati durante lo sforzo di durata relativamente ridotta (45-60 minuti) sembra utile per ritardare la fatica muscolare e migliorare la prestazione.** Una possibile spiegazione di questo paradosso viene da diversi studi che dimostrano che, durante un esercizio fisico della durata di 45 minuti, **le prestazioni sono migliorate anche solamente sciacquando la bocca con una soluzione di carboidrati durante lo sforzo.**

IL SAPORE DOLCE DEGLI ZUCCHERI CONTRASTA LA FATICA MUSCOLARE?

Se il sapore dolce deriva da un dolcificante artificiale il miglioramento non c'è! Se invece deriva da carboidrati sotto forma di zuccheri, come saccarosio, fruttosio o loro derivati, si ha un effetto positivo. Secondo i ricercatori dell'**Università di Birmingham**, il miglioramento osservato potrebbe essere dovuto all'**attivazione delle regioni cerebrali coinvolte nella ricompensa e nel controllo motorio** che potrebbero produrre segnali in grado di modificare la prestazione e ritardare la fatica. Gli effetti sembrano maggiori dopo

il digiuno notturno, ma i benefici prestazionali sono presenti anche dopo l'ingestione di un pasto.

ALIMENTAZIONE DURANTE LE COMPETIZIONI DI LUNGA DURATA

Poiché la durata e l'intensità della maratona **sono limitate dal contenuto di glicogeno muscolare**, l'assunzione di carboidrati durante la gara dovrebbe essere teoricamente utile per salvare le riserve di glicogeno **fornendo una fonte aggiuntiva di carburante muscolare**. Le fonti di carboidrati possono essere rappresentate da *sport drinks*, gel, dolci, frutta o altri tipi di alimenti in base alle preferenze dell'atleta. Tuttavia, è molto importante che l'alimentazione sia testata in allenamento prima della gara per verificarne la tollerabilità e personalizzarne il contenuto. **Le linee guida generali per l'esercizio di durata di 2 ore suggeriscono l'assunzione di 30-60g di carboidrati l'ora. E se possibile, consigliano di dividere la dose assumendola ogni 30 minuti.** L'utilizzo a scopo energetico dei carboidrati esogeni è circa il 50% di quelli assunti, quindi per un'assunzione di 60g ogni ora, circa 30g di glicogeno muscolare sono risparmiati nello stesso periodo. Per un amatore di buon livello, che corre la maratona in 2h e 30 minuti, significherebbe circa 75g totali di glicogeno risparmiato (circa il 20% del totale consumato). **Ciò potrebbe rivelarsi determinante per chiudere bene la corsa a patto naturalmente di riuscire a fare tutti i rifornimenti e assorbire efficacemente quanto ingerito.**

QUALE TIPI DI ZUCCHERI PRODUCONO RISULTATI MIGLIORI PER UNO SPORTIVO?

L'assorbimento dei carboidrati è migliore quando si assumono miscele di essi, (detti "carboidrati multipli trasportabili"). Infatti, si deve tener conto che uno zucchero singolo (per es. il glucosio), ingerito durante l'esercizio, sarà ossidato, al massimo, ad una velocità di circa 1g al minuto, anche quando ne sono ingerite grandi quantità. Negli ultimi anni, è stato studiato il modo per migliorare l'assorbimento dei carboidrati e la loro biodisponibilità. **Combinazioni di zuccheri che utilizzano trasportatori intestinali differenti per l'assorbimento come una miscela di glucosio e fruttosio, hanno mostrato di determinare tassi di ossidazione maggiori** (sino a 1,3g al minuto). Non è molto di più, ma velocizzarne l'assorbimento migliora l'ossidazione e ne riduce l'accumulo nel tratto digerente con **minore rischio di problemi gastroenterici durante l'esercizio prolungato**. Ci sono molti prodotti in commercio disegnati a tale scopo. Questi accorgimenti possono essere utili per le **competizioni di 3-5 ore e oltre**. Comunque bisogna sempre fare attenzione a ciò che si assume durante una competizione. Infatti, **l'ingestione di carboidrati a una velocità superiore a 60-75g l'ora non sembra comportare vantaggi per la prestazione e può aumentare il rischio di diarrea e altri disturbi intestinali**.

12 - I CARBOIDRATI: INDISPENSABILI PER IL RECUPERO DOPO LO SFORZO FISICO



Conclusa una competizione o un allenamento, il loro reintegro è indispensabile.

I carboidrati, sotto forma di riserva di glicogeno, vanno ricostituiti. È indispensabile seguire una dieta corretta nelle quantità degli alimenti da consumare e nella qualità dei principi nutritivi da assumere.

Anche quando consumi i pasti fa la differenza per le tue prestazioni successive.

I CARBOIDRATI: È NECESSARIO REINTEGRARE COSTANTEMENTE LE RISERVE DI GLICOGENO

La quantità limitata delle riserve di glicogeno pone il problema del loro **esaurimento** e della loro **ricostituzione durante il recupero** dallo sforzo intenso e prolungato (60-90 minuti).

Il recupero tra le competizioni o gli allenamenti può avere obiettivi separati:

- ricostituzione delle riserve consumate durante la competizione per **ripristinare le prestazioni per la gara successiva**
- ripristino delle riserve per **facilitare le risposte adattative all'allenamento**, continuare ad allenarsi a intensità adeguata e **ridurre il rischio di malattia e infortunio**.

I processi di recupero nutrizionali comprendono il ripristino delle riserve di glicogeno muscolare e epatico (**rifornimento di carburante**), ma anche il ripristino dei fluidi e degli elettroliti persi nel sudore (**reidratazione**) e la sintesi proteica per la riparazione e l'adattamento (**ricostruzione**). Anche i processi di recupero per il sistema immunitario, che aiutano a **ridurre al minimo il rischio di malattie e lesioni**, sono importanti, ma sono molto meno conosciuti.

I CARBOIDRATI: NON BASTA SOLO CERCARE DI MANTENERE IL PESO CORPOREO

Il recupero alimentare deve integrarsi con gli obiettivi nutrizionali complessivi dell'atleta. Sia in termini di fabbisogno energetico basale e per il movimento, sia per la necessità di energia da utilizzare per i processi riparativi e adattativi. Perciò non è sufficiente che il peso corporeo sia mantenuto: **è necessario un surplus energetico specifico per i meccanismi adattativi** anabolici di ricostruzione. Questo potrebbe ammontare a **circa il 10-15% del metabolismo basale**, tenuto conto del consumo di ossigeno in eccesso dopo l'allenamento. L'alimentazione per il recupero deve anche essere gestibile: ad esempio, essere conveniente, adattarsi all'orario giornaliero e agli impegni sociali e coinvolgere cibi e bevande graditi e disponibili anche se si è fuori casa, in particolare all'estero.

È IMPORTANTE ASSUMERE CARBOIDRATI SUBITO DOPO LO SFORZO PROLUNGATO

La velocità oraria media di ripristino del glicogeno è di meno di 1g per ogni Kg di muscolo (circa il 5-6% del contenuto totale di glicogeno). A patto di **fare una dieta sufficientemente varia e ricca di carboidrati**. Sono necessarie circa 24 ore per normalizzare le riserve dopo il loro esaurimento. Tuttavia, **nelle prime 2-4 ore subito dopo l'esercizio la sintesi del glicogeno muscolare è molto rapida**. Questo è dovuto all'attivazione degli enzimi e all'aumento

della permeabilità cellulare al glucosio. Successivamente, si rallenta. Subito dopo la conclusione dello sforzo muscolare, si apre una **finestra di opportunità per il ripristino rapido del glicogeno. Ritardare l'assunzione di carboidrati rallenta il recupero.** Inoltre, va considerato che l'assunzione di carboidrati subito dopo l'esercizio fornisce una fonte immediata di substrato e facilita l'inizio di un recupero efficace sotto i vari aspetti piuttosto che semplicemente per migliorare la sintesi del glicogeno.

I CARBOIDRATI: QUANTI ASSUMERNE DOPO LO SFORZO PROLUNGATO

Per un recupero adeguato e per massimizzare il ripristino del glicogeno, **nelle prime 2 ore successive all'esercizio, è raccomandato un apporto di carboidrati di circa 2g di carboidrati insieme a 0,2-0,3g di proteine di alta qualità per Kg di massa corporea.**

Per esempio, un atleta che pesa 80Kg dovrebbe assumere circa 80g di carboidrati l'ora e 20g di proteine nelle prime due ore dopo l'allenamento, o la competizione. Questo può essere fatto assumendo prodotti commerciali specifici, ma anche mediante il pasto o uno spuntino che soddisfi queste esigenze se l'orario del pasto principale è lontano.

I CARBOIDRATI: IL REINTEGRO DEL GLICOGENO DIPENDE DAL TIPO DI ALLENAMENTO

Se l'esercizio è rappresentato da prove di **elevata intensità, ma di breve durata e con un lungo intervallo di riposo**, la rapidità di sintesi del glicogeno durante il recupero è maggiore. Si tratta, per esempio, di **esercizi di forza** impostati generalmente su 1 minuto di lavoro e 3-4 minuti di recupero. In questi tipi di prestazioni fisiche abbiamo:

- durante l'esercizio intervallato **si consuma una minore quantità di glicogeno** per l'insorgenza precoce della fatica muscolare
- l'immediata disponibilità di **acido lattico** come precursore del glicogeno rende la sintesi delle riserve parzialmente indipendente dall'assunzione di carboidrati

La rapidità di ricostituzione delle scorte è **maggiore nelle fibre veloci**, quelle maggiormente impegnate nell'esercizio intervallato di alta intensità, rispetto alle fibre lente prevalentemente reclutate durante il lavoro di resistenza.

13 - LE PROTEINE, NECESSARIE PER UNA MASSA MUSCOLARE OTTIMALE



Le proteine sono indispensabili per la costruzione della massa muscolare necessaria allo svolgimento del movimento.

Giocano un ruolo cruciale durante l'attività fisica e nel metabolismo di zuccheri e grassi. È necessario consumare la quantità ottimale per permettere ai muscoli di essere in salute e capaci di svolgere attività motoria.

I MUSCOLI: ESSENZIALI PER IL METABOLISMO DI ZUCCHERI E GRASSI

I muscoli, oltre a generare forza necessaria per i movimenti, hanno un **ruolo centrale dal punto di vista metabolico** contribuendo a regolare il **metabolismo degli zuccheri e dei grassi nel sangue** e influenzando il metabolismo a riposo e l'attività di altri organi e tessuti attraverso la secrezione di **citochine**. Il loro trofismo è quindi fondamentale e per mantenere adeguato il loro stato di nutrizione è necessaria, per tutti e in particolare per chi fa attività fisica, **alimentarsi con una quantità appropriata di proteine**.

LE PROTEINE: INDISPENSABILI PER LA MASSA MUSCOLARE

La quantità di **massa muscolare** è regolata attraverso il ricambio continuo delle proteine che la compongono attraverso processi di **sintesi** e di **degradazione** delle proteine stesse. Circa l'1-2% del totale delle proteine muscolari viene rimodellato ogni giorno. **L'esercizio fisico e l'alimentazione**, principalmente l'assunzione di proteine, sono gli stimoli principali per un bilancio positivo dell'equilibrio fra sintesi e degradazione a favore della sintesi proteica muscolare. L'opposto avviene con il digiuno o con un'alimentazione povera di proteine. Le proteine alimentari operano in sinergia con l'esercizio fisico e **stimolano cambiamenti strutturali anche nei tessuti non muscolari** (tendini, legamenti, articolazioni) in modo importante per la **prevenzione delle lesioni**.

