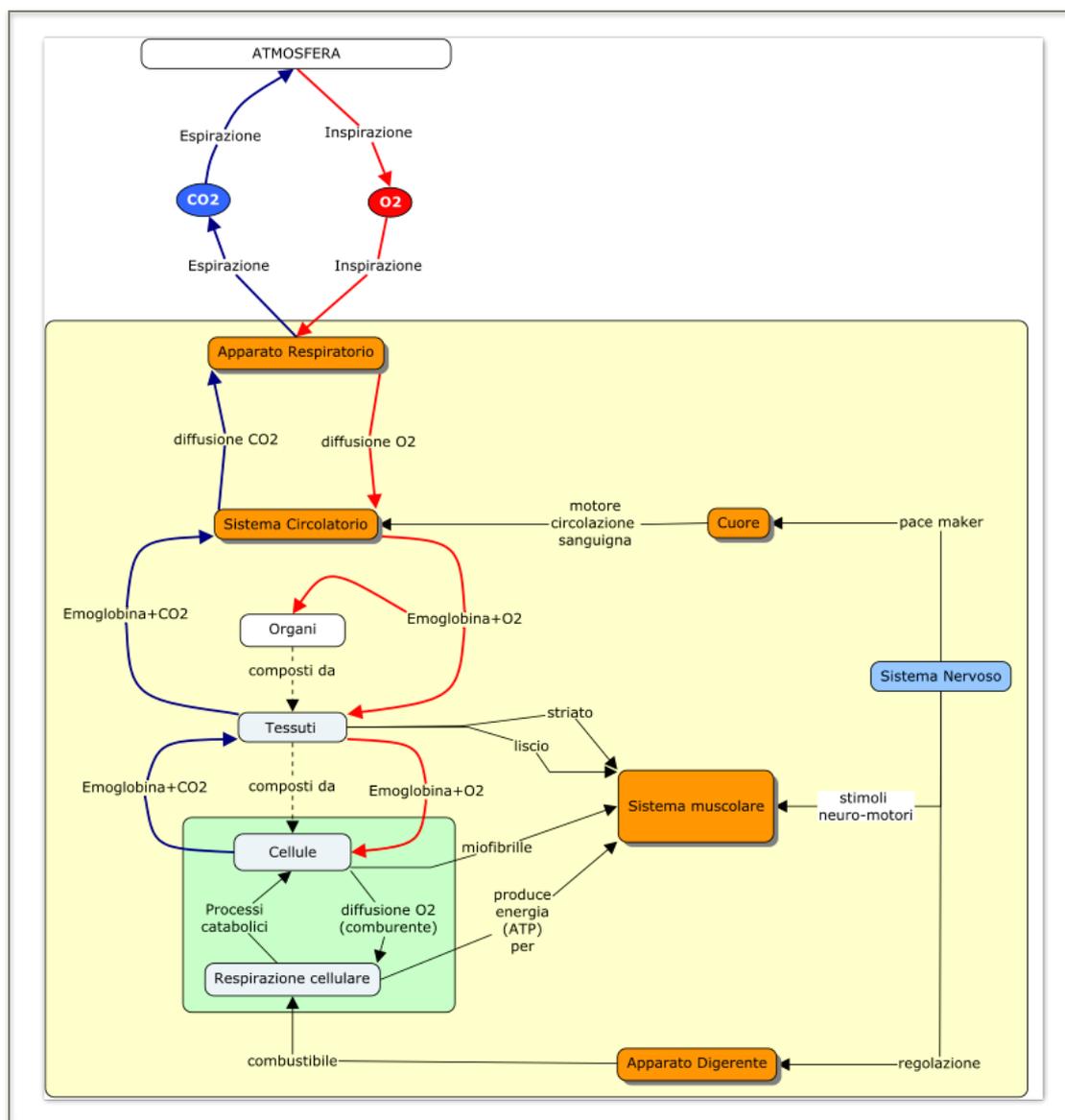


A cavallo di una molecola di ossigeno... un viaggio attraverso il corpo umano

I. La mappa del nostro itinerario

Preparate lo zainetto ragazzi... ma non metteteci dentro troppe cose. Scoprirete che, laddove dobbiamo andare, potrete trovare tutto ciò che vi serve... eccetto le cose superflue alla vita biologica! Lasciate a casa smartphone, tablet e ipod... laggiù non c'è campo e avrete altro da fare che non ascoltare musica... fidatevi! Portatevi la macchina fotografica però!

Allora, stampatevi il percorso e portatelo sempre con voi: lo seguiremo fedelmente. Ah: portatevi anche una matita: non si sa mai che vi venga in mente di prendere qualche appunto!



II. Prima di iniziare il nostro lungo viaggio...

Ora: immaginate per un momento di diventare piccoli piccoli, come... la capocchia di uno spillo, anzi: mille volte più piccoli della capocchia di uno spillo!

Bene: ora attenzione! Sta passando vicino a voi una molecola di ossigeno! provate a saltarci sopra ed a cavalcarla...

Ecco, bravissimi! E ora... inizierà la vostra fantastica avventura nel corpo umano a cavallo di una molecola di ossigeno. Un viaggio durante il quale toccheremo diversi organi, sistemi ed apparati dei quali proveremo a comprendere meglio struttura e funzioni cercando sempre di tenere in mente una visione complessiva del nostro corpo.

State attenti però: il viaggio è faticoso e a volte sicuramente mi sarà capitato di dimenticarmi qua e là qualche informazione e dettaglio: beh, siamo fiduciosi che la vostra voglia di imparare e la vostra curiosità vi permetteranno di trovare gli indizi giusti per approfondire da soli gli argomenti e per poi aiutare anche i vostri compagni a capire meglio.

Io vi aiuterò a dividervi i compiti... ma ora basta chiacchiere! Presto, si parte!!!

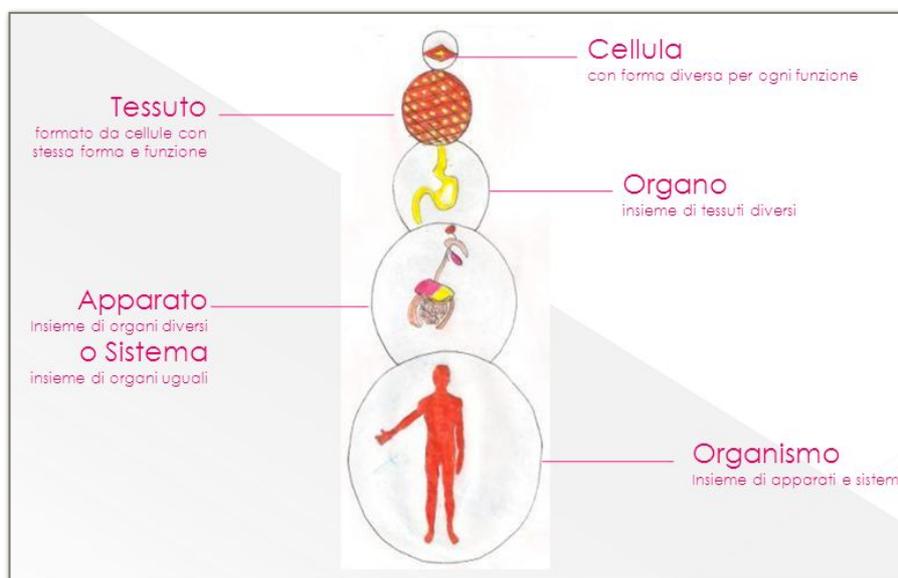
I. Diamo uno sguardo al nostro bersaglio: IL CORPO UMANO

Prima di iniziare il viaggio, dobbiamo almeno capire dove ci stiamo andando ad infilare...

