

I MANGA DELLE SCIENZE

ANATOMIA

ETSURO TANAKA
KEIKO KOYAMA
BECOM CO., LTD.





I MANGA DELLE SCIENZE
ANATOMIA

ETSURO TANAKA
KEIKO KOYAMA
BECOM CO., LTD.

水
E - BOOKS

SOMMARIO

PREFAZIONE	IX
PROLOGO.....	1
1	
L'APPARATO CIRCOLATORIO	7
Il sistema di conduzione elettrica del cuore.....	8
Movimenti del cuore e forme d'onda.....	18
Scopriamo qualcosa in più sull'apparato circolatorio!.....	22
L'attività elettrica nel cuore.....	22
Come funziona un elettrocardiogramma	23
In che modo il sistema nervoso influisce sull'apparato circolatorio.....	24
Le arterie coronarie.....	25
Circolazione sanguigna.....	26
Pressione sanguigna	29
Come misurare la pressione sanguigna	30
Il sistema linfatico.....	31
2	
IL SISTEMA RESPIRATORIO.....	33
Il compito della respirazione.....	33
Come funziona la ventilazione	37
Controllare la respirazione	42
Scopriamo qualcosa in più sull'apparato respiratorio!	46
Respirazione esterna ed interna	46
Pressioni parziali dei gas nel sangue	48
Acidosi e alcalosi.....	50
Come funzionano i polmoni	52
3	
IL SISTEMA DIGERENTE.....	55
Il canale alimentare	56
L'esofago e lo stomaco	59
Il duodeno e il pancreas	61
L'intestino tenue e l'intestino crasso	62
Le tre principali sostanze nutritive.....	65
Scopriamo qualcosa in più sull'apparato digerente!	72
L'apparato digerente in azione	72
L'ATP e il ciclo dell'acido citrico	74
I fluidi digestivi e gli enzimi digestivi	76
Il ruolo del fegato nel metabolismo e nella digestione.....	78

4

I RENI E IL SISTEMA RENALE	81
Filtrare il sangue	83
Riassorbire l'acqua e le sostanze nutritive	87
Eliminiamo l'urina	90
Scopriamo qualcosa in più sui reni!	92
L'urina e l'omeostasi del corpo	92
Il processo di minzione	93
Il monitoraggio del sangue nei reni	95
Quando i reni smettono di lavorare	97

5

I FLUIDI CORPOREI	99
Il corpo umano è fatto per il 60% di acqua	101
Pressione osmotica	106
Scopriamo qualcosa in più sui fluidi corporei e il sangue!	110
Manteniamoci idratati	110
Che cosa c'è nel sangue?	111

6

IL CERVELLO E IL SISTEMA NERVOSO	119
Neuroni	121
Il sistema nervoso	123
Scopriamo qualcosa in più sul sistema nervoso!	130
Le parti del cervello	130
La struttura del cervello	131
Danni cerebrali	133
Il midollo spinale	134
Percorsi attraverso il corpo	135
Nervi cranici e spinali	137
Il sistema nervoso autonomo	138

7

IL SISTEMA NERVOSO SENSORIALE	143
Tipi di sensazioni	147
Soglie e adattamento sensoriale	152
Scopriamo qualcosa in più sul sistema nervoso sensoriale!	156
La vista e gli occhi	156
L'udito e le orecchie	159
Equilibrio e orecchio interno	161
L'olfatto e il naso	162
Il gusto e la lingua	164

8

L'APPARATO MUSCOLO-SCHELETTRICO	167
Fibre muscolari	168
Legamenti	173
Scopriamo qualcosa in più su muscoli e ossa!	178

Regolazione della temperatura corporea	178
Ossa e metabolismo osseo	180
9	
CELLULE, GENI E RIPRODUZIONE	185
Struttura base della cellula	187
Geni e DNA	191
Scopriamo qualcosa in più su cellule, geni e riproduzione!	196
La divisione cellulare	196
La riproduzione sessuale	198
10	
IL SISTEMA ENDOCRINO	203
Che cos'è il sistema endocrino?	204
Bilanciamo i livelli ormonali	207
Scopriamo qualcosa in più sul sistema endocrino!	212
Ipotalamo e ipofisi	212
Tiroide e paratiroidi	213
Ghiandole surrenali	215
Pancreas	217
Ormoni sessuali	219
EPILOGO	223
POSTFAZIONE	229
INDICE	231

PREFAZIONE

Se state leggendo questo libro, è possibile che stiate studiando medicina o una delle varie materie correlate, e quindi saprete bene quanto possa intimorire lo studio del corpo umano. Ma conoscendolo un po' di più, la sua organizzazione logica vi risulterà evidente e scoprirete che non è poi tanto difficile da capire. Personalmente, sono continuamente stupefatto dalla sua geniale organizzazione.

Sfortunatamente, in molti temono lo studio della fisiologia perché sembra una disciplina così vasta, e con così tante aree differenti, da risultare ostica. È un peccato, perché una volta apprese le basi del suo funzionamento, il nostro corpo diventa un argomento veramente affascinante.

Questo libro prova a illustrare quanto magnifico sia il corpo umano, in modo facile e divertente, in compagnia di Kumiko, che ha avuto difficoltà a superare proprio l'esame di fisiologia.. Però, facendo esperienza diretta, ad esempio correndo o mangiando, di quanto scritto sui libri, Kumiko sviluppa un sincero interesse personale che la porterà ad apprezzare questa materia di studio, e spero che lo stesso capitì a voi.