Quindi, avere un apporto proteico ottimale è fondamentale sia per le **prestazioni sportive** sia per la **salute** generale di un atleta.

MASSA MUSCOLARE: ALLENAMENTO DI FORZA O AEROBICO?

L'**allenamento di forza** stimola un rimodellamento ipertrofico che provoca un **aumento di volume** delle cellule muscolari e quindi (dopo alcune settimane di allenamento) della massa muscolare complessiva. Invece, l'**allenamento aerobico** porta a rimodellamenti (non ipertrofici) che **migliorano la capacità ossidativa muscolare** e aumentano il ricambio delle proteine contrattili.

Indipendentemente dal tipo di rimodellamento, ipertrofico o non ipertrofico, che si verifica durante il recupero dall'esercizio, l'assunzione di proteine è fondamentale per rendere ottimali questi adattamenti.

LE PROTEINE: CARBURANTE PER L'ESERCIZIO FISICO

Le **proteine** rappresentano una parte non trascurabile del **carburante per l'esercizio prolungato**. Esse contribuiscono a coprire il fabbisogno energetico in misura compresa fra il **5% e il 10%** del totale per attività di durata superiore a 60 minuti. Questo suggerisce che il fabbisogno proteico giornaliero per gli atleti debba essere superiore a quanto indicato per i sedentari e si considera che sia **necessaria una quantità di 1,2-1,5g per Kg di massa corporea**.

Comunque, non si deve esagerare: l'assunzione di quantità eccessive di proteine possono provocare stipsi, disidratazione (per aumento della diuresi) e favorire l'accumulo delle riserve nel tessuto adiposo.

QUANTE PROTEINE ASSUMERE DURANTE IL RECUPERO?

Nel periodo immediatamente successivo all'esercizio fisico, c'è **aumento della sintesi proteica muscolare**, specialmente in individui allenati, che **continua sino a 24 ore dopo**. La massima risposta di sintesi proteica dopo un allenamento di forza si ottiene con **l'assunzione di circa 20-25g di proteine di alta qualità (0,3g per Kg di massa corporea) entro 2 ore dalla fine dell'esercizio**. Le proteine consumate oltre questa soglia stimolano un aumento dei tassi di ossidazione proteica.

Il consumo di proteine immediatamente dopo l'esercizio di resistenza aumenta la sintesi proteica muscolare anche a parità di proteine totali assunte nel corso della giornata. Il modello ottimale di assunzione proteica nel resto della giornata dovrebbe probabilmente comportare **4-5 pasti o spuntini ogni 3-5 ore che forniscano circa 20-25g di proteine ciascuno**. Il consumo di un ulteriore spuntino proteico appena prima di coricarsi sembra utile perché può aumentare la sintesi proteica muscolare, e **favorire il recupero durante la notte**, momento in cui altrimenti la sintesi si abbasserebbe.

L'ASSUNZIONE DI PROTEINE: ESEMPI DI SPUNTINI

ALIMENTI	KCAL	PROTEINE(g)	GRASSI(g)	CARBOIDRATI(g)
Pane di segale 70g Salmone affumicato 50g	241	21	3,8	32
Pane di segale 70g Tonno sott'olio (sgocc.) 60g	268	20,9	7,2	31,7
Pane di segale 70g Bresaola 50g	228	21,8	2,5	31,8
Pane di segale 70g Grana 50g Pomodori 50g	354	22,8	15,3	35,4
Yogurt greco magro 170g Fette biscottate 40g (n.4-5) Frutta secca 20g (noci/mandorle/nocciole)	449	23,1	14,4	39,9
Pane farina tipo 0 80g Salmone affumicato 60g	308	21,7	3,1	51,5
Pane farina tipo 0 80g Tonno sott'olio (sgocc.) 60g	335	21,6	6,4	50,8

Pane farina tipo 0 70g Bresaola 50g	268	21,6	1,6	44,4
Pane farina 0 70g Grana 50g Pomodoro 50g	394	22,7	14,45	48
Pane farina integrale 60g Salmone 60g	245	20,5	3,6	34,7
Pane farina integrale 70g Tonno sott'olio (sgocc.) 60g	272	20,4	6,9	33,9
Pane farina integrale 60g Bresaola 50g	209	20,5	2	29,1
Pane farina integrale 60g Grana 50g Pomodori 50g	336	21,5	14,8	32,7

14 - ATTIVITÀ FISICA: ESERCIZI DI ALLUNGAMENTO E EQUILIBRIO PER LA TUA SALUTE



L'attività fisica annovera varie forme di esercizi. Conosciute e praticate le attività di forza e quelle aerobiche, come camminare, correre o andare in bicicletta.

Meno noti, ma ugualmente fondamentali, gli esercizi di allungamento - stretching - e di equilibrio. Migliorano il tuo stato di salute ed evitano rischi di patologie al sistema scheletrico e alle articolazioni. Così come riducono il pericolo di cadute.

ATTIVITÀ FISICA: FAI ALMENO 25 MINUTI AL GIORNO DI ATTIVITÀ AEROBICA

Praticare attività fisica promuove il tuo benessere. Con semplicità e divertimento. Sono sufficienti un paio di scarpe da ginnastica per una semplice camminata o una corsa. Oppure puoi decidere di andare in bicicletta o fare del nuoto in piscina. Naturalmente, certi esercizi si possono fare anche in **casa o in palestra**: camminare o correre sul tappeto rotante, pedalare sulla cyclette, salire e scendere da uno scalino e così via. Sono tutte attività definite aerobiche, che **migliorano la tua forma cardiorespiratoria e quindi riducono il rischio di patologie cardiovascolari**.

È consigliato di praticare almeno 25 minuti al giorno di attività fisica aerobica per ottenere buoni risultati sul tuo stato di salute. Raddoppiare la durata dell'attività comporta un incremento più che proporzionale dei benefici.

È **ottimale riuscire a fare 40 minuti di esercizi al giorno**. Così com'è ottimale considerare l'attività fisica come una delle tante attività svolte tutti i giorni, come lavorare, riposare, nutrirsi.

A completare i benefici resi dall'attività aerobica ci sono gli **esercizi di forza, di flessibilità e di equilibrio**. Praticare entrambe le categorie di esercizi produce uno straordinario risultato per la tua salute, **riducendo fattori di rischio di patologie cardiovascolari, cadute e lesioni delle articolazioni**.

ATTIVITÀ FISICA: ESERCIZI DI FLESSIBILITÀ

Migliorano l'ampiezza di tutti i movimenti permessi da una articolazione **facilitando i gesti quotidiani**. La flessibilità è specifica per ogni persona e anche per ogni articolazione e dipende in buona parte dalla capacità di muscoli e tendini di allungarsi.

Gli esercizi di flessibilità (*stretching*) agiscono aumentando la flessibilità muscolare attraverso il mantenimento di posizioni che determinano uno stiramento leggero dei muscoli. Questo non deve essere doloroso e va mantenuto per alcuni secondi, da ripetere più volte.

Si consiglia di fare questo tipo di esercizi per i principali gruppi muscolari almeno due giorni la settimana.

ATTIVITÀ FISICA E TERZA ETÀ

Le persone di età superiore a 65 anni dovrebbero fare attività fisica anche per migliorare l'equilibrio e prevenire le cadute per almeno due volte la settimana. Le quantità e le intensità suggerite sono le stesse.

Quando queste persone non possono svolgere le quantità suggerite di attività fisica per il loro stato di efficienza fisica o di salute, dovrebbero comunque cercare di **essere fisicamente attivi** per quanto le loro condizioni lo permettano.

ATTIVITÀ FISICA: ALLENAMENTO DELL'EQUILIBRIO

Riguarda esercizi statici e dinamici per migliorare la capacità di una persona di **fronteggiare meglio il rischio di caduta derivante dalle oscillazioni posturali, dal movimento volontario, o da fattori esterni**. Questi esercizi, che migliorano le risposte agli stimoli propriocettivi, vanno personalizzati e adattati nella loro difficoltà alla capacità della persona. Andrebbero, quindi, prescritti e seguiti nel tempo da parte di personale esperto. *La **propriocezione** è quel tipo di sensibilità che riguarda la stabilità delle articolazioni, il controllo dell'equilibrio, il senso di posizione e il senso di movimento.*

ATTIVITÀ FISICA: CI SONO RISCHI?

Nel complesso, i **benefici dell'attività fisica seguendo le raccomandazioni riportate sono maggiori dei danni**. Una volta che la **visita medica** ha escluso rischi cardiovascolari, i problemi principali possono riguardare l'apparato muscolo-scheletrico. Lesioni possono avvenire, ma di solito sono lievi, specialmente per le attività ad intensità moderata (camminare). Il rischio è ridotto da una progressione attenta della durata e dell'intensità degli esercizi e da un **recupero adeguato fra le sessioni di esercizio per permettere gli adattamenti strutturali**.

15 - IL COSTO ENERGETICO DELLA LOCOMOZIONE UMANA



Gli esseri viventi possono spostarsi da un luogo all'altro sfruttando le caratteristiche del loro apparato locomotore in modi diversi (i vertebrati superiori con la deambulazione, i pesci nuotando, gli uccelli con il volo, eccetera).

Il movimento dell'uomo è sempre stato oggetto d'interesse sin dall'antichità.

Più recentemente, la possibilità di valutare la locomozione in modo quantitativo permette di applicarla come un farmaco del quale serve conoscere le indicazioni e la posologia.

PER MUOVERSI CI VUOLE ENERGIA

Nell'uomo, così come in tutti gli animali, la locomozione **ha bisogno di energia**. Questo vale ovviamente anche per i veicoli a motore, un'automobile consuma benzina per fare strada. Per capire quanta ne consuma, le case costruttrici indicano, per esempio, quanti litri di benzina servono a una certa auto per percorrere 100Km. Poniamo che un'utilitaria consumi 5 litri per fare 100Km: dato che un litro di benzina contiene 7660Kcal (e quindi 5 litri ne contengono 38300) significa che l'utilitaria ha bisogno di circa 380Kcal per percorrere 1 Km. Questo valore (380Kcal ogni Km) è il **costo energetico della locomozione** dell'auto in questione. Considerando che l'utilitaria pesa 800Kg, il costo energetico unitario è di circa 0,5Kcal/Kg/Km che, come vedremo, è coincidente a quello del cammino nell'uomo. Anche se il costo energetico è simile le cause sono diverse: il costo energetico per la locomozione dell'auto dipende principalmente dalle resistenze aerodinamiche (a velocità costante oltre 90Km/h) mentre queste sono inesistenti camminando.

COS'È IL COSTO ENERGETICO DELLA LOCOMOZIONE

Lo stesso calcolo si può fare anche per le varie forme di locomozione umana (**camminare, correre, nuotare, pedalare, eccetera**). Quindi, **il costo energetico (C) è la quantità di energia che serve alle persone per percorrere una certa distanza camminando, correndo e nelle altre forme di locomozione**. C si esprime in Kcal oppure in KJ consumati per ogni Km percorso. Per

confrontare C tra persone di taglia corporea diversa è utile esprimerlo **in rapporto alla massa del corpo** (in Kg). Quindi, le unità correnti di C più usate sono **Kcal/Kg** oppure KJ/Kg sempre per Km percorso. Le due unità di misura sono intercambiabili: per convertirle fra loro va considerato che una Kcal corrisponde a circa 4,2KJ.