Dobbiamo ricordare che la cellula è l'unità strutturale e funzionale del corpo umano. La morfologia e l'organizzazione cellulare identificano la funzione di ciascuna cellula: cellule con la stessa funzione si organizzano a formare i tessuti, a loro volta riuniti a formare gli organi. Gli organi che collaborano alla stessa funzione formano:

- **Sistemi:** gli organi hanno una struttura simile e sono formati da tessuti dello stesso tipo.
- **Apparati:** gli organi sono costituiti da tessuti anche molto diversi tra loro.

Nel corpo umano esistono 4 tipi di tessuti: epiteliale, connettivo, muscolare e nervoso, che si aggregano nella formazione dei seguenti sistemi e apparati:



SISTEMI

- **sistema scheletrico:** supporto strutturale e protezione con le ossa, le cartilagini e i legamenti.
- **sistema muscolare:** movimento con i muscoli e i tendini.
- **sistema nervoso:** acquisisce, trasferisce e processa l'informazione tramite l'encefalo, il midollo spinale e i nervi.
- **sistema linfatico:** strutture di raccolta e purificazione di liquidi intercellulari.
- **sistema immunitario:** difende dagli agenti che causano malattie con cellule specializzate, le tonsille, le adenoidi, il timo, e la milza.

APPARATI

- **apparato tegumentario:** pelle, peli, capelli e unghie.
- **apparato cardiovascolare:** per il pompaggio e la canalizzazione del sangue da e verso corpo e polmoni, formato da cuore, sangue, e vasi sanguigni.

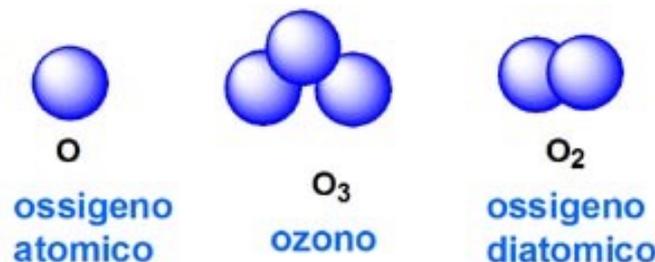
- **apparato respiratorio:** organi usati per la respirazione, strettamente interconnesso con il cardiovascolare.
- **apparato digerente:** digestione e assorbimento delle sostanze nutritive.
- **apparato urinario:** strutture coinvolte nella filtrazione del sangue e nell'escrezione dell'urina; composto da reni, ureteri, vescica urinaria e uretra.
- **apparati genitali:** organi coinvolti nella riproduzione.
- **apparato endocrino:** ghiandole deputate alla secrezione di ormoni per la trasmissione di alcuni segnali a determinati organi- bersaglio.
- **apparati della sensibilità specifica:** apparato visivo e apparato uditivo.

Bene... noi attraverseremo, vivremo o, se non altro, vedremo dal finestrino la maggior parte di questi... ma il giro di boa lo compiremo dentro una delle 40 miliardi di cellule del nostro corpo. Quale? Chissà?!

2. Scegli una molecola di O₂ intorno a te e... salta in sella!

Trovare una molecola di ossigeno nell'aria potrebbe sembrare cosa semplice... in realtà è più complicato di quanto sembri!

L'ossigeno è l'elemento chimico più abbondante sulla superficie del nostro pianeta: rappresenta il 46% della [crosta terrestre](#) e l'85% dell'[idrosfera](#) in massa, ma nell'aria lo troviamo soprattutto in forma di sostanza elementare gassosa e solo per il 23% in massa e per il 21% in volume (contro il 78% dell'azoto elementare) . Tutto l'ossigeno nell'aria è di origine vegetale, formato tramite il processo di [fotosintesi](#) delle piante verdi a partire da acqua ed anidride carbonica. Negli strati più elevati dell'[atmosfera](#) (la *stratosfera*, a circa 25 km dal suolo), l'ossigeno è presente principalmente sotto forma di **ozono** (O₃ o *triossigeno*). Negli strati inferiori dell'atmosfera, invece, esso si presenta normalmente nella sua forma stabile di molecola biatomica: O₂.



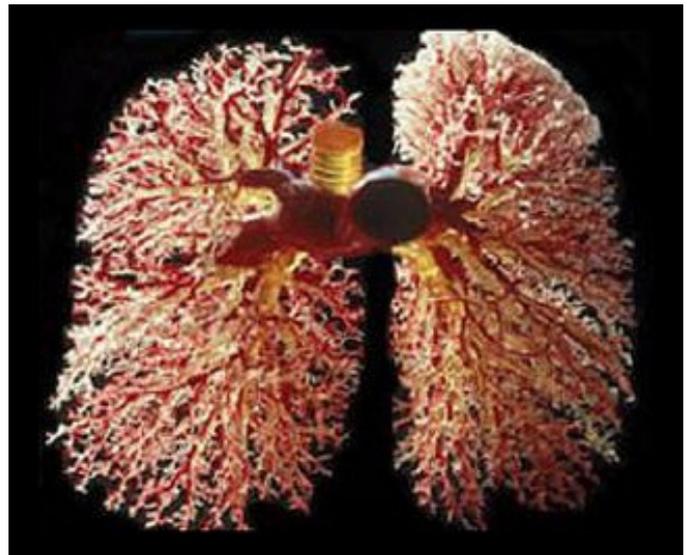
Nella crosta terrestre è legato a formare silicati (es.: quarzo) ed ossidi metallici, mentre negli oceani lo si trova a formare il suo più importante composto: l'acqua (H₂O).

L'ossigeno è un elemento non metallico (XVI Gruppo della [Tavola Periodica degli Elementi](#)) ed ha numero atomico 8. L'atomo di ossigeno è estremamente reattivo: le reazioni a cui dà luogo sono chiamate *ossidazioni*, dalle quali si formano composti detti ossidi; alcune reazioni (con C e H) sono molto violente, con liberazione di grande quantità di energia, e sono dette combustioni.

3. ...attraversiamo l'anticamera del corpo umano: l'APPARATO RESPIRATORIO e lo scambio gassoso polmonare

Ora che stai cavalcando la tua molecola di O₂ hai una missione da compiere: un bel tuffo nel corpo umano. Ma attento... sarà cosa tutt'altro che semplice! Il percorso verso l'interno del nostro corpo è tortuoso e pieno di insidie: un dedalo di 150-200 milioni di corridoi a fondo cieco che coprono una superficie pari a 75 m² (simile a quella di un campo da tennis), cioè circa 40 volte la superficie esterna del nostro corpo! E' da uno di questi corridoi che dovrai passare per entrare, ma se vuoi sapere come... continua a leggere!