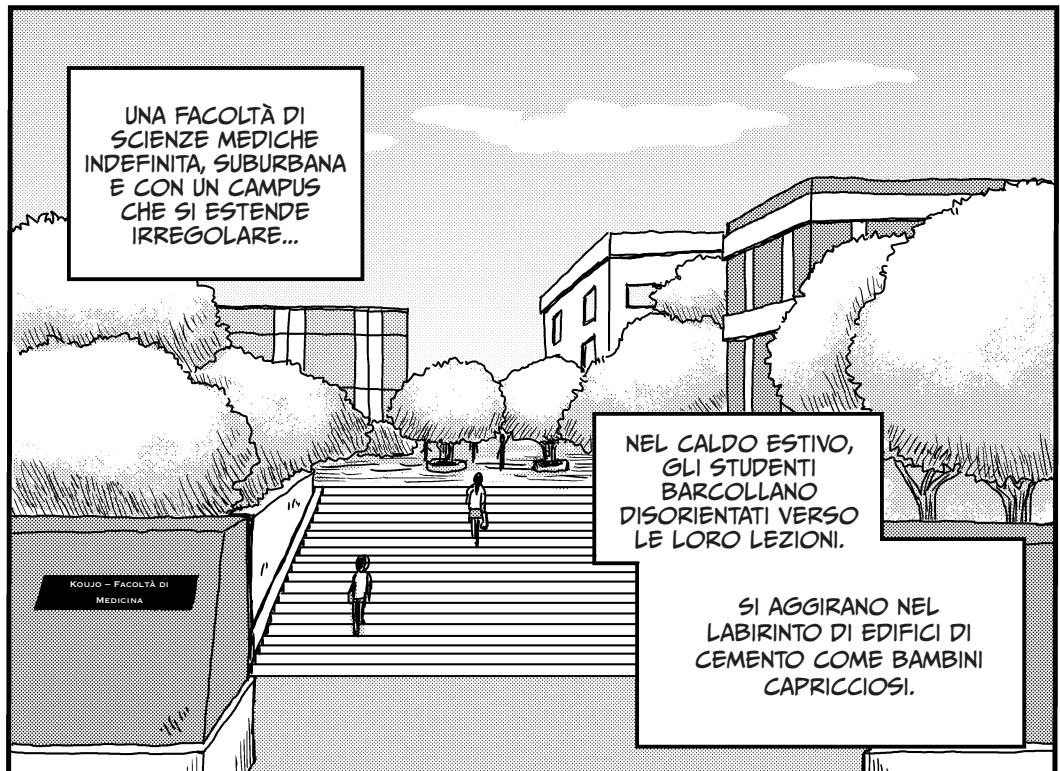
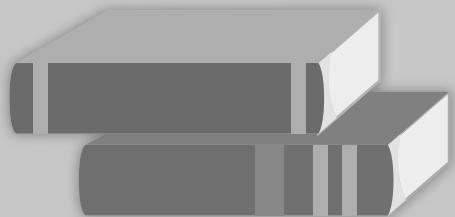
Se non avete mai studiato anatomia o se l'avete trovata difficoltosa, leggere prima le sezioni a fumetti vi fornirà un buon quadro generale. Invece, leggere fumetti e testi d'approfondimento insieme vi assicurerà una visione più dettagliata.

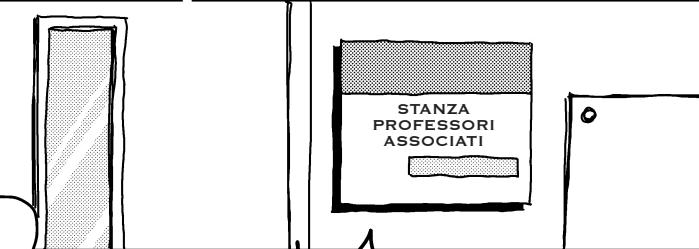
Ma soprattutto, se questo libro vi aiuterà a capire la fisiologia, sarà per me una grande soddisfazione.