COME SI CALCOLA IL COSTO ENERGETICO

L'**energia** utilizzata durante l'esercizio fisico è proporzionale alla quantità totale di **ossigeno consumato (VO₂, litri)**, mentre la **potenza metabolica** è proporzionale al consumo di **ossigeno nell'unità di tempo (VO₂, litri/min)**. Conoscendo che per ogni litro di ossigeno consumato si producono circa 5Kcal (21KJ), se si è nel campo aerobico delle intensità, basta misurare il VO₂ in litri/min per calcolare la potenza metabolica necessaria per muoversi a una determinata velocità. Quindi, **C è dato dal rapporto fra la potenza metabolica e la velocità: $C = \dot{E} / v$** .

COSTO ENERGETICO E VELOCITÀ

Dalla equazione precedente, per una semplice trasposizione di termini, si ottiene: **$v = \dot{E} / C$** . Cioè, **la velocità della locomozione dipende dalla potenza dei sistemi energetici** (è direttamente proporzionale a essa) ed è inversamente proporzionale al costo energetico della locomozione stessa. Questo significa che l'atleta,

per esempio per nuotare più velocemente, dovrà aumentare la sua potenza oppure ridurre il suo costo energetico (oppure una combinazione vantaggiosa di entrambi).

La possibilità di usare C come indicatore dell'efficienza e dell'economia del movimento (i più veloci nelle varie discipline sono tali anche perché spendono meno energia a parità di distanza percorsa) allarga la valutazione funzionale all'aspetto tecnico oltre che a quello metabolico.

Da considerare anche che, nelle differenti forme di locomozione, le velocità massime raggiunte dall'uomo variano da circa 8,5Km/h nel nuoto a circa 70Km/h nel ciclismo su pista che sono, rispettivamente, la forma più lenta e quella più veloce di locomozione umana. Differenze così grandi non sono legate alla macchina umana (la potenza metabolica degli atleti di altissimo livello è abbastanza simile), ma dipendono dal valore di C di ciascuna forma di locomozione (per esempio, il costo energetico del ciclismo è circa 8 volte inferiore a quello del nuoto).

16 - QUANTA ENERGIA SI SPENDE PER CAMMINARE



Il costo energetico del cammino e della corsa è stato studiato sin dalla seconda metà dell'800.

L'interesse per questi parametri è ancora attuale perché essi ci permettono di determinare l'impegno energetico di una semplice passeggiata o di un duro allenamento di un maratoneta con implicazioni importanti per l'applicazione dell'esercizio fisico al trattamento per perdere peso, alla prevenzione delle malattie o per adeguare l'alimentazione al fabbisogno.

QUANTA STRADA POSSO PERCORRERE CON UN QUADRETTO DI CIOCCOLATO FONDENTE

Si può calcolare quanti Km percorre un'auto con un litro di carburante per capire se è abbastanza economica. Allo stesso modo, si può stimare, per esempio, **quanta strada si può fare con l'energia contenuta in un quadretto di cioccolato fondente**. Naturalmente, in una passeggiata fatta subito dopo aver mangiato il cioccolato non sono consumati i nutrienti contenuti nel quadretto, ma quelli **immagazzinati nelle riserve di glicogeno e acidi grassi**. Tuttavia, l'esempio può dare l'idea di quanto consumiamo per muoverci. Poniamo che il quadretto di cioccolato pesi circa 25g: l'energia che contiene è circa 140Kcal (585KJ).

QUANTA ENERGIA CONSUMI PER CAMMINARE

Il costo energetico del cammino in pianura per una persona adulta, giovane, sana e normopeso è di circa **0,5Kcal per Kg di massa corporea per Km percorso** (circa 2KJ/Kg/Km). Il calcolo delle calorie spese per una passeggiata è facile: per una persona di taglia media (70Kg) che cammina per 4Km (un'ora scarsa) basta fare $0,5 \times 70 \times 4 = 140\text{Kcal}$. Quindi con l'energia contenuta in 25g di cioccolato fondente si può camminare per circa 4Km! In realtà, come dicevo, il carburante usato per produrre l'energia necessaria per la passeggiata è rappresentato da **una decina di grammi di acidi grassi e un'altra decina di glicogeno sottratti alle riserve energetiche che il quadretto di cioccolata andrà a reintegrare**.

LA VELOCITÀ DEL CAMMINO NON CONTA?

Il costo energetico del cammino nei giovani adulti sani e normopeso è minimo attorno alla velocità di 4,5Km/h. **A velocità inferiori e superiori, si consuma un po' di più:** per esempio, sotto 2 e sopra 6Km/h il costo energetico è **maggiore del 20-30%**.

La velocità ottimale (quella alla quale si ha la massima efficienza e quindi si consuma meno) è di solito raggiunta e mantenuta spontaneamente durante il cammino. Essa **diminuisce con l'aumentare dell'età** (oltre i 70 anni è di circa 3-3,5Km/h) con importanti differenze individuali legate al grado di allenamento e alle condizioni di salute.

L'ETÀ INFLUENZA IL COSTO ENERGETICO DEL CAMMINO

L'età influenza il costo energetico: esso **aumenta con l'età** (di circa il 20% a 70 anni), ma è **maggiore anche nei bambini** rispetto ai giovani adulti. Quando i bambini camminano alla loro massima velocità di marcia il costo è dal 70% (a 3-4 anni) al 40% (a 5-6 anni) in più rispetto a quello degli adulti.

In entrambi i casi dipende in buona parte da una coordinazione motoria non ottimale (che tende a peggiorare con l'età e si deve ancora sviluppare nei bambini), ma che la pratica dell'esercizio fisico può migliorare.

CAMMINARE IN SALITA E IN DISCESA

Ovviamente **il costo del cammino aumenta in salita e diminuisce in discesa** (se non è troppo ripida): esso **raddoppia** camminando in salita con una pendenza del 6%, mentre si dimezza in una discesa del 10%. Qualora la discesa diventi molto ripida, aumenta di nuovo. Inoltre, il costo del cammino raggiunge un valore minimo ad una velocità ottimale che in pianura è circa 4,5Km/h. Questa velocità diventa tanto minore quanto maggiore è la pendenza del terreno (3,5Km/h in salita del 10% di pendenza).

CAMMINARE SULLA SABBIA

Il costo del cammino dipende anche dalle **caratteristiche del terreno** e, cosa del tutto ovvia, esso aumenta su terreno fangoso, innevato o molto sconnesso. Sulla sabbia, il costo varia da circa 0,7 (camminando a 3Km/h) a circa 1,3Kcal/Kg/Km (a 7Km/h). In pratica, **il costo del cammino sulla sabbia di buon passo è quasi il doppio di quello su terreno compatto** per il minor recupero di energia elastica. **Camminare sulla sabbia è, quindi, un ottimo esercizio per bruciare calorie.**

17 - IL COSTO ENERGETICO PER CORRERE



La corsa è la forma di locomozione veloce dell'uomo nella quale i piedi si appoggiano sul terreno in modo alternato e fra i due appoggi c'è una fase di "volo" senza alcun contatto a terra.

Invece, nel cammino e nella marcia, il contatto con il suolo è mantenuto in modo costante.

Per le sue caratteristiche, la corsa necessita di maggior energia.

DA COSA DIPENDE IL COSTO ENERGETICO DELLA LOCOMOZIONE

In generale il **costo della locomozione è dato dalla somma del costo aerodinamico** o idrodinamico (quello cioè necessario per vincere la resistenza dell'aria o dell'acqua) **e di quello non aerodinamico**. Questo secondo costo dipende da molti fattori. Per citarne alcuni: il sollevamento-abbassamento e le accelerazioni-decelerazioni del corpo a ogni passo, contrazioni muscolari per mantenere la postura e l'equilibrio, il lavoro interno per muovere gli arti rispetto al corpo, l'attrito nel punto di contatto col terreno, il lavoro del cuore e dei muscoli respiratori. Nella corsa, e ovviamente anche nel cammino, **il costo aerodinamico è praticamente trascurabile sotto i 20Km/h e questo fa sì che il costo della corsa sia sostanzialmente indipendente dalla velocità entro quel limite**. Nel ciclismo e nel nuoto, invece, per le maggiori velocità, e nel nuoto, per la maggiore densità dell'acqua rispetto all'aria, il costo aerodinamico-idrodinamico diventa fondamentale e questo fa sì che il costo di queste forme di locomozione aumenti in modo esponenziale aumentando la velocità.

QUANTA ENERGIA SI SPENDE PER CORRERE

Il costo energetico totale della corsa si stima con buona approssimazione e in modo semplice con un algoritmo che si ricorda facilmente. Esso è circa **1Kcal per Kg di massa corporea per ogni Km percorso** (corrispondenti a circa 4KJ/Km/Km). Quindi una persona di 70Kg che corre per 10Km consuma, grosso modo, 700Kcal. Con

l'energia contenuta in 25g di cioccolato fondente (circa 140Kcal) si corre quindi per circa 2Km. **Se si corre in modo facile, senza il "fiatone", si consumano complessivamente circa 40g di acidi grassi e 80g di glicogeno** (oltre a qualche grammo di proteine) sottratti alle riserve energetiche. Come abbiamo detto, entro i 20Km/h, il costo è praticamente indipendente dalla velocità. Quello che cambia, al variare della velocità, è la **potenza metabolica** che deve essere erogata per mantenere quella velocità. Infatti, a parità di costo energetico, per correre 10Km al passo costante di 5' (minuti) al Km serve una potenza media di circa 13 w per Kg di massa, mentre per percorrere la stessa distanza al passo di 3'30" (tre minuti e trenta secondi) al Km la potenza media necessaria diventa circa 19 w per Kg.

IL COSTO ENERGETICO PER CORRERE È UGUALE PER TUTTI?

Non ci sono grandi differenze individuali nel costo della corsa: in generale, si può considerare che le variazioni individuali siano di circa il 10% fra le persone (anche se tra velocisti e fondisti ben allenati le differenze a bassa velocità a favore dei fondisti possono essere maggiori). Quindi, per un calcolo semplice e rapido, la formula descritta è applicabile a tutti con un margine di errore accettabile. Tuttavia, **per gli atleti di alto livello, anche piccole differenze possono essere estremamente importanti.** Basti pensare che se un maratoneta di livello internazionale, con un record personale di 2h10', riducesse il proprio costo energetico del 5% a

parità di tutti gli altri parametri, porterebbe il proprio record personale a 2h03'39"!

FATTORI CHE INFLUENZANO IL COSTO ENERGETICO DELLA CORSA

Come per il cammino, il costo della corsa è influenzato dal **tipo terreno**: per esempio, esso aumenta di circa il 20% correndo sull'erba e di circa il 50% correndo invece sulla sabbia, sulla quale **il recupero di energia elastica è inferiore**. Naturalmente, **il costo aumenta in salita e diminuisce in discesa**. Correre in salita su una pendenza del 5% aumenta il costo energetico di circa il 40%. Inoltre, è importante ricordare che il costo energetico della corsa e del cammino aumenta sempre, in misura estremamente variabile, in presenza di malattie (dell'apparato locomotore o neurologiche, per esempio) e anche patologie banali, ma fonte di dolore (per esempio, vesciche sul piede) che alterino la coordinazione e la tecnica della locomozione e con essa la sua efficienza.

18 - IL COSTO ENERGETICO PER NUOTARE ED ANDARE IN BICICLETTA



In queste due forme di locomozione il costo aerodinamico-idrodinamico è preponderante e ciò determina che il costo di nuoto e ciclismo aumenti esponenzialmente con l'aumentare della velocità.

Inoltre, esso è condizionato in modo importante da altri parametri tecnici in entrambe le discipline. La conseguenza pratica è che non esiste, per queste attività, una formula semplice e valida per tutti

che permetta di stimare in modo affidabile, senza misurare parametri biologici, la quantità di energia consumata per Km percorso come si può fare per il cammino e la corsa.