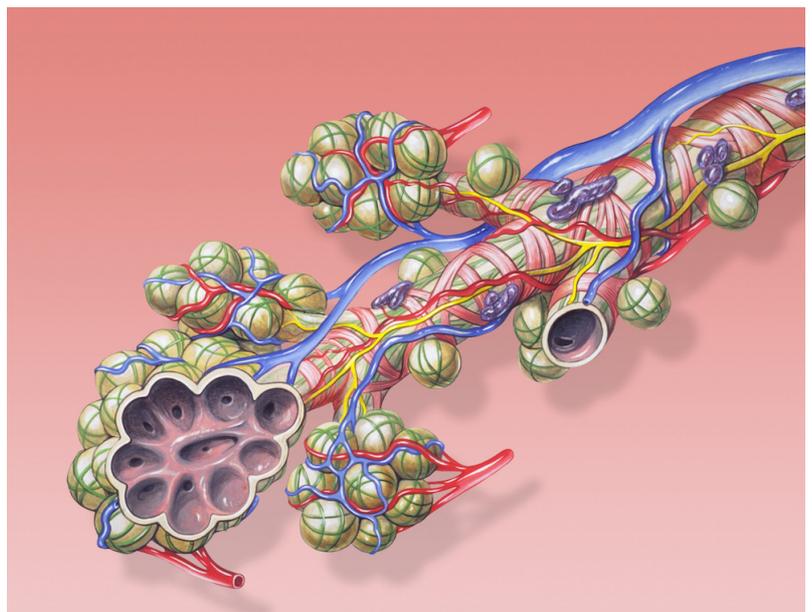
Grazie al processo di **inspirazione** la molecola di ossigeno entra nel nostro corpo attraverso le cosiddette "vie aeree": una serie di condotti funzionali al trasporto dell'aria all'interno dell'apparato respiratorio. L'ultima diramazione di queste termina con una piccola sacca, detta **alveolo**, che ha pareti di spessore pari ad una singola cellula, contornata da una fitta rete di vasi sanguigni (**→ REPARTO PNEUMOLOGIA**).



A questo livello, la molecola di ossigeno attraversa la parete dell'alveolo e giunge nel sangue attraverso un processo di **diffusione**.

Questo meccanismo si verifica grazie alla differenza di pressione¹ dell'ossigeno tra l'alveolo e il sangue: la pressione dell'ossigeno, in questa fase, è più alta nell'alveolo che non nel sangue, per cui esso diffonde (cioè: viene trasportato passivamente) dall'alveolo al sangue, iniziando così il suo percorso all'interno del **sistema circolatorio**.

Viceversa la pressione dell'anidride carbonica (CO₂), nello stesso momento, è maggiore nel sangue rispetto all'alveolo, per cui essa passa dal sangue all'alveolo ed esce dal corpo, percorrendo a ritroso il viaggio della nostra molecola di O₂ (processo di **espirazione**).



ESERCIZI SULL'APPARATO RESPIRATORIO

¹ numero di molecole per unità di superficie

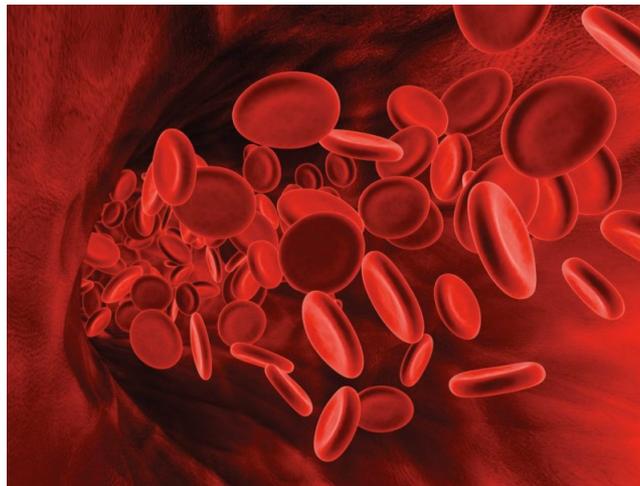
4. ...lasciati trasportare verso il tuo destino: in viaggio nel SISTEMA CIRCOLATORIO

(→ **REPARTO DI CHIRURGIA VASCOLARE**)

L'ossigeno che dagli alveoli polmonari diffonde nel flusso sanguigno, viene catturato da cellule particolari: gli **eritrociti**, altrimenti detti **globuli rossi**. Quasi la totalità dell'O₂ (il 98,5%) contenuto nel sangue dopo il passaggio attraverso i polmoni è legata agli eritrociti, mentre solo una piccola frazione (1,5%) è disciolta nella parte liquida del sangue. La presenza dell'emoglobina aumenta quindi di quasi 100 volte la quantità di O₂ che può essere trasportata dal sangue.

Attraverso il processo di diffusione, perciò, l'ossigeno passa dagli alveoli al sangue e comincia il suo "viaggio" nel sistema circolatorio, legato ai globuli rossi.

I **globuli rossi** o **eritrociti** sono particolari tipi di cellule, prive di nucleo (quindi incapaci di riprodursi), prodotte dal midollo rosso delle ossa e immesse nel circolo sanguigno. Hanno una particolare forma a disco biconcavo e sono ricchi di un pigmento rosso, l'**emoglobina**.



I globuli rossi vengono periodicamente distrutti da parte del fegato e della milza ed hanno una vita media di 120 giorni. La produzione di eritrociti è controllata da un ormone, l'**eritropoietina**, che viene rilasciato dai reni in risposta ad una carenza di ossigeno nel sangue.

I globuli rossi e l'ossigeno ad essi legato, trasportati dal sangue, si muovono all'interno dei **vasi sanguigni** attraverso uno spostamento ciclico al quale si dà il nome di **circolazione**, regolato dal battito cardiaco.

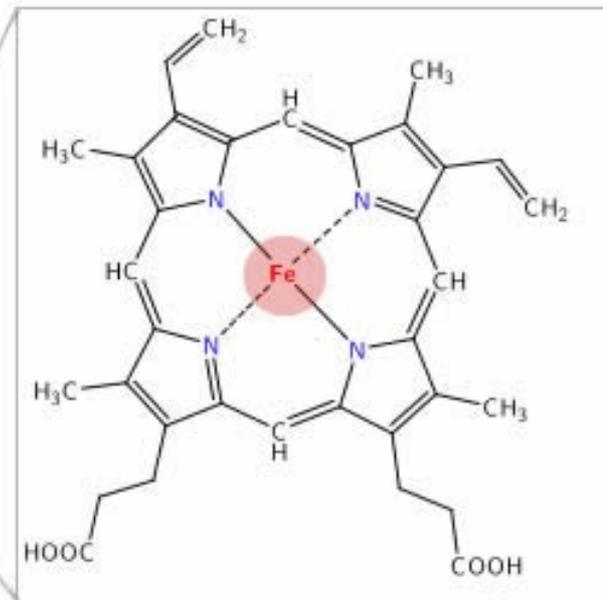
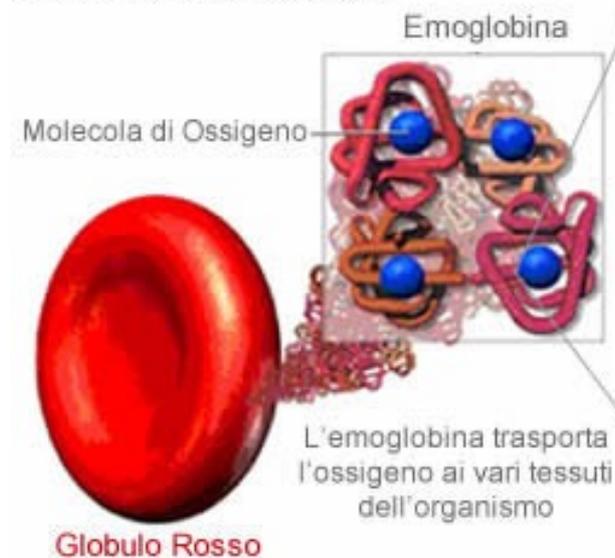
Ma attenzione! A questo punto sei stato sequestrato, insieme alla tua molecola di ossigeno e non siete più liberi di muoverti autonomamente! Ti guardi intorno e sei dentro ad una specie di navicella spaziale a forma di disco... un globulo rosso. Provi inutilmente a divincolarti: nulla! Cerchi di capire chi è che ti sta trattenendo e alla fine trovi il responsabile...