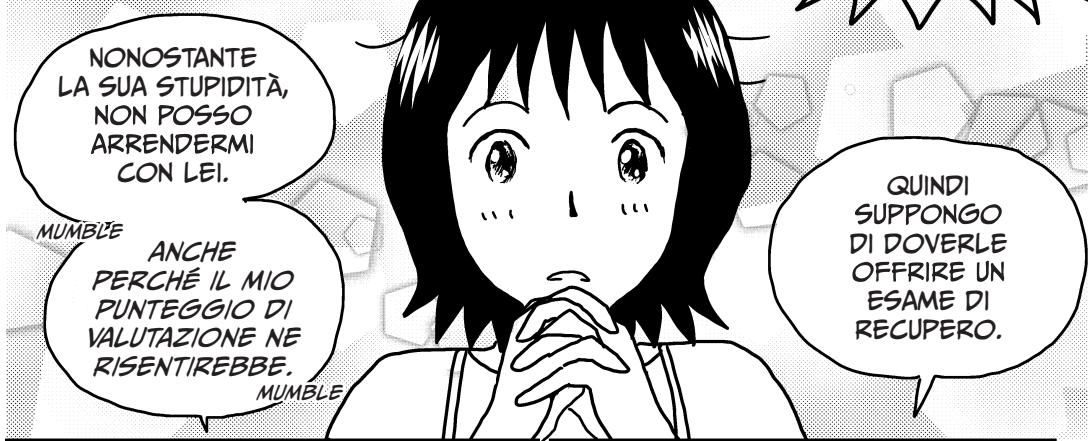
ETSURO TANAKA

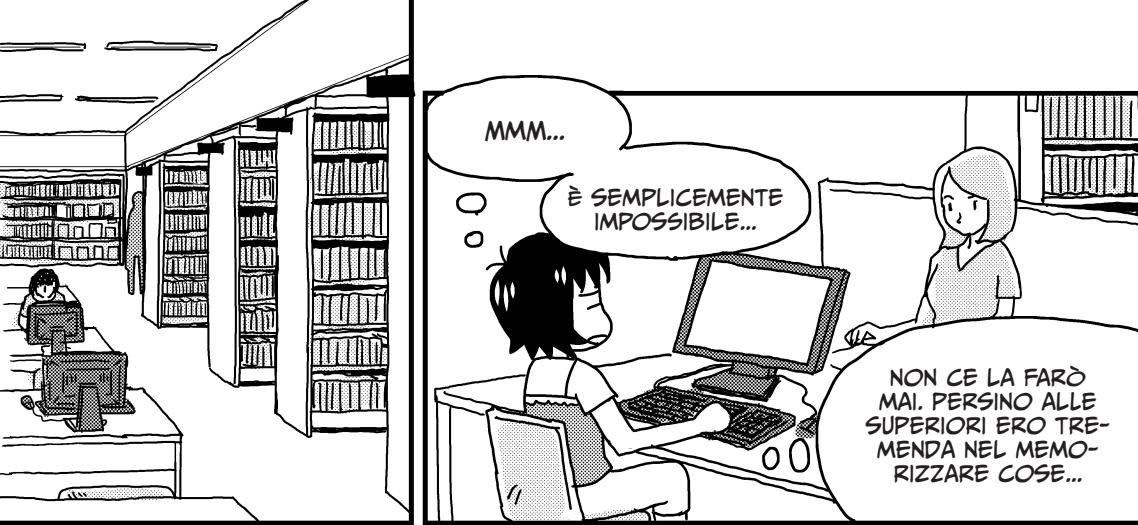
PROLOGO

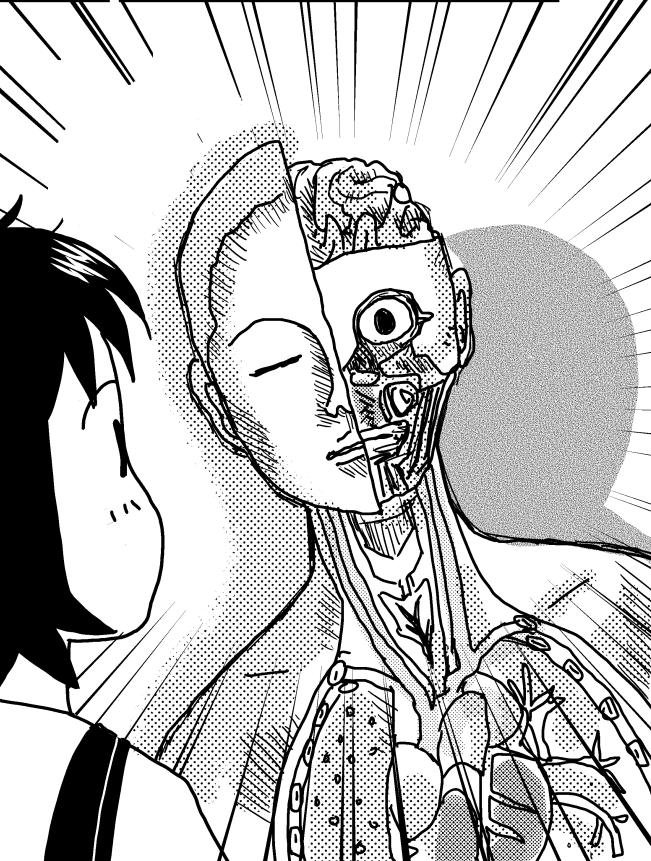
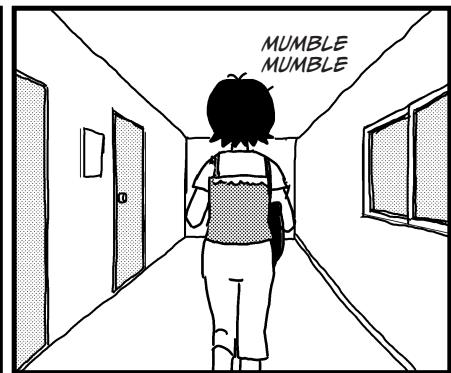
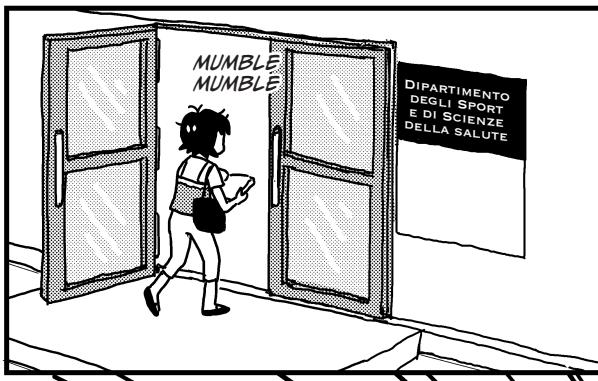
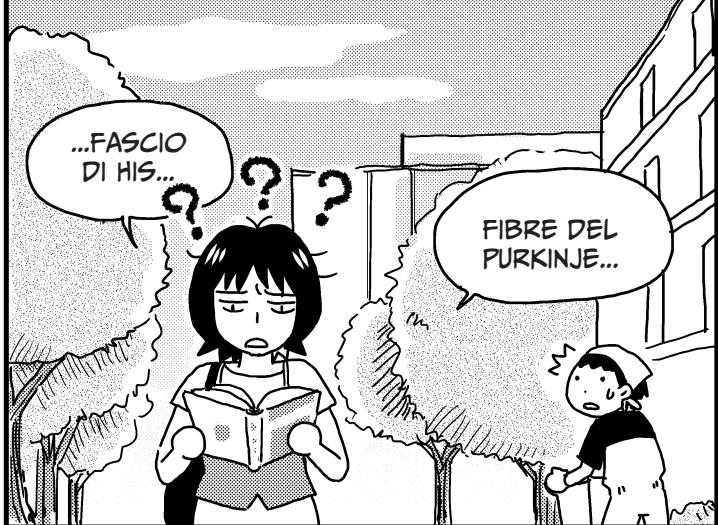
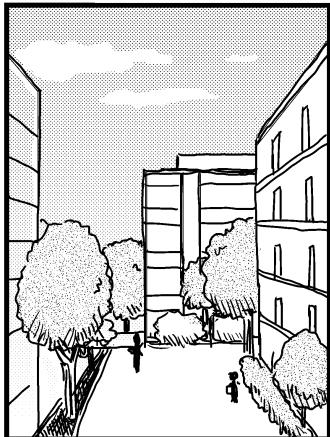
COME SAREBBE A DIRE
CHE DEVO RIDARE L'ESAME
DI FISIOLOGIA 1?