IL COSTO ENERGETICO DEL NUOTO



Il nuoto è la forma di locomozione umana **più lenta**, e ciò fa sì che sia quella con il **costo energetico più alto**. Questo dipende dal fatto che la **resistenza** che si oppone all'avanzamento è circa 800 volte superiore in acqua che in aria (la densità dell'acqua è altrettante volte maggiore di quella dell'aria). Inoltre, il **rendimento energetico** complessivo del nuoto (la parte di energia spesa che è realmente

usata per lo spostamento) è notevolmente inferiore a quello delle altre forme di locomozione come la marcia, la corsa o il ciclismo: esso ammonta al massimo al 10% contro il 20-25%. Questi due fattori determinano che la quantità di energia necessaria per coprire una certa distanza nuotando sia maggiore di quella che serve per coprire lo stesso tratto a piedi o in bicicletta. Quindi, a parità di potenza muscolare fornita, **la velocità di spostamento sarà minore.**

IL COSTO ENERGETICO DEL NUOTO DIPENDE DA TANTI FATTORI

In primo luogo, esiste una **notevole variabilità individuale del costo del nuoto**: in funzione della tecnica può variare anche più del 300%, per esempio paragonando un nuotatore di livello mondiale e un nuotatore amatoriale che ha imparato a nuotare da adulto (ed ha una tecnica modesta). Inoltre, **il costo cambia a seconda dello stile**. Il ***crawl*** è lo stile più economico e il ***dorso*** è poco più dispendioso del ***crawl***. La ***rana*** e soprattutto il ***delfino*** sono gli stili meno economici, essi hanno un costo energetico che può essere quasi doppio rispetto al ***crawl***. Tuttavia, nei nuotatori dotati di ottima tecnica, il costo del nuoto a delfino si riduce molto e lo stile a rana diventa il meno economico di tutti (dipende dal fatto che è di gran lunga il più lento). Infine, **nelle donne, il costo del nuoto a *crawl* è del 30% circa inferiore a quello degli uomini a parità di velocità**. Questo fatto, noto già dagli anni 20 del secolo scorso, dipende da un miglior galleggiamento degli arti inferiori legato a una maggiore quantità di grasso nella parte inferiore del corpo. Ciò riduce la spesa

energetica per mantenere il corpo nella posizione idrodinamica più vantaggiosa per l'avanzamento.

IL COSTO ENERGETICO DEL NUOTO È INDIVIDUALE

Tutto questo rende **inaffidabile il calcolo individuale del costo del nuoto secondo tabelle generali** di riferimento. Solo a titolo di esempio, esso può variare a seconda dello stile, del genere, della velocità e del livello tecnico da meno di 0,5 a oltre 2KJ per metro percorso (nel nuoto il costo non viene normalizzato per la massa corporea). Ciò equivale a dire che il costo può variare da meno di 120Kcal per Km percorso (in una nuotatrice di altissimo livello che nuoti a *crawl* a andature lente), a oltre 500Kcal per Km per un amatore di livello tecnico modesto che si impegni nei quattro stili a intensità elevata. Quindi, un quadretto di cioccolato fondente contiene energia per nuotare più di un Km nel primo caso e di neanche 300 metri nel secondo.

E IL COSTO ENERGETICO DEL CICLISMO?

Nel ciclismo, grazie alla sella che sostiene il corpo e al meccanismo dei pedali che trasferisce in modo continuo alla ruota l'azione alternata dei muscoli, **la quantità di energia spesa contro la forza di gravità e le forze inerziali, in pianura e a velocità costante, è trascurabile**. Questo significa che, pedalando in tali condizioni, **l'energia metabolica del ciclista è spesa principalmente per vincere**

le resistenze aerodinamiche (e in parte per gli attriti del sistema di trasmissione e delle ruote sul terreno). Ciò determina che il ciclismo sia la forma di locomozione con **il costo più basso** (e quindi la più veloce a parità di potenza metabolica) di tutte le altre forme di locomozione.

Tipo di bicicletta	Formula	Costo (in KJ/Kg/Km) a 30Km/h
Mountain bike	$0,81 + 0,019 * v^2$	2,13
Tradizionale (con il busto eretto)	$0,33 + 0,019 * v^2$	1,65
Da corsa	$0,16 + 0,011 * v^2$	0,92
Da corsa (con il busto abbassato)	$0,16 + 0,009 * v^2$	0,79

Nella tabella, sono indicati le equazioni di calcolo per stimare l'energia (in KJ per Kg di massa corporea per Km percorso) necessaria per **pedalare in piano, su terreno compatto, in assenza di vento** (il primo termine dell'equazione indica l'energia spesa contro l'attrito volvente, il secondo quella necessaria per vincere la

resistenza aerodinamica). Anche qui, giusto per dare un'idea, una persona di 70Kg, pedalando a 30Km/h e tenendo il busto eretto su una bicicletta tradizionale, spende circa 28Kcal (115KJ) per ogni Km che percorre. Con il nostro quadretto di cioccolato, in questo modo, si percorrono quindi circa 5Km. La stessa persona, pedalando a 50Km/h con una bicicletta da corsa in posizione aerodinamica (con il busto completamente abbassato) spenderebbe poco meno della metà (circa 13Kcal pari a 55KJ per Km percorso) e potrebbe fare oltre 10Km con la stessa quantità di cioccolato. Ovviamente, come nel nuoto, **anche per il ciclismo non è possibile stimare con buona approssimazione il costo energetico in condizioni reali solamente attraverso formule generali** (cioè senza misurare parametri metabolici durante lo sforzo), dato che le variabili sono troppe (velocità, tipo di bicicletta e posizione su di essa, altimetria del percorso, vento, eccetera).

19 - L'ESERCIZIO FISICO ALLUNGA LA VITA



L'esercizio fisico ha un effetto positivo sulla tua salute. Riduce il rischio di malattie, aiuta il tuo cuore a mantenersi efficiente ed è un indispensabile alleato per raggiungere e mantenere un peso ideale. Ma quanto esercizio fisico devi fare per avere effetti salutari sul tuo organismo?

LA QUANTITÀ MINIMA DI ESERCIZIO PER LA TUA SALUTE

Gli studi scientifici si sono orientati a individuare se esistono "soglie" di **quantità di esercizio da raggiungere e superare per ottenere**

effetti benefici dalla pratica dell'esercizio, confermati dalla misura di parametri metabolici, funzionali o morfologici di organi ed apparati o riferibili a aspetti del metabolismo. Spesso la misura usata è la **quantità di energia spesa in un certo periodo di tempo** (per esempio, Kcal la settimana) per fare attività fisica in modo da stabilire l'attività minima che possa comportare benefici. In questo caso, la stima del **costo energetico** è fondamentale per capire se la quantità di esercizio è adatta ad un certo scopo. Altre volte la quantità di esercizio è riferita semplicemente alla **distanza totale percorsa** (di solito sempre settimanalmente), oppure alla **durata dell'attività svolta** (in questo caso più spesso in minuti giornalieri).

ESERCIZIO PER ABBASSARE COLESTEROLO E TRIGLICERIDI

L'esercizio aerobico è utile per migliorare il profilo lipidico. Infatti, l'esercizio aerobico **abbassa i livelli di trigliceridi nel sangue** (sino a 40mg/dl) e **aumenta i livelli di HDL-C** (il cosiddetto colesterolo "buono"). Questo tipo di esercizio è in grado anche di abbassare (leggermente) i livelli di LDL-C (il colesterolo "cattivo") tuttavia in modo meno rilevante. Per ottenere questi effetti è necessario **superare almeno 1200Kcal settimanali consumate con l'attività aerobica.** Questa soglia, per una persona di 70Kg, può essere raggiunta camminando per almeno 35Km la settimana in pianura alla velocità più economica (4,5Km/h per circa 7-8 ore settimanali) oppure camminando per 20-25Km a passo elevato prevalentemente in salita (con una pendenza media del 3-4%). Oppure ancora correndo in pianura per almeno 18Km sempre la settimana. Gli

effetti sul metabolismo lipidico sono proporzionali alla quantità di energia consumata: **maggiore è l'energia spesa settimanalmente, maggiori sono gli effetti positivi sui lipidi plasmatici e conseguentemente sulla riduzione del rischio di patologie correlate.**

ESERCIZIO PER MANTENERE IL TROFISMO CEREBRALE

Fra gli effetti benefici dell'esercizio c'è anche quello di **mantenere un trofismo adeguato della materia grigia cerebrale a tutte le età.** Il miglioramento del trofismo (secondo alcuni ricercatori si accompagna a un vero aumento di materia grigia anche nell'anziano) si associa a **un miglioramento delle funzioni cognitive** perché le aree cerebrali stimolate con l'esercizio non sono solo quelle che comandano il movimento, ma anche quelle che riguardano **memoria, apprendimento e la pianificazione del comportamento** sulla base di quanto appreso. Ciò non deve sorprendere: nei nostri antenati di 30-40.000 anni fa la locomozione per lunghi periodi era legata alla caccia e all'esplorazione dell'ambiente. E trarre insegnamento da quello che si osservava e accadeva durante l'attività fisica era fondamentale per la sopravvivenza. La nostra biologia non è molto cambiata da allora. A questo proposito, è stato riportato che, in una popolazione di over 65, camminare per più di 70 *blocks* (isolati) la settimana rappresenta la soglia per mantenere un trofismo cerebrale adeguato, **dimezzando il rischio di demenze senili.** Considerando che camminare attorno un isolato sia, mediamente, un percorso di 150-

200 metri significa che questa soglia si raggiunge camminando per 10-14Km settimanali.

QUANTITÀ MINIMA DI ESERCIZIO PER PROLUNGARE LA VITA

Correre da 5 a 10 minuti il giorno è stato associato a riduzione della mortalità per tutte le cause (del 30%) e per cause cardiovascolari (del 45%) e ed è stato stimato che possa aggiungere 3 anni di aspettativa di vita. Lo studio è stato fatto su di un campione di oltre 55.000 adulti che sono stati seguiti per 15 anni. Questa quantità minima potrebbe essere equivalente a 15 minuti al giorno di camminata veloce in leggera salita.

20 - ATTIVITÀ FISICA: COME PRODUCI ENERGIA PER MUOVERTI



Per vivere il tuo organismo produce energia in ogni momento. La sua produzione influenza la tua attività fisica e la tua capacità di muoverti.

Attraverso il metabolismo, gli alimenti che consumi sono trasformati nell'energia necessaria al tuo organismo. Ci sono tre modi per produrre energia che, con tempi diversi, forniscono una quantità maggiore o minore. Ed anche acido lattico che limita il tuo movimento.

LA PRODUZIONE DELL'ENERGIA: METABOLISMO AEROBICO E ANAEROBICO

Il carburante per l'attività fisica è rappresentato dai **nutrienti** presenti negli alimenti (carboidrati, grassi e proteine) che sono immagazzinati nelle riserve dell'organismo. Tutti i nutrienti possono fornire energia attraverso un meccanismo chiamato "aerobico" che necessita della presenza di ossigeno. Solamente i **carboidrati sono in grado di fornire energia in modo indipendente dalla funzione dell'ossigeno** attraverso la glicolisi anaerobica con produzione di **acido lattico**.

TUTTE LE CELLULE PRODUCONO ENERGIA: L'ATP

L'energia contenuta negli **alimenti**, per essere sfruttata, deve passare per la sintesi di adenosintrifosfato (**ATP**). Si tratta di una molecola che lega tre gruppi fosfato e l'ultimo di questi legami, quando si rompe, **libera l'energia che serve** (fra le altre cose) per fare il **movimento**.