4.1. L'Emoglobina

L'emoglobina ha sequestrato la tua molecola di O₂ e la sta trattenendo...

L'emoglobina è una proteina globulare (tridimensionale) in grado di legare efficacemente l'ossigeno grazie alla sua struttura molecolare: nell'adulto è costituita da **2 catene** dette "α" e **2 catene β**, ciascuna delle quali ha un sito di aggancio per una molecola di O₂, detto "gruppo eme", che permettono di legare complessivamente, dunque, fino a quattro molecole di O₂.

Ogni molecola di emoglobina contiene 4 atomi di ferro e può legare reversibilmente quattro molecole di ossigeno



L'emoglobina è una grande e complessa metalloproteina, caratterizzata da quattro catene proteiche globulari rispettivamente avvolte attorno al relativo gruppo EME che contiene Fe²⁺. In ogni molecola di emoglobina sono quindi presenti 4 atomi di Ferro.

... ma durante il viaggio noti una cosa curiosa: allontanandoti dai polmoni, incontri via via sempre di più eritrociti che trasportano non ossigeno molecolare, bensì altre molecole come, ad esempio, l'anidride carbonica (CO₂). La spiegazione alle tue domande non tarderà ad arrivare...

L'emoglobina può esistere in due diversi stati conformazionali: nella conformazione T (tesa) ha una minore affinità per l'ossigeno e maggiore per la CO₂; nella conformazione R (rilassata) l'affinità per l'ossigeno è invece maggiore. In pratica accade che laddove la concentrazione di ossigeno nel sangue è alta, l'emoglobina tende a legare l'ossigeno (es: polmoni), mentre dove è bassa, tende a legare e trasportare la CO₂ (es.: tessuti corporei). (clicca il [link](#) per vedere l'animazione del cambiamento conformazione dell'emoglobina)

4.2. ...ma dove mi sta portando il mio globulo rosso?

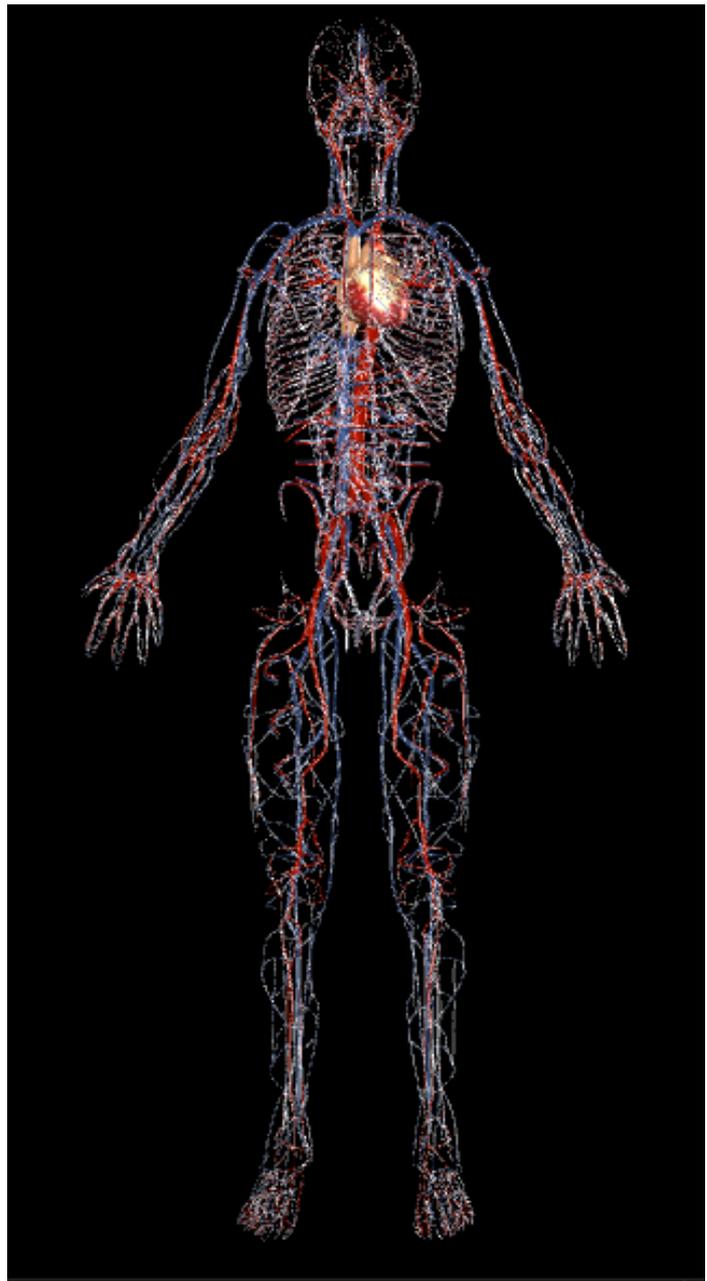
Dentro il tuo globulo rosso stai compiendo un viaggio lungo e tortuoso, pieno di accelerazioni a grandi a gran velocità, rallentamenti, restringimenti, discese, risalite e passaggi per un organo strano ed affascinante detto cuore, dove tutto viene ritmicamente incamerato per poi essere riportato fuori... ma ecco che stai passando per la seconda volta dal cuore quando ti accorgi di essere nuovamente al punto di partenza, dove hai iniziato il tuo viaggio...

Dobbiamo dare un significato a questa osservazione cercando di capire come è strutturata e come funziona la **circolazione umana**. Un piccolo aiuto viene dalla sua definizione come **doppia, completa e chiusa** (chiedi delucidazioni ai *chirurghi vascolari*).

Per dare un senso al tutto, inoltre, dovresti anche concentrare l'attenzione sulla struttura del cuore e sul suo funzionamento, rivolgendoti ai colleghi del *reparto di cardiologia*.