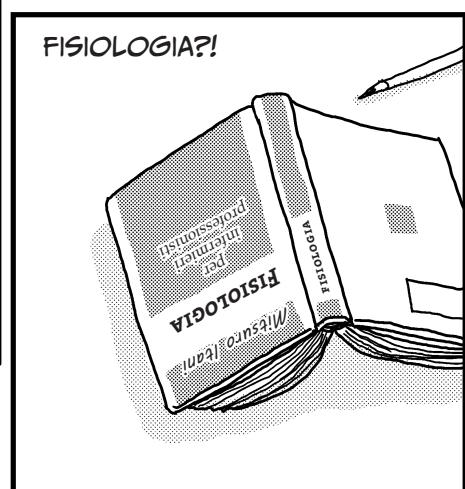
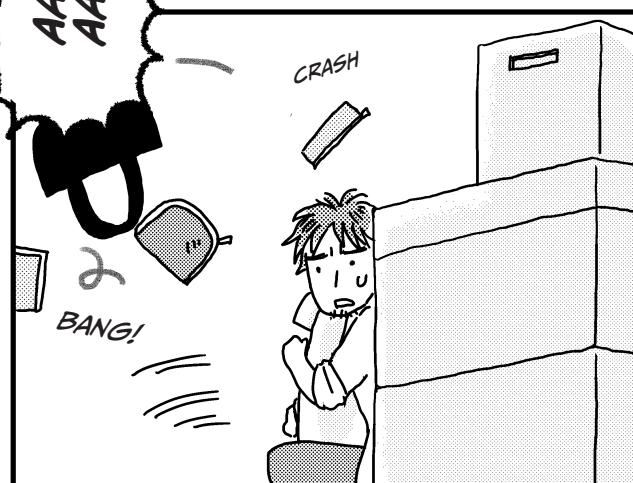
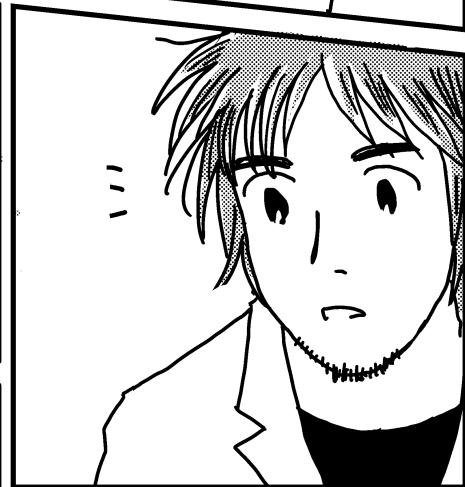
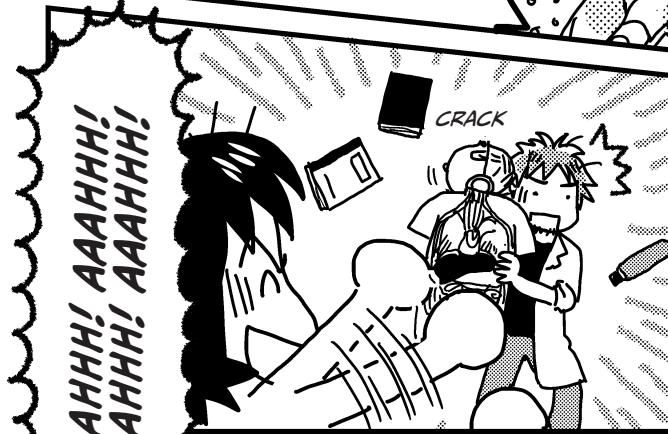












1

L'APPARATO CIRCOLATORIO

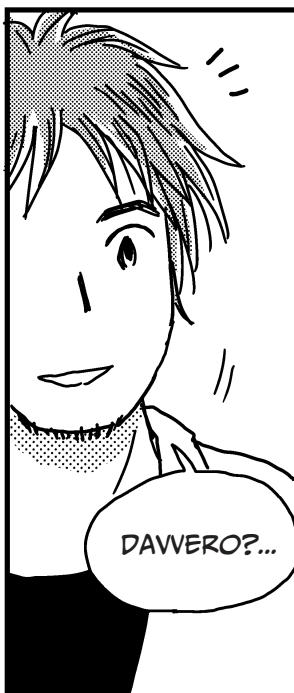
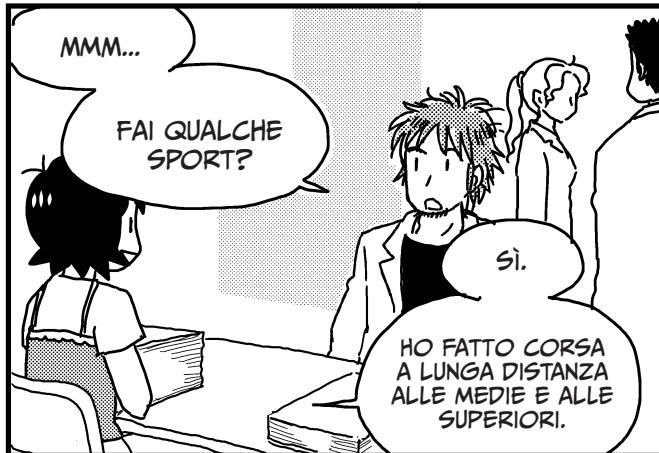
POMPE CHE LAVORANO IN
ARMONIA

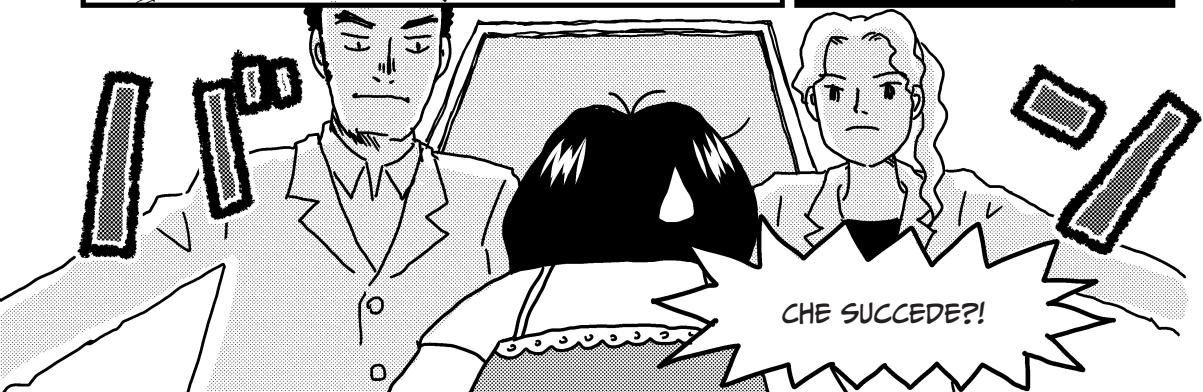
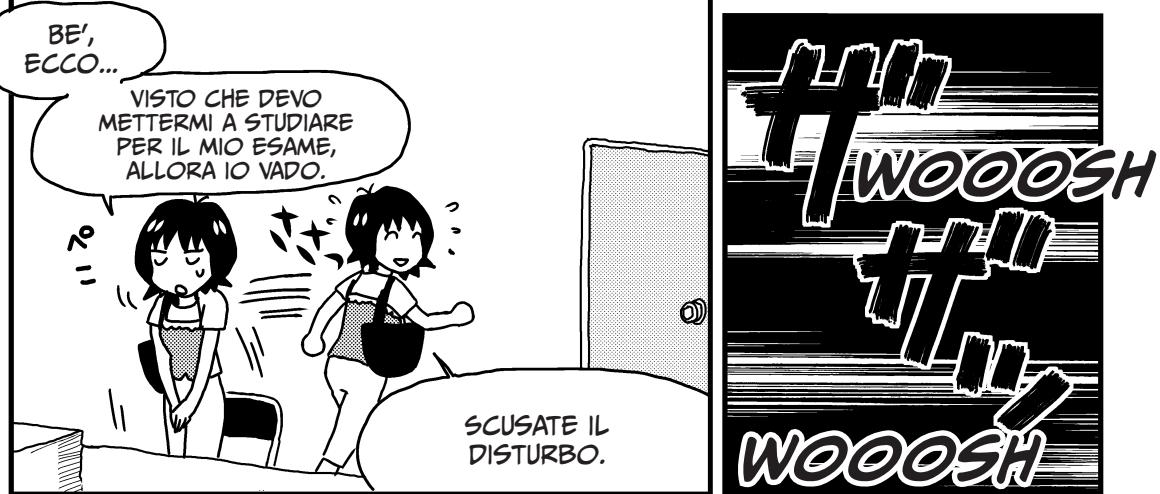