Per ricaricare l'ATP, cioè per riformare l'ultimo legame con il gruppo fosfato, ci vuole **energia** e si sfrutta per questo proprio quella **contenuta negli alimenti**. L'ATP non attraversa la membrana cellulare, quindi ogni cellula del corpo deve produrne il quantitativo necessario per le proprie funzioni vitali.

I TRE MECCANISMI DI PRODUZIONE DI ENERGIA

L'ATP presente nei muscoli si esaurirebbe in 1-2 secondi e quindi **deve essere continuamente rigenerato**. Questo processo è dovuto a tre sistemi energetici: **aerobico, anaerobico lattacido e anaerobico alattacido**. Ecco alcune caratteristiche fondamentali:

- **Il meccanismo aerobico** produce energia **ossidando i nutrienti** (principalmente carboidrati e grassi) grazie alla presenza dell'**ossigeno**. Da questo processo, che avviene all'interno di organelli intracellulari chiamati mitocondri, **i nutrienti liberano energia che ricarica ATP** e si formano anidride carbonica e acqua. Per dare un'idea, teoricamente, una molecola di glucosio produce 38 molecole di ATP e, fra gli acidi grassi, una di acido palmitico ne produce 129 (in pratica un po' meno per entrambe). Il meccanismo aerobico libera energia in modo continuo per tutta la vita, ma lo fa più lentamente rispetto agli altri meccanismi in quanto è meno potente.
- **Il meccanismo anaerobico lattacido** libera energia attraverso la **glicolisi**, così che una molecola di glucosio forma due molecole di **piruvato**. È l'unica via metabolica per produrre ATP nelle cellule che non hanno mitocondri in modo **indipendente dalla presenza di ossigeno**. È la via prevalente in quelle che ne hanno pochi. Porta alla **produzione e l'accumulo di acido lattico** che, nei muscoli, **limita la contrazione**. Il meccanismo può funzionare quindi solo temporaneamente durante l'attività fisica, ma **fornisce**

energia molto più rapidamente di quello aerobico perchè più potente. Non è molto efficiente: per una molecola di glucosio si generano due molecole di ATP. Probabilmente è il primo dei sistemi energetici che si è sviluppato in natura per produrre ATP.

- **Il meccanismo anaerobico lattacido** è legato alla scissione di un'altra molecola contenuta nelle cellule, in particolare in quelle muscolari, chiamata **fosfocreatina**. La fosfocreatina è un accumulatore di energia in grado di **ricaricare molto velocemente l'ATP** in quanto è il sistema più potente. Funziona in modo **indipendente dall'ossigeno**, ma si esaurisce in alcuni secondi durante lo sforzo. Essa si ripristina nel recupero grazie all'energia fornita dal meccanismo aerobico. Ha un ruolo fondamentale nei tessuti nei quali il fabbisogno energetico può aumentare improvvisamente come nei **muscoli** e anche nel **cervello**.

LA PRODUZIONE DI ENERGIA: CAPACITÀ E POTENZA

La **capacità** dei meccanismi è **inversamente proporzionale alla loro potenza**. La capacità definisce la **quantità totale di energia (joule)** che il meccanismo può fornire prima di esaurirsi, mentre la potenza è la **quantità di energia erogata dal meccanismo ogni secondo (watt)**. Il sistema della fosfocreatina è il più potente (grosso modo circa il doppio di quello lattacido e quattro volte quello aerobico) ma si esaurisce molto velocemente: 5-8 secondi al massimo sforzo

(alcuni secondi in più se l'impegno non è massimale). Il meccanismo lattacido ha una capacità di almeno tre volte di quella della fosfocreatina, mentre come già detto, quella del sistema aerobico è virtualmente infinita.

LA PRODUZIONE DI ENERGIA: ATTIVAZIONE DEI MECCANISMI

I meccanismi si attivano durante lo sforzo in modo diverso fra loro. **Il meccanismo aerobico si attiva piuttosto lentamente:** per raggiungere un consumo di ossigeno adeguato alle esigenze dell'esercizio ci vogliono diverse (o parecchie) decine di secondi anche in persone ben allenate, in funzione anche dell'intensità dello sforzo.

Questo ritardo di attivazione dipende in buona parte dal fatto **l'assunzione e il trasporto di ossigeno richiedono tempo per adeguarsi alle necessità:** per esempio, sia la frequenza respiratoria sia quella cardiaca non salgono istantaneamente all'inizio dello sforzo ma in modo progressivo.

La sensazione di dover **"rompere il fiato"** è legata a questo ritardo e spiega la necessità di un **riscaldamento adeguato prima di proseguire lo sforzo all'intensità desiderata.**

Il tempo di attivazione del meccanismo aerobico è maggiore nei sedentari, aumenta con l'età e può essere persino di diversi minuti nei pazienti con patologie cardio-respiratorie croniche contribuendo fortemente a ridurre la tolleranza allo sforzo.

Per contro, **l'attivazione dei sistemi anaerobici è molto più rapida.** Immediata quella della fosfocreatina e questo permette loro di **supplire alle esigenze energetiche dello sforzo nelle prime fasi dell'esercizio a intensità costante** (o quasi), prima che quello aerobico sia funzionante a pieno regime.

21 - IL VO_{2MAX} : MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO



Per compiere movimenti i tuoi muscoli necessitano di energia. Questa è prodotta principalmente attraverso processi ossidativi che necessitano di ossigeno. Per misurare l'efficienza del tuo sistema aerobico si calcola il massimo consumo di ossigeno, il VO_{2max} .

IL VO_{2max} : COS'È?

I processi ossidativi aerobici rappresentano la fonte di energia principale per le attività quotidiane e sono gli unici che permettono di svolgere lavoro muscolare per periodi superiori a pochi minuti. La

misura principale dell'efficienza del sistema aerobico di una persona consiste nella **determinazione del massimo consumo di ossigeno** (VO_{2max} , dove V sta per volume e O_2 per l'ossigeno).

Il **VO_{2max}** rappresenta il massimo volume di ossigeno che può essere assunto, trasportato e utilizzato in un tempo determinato. Esso rappresenta dunque una misura di potenza dato che per ogni litro di ossigeno consumato si producono circa 5Kcal (21KJ) di energia.

IL VO_{2max} : COME SI MISURA

Il VO_2 nel corso dell'attività fisica si misura con un metabolimetro che misuri contemporaneamente il **volume** e la **concentrazione dei gas** (O_2 e CO_2) dell'aria espirata respiro per respiro. Le prove si fanno di solito su di un **cicloergometro** oppure su un **tappeto rotante**, ma esistono anche metabolimetri abbastanza leggeri che si possono portare addosso durante l'attività sul campo.

Quando si inizia un esercizio ad intensità moderata, per esempio **correre** con una leggera alterazione della frequenza del respiro che permette ancora di parlare abbastanza facilmente, il **VO_2 aumenta lentamente** nel giro di 2-3 minuti sino a raggiungere un livello costante nel tempo (detto stato stazionario) che può essere mantenuto per lungo tempo. In condizioni aerobiche allo stato stazionario, l'energia usata dai muscoli è fornita dalle **reazioni ossidative mitocondriali**.

In queste condizioni, il VO_2 è **proporzionale all'intensità dell'esercizio**. Il VO_2 si misura in **litri consumati al minuto (l/min)**, ma di solito il suo valore è normalizzato per unità di massa corporea (ml/Kg/min). Gli anglosassoni usano i METs per misurare il VO_2 : un MET (*metabolic equivalent*) corrisponde al VO_2 a riposo in posizione seduta e corrisponde a 3,5ml/Kg/min.

IL VO_{2max} , DIFFERENZE TRA ATLETI E SEDENTARI

Aumentando progressivamente l'intensità dell'esercizio (per esempio la velocità di corsa oppure la potenza al cicloergometro), ad un certo punto l'aumento del carico non corrisponde più ad un aumento del VO_2 che si stabilizza. **Il valore di VO_2 corrispondente questa fase rappresenta quindi il VO_{2max}** . Nei cavalli da corsa può raggiungere e superare i 180ml/Kg/min. Negli atleti di alto livello delle discipline di resistenza (**ciclismo, nuoto e sci di fondo, maratona**), il VO_{2max} può raggiungere valori di **90ml/Kg/min**, tuttavia il suo valore non è predittivo in modo infallibile dato che conta molto anche il costo energetico.

Nei **sedentari** i valori sono molto più bassi, minori nelle donne, e diminuiscono in relazione **all'età**: negli uomini passano da circa 40-45ml/Kg/min sotto i 30 anni a circa 30ml/Kg/min negli over 60. Le **donne** presentano valori inferiori di circa 5ml/Kg/min. Ovviamente, esistono notevoli differenze individuali legate alla forma fisica e agli aspetti genetici.

IL VO₂ DI PICCO NEI PAZIENTI CARDIOPATICI

Il VO_{2max} viene misurato anche nei pazienti con **patologie croniche cardiache**. In questo caso si preferisce parlare di **VO₂ di picco** (*peak VO₂*) dato che tra i fattori limitanti il raggiungimento della massima intensità c'è anche la difficoltà a fare un lavoro muscolare pesante.

In questi pazienti **la probabilità di sopravvivenza a 10 anni è circa il doppio se il *peak VO₂* è di 8 METs (28ml/Kg/min) rispetto a 5 METs (17,5ml/Kg/min)**.

E la riduzione del rischio di morte per malattie cardiovascolari si stabilizza oltre 10 METs (35ml/Kg/min).

IL VO_{2max}: I FATTORI LIMITANTI

Nell'esercizio che coinvolge i gruppi muscolari principali (come nelle forme di locomozione umana), **il trasporto dell'O₂ da parte del sistema cardiocircolatorio è il fattore limitante principale (vale per il 75%)**.

Esso comprende la gittata cardiaca (la quantità di sangue che il cuore è in grado di pompare in circolo) e il trasporto dell'O₂ nei globuli rossi (quindi il livello di emoglobina).

La diffusione di O₂ dal sangue capillare ai mitocondri e l'attività mitocondriale rappresentano le frazioni rimanenti. In condizioni di normale pressione parziale dell'ossigeno (non in alta quota quindi) **la ventilazione polmonare non è rilevante**.

È importante comunque ricordare che **l'organismo funziona come un sistema unico**: se uno dei fattori è scarso, come per esempio nel caso di una anemia importante, l'intero sistema riduce molto la capacità di funzionare regolarmente.

22 - ACIDO LATTICO: PRODUZIONE E SMALTIMENTO



Prima o poi, chiunque faccia attività fisica o sport deve affrontare l'acido lattico. Una molecola che riduce la capacità di contrazione dei tuoi muscoli.

È importante conoscere come il tuo organismo lo produce e lo smaltisce così da gestirlo durante gli allenamenti, le gare o durante una semplice attività fisica come una corsa o un'ora di palestra.

IL LATTATO: COS'È?

Il meccanismo glicolitico, normalmente chiamato **anaerobico lattacido**, porta alla formazione di **acido lattico**. Dato che questa molecola si dissocia nell'organismo in ione lattato (negativo) e ione idrogeno (positivo), si usa, di solito, più correttamente il termine "lattato".

Il lattato è un prodotto del **metabolismo energetico** necessario per alcune reazioni biochimiche di produzione dell'energia e utilizzato, a sua volta, a scopo energetico come **carburante**.

Il lattato **non è "tossico", non è responsabile del dolore muscolare** che insorge qualche tempo dopo uno sforzo intenso e **non provoca crampi muscolari**. La sua produzione ha a che fare con gli aspetti metabolici degli esercizi di durata compresa da alcuni secondi a parecchie decine di minuti in una larghissima gamma d'intensità.