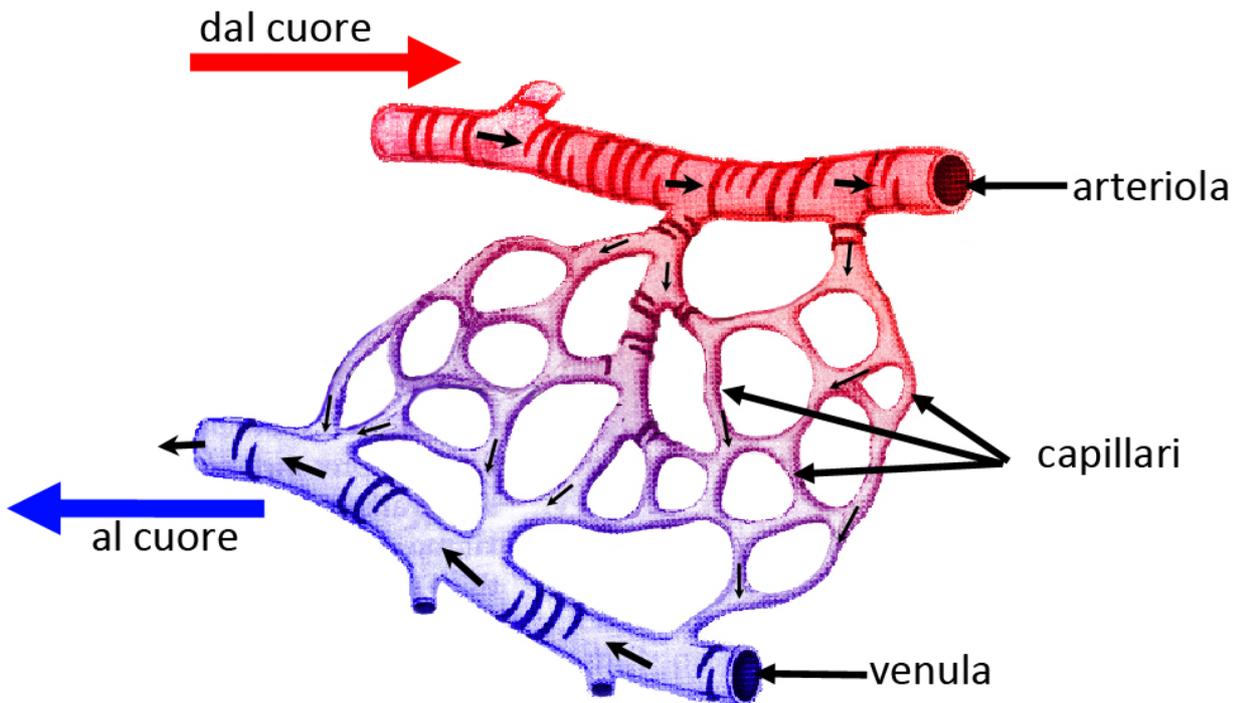
(→ **REPARTO CARDIOLOGIA**).

ESERCIZI SULL'APPARATO CARDIO-VASCOLARE



5. Lo SCAMBIO GASSOSO NEI TESSUTI: si cambia mezzo di trasporto

Ma che succede ora? Ci stiamo infilando un tunnel sempre più stretto... bisogna stringersi e quasi mettersi in fila, qui non si passa tutti insieme ragazzi! Lì c'è un cartello... vedere vedere, cosa c'è scritto? "State entrando nella zona dei capillari sanguigni: tenetevi pronti a rilasciare le vostre molecole di O₂ alle cellule dei tessuti che vi circondano e preparate la conformazione T per ospitare le molecole di CO₂ che le cellule vi cederanno.



PS: non dimenticate di riportare la CO₂ ai polmoni per l'espulsione. Grazie per la collaborazione!"

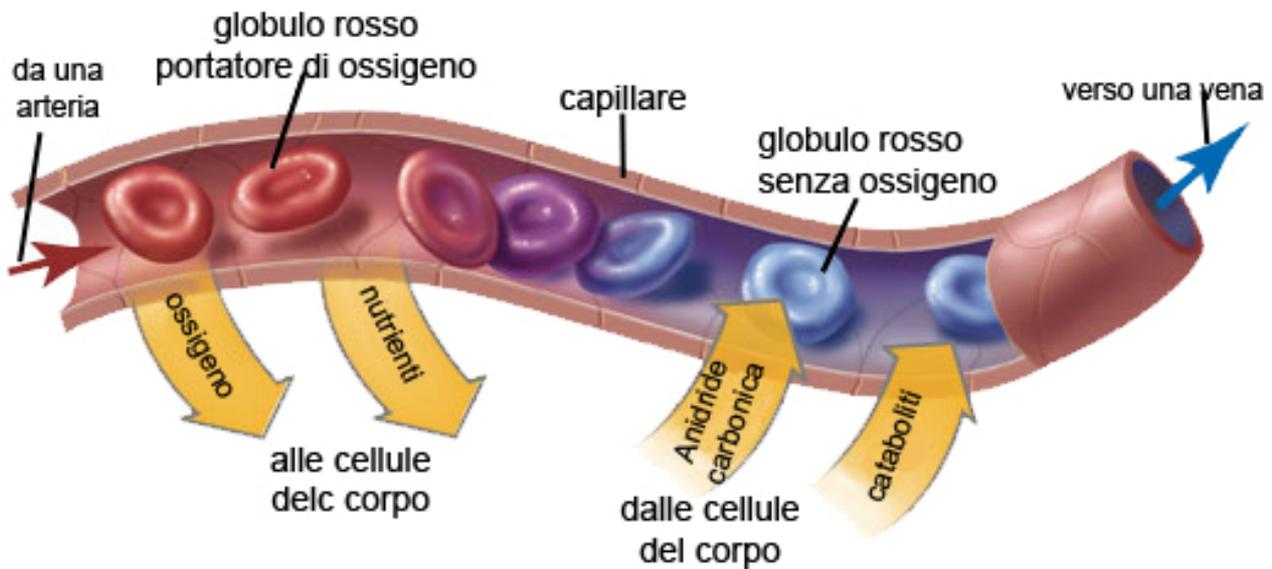
I vasi sanguigni, che portano sangue ossigenato dai polmoni al corpo grazie anche al funzionamento del cuore che lo fa circolare, si ramificano sempre di più in canalicoli di dimensioni micrometriche, che raggiungono, sfiorando (non entrano in esse!) praticamente tutte le cellule di tutti i tessuti vivi del nostro corpo. La funzione di questo "sistema di irrigazione mirato" è che le cellule necessitano continuamente di O₂, mentre scartano e devono eliminare CO₂.

Se ti stai chiedendo il perché di questo fenomeno... aspetta di leggere il prossimo capitolo e scoprirai cose che già dovresti conoscere... come la "respirazione cellulare".

Lo scambio di gas tra sangue e cellule avviene attraverso il processo di diffusione. Le cellule si trovano a distanze minime dai capillari: la ridotta distanza facilita gli scambi tra il sangue e le cellule dei tessuti attraverso le pareti dei capillari. In questi, il sangue fluisce molto lentamente per facilitare gli scambi.

Il processo che guida lo scambio gassoso nei capillari dei tessuti è simile a quello già visto per lo

scambio gassoso polmonare (veri cap. 3), ma avviene al contrario (a “frecche invertite”).



La cessione dell'O₂ ai tessuti avviene in virtù della differenza di concentrazione di O₂ esistente tra il sangue carico di ossigeno in arrivo dai polmoni, ed i tessuti stessi: infatti nel sangue ossigenato la pressione O₂ è circa doppia rispetto a quella dei tessuti.

Al contrario, la concentrazione della CO₂ nelle cellule è molto più alta che non nel sangue: quindi questa tende a diffondere dai tessuti al sangue... legandosi per lo più ai globuli rossi rimasti scarichi di ossigeno. C'è solo una differenza: la CO₂ è più ingombrante e ogni globulo rosso ne può trasportare solo 2 molecole (invece di 4 come per l'O₂).