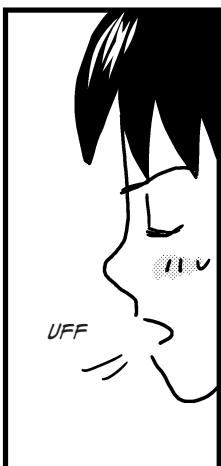
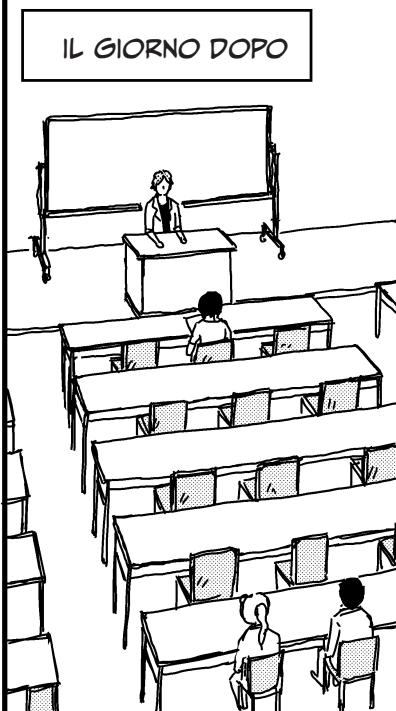
DEVO CHIEDERLE SCUSA!

IL SISTEMA DI CONDUZIONE ELETTRICA DEL CUORE









L'APPARATO CIRCOLATORIO COMPRENDE GLI ORGANI CHE POMPANO IL SANGUE NEL CORPO UMANO. IL SISTEMA DI CONDUZIONE CHE DÀ INIZIO ALLA CONTRAzione DEL CUORE TRASMETTE UN IMPULSO ELETTRICO, CHE RAPPRESENTA, APPUNTO, UN COMANDO DI CONTRAzione, DAL NODO SENOATRIALE ALLE CELLULE DEL VENTRIColo.

MIOCARDIO NEL
IL NODO
SENTOATRIALE, IL
NODO ATRIO-
VENTRIColare...
UHM... EHM...



STOP!

FERMATI UN ATTIMO.
RIESCI A COMPRENDERE
QUELLO CHE ESCE
DALLA TUA BOCCA?

PANT
PANT

MA LUI HA DETTO
CHE LA FISIOLOGIA È MEMORIZZAZIONE.

LO HA DETTO
IL PROFESSOR
ITANI?

GIA
GIA

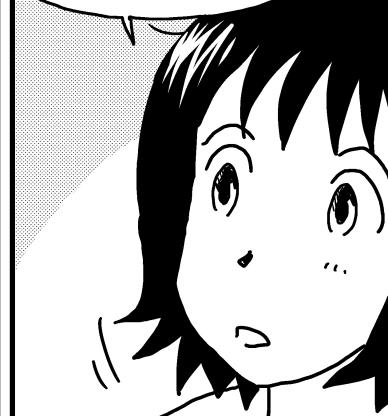


L'APPARATO
CIRCOLATORIO
INCLUDE IL CUORE E
I VASI SANGUIGNI.

IL CUORE
È UNA POTENTE
POMPA CHE INVIA IL
SANGUE NEL TUO
CORPO ATTRAVERSO
UNA RETE DI
VASI SANGUIGNI CHE
FUNZIONANO COME
DELLE TUBATURE.

APPARATO
CIRCOLATORIO

HA DAVVERO
INTENZIONE DI
TORNARE ALLE
BASI, VERO?



CERTO! IL
COMPITO DEL
SANGUE È TRA-
SPORTARE OSSI-
GENO E SOSTANZE
NUTRITIVE (SN).

E SE IL
SANGUE SMETTE
DI SCORRERE, LA
PERSONA MUORE.

IL CUORE ASSICURA
LA CIRCOLAZIONE DEL
NOSTRO SANGUE, ED
È PER QUESTO CHE È
COSÌ CRUCIALE PER
MANTENERCI IN VITA.

CAVOLO, È
PASSATO TAAANTO
TEMPO DA QUANDO
HO STUDIATO GLI OR-
GANI DELL'APPARATO
CIRCOLATORIO.

PER-
CIO...

CI SONO
DUE CIRCUITI
SANGUINI.
UNO CIRCOLA
NEI POLMONI
E L'ALTRO
IN TUTTO IL
CORPO.

SI CHIAMANO
CIRCOLAZIONE POL-
MONARE E CIRCO-
LAZIONE SISTEMICA,
GIUSTO?