IL LATTATO: COME SI MISURA?

La concentrazione del lattato nel sangue si misura normalmente in **millimoli di lattato per litro di sangue (mmol/l)**.

Esistono degli strumenti d'analisi tascabili (di solito chiamati, un po' impropriamente, "lattametri") che possono fare la **misura del lattato ematico su una piccola goccia di sangue** (che di solito è presa dal lobo dell'orecchio o dalla punta del dito) fornendo il risultato in pochi secondi.

IL LATTATO, PERCHÉ SI FORMA?

Il piruvato che si è formato durante la glicolisi, processo indipendente dalla presenza dell'ossigeno, (vedi *I sistemi di produzione dell'energia – metabolismo aerobico e anaerobico*) non può uscire facilmente dalla fibra muscolare. La permanenza del piruvato all'interno della fibra sarebbe di ostacolo al funzionamento dei vari apparati della cellula stessa.

Nelle fibre muscolari dotate di molti mitocondri (dette fibre aerobiche o anche rosse, lente o di tipo 1) tutto il piruvato prodotto entra nei mitocondri stessi per essere metabolizzato. Esistono, però alcune fibre muscolari dotate di pochi mitocondri (dette fibre anaerobiche – ma sarebbe meglio chiamarle “ipoaerobiche” – dette anche bianche, veloci o di tipo 2) nelle quali l'eliminazione del piruvato in eccesso può avvenire solo attraverso la sua trasformazione in lattato.

In queste fibre si realizza uno squilibrio fra la quantità (alta) di piruvato prodotto e la capacità (scarsa) dei mitocondri di accettarlo e metabolizzarlo. Questa situazione è del tutto indipendente dalla disponibilità dell'ossigeno: essa dipende solo dal numero relativamente insufficiente di mitocondri.

Il lattato che si forma esce facilmente dalla fibra muscolare (esistono trasportatori di membrana per questo) diminuendo così l'acidosi intracellulare. Le fibre anaerobiche sono più forti di quelle aerobiche, si possono contrarre più velocemente, ma si stancano molto prima. Esse sono reclutate quando quelle aerobiche da sole

non sono più in grado di soddisfare le richieste d'intensità del lavoro muscolare. Nelle fibre di tipo anaerobico, quindi, una buona parte dell'energia è prodotta solo dalla glicolisi.

La quantità totale di quest'energia è modesta, ma è fornita con una velocità molto superiore. Tanto che la potenza fornita dal meccanismo lattacido è circa il doppio di quella del sistema aerobico.

IL LATTATO: VALORI A RIPOSO E DOPO GARA

La concentrazione del lattato ematico a riposo è circa 1-1,5mmol/l. Dopo alcuni minuti dal termine di una competizione, necessari per la diffusione del lattato dai muscoli al sangue, si possono raggiungere e superare valori di 20mmol/l.

I valori di lattato più alti si riscontrano dopo gare di durata compresa fra alcune decine di secondi e qualche minuto; per durate superiori, più lunga è la gara e minori sono i valori di lattato e anche il tempo necessario per raggiungere il picco post-esercizio. Tuttavia, maggiori quantità di lattato non corrispondono necessariamente a prestazioni migliori. Nelle donne i valori di lattato al termine delle gare più brevi, quelle che determinano le concentrazioni maggiori, sono spesso inferiori a quelli degli uomini.

In generale, il valore del lattato post-gara fornisce un'indicazione del contributo glicolitico all'energia totale durante la gara e questo è interessante per conoscere meglio l'atleta.

IL LATTATO: CARBURANTE E RISERVA DI ENERGIA

Il lattato misurato durante o al termine dell'esercizio non esprime la quantità di esso prodotta dai muscoli, ma solo quello **accumulato nel sangue**. Il lattato ematico, infatti, non dipende solamente da quanto ne è stato prodotto, ma anche **da quanto lattato è stato rimosso** dal sangue durante o subito dopo lo sforzo. Infatti, il lattato prodotto durante l'esercizio ha 2 destini principali:

- una parte rilevante **entra nelle fibre di tipo aerobico dei muscoli striati e nelle fibre muscolari cardiache** che, naturalmente, sono tutte di tipo aerobico. In tutte queste fibre il lattato è trasformato in **piruvato** che, a sua volta, entra nei mitocondri per essere metabolizzato. In pratica, il lattato diventa **carburante per le fibre muscolari aerobiche e per il cuore**
- una quota del lattato prodotto entra nelle **cellule del fegato**, dove è utilizzato per **riformare glicogeno epatico**. In questo caso il lattato è utilizzato per **ripristinare le riserve di energia**

IL LATTATO: TEMPI DI SMALTIMENTO

Il parametro che indica la velocità di smaltimento del lattato dal sangue si chiama **emivita**. L'emivita è il **tempo necessario per dimezzare la concentrazione ematica di una sostanza**, ad opera del **metabolismo** (viene usato per i farmaci).

L'emivita del lattato è di circa **15-20 minuti** (negli atleti anche meno) durante il recupero dopo lo sforzo. Quindi **circa ogni 15 minuti la concentrazione del lattato nel sangue diventa la metà**: per esempio, se un atleta ha 16mmol/l di lattato ematico dopo una gara, la sua concentrazione diventa 8mmol/l dopo 15 minuti, poi 4mmol/l dopo 30 minuti per tornare ai livelli basali (attorno a 1-1,5mmol/l) in circa un'ora. Se l'atleta fa un **recupero attivo**, ad un'intensità attorno o di poco inferiore alla soglia aerobica, **il lattato è usato maggiormente come carburante** da parte del cuore e delle fibre aerobiche e quindi smaltito più velocemente. In questo caso, l'emivita si riduce a circa **10 minuti** negli atleti molto allenati e i valori basali sono raggiunti in 30-40 minuti.

Tuttavia, aumentare la velocità di smaltimento del lattato con il recupero attivo, **non sembra avere particolare significato per contrastare gli effetti della fatica.**

23 - LA SOGLIA ANAEROBICA ED AEROBICA



Per poter effettuare una attività fisica o sportiva di intensità e durata da qualche minuto a qualche ora è necessario conoscere le propria soglia aerobica e quella anaerobica.

Queste determinano l'energia messa a disposizione dal proprio organismo e la produzione e l'accumulo di acido lattico.

La soglia anaerobica e quella aerobica determinano i tuoi risultati e le tue prestazioni.

LA SOGLIA ANAEROBICA, AEROBICA E IL VO_{2MAX}

Il VO_{2max} è una variabile fondamentale che esprime la **massima potenza aerobica** di una persona e dipende principalmente dal trasporto cardiocircolatorio dell'ossigeno. Tuttavia, un'intensità attorno al VO_{2max} difficilmente può essere mantenuta oltre 10-15 minuti. Per le prove di durata superiore, gli adattamenti metabolici periferici (quelli muscolari) indotti dall'allenamento di **endurance** sono fondamentali per **migliorare le prestazioni massimali di resistenza** a intensità inferiori al VO_{2max} e **limitare l'accumulo di acido lattico**.

Anche il **costo energetico della locomozione** influisce sulle prestazioni di resistenza nelle discipline specifiche. Le **velocità di locomozione** alla **soglia anaerobica** e a quella **aerobica** integrano tutte queste variabili e sono ottimi predittori fisiologici delle prestazioni per durate comprese fra alcuni minuti e qualche ora.

LA SOGLIA AEROBICA: COS'È?

Il termine **aerobico** definisce una condizione nella quale l'energia complessiva per il metabolismo muscolare è fornita esclusivamente dal meccanismo aerobico. In tali condizioni, durante un esercizio prolungato, almeno 15-20 minuti a intensità costante, **l'acido lattico nel sangue rimane stabile nel tempo**.

L'intensità più elevata alla quale questa condizione è rispettata è definita **soglia anaerobica**. Questa corrisponde all'intensità

dell'esercizio al di sotto della quale le fibre muscolari coinvolte, o la maggior parte di esse, sono quelle aerobiche e quindi **la produzione effettiva di lattato è molto scarsa**. Si considera che, in questo ambito metabolico, il lattato non debba superare il valore di **2mmol/l** per un esercizio a intensità costante.

LA SOGLIA ANAEROBICA: COS'È?

A intensità molto basse, per esempio camminare oppure correre a bassa velocità per un'atleta bene allenato, le fibre aerobiche sono in grado di assicurare da sole il lavoro necessario. In questo caso la produzione di **lattato** da parte dell'organismo è molto bassa e **il lattato ematico non cambia** o cambia molto poco di rispetto al valore basale.

Quando l'intensità dell'esercizio aumenta le fibre di tipo anaerobico iniziano a contribuire al lavoro richiesto. Entro certi limiti il lattato da loro prodotto è rimosso dal sangue e quindi **non si accumula, mantenendosi costante nel tempo** durante l'esercizio fatto a intensità costante. La massima intensità, costante nel tempo, dell'esercizio che può essere mantenuta senza accumulo di lattato si chiama **soglia anaerobica**.

Sino a questa intensità l'energetica complessiva dell'organismo dipende dal meccanismo aerobico. **Quando la soglia anaerobica è superata il lattato inizia ad accumularsi nel sangue**, cioè la quantità di lattato prodotto supera la quantità di lattato che può essere rimosso dal sangue, ed il meccanismo lattacido inizia a contribuire

alla fornitura d'energia. Statisticamente, la soglia anaerobica è considerata corrispondente alla concentrazione di **4mmol/l di lattato ematico**, ma, considerando l'ampia variabilità individuale, questo valore non deve essere preso alla lettera.

Per la grande maggioranza delle persone, il valore di lattato ematico all'intensità di soglia anaerobica si colloca in un intervallo compreso fra le 2,5 e le 5,5mmol/l. Gli atleti delle discipline di resistenza tendono ad avere i valori più bassi di lattato nell'intervallo descritto.

SOGLIA AEROBICA E ANAEROBICA, COME SI MISURANO?

Ci sono molti modi per misurare le soglie. Nella letteratura scientifica, sono riportate decine di metodiche per misurare le soglie usando la relazione fra intensità dell'esercizio e lattato, frequenza cardiaca o parametri respiratori come ventilazione, consumo di O₂ e produzione di CO₂.

Oppure tramite test da campo senza misure di parametri funzionali o anche attraverso modelli matematici di analisi delle prestazioni in prove massimali di diversa durata.

Di solito, però, si fa riferimento alla soglia aerobica chiamandola prima soglia, valutata attraverso parametri respiratori (VT₁, Ventilatory Threshold negli articoli scientifici) oppure con il lattato (LT₁, Lactate Threshold), e alla soglia anaerobica come seconda soglia ventilatoria (VT₂) o del lattato (LT₂).

Qualunque metodo si applichi è fondamentale usare sempre lo stesso per confrontare in modo affidabile i risultati delle prove fatte su atleti nei diversi periodi di allenamento o su sedentari dopo l'avviamento alla pratica motoria.

24 - LA FOSFOCREATINA: ENERGIA PER I TUOI MUSCOLI



La fosfocreatina è un sistema del nostro organismo per produrre e fornire energia ai nostri muscoli durante uno sforzo fisico.

La quantità, i tempi di produzione e di rilascio dell'energia determinano le prestazioni ed i risultati di atleti e sportivi sia professionisti che amatoriali.

LA FOSFOCREATINA: COS'È?

La richiesta di **energia** dei muscoli scheletrici durante le contrazioni massimali può essere, improvvisamente, sino ad oltre 120 volte il loro **metabolismo basale**. Serve quindi un meccanismo in grado di soddisfare le richieste energetiche improvvise.