Il sangue in uscita dai capillari dei tessuti sarà, quindi, molto diverso da quello in entrata: il primo conteneva un'alta concentrazione di O₂ e bassa di CO₂, nel secondo la situazione si inverte.

La rete capillare nei tessuti è fittissima per: (1) permettere una più efficace distribuzione del sangue a tutte le cellule del corpo; (2) consentire una più efficiente regolazione del flusso sanguigno: in condizioni di riposo, infatti, la rete capillare viene utilizzata in minima parte, ma aumentando l'afflusso di sangue in una parte del corpo, in seguito ad un maggior utilizzo di quella (es.: una gamba mentre cammino o corro) l'attivazione dei capillari “dormienti” garantirà un maggior scambio $O_2 \rightleftharpoons CO_2$ tra eritrociti e tessuti e, quindi, una maggior funzionalità.



In pratica, come vedremo tra poco, la relazione è:

«più ossigeno alle cellule → più energia producibile»

Perciò ora preparatevi a cambiare cavallo ragazzi! La vostra molecola di ossigeno se ne va, salutatela: è destinata ad altri scopi. Quindi avete due possibilità per uscire: o ve la fate a piedi o chiedete un passaggio ad una molecola di CO₂ che, anche se un po' più stanca e antipatica, nel frattempo ha preso il posto dell'O₂... bisognerà accontentarsi!

La seconda vero? Ok, di nuovo a cavallo... ma questa volta di una molecola di CO₂!

6. ...uno sguardo dentro LA CELLULA: il processo di RESPIRAZIONE CELLULARE e la produzione di ENERGIA

Abbiamo detto precedentemente che i tessuti chiedono continuamente ossigeno e scartano anidride carbonica... ma perché? Qual'è il processo che effettua questa trasformazione e a cosa serve? Perché è vera la relazione «più ossigeno alle cellule → più energia producibile»?

Intanto che siamo fermi all'autogrill nei capillari e siamo momentaneamente scesi dalla nostra molecola di trasporto, approfittiamone per dare una sbirciatina dentro la cellula e vedere cosa sta succedendo!

6.1. L'O₂ è il comburente della RESPIRAZIONE CELLULARE

La richiesta di O₂ da parte delle cellule dipende dalla quantità di energia che esse devono produrre per la propria attività.

Ma torniamo alla nostra molecola di O₂ appena entrata nel tessuto... ad esempio, fingiamo che sia un tessuto muscolare. L'ossigeno, all'interno della cellula, viene catturato da un organulo detto mitocondrio, nel quale viene utilizzato come **comburente** per l'ossidazione (combustione) delle sostanze nutritive, soprattutto zuccheri semplici (glucidi). Per comburente si intende una sostanza necessaria in una reazione di combustione per bruciare il combustibile, e senza il quale non può avvenire la reazione: l'ossigeno è il comburente più diffuso nelle combustioni comuni.

Dal processo di combustione dei glucidi viene, quindi, prodotta energia chimica sotto forma di una molecola chiamata ATP (una molecola composta da tre gruppi fosfato): questa è energia potenziale, cioè pronta per essere liberata quando necessario. La combustione, inoltre, produce, come prodotti di scarto, acqua e CO₂, che viene rilasciata nella cellula. Il processo appena visto assume, nel suo complesso, il nome di **respirazione cellulare**.

La liberazione di energia effettivamente utilizzabile dalla cellula avviene grazie alla rottura del legame chimico di uno dei tre gruppi fosfato delle molecole di ATP.

In pratica, a questo punto è facile capire la sequenza:

«più energia richiesta per un'attività → maggior occorrenza della respirazione cellulare → più necessità ossigeno (e nutrimento) nelle cellule → aumento battiti cardiaci per velocizzare la circolazione → aumento della frequenza respiratoria per ossigenare più sangue»

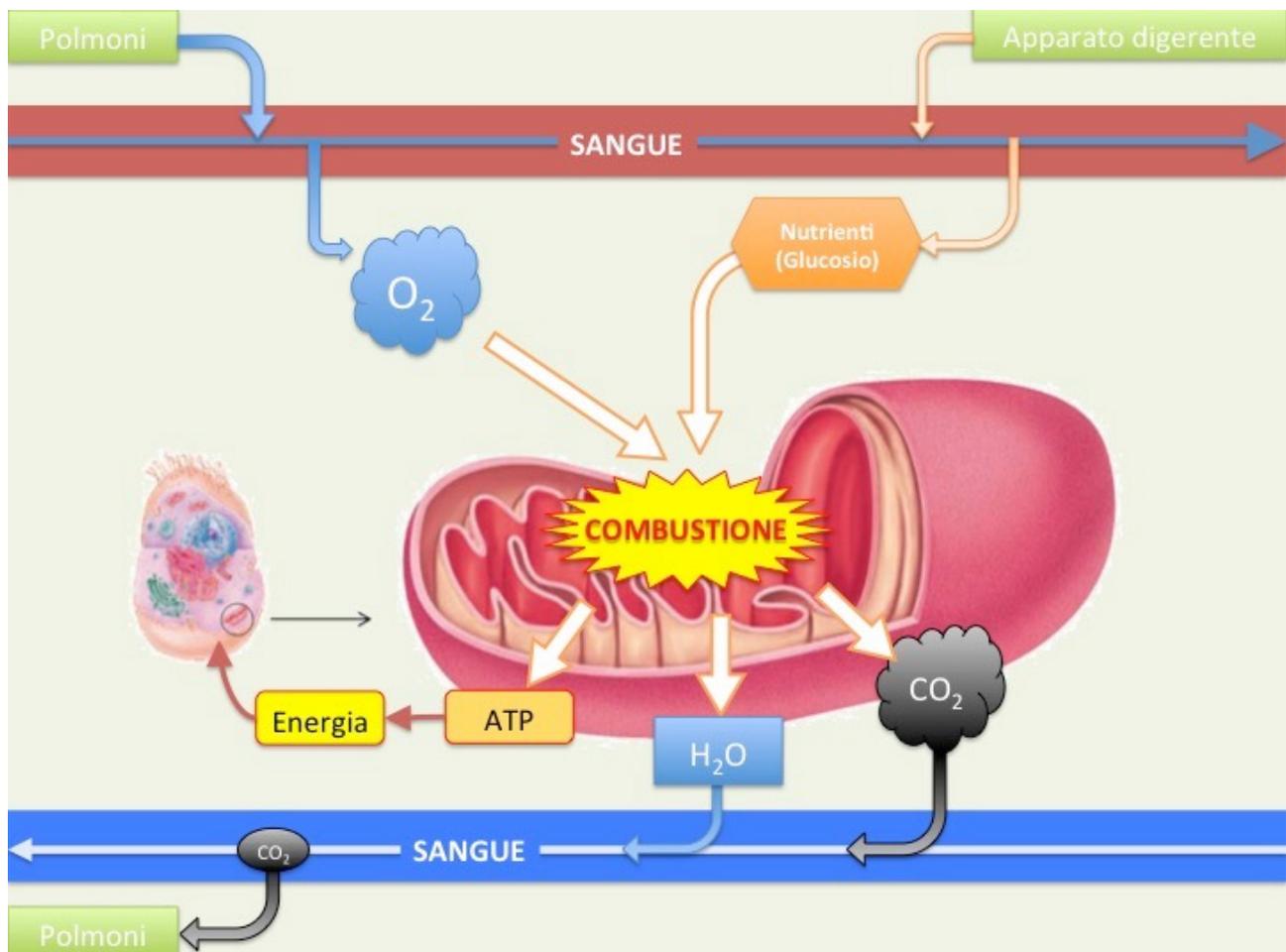
Si è calcolato, infatti, che l'apporto totale di O_2 ai tessuti, che in condizioni di riposo è valutato circa 250 ml/minuto, può salire, durante il lavoro muscolare intenso, fino a 4000 ml/minuto!