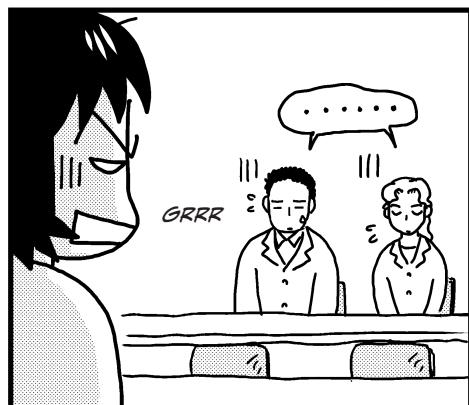
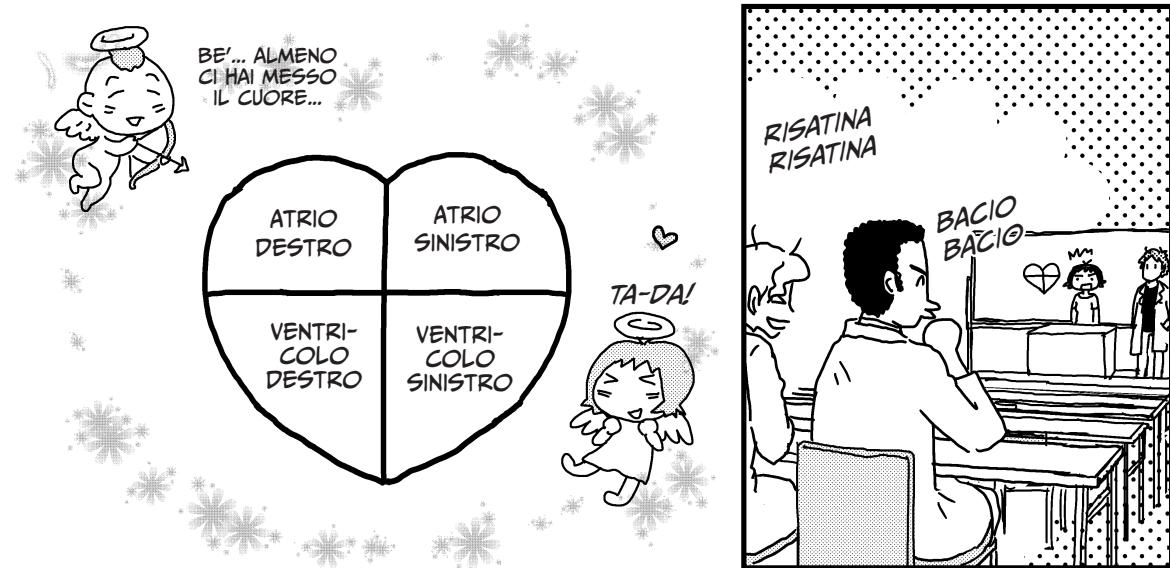
SÌ, GIUSTO.

RIFLETTIAMOCI ANCO-
RA UN PO'. IL CUORE È
DIVISO IN DUE CIRCUITI, LA
PARTE SINISTRA DEL CUO-
RE E LA PARTE DESTRA.

BENE,
BENE...

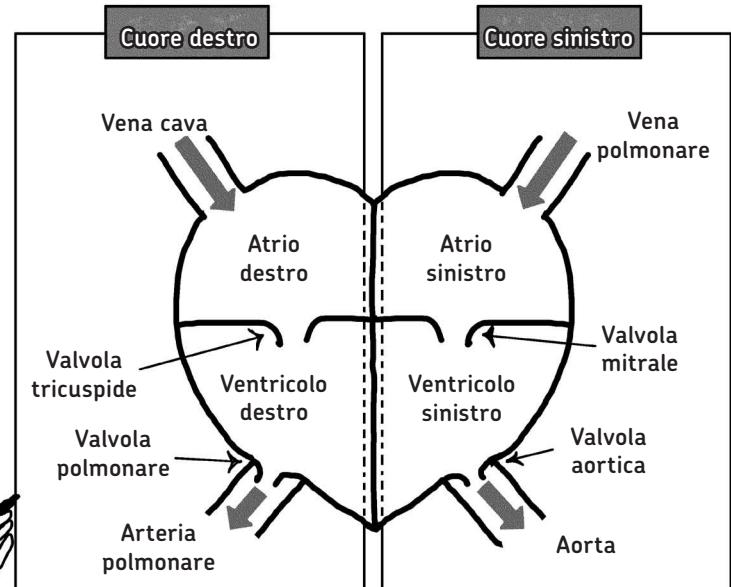
LA PARTE SINISTRA
DEL CUORE È COSTITUITA
DALL'ATRIO E DAL VENTRI-
COLO SINISTRO, E LA PARTE
DESTRA DALL'ATRIO E DAL
VENTRIColo DESTRO.

QUESTA
PARTE LA CO-
NOSCE PER-
FETTAMENTE.



LE ARTERIE E LE VENE SONO CONNESSE IN QUESTO MODO AL CUORE, IL QUALE HA QUATTRO CAMERE E QUATTRO VALVOLE.

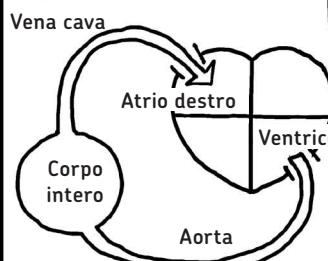
IL LATO DESTRO E IL LATO SINISTRO CORRISPONDONO PIÙ O MENO A CUORE DESTRO E CUORE SINISTRO.



A PROPOSITO, IL CUORE SINISTRO È IL LATO DEL CUORE CHE POMPA SANGUE ALL'INTERO ORGANISMO.



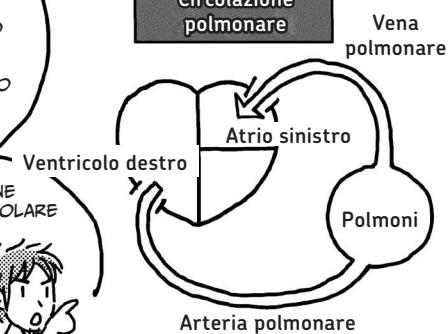
Circolazione sistematica



LA CIRCOLAZIONE SISTEMICA FA CIRCOLARE IL SANGUE DAL VENTRIColo SINISTRO ALL'INTERO ORGANISMO FINO ALL'ATRIO DESTRO.



Circolazione polmonare



LA CIRCOLAZIONE POLMONARE FA CIRCOLARE IL SANGUE DAL VENTRIColo DESTRO AI POLMONI FINO ALL'ATRIO SINISTRO.



IL CUORE SINISTRO E IL CUORE DESTRO SONO POMPE, E LA CIRCOLAZIONE SISTEMICA E QUELLA POLMONARE MANDANO IL SANGUE ATTRAVERSO UNA SERIE DI "TUBATURE", GIUSTO?



FORSE NON SONO PROPRI CONOSCENZE BASILARI, DOPOTUTTO.



BE', ANDIAMO OLTRE.



COME SAI, QUANDO IL MUSCOLO DEL CUORE CHIAMATO MIOCARDIO RICEVE STIMOLI ELETTRICI IL CUORE SI CONTRAE E SI RILASCIÀ CON UN RITMO BEN REGOLATO.