I fosfati energetici, ATP e **fosfocreatina**, rappresentano nei muscoli un sistema di **accumulo di energia** in grado di erogare l'energia immagazzinata molto rapidamente, anche se di capacità molto ridotta. Questo sistema, detto anche **sistema del fosfageno**, fornisce molta energia sin dall'inizio della contrazione muscolare stimolando l'attivazione della **glicolisi anaerobica** e delle **reazioni ossidative**.

LA FOSFOCREATINA: COME FUNZIONA?

Le **riserve di ATP** nel muscolo sono molto modeste, si esauriscono in 1-2 secondi durante lo sforzo massimale e devono essere rapidamente ricaricate. **La fosfocreatina libera energia ricaricando l'ATP**. Il meccanismo funziona indipendentemente dalla disponibilità dell'ossigeno e non porta a produzione di lattato: quindi è chiamato meccanismo **anaerobico alattacido**.

Per iniziare a fornire energia in modo consistente, il sistema lattacido e quello aerobico hanno una latenza, rispettivamente, di pochissimi secondi o di parecchi secondi dall'inizio dell'esercizio. Così sono la riserva di ATP e la fosfocreatina che permettono l'avvio

della contrazione muscolare anche al massimo dell'intensità possibile. Queste reazioni sono mediate da un enzima che si chiama **creatinfosfochinasi**, di solito contrassegnato dalla sigla **CK o CPK**.

LA FOSFOCREATINA, QUANTA POTENZA PUÒ EROGARE?

Dato che il **sistema anaerobico lattacido** è quello più potente, è interessante sapere quali valori massimi possa raggiungere la sua potenza negli atleti. Negli sprinters di buon livello, Pietro Enrico di Prampero ha calcolato che il picco di potenza entro il primo secondo di corsa massimale è attorno a **92W per Kg di massa corporea**.

Per tradurre questi dati in numeri più familiari, uno sprinter di 80Kg svilupperebbe teoricamente quindi 7,4KW totali al **picco di potenza** pari a circa 10 CV! Il sistema però ha una **capacità ridotta**, quando si usa a pieno regime i fosfati energetici si esauriscono in appena 5-8 secondi. Naturalmente **l'energia contenuta nella fosfocreatina dura più a lungo quando lo sforzo non è massimale**.

LA FOSFOCREATINA: LA FUNZIONE DI NAVETTA

Oltre che da sistema di accumulo dell'energia, la **fosfocreatina funziona anche da "navetta" per il trasporto dell'energia all'interno della cellula**. Infatti, dato che dentro e attorno i mitocondri la concentrazione di ATP è molto alta mentre quella

della fosfocreatina è molto bassa, in queste zone della cellula essa **si ricarica molto facilmente**.

Al contrario, durante l'esercizio, vicino alle miofibrille (le proteine contrattili), la concentrazione di ATP si abbassa rapidamente e **la fosfocreatina cede l'energia facilmente** ricaricando ATP e liberando creatina e fosfato.

Questi formeranno nuova fosfocreatina nel mitocondrio rinnovando il meccanismo di trasporto dell'energia intracellulare.

Questa funzione rende la fosfocreatina molto importante anche per gli atleti delle **discipline di resistenza**. Per svolgere questa funzione, durante uno sforzo sottomassimale prolungato, la fosfocreatina si stabilizza a un valore costante dopo circa 90 secondi, più o meno il tempo per attivare in modo adeguato il VO_2 .

LA FOSFOCREATINA: IL TEMPO DI RICARICA

Il tempo necessario per ripristinare la metà della fosfocreatina consumata è circa **15 secondi**, almeno per la componente rapida del meccanismo di ripristino. Questo vuol dire che **la sua ricostituzione si completa o quasi in circa 2-3 minuti**.

La fosfocreatina consumata si ricarica a spese dell'ATP prodotto dal meccanismo aerobico al termine dell'esercizio.

LA FOSFOCREATINA: LE RISERVE DI CREATINA

Nel muscolo la **creatina** è presente con una concentrazione di circa **4g ogni Kg di muscolo**. Per il 40% come creatina libera e per il 60% come fosfocreatina. Per un totale di circa 120g per una persona di 70Kg con il 30% di massa muscolare. Dato che circa 2g di creatina, sotto forma di **creatinina**, sono eliminati ogni giorno con le urine, **il fabbisogno giornaliero di creatina è circa 2g**. Uno di essi è sintetizzato dal **fegato** partendo da tre aminoacidi (**glicina, arginina e metionina**) e uno deve essere assunto con la **dieta** (la creatina si trova nei muscoli, quindi nella **carne** e nel **pesce**).

L'integrazione alimentare con creatina può essere utile nei vegetariani o comunque nelle persone che scelgono di avere un limitato consumo di alimenti di origine animale. In questi casi, infatti, è possibile che le riserve di creatina muscolari siano ridotte. Comunque, l'aumento della concentrazione di creatina nel muscolo attraverso l'integrazione alimentare presenta una **grande variabilità individuale**.

A questo proposito, si deve tener conto che le *“Linee guida sugli alimenti adattati ad un intenso sforzo muscolare soprattutto per gli sportivi”* riportano che l'uso giornaliero di creatina per l'integrazione alimentare **non deve essere superiore a 6g per un mese e a 3g per periodi più lunghi**; inoltre, in caso di uso prolungato (oltre 6-8 settimane) **è necessario il parere del medico**. L'uso di creatina, destinato ai soli adulti, è **controindicato nelle patologie renali e in gravidanza**.

25 - DOLORI MUSCOLARI: COME PREVENIRLI



Alla ripresa degli allenamenti, o a seguito di uno sforzo fisico eccessivo, i tuoi muscoli rischiano di soffrire ed essere indolenziti o gonfi il giorno successivo.

Spesso si pensa che sia colpa dell'acido lattico, ma non è così. Durante lo sforzo si verificano microtraumi che contribuiscono ad un adattamento funzionale del muscolo.

DOLORI MUSCOLARI DEL GIORNO DOPO

Capita che il giorno dopo uno sforzo muscolare importante e al quale non si è abituati (per esempio, dopo il primo allenamento duro della stagione, oppure dopo un allenamento in palestra durante il quale si è esagerato), si abbia **male ai muscoli**.

Questo indolenzimento, anche fastidioso, **aumenta con il movimento e alla pressione sui muscoli colpiti**. Gli anglosassoni lo chiamano **DOMS**, acronimo di *Delayed Onset Muscle Soreness* (traducibile in dolore o indolenzimento a insorgenza ritardata).

Esso **insorge 24-72 ore dopo lo sforzo**, dura qualche giorno, ed è spesso associato a **gonfiore**, sensazione di **rigidità** e **debolezza**. A volte si sente dire che la colpa di questo dolore è dell'acido lattico prodotto durante lo sforzo, ma esso non ne ha responsabilità.

DOLORI MUSCOLARI: LA TITINA

Per comprendere la genesi di questo fenomeno si deve descrivere rapidamente l'architettura interna della cellula muscolare e i diversi tipi di contrazione muscolare.

Oltre alla **actina** e alla **miosina**, che sono le **proteine contrattili** responsabili dello sviluppo di tensione, all'interno della cellula muscolare ci sono molte proteine che formano una **impalcatura elastica** in modo da mantenere in posizione ottimale le proteine contrattili.

Una di queste proteine elastiche è la **titina**: essa, oltre alla funzione fondamentale di mantenere allineati e centrati i filamenti di miosina durante le fasi di allungamento e contrazione, è considerata la **principale fonte di accumulo di energia elastica muscolare**. La titina è abbondante nei nostri muscoli: una persona di 80Kg ne ha circa mezzo Kg.

DOLORI MUSCOLARI: LA CONTRAZIONE DEL MUSCOLO

Molto schematicamente, si possono distinguere tre tipi di contrazione muscolare:

1. **Contrazione isometrica.** Nella contrazione muscolare isometrica il muscolo sviluppa tensione (cioè contrasta una forza) **senza cambiare la sua lunghezza**. In pratica, è quello che accade quando teniamo fermo un oggetto contrastando la forza (di gravità) che lo farebbe cadere.
2. **Contrazione concentrica.** In questo caso, i muscoli sviluppano tensione **accorciandosi** per sollevare qualcosa. Questo succede, per esempio, quando ci alziamo da una sedia: per far estendere il ginocchio, e quindi sollevare il corpo, i muscoli quadricipiti si contraggono in modo concentrico.
3. **Contrazione eccentrica.** La contrazione eccentrica si ha quando il muscolo si **allunga** mentre sviluppa tensione. Ciò avviene quando la contrazione serve per frenare la caduta

di un oggetto o del corpo. Per esempio, per mettersi seduti, si contrae il quadricipite in modo eccentrico controllando la flessione del ginocchio e con essa la velocità del movimento verso il basso. La stessa cosa avviene scendendo le scale o correndo in discesa.

I DOLORI MUSCOLARI DA COSA DIPENDONO?

L'ipotesi più accreditata dice che la **contrazione muscolare eccentrica** ripetuta molte volte e/o contro carichi grandi, determinando tensioni interne elevate durante l'allungamento delle fibrocellule, **può sollecitare le proteine elastiche del muscolo oltre il limite di rottura**. La rottura delle proteine, in particolar modo della **titina**, determinerebbe a sua volta una risposta **infiammatoria** nel muscolo, **generando una iperalgesia meccanica profonda**. In pratica, a questo punto, gli stimoli meccanici di tensione, stiramento e/o pressione sul muscolo non sono più percepiti come tali, ma come stimoli dolorosi.

DOLORI MUSCOLARI: LE CONSEGUENZE

In realtà, danni delle componenti cellulari del muscolo avvengono sempre a seguito dell'allenamento e i meccanismi riparativi di questi microtraumi sono alla base degli **adattamenti** che portano ad un miglioramento della prestazione fisica. Infatti, la riparazione, attraverso un aumento della sintesi proteica, **porta a strutture più**

robuste e funzionali. Tuttavia, se il danno da microtrauma, conseguente a contrazioni eccentriche inusuali, è fonte di un indolenzimento importante si determina una **diminuzione della forza e della potenza muscolari**, una riduzione del *range* di movimento articolare e in generale, un peggioramento della prestazione muscolare per diversi giorni. Tutto ciò non sembra affatto conveniente per determinare adattamenti utili al miglioramento funzionale. Ovviamente, durante il permanere della sintomatologia, il carico di allenamento deve essere **ridotto** per facilitare i meccanismi riparativi.

DOLORI MUSCOLARI: SI POSSONO PREVENIRE?

Certamente. La prevenzione migliore del dolore muscolare a insorgenza ritardata è rappresentata da una **progressione corretta del carico di allenamento associata a un riscaldamento sempre adeguato.** Anche l'inserimento progressivo di esercizi in contrazione eccentrica nella preparazione a secco sembra utile.

Invece, il defaticamento e lo *stretching* muscolare, sebbene consigliabili nel programma di allenamento e per strutturare in modo corretto la singola seduta, **non sembrano avere effetti per la sua prevenzione.**

Anche gli studi (peraltro non recenti) relativi all'efficacia della fisioterapia con terapie fisiche e manuali hanno mostrato risultati contrastanti senza indicazioni certe di efficacia.

Probabilmente, questo aspetto è stato più recentemente trascurato dalla ricerca scientifica dato che il dolore a esordio ritardato è una condizione del tutto benigna in persone sane e passa di solito in pochi giorni.

Esso dovrebbe essere semplicemente prevenuto da una pianificazione corretta dell'esercizio e dell'allenamento.