6.2. ...ma il combustibile viene dal processo di **DIGESTIONE** e **ASSIMILAZIONE**.

Tutti i processi vitali si accompagnano a trasformazioni di energia che deriva dagli alimenti e dalle riserve di sostanze di cui l'organismo dispone. Le sostanze contenute negli alimenti subiscono una serie di trasformazioni e, in ultima analisi, quando ridotte a molecole semplici (es: glucosio) subiscono un processo di ossidazione (vedi: respirazione cellulare) dal quale deriva l'energia necessaria per tutte le attività vitali. Tutte queste trasformazioni avvengono nell'**apparato digerente** e la quantità di energia potenziale assimilata (ed effettivamente utilizzata o accumulata come sostanze di riserva) è definita *valore calorico* degli alimenti.

Le sostanze utilizzate come combustibili nella respirazione cellulare (zuccheri, proteine e lipidi) vengono dal processo di digestione dei nutrienti realizzato nell'apparato digerente, in cui le complesse molecole di carboidrati, proteine e grassi, vengono trasformate e scisse in molecole più semplici.

Anch'esse, al termine del loro percorso nel digerente, vengono assimilate e riversate nel circolo sanguigno.



Sai, in effetti, riflettendoci un po', noi siamo finiti, un po' per caso, un po' per scelta (del Prof.!) in una cellula del tessuto muscolare, ma saremmo potuti finire in una qualsiasi cellula di qualsiasi tessuto del nostro corpo: tutte necessitano di energia, quindi... in tutte avviene la respirazione cellulare e tutte hanno bisogno di ossigeno (e nutrienti). Anche quelle dell'apparato digerente.

(→ **REPARTO GASTROENTEROLOGIA**)

7. Il ruolo dell'ossigeno nella CONTRAZIONE MUSCOLARE

Il sangue, quindi, trasporta alle cellule muscolari **ossigeno** e **glucosio**, che attraverso il processo di **respirazione cellulare**, vengono trasformati in molecole energetiche (ATP) necessarie per il movimento. Durante il processo di produzione/consumo di energia a partire dall'ATP si libera anche calore (per questo durante uno sforzo si ha la sensazione di “caldo”) e viene rilasciata anidride carbonica, allontanata dalle cellule per mezzo del sangue.

I **muscoli** sono **tessuti** capaci di un solo tipo di movimento attivo: accorciarsi contraendosi e generare, grazie al loro ancoraggio al sistema scheletrico, il movimento. In ogni caso, un muscolo non può mai estendersi (allungarsi) attivamente: l'estensione è sempre passiva, come conseguenza dell'azione di due muscoli antagonisti (*).

(→ **REPARTO ORTOPEDIA**)

Analisi di alcuni casi limite

- (a) Durante uno sforzo intenso può accadere che ai muscoli non arrivi abbastanza ossigeno (**Ipossia**) e il corpo allora è costretto a ricorrere al **metabolismo anaerobico o lattacido**: questo meccanismo consente di ottenere energia a partire dal glucosio, senza consumo di ossigeno e producendo, come prodotto di reazione, **acido lattico**, sostanza che viene ricondotta al fegato tramite il sangue, e successivamente riconvertita in glucosio, nuovamente disponibile per il muscolo. Se lo sforzo è eccessivo, l'acido lattico si può accumulare nel muscolo in grande quantità, provocando affaticamento, crampi e dolore. Questo tipo di metabolismo, però, può essere utilizzato per sforzi molto intensi, ma brevi (40-45 secondi al massimo) ed è un “meccanismo salvavita”, utile in casi di estrema necessità.
- (b) Esiste anche un altro caso in cui i nostri muscoli subiscono uno stress, ovvero quando non è il comburente (O₂), ma il combustibile a venire a meno (**Ipoglicemia**). L'ipoglicemia può essere una condizione transitoria o estrema. I nostri muscoli utilizzano diversi tipi di combustibili; nell'ordine: zuccheri (es.: glucosio), proteine, lipidi (es.:grassi). Molto semplicisticamente (non è proprio così...) quando si finisce un tipo di combustibile si passa all'altro. La velocità con cui vengono ossidate le diverse molecole ed il loro rendimento energetico sono, però, diverse: ad esempio, il metabolismo dei lipidi è molto più lento di quello degli zuccheri, ma anche molto più energetico! Nel passaggio da un tipo di combustibile ad un altro il nostro corpo va “in crisi” di riadattamento: ha bisogno di un po' di tempo per cambiare metabolismo insomma (ipoglicemia transitoria: “la crisi del 30^{mo} Km”). Se, invece, il combustibile è proprio finito, allora l'ipoglicemia è una condizione terminale (estrema) che ci impedisce di proseguire nello sforzo e ci blocca la contrazione muscolare.

Beh, in effetti, adesso che siamo fermi qui da un po' di tempo, in attesa che la nostra molecola di CO₂ venga

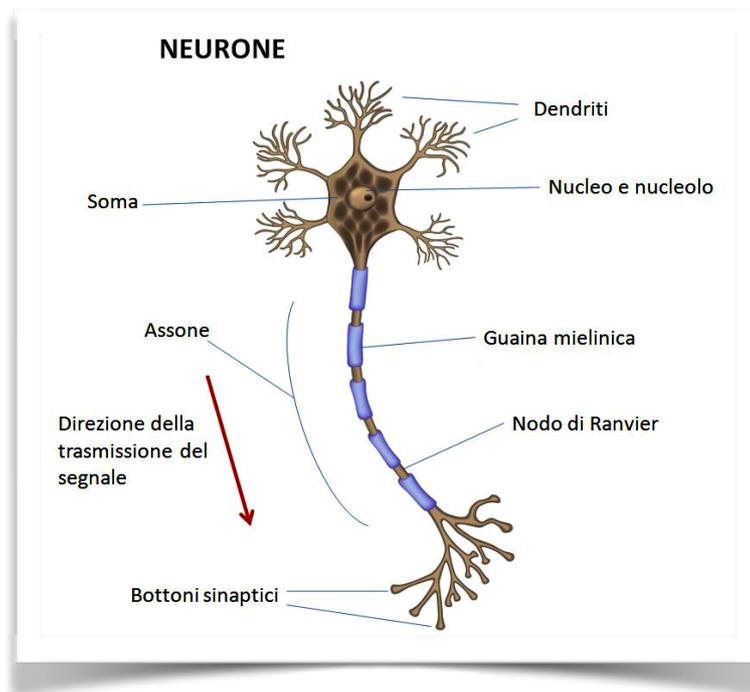
installata sull'emoglobina, potrebbe anche esseri venuta voglia di muoverti, no? Le basi bio-chimiche della contrazione muscolare le abbiamo già viste (mentre per quanto riguarda il meccanismo di contrazione vero e proprio ci penseranno i colleghi del reparto di ortopedia a spiegarci il tutto).