GIÀ, QUESTO RITMO DI CONTRAzione E RILASCIAMENTO NON È FORSE CAUSATO DAL SISTEMA DI CONDUZIONE ELETTRICA DEL CUORE?



QUINDI...

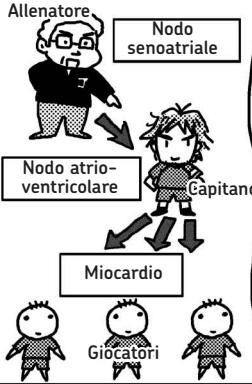
PUOI PENSARE AL SISTEMA DI CONDUZIONE ELETTRICA DEL CUORE COME A UNA SQUADRA DI CALCIO!

CHE VUOL DIRE...?



LA PERSONA IN CARICA DEGLI IMPULSI ELETTRICI, CHE SONO LA SORGENTE DEL RITMO DEL CUORE, È L'ALLENATORE.

Allenatore
Nodo senoatriale

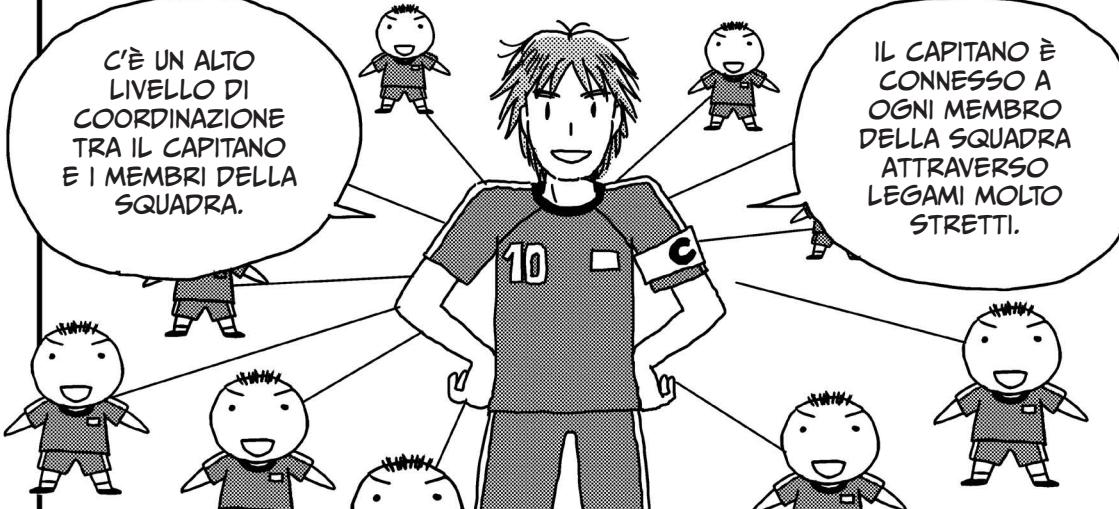


GLI IMPULSI SONO TRASMESSI AL CAPITANO...

...E POI TRASMESSI AI GIOCATORI.

C'È UN ALTO LIVELLO DI COORDINAZIONE TRA IL CAPITANO E I MEMBRI DELLA SQUADRA.

IL CAPITANO È CONNESSO A OGNI MEMBRO DELLA SQUADRA ATTRAVERSO LEGAMI MOLTO STRETTI.



INOLTRE, L'ALLENATORE RICEVE ISTRUZIONI DAL PROPRIETARIO DELLA SQUADRA.

Proprietario



Cervello

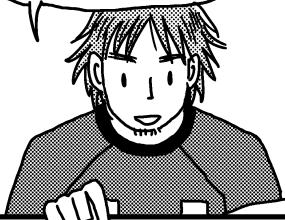


Nodo senoatriale



OH! OH! OH!

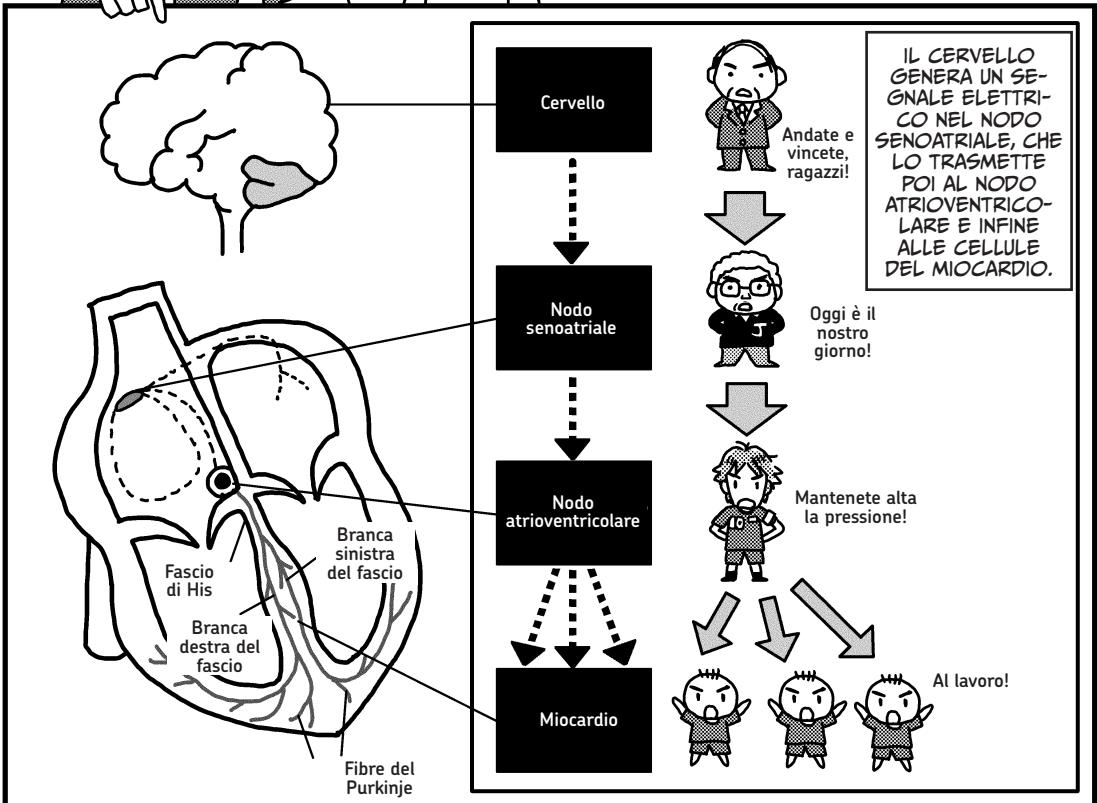
SE MOSTRIAMO TUTTO QUESTO IN UN DIAGRAMMA DEL SISTEMA DI CONDUZIONE ELETTRICA...