26 - I CRAMPI MUSCOLARI



Durante un'attività fisica o sportiva intensa è possibile soffrire di un crampo muscolare. Un evento doloroso causato principalmente dalla fatica e che necessita di un immediato stiramento, o stretching, del muscolo coinvolto.

I CRAMPI MUSCOLARI E L'ESERCIZIO FISICO

In molti abbiamo avuto l'esperienza di un **crampo muscolare durante uno sforzo fisico**, ma non molti conoscono le cause che lo determinano. In realtà ci sono molte **malattie** che possono

determinare crampi muscolari. Fra queste patologie o condizioni che possono causare gravi **squilibri degli elettroliti** (potassio e calcio) come i **disordini metabolici o ormonali**. O le malattie neurologiche, muscolari e circolatorie. Oggi ci riferiamo però ai crampi muscolari associati all'**esercizio fisico**. Quelli cioè che insorgono in persone sane in condizioni di **affaticamento** durante uno sforzo muscolare per il quale non si è abbastanza allenati.

I CRAMPI MUSCOLARI: COSA SONO?

Il crampo è una **contrazione involontaria dei muscoli** scheletrici, localizzata, **dolorosa** e protratta nel tempo, caratterizzata da una attività elettrica muscolare elevata.

In termini fisiologici, cioè, dovuti ad una scarica di potenziali di azione ad alta frequenza come quelli che si vedono durante una contrazione isometrica massimale.

Nel caso che il crampo insorga improvvisamente durante l'esercizio o immediatamente al termine di esso si parla di **crampo muscolare associato all'esercizio fisico**.

Ci sono anche altri tipi di crampo di **tipo para-fisiologico** (per esempio, i crampi in gravidanza oppure quelli notturni più tipici in età avanzata) cioè che non sono associati a malattie sistemiche o distrettuali.

I CRAMPI MUSCOLARI: LE CAUSE

Nel corso degli ultimi 80 anni sono state formulate diverse ipotesi per spiegare la genesi del crampo associato all'esercizio. Esse sono comunque riconducibili a due gruppi di teorie:

- **disidratazione e/o perdita di elettroliti**
- **alterato controllo della stiffness**, cioè della tensione muscolare involontaria, da parte del sistema nervoso centrale

Per quanto riguarda le ipotesi appartenenti al primo gruppo, non ci sono evidenze scientifiche consistenti a loro sostegno. Probabilmente il fatto che **squilibri metabolici importanti** (per esempio, quelli conseguenti a diarrea molto grave) possano provocare crampi generalizzati ha indotto a ipotizzare che tali squilibri possano essere le cause principali anche dei crampi muscolari associati all'esercizio.

In realtà, anche la **disidratazione** (entro certi limiti) **non sembra possa essere un fattore scatenante**: infatti, la soglia per indurre il crampo stimolando elettricamente il muscolo non cambia anche per una perdita di acqua pari al 3% del peso. Inoltre, è stato osservato circa **il 70% degli sportivi colpiti da crampo durante l'attività fisica erano normalmente idratati** e non avevano squilibri degli elettroliti. Quindi la disidratazione dovrebbe essere considerata semmai come un fattore facilitante, ma non scatenante.

Invece si conosce già dagli anni '40 che, come già accennato, il crampo associato all'esercizio è caratterizzato da una **attività elettrica del muscolo molto alta**. Esso è dunque principalmente legato a una alterata attività del controllo involontario della tensione muscolare (la stiffness) da parte del **sistema nervoso centrale** e in particolare del **midollo spinale**.

Per capire meglio il meccanismo si deve considerare che la stiffness muscolare è aumentata dai recettori di lunghezza presenti nel muscolo (i fusi neuromuscolari) che rispondono allo stiramento del muscolo stesso **facendolo contrarre**, mentre è diminuita dai recettori di tensione del tendine (gli organi del Golgi) **che fanno rilasciare il muscolo** quando la tensione aumenta eccessivamente.

Tutto questo avviene **involontariamente** sotto il controllo del midollo spinale, che riceve informazioni dai centri superiori e dalla periferia e invia comandi ai muscoli, in relazione alle necessità improvvise di stabilità articolare o del movimento senza che lo stato di tensione muscolare aumenti oltre il necessario.

I CRAMPI MUSCOLARI, LA FATICA È IL FATTORE PRINCIPALE

La **fatica** è probabilmente il fattore principale che altera il controllo neuromuscolare involontario della contrazione. La fatica muscolare aumenta l'attività dei **fusi neuromuscolari** (incrementando la *stiffness*) e riduce quella degli organi **tendinei del Golgi** (che diminuiscono la *stiffness*). In alcune condizioni, di particolare

affaticamento muscolare distrettuale, specialmente se il muscolo sta lavorando in posizione molto accorciata, l'attività involontaria di stimolo alla contrazione muscolare da parte del midollo spinale può diventare prevalente e scavalcare il controllo volontario, determinando così il crampo.

Per trovare sollievo dal crampo, si deve **stirare il gruppo muscolare colpito**. Lo **stretching**, probabilmente, aumenta l'attività residua degli organi tendinei del Golgi (aumentando la tensione sui tendini) facendo rilassare il muscolo .

I CRAMPI MUSCOLARI SI POSSONO PREVENIRE?

Non è così semplice, soprattutto per chi ne è predisposto. Per prima cosa bisogna **essere allenati in modo adeguato a sostenere lo sforzo muscolare** che ci si è prefissati di fare, in modo da ritardare l'insorgenza di fatica localizzata. Dato che, se si è disidratati, la fatica insorge prematuramente, **una buona idratazione è in ogni caso necessaria** (anche se non è risolutiva per prevenire i crampi).

In secondo luogo, i muscoli dovrebbero contrarsi partendo da una lunghezza ottimale: come già detto, se il muscolo si contrae partendo da una posizione in cui è accorciato, i crampi sono favoriti. Però è molto difficile stabilire se la posizione degli arti è biomeccanicamente sfavorevole quando l'esercizio è a corpo libero. Sicuramente, quando si usano strumenti meccanici (per esempio la bicicletta) **è utile studiare la posizione ottimale di lavoro delle varie parti del corpo**, anche per prevenire l'insorgenza dei crampi. Per la

prevenzione, può anche essere utile **potenziare muscoli sinergici** che possano lavorare in posizione allungata, in modo da riequilibrare l'attività muscolare nel controllo di un'articolazione.

Per esempio, in calciatori che soffrono di crampi nei muscoli posteriori della coscia, si possono potenziare i muscoli glutei, che sono estensori dell'anca, riducendo l'impegno sinergico per questa funzione dei muscoli ischio-crurali (che sono più costantemente accorciati durante il gioco).

BIBLIOGRAFIA

- Corrado D, Basso C, Pavei A, Michieli P, Schiavon M, Thiene G. *Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program. JAMA, 296(13):1593-601, 2006*
- *WHO Guidelines. Global recommendations on physical activity for health; Physical Activity Guidelines for Americans, 2nd edition*
- Davis JC, Verhagen E, Bryan S, Liu-Ambrose T, Borland J, Buchner D, Hendriks MR, Weiler R, Morrow JR Jr, van Mechelen W, Blair SN, Pratt M, Windt J, al-Tunaiji H, Macri E, Khan KM; *EPIC Group. 2014 consensus statement from the first Economics of Physical Inactivity Consensus (EPIC) conference (Vancouver). Br J Sports Med. 48(12):947-951, 2014*
- <https://health.gov/our-work/physical-activity/current-guidelines>
- World Health Organization. *WHO guidelines approved by the Guidelines Review Committee. Global recommendations on physical activity for health.* Geneva: World Health Organization, 2010

- Egan B, Zierath JR. *Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation*. Cell Metab. 17(2):162-184, 2013
- Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. *Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing*. N Engl J Med. 2002;346(11):793-801
- Guazzi M, Bandera F, Ozemek C, Systrom D, Arena R. *Cardiopulmonary Exercise Testing: What Is its Value?* J Am Coll Cardiol. 2017;70(13):1618-1636
- Bagchi D, Nair S, Sien CK (eds). *Nutrition and Enhanced Performance: Muscle Building, Endurance and Strength*. Second Edition. Academic Press, 2019
- Shaw, G., A. Koivisto, D. Gerrard, and L. M. Burke. 2014b. *Nutrition considerations for openwater swimming*. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism 24 (4): 373–381
- Chambers, E. S., M. W. Bridge, and D. A. Jones. 2009. *Carbohydrate sensing in the human mouth: Effects on exercise performance and brain activity*. The Journal of Physiology 587 (8): 1779–1794
- Burke LM, Hawley JA, Wong SHS, Jeukendrup AE. *Carbohydrates for training and competition*. Journal of Sports Sciences. 29 (suppl 1): S17–27, 2011

- Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, et al. *A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults*. Br J Sports Med. 2018;52(6):376-384
- Burke LM, Mujika I. *Nutrition for recovery in aquatic sports*. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2014;24(4):425-436
- Phillips SM, Moore DR, Tang JE. *A critical examination of dietary protein requirements, benefits, and excesses in athletes*. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2007;17 Suppl:S58-S76
- Pietro Enrico di Prampero. *La locomozione umana su terra, in acqua, in aria. Fatti e teorie*. Edi-ermes, Milano, 2015
- Bonifazi M, Marugo L, Armentano N, Camillieri G, Colombo G, Crescenzi S, Felici A, Mattiotti S, Melchiorri G, Giombini A, Sardella F, Benelli P, Gatta G, Zamparo P, Saini G. *Gli sport natatori*. Med Sport, 62:335-77, 2009
- Durstine JL, Grandjean PW, Davis PG, Ferguson MA, Alderson NL, DuBose KD. *Blood lipid and lipoprotein adaptations to exercise: a quantitative analysis*. Sports Med. 2001;31(15):1033-1062
- Erickson KI, Raji CA, Lopez OL, et al. *Physical activity predicts gray matter volume in late adulthood: the Cardiovascular Health Study*. Neurology. 2010;75(16):1415-1422

- Wen CP, Wai JP, Tsai MK, Chen CH. *Minimal amount of exercise to prolong life: to walk, to run, or just mix it up?* J Am Coll Cardiol. 2014;64(5):482-484
- Lee DC, Pate RR, Lavie CJ, Sui X, Church TS, Blair SN. *Leisure-time running reduces all-cause and cardiovascular mortality risk.* J Am Coll Cardiol. 2014;64(5):472-481
- McArdle, Katch, Katch. *Fisiologia dell'esercizio.* Piccin, Padova, 2019
- Enrico Arcelli, Mauro Franzetti. *Acido lattico e sport. Dalla fisiologia all'allenamento.* Edizioni Correre, Milano, 2014
- Binder RK, Wonisch M, Corra U, et al. *Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing.* Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 2008;15(6):726-734
- di Prampero PE, Fusi S, Sepulcri L, Morin JB, Belli A, Antonutto G. *Sprint running: a new energetic approach.* J Exp Biol. 2005;208(14):2809-16
- Circolare n. 8 del 7 giugno 1999 (G.U. n.135 dell'11 giugno 1999) *Linee guida sugli alimenti adattati ad un intenso sforzo muscolare soprattutto per gli sportivi*
- Ministero della Salute. *Altri nutrienti e altre sostanze ad effetto nutritivo o fisiologico* (Revisione settembre 2019)

- Cheung K, Hume P, Maxwell L. *Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors*. Sports Med. 2003;33(2):145-164
- Schwellnus MP. *Cause of exercise associated muscle cramps (EAMC)—altered neuromuscular control, dehydration or electrolyte depletion*. Br J Sports Med. 2009;43(6):401-408