Il dubbio che potrebbe sorgerti ora è: ma come fanno i miei muscoli a sapere “quando” e “come” devono muoversi? La risposta la troverai nel prossimo capitolo, ed è univoca: la contrazione muscolare, sia volontaria o involontaria, è sempre determinata da uno stimolo proveniente dal Sistema Nervoso.

8. Lo STIMOLO NERVOSO nella contrazione muscolare

In attesa che i nostri colleghi neurologi ci istruiscano sulle strutture e funzioni del Sistema Nervoso, possiamo iniziare ad apprezzare, dando uno sguardo ai tessuti intorno a noi, quali siano gli interruttori che fanno avvenire la contrazione muscolare.

In effetti, guardando bene, ogni contrazione corrisponde ad una piccola scarica elettrica che giunge sulla superficie del tessuto muscolare ([video impulso nervoso](#))...



Gli impulsi nervosi sono eventi di natura elettrica che percorrono la superficie di particolari cellule allungate del sistema nervoso, dette **neuroni**, in grado di condurre un segnale elettrico a grandissime velocità.

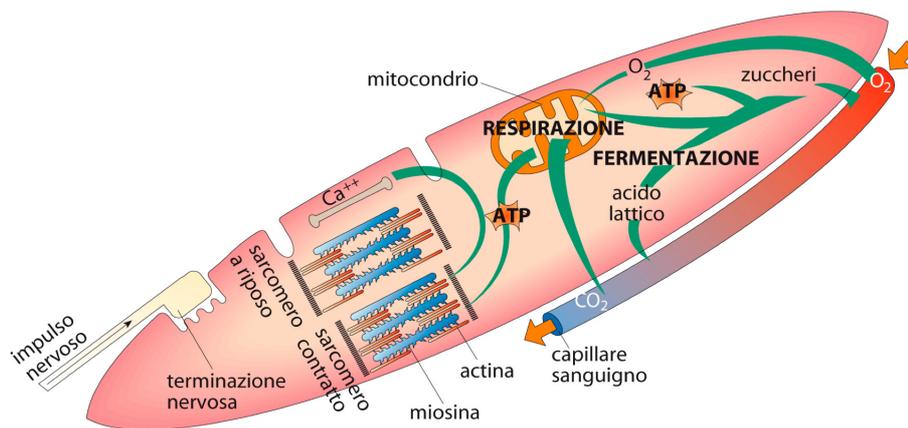
Nel più semplice dei casi (quello di un movimento volontario) il segnale elettrico parte dal cervello e, passando di neurone in neurone attraverso il nostro Sistema Nervoso (*Centrale e Periferico... come ci spiegheranno i nostri colleghi neurologi...*), giunge sulla superficie del tessuto muscolare, su cui scaricherà l'impulso elettrico. Le cellule muscolari trasformeranno l'impulso elettrico così ricevuto in un messaggio chimico che verrà trasmesso all'interno della cellula: sarà, infine, questo messaggio chimico (uno ione Ca^{++}), insieme all'energia prodotta dai mitocondri grazie a glucosio e ossigeno (vedi cap. 6), ad attivare le strutture che permettono alle cellule

muscolari di accorciarsi (contrazione).

(→ **REPARTO NEUROLOGIA**)

Quando lo stimolo terminerà avrà fine anche la contrazione.

Di seguito uno schema sintetico riassuntivo dei processi nervosi, chimici e fisici che portano alla contrazione di una cellula muscolare, con un dettaglio della sua struttura.



9. ...e finalmente ecco la nostra molecola di CO_2 : il ritorno all'atmosfera.

Ce l'abbiamo fatta ragazzi! Dopo un lungo aspettare (che ci ha permesso di capire alcune cose molto importanti però!) torniamo al presente: l'emoglobina del nostro eritrocita è riuscita a montare le due molecole di CO_2 . Siamo pronti per ripartire per il nostro viaggio di ritorno... anche perché l'aria qui si sta facendo un po' irrespirabile...

...infatti l'anidride carbonica per i nostri tessuti è tossica e deve essere espulsa. Il viaggio di ritorno è esattamente speculare rispetto a quello di andata, e lascia spazio a ben poche emozioni... quindi non sarà analizzato nel dettaglio. Notiamo solo che, pur non essendo mai usciti dai capillari, ora l'ambiente è decisamente cambiato: la maggior parte dei globuli rossi ha avuto lo stesso destino del nostro ed ora ben pochi trasportano ancora ossigeno, mentre la maggior parte è legata a molecole di CO_2 che, per diffusione, sono passate attraverso le membrane cellulari e sono entrate nel sangue.

La CO_2 deve essere espulsa attraverso i polmoni, come già accennato al cap. 3: i globuli rossi la trasporteranno nuovamente agli alveoli tramite dei vasi molto diversi da quelli percorsi all'andata (come ci spiegheranno i nostri colleghi del reparto cardiovascolare), che chiamiamo vene. Le vene termineranno, quindi, in capillari polmonari circondando gli alveoli e qui, nuovamente per differenze di concentrazione, la CO_2 subirà diffusione verso l'interno degli alveoli, dai quali sarà espulsa in atmosfera grazie al processo di **espirazione**.

10. Conclusione

Il nostro viaggio è finito ragazzi... ora possiamo tornare alle nostre dimensioni normali portandoci dietro qualche conoscenza e, speriamo, qualche competenza in più rispetto a prima...

Due però sono le cose che ritengo necessario sottolineare:

- *Il nostro corpo è una macchia complicatissima e perfetta, spesso in grado di auto-ripararsi, ma è anche molto delicata; preserviamola e rispettiamo la evitando comportamenti pericolosi ed eccessi: è l'unica che abbiamo!*
- *la vostra sete di conoscenza e le vostre possibilità di apprendere sono determinate prima di tutto dalla vostra voglia di conoscere: quindi, prima di tutto, per imparare ad imparare siate curiosi... a tutto il resto si pone rimedio, ma la curiosità deve nascere dentro di voi!*

SITOGRAFIA

- www.gpmeneghin.com
- www.lacellula.net
- www.chimica-online.it
- www.sapere.it
- www.atlantemedicina.wordpress.com
- www.zanichelli.it

BIBLIOGRAFIA

- A. Acquati, C. De Pascale, F. Scuderi, V. Semini, *La mela di Newton*, Loescher, Torino, 2008;
- R. Zanolì, L. Pini, P. Veronesi, *Scopriamo la natura*, Zanichelli, 2012;
- C. Casella, *Principi di Fisiologia*, La Goliardica Pavese, Pavia;
- Fattorini L., Ferraresi A., Rodio A., Azzena G.B., Filippi G.M., *Motor performance changes induced by muscle vibration*, Eur J Appl Physiol, 2006;
- Bottinelli R., Canepari M., Pellegrino M.A., et al, *Force-velocity properties of human skeletal muscle fibers: myosin heavy chain isoform and temperature dependence*, J Physiol, 1996;
- Smolle M., Prior A.E., Brown A.E., Cooper A., Byron O., Lindsay J.G., *A new level of architectural complexity in the human pyruvate dehydrogenase complex*, J Biol Chem 281, 2006;