EH?



...IL PROPRIETARIO È IL CERVELLO. L'ALLENATORE È IL NODO SENOATRIALE; IL CAPITANO È IL NODO ATRIOVENTRICOLARE. LE ISTRUZIONI DEL CAPITANO SONO TRASMESSE ATTRAVERSO IL FASCIO DI HIS, LA BRANCA DESTRA OPPURE LA BRANCA SINISTRA, E LE FIBRE DEL PURKINJE. I MEMBRI DELLA SQUADRA COSTITUISCONO IL MIOCARDIO.



QUINDI LE ISTRUZIONI DEL RITMO CARDIACO SONO TRASMESSE IN QUESTO MODO, E IL CUORE SI CONTRAE.

SA...

ANCHE SE SONO LA PRIMA AD ASCOLTARE LE SUE LEZIONI, CREDO DI RIUSCIRE DAVVERO A CAPIRE QUELLO CHE MI STA INSEGNANDO!

MOVIMENTI DEL CUORE E FORME D'ONDA

DAVVERO?

BE', DIREI CHE...

MI HA PROPRIAMENTE DATO LO SLANCIO PER CONTINUARE, CON L'ELETROCARDIOGRAMMA E I MOVIMENTI DEL CUORE.

UN ELETROCARDIOGRAMMA È LA REGISTRAZIONE DELL'ATTIVITÀ ELETTRICA DEL CUORE.

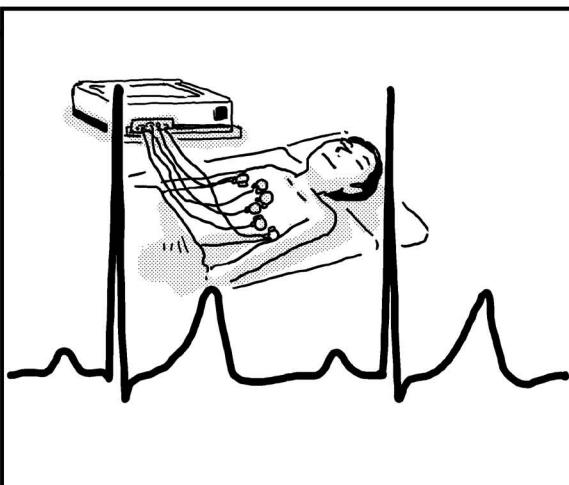
GIUSTO?

SCREECH
SCREECH

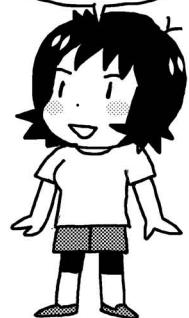
GIUSTO.

QUESTO TRACCIATO LO CONOSCONO TUTTI!

CONSIDERIAMO ORA LA RELAZIONE TRA QUEST'ONDA E LA STIMOLAZIONE ELETTRICA DEL CUORE...



IO IL MIO PRIMO ELETROCARDIOGRAMMA ME LO RICORDO BENISSIMO.



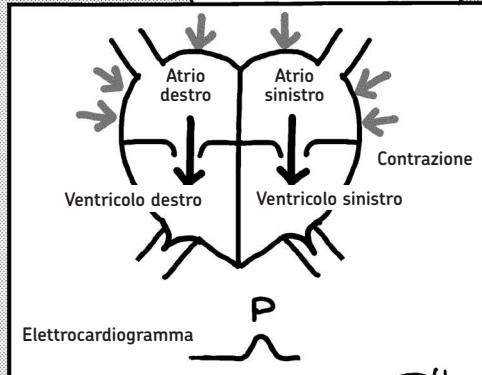
PRIMA DI TUTTO, GLI STIMOLI SONO TRASMESSI DAL NODO SENOATRIALE ALL'ATRIO, CAUSANDO LA CONTRAZIONE DELL'ATRIO SINISTRO E DI QUELLO DESTRO.



QUESTO FORMA L'ONDA P, GIUSTO? È IL PICCO PIÙ PICCOLO.



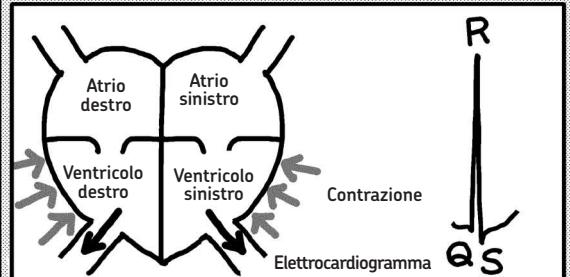
GIUSTO. E LA CONTRAZIONE DEGLI ATRII MANDA IL SANGUE LÌ PRESENTE AI VENTRICOLI.



SI, LE ISTRUZIONI PROVENIENTI DAL NODO ATRIOVENTRICOLARE SONO POI TRASMESSE - ATTRAVERSO FASCIO DI HIS, BRANCA DESTRA, BRANCA SINISTRA, E FIBRE DEL PURKINJE - AL MIOCARDIO, STIMOLANDO COSÌ IL VENTRIColo DESTRO E IL VENTRIColo SINISTRO.



QUESTO È IL COMPLESSO QRS.



L'IMPULSO DEL COMPLESSO QRS È IN SEGUITO TRASMESSO AI VENTRICOLI, NO?



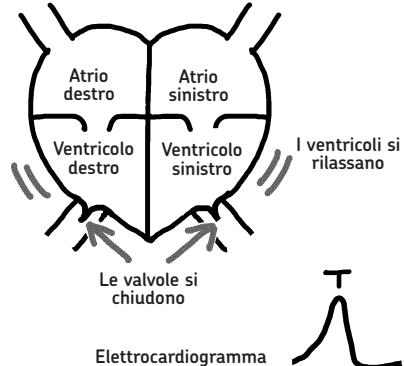
I VENTRICOLI SI CONTRAGGONO E IL SANGUE È SPINTO ALL'AORTA E ALL'ARTERIA POLMONARE.



GIUSTO.

E FINALMENTE,
L'ONDA T...

LA STIMOLAZIONE
DEI VENTRICOLI
TERMINA QUI E
I VENTRICOLI SI
RILASSANO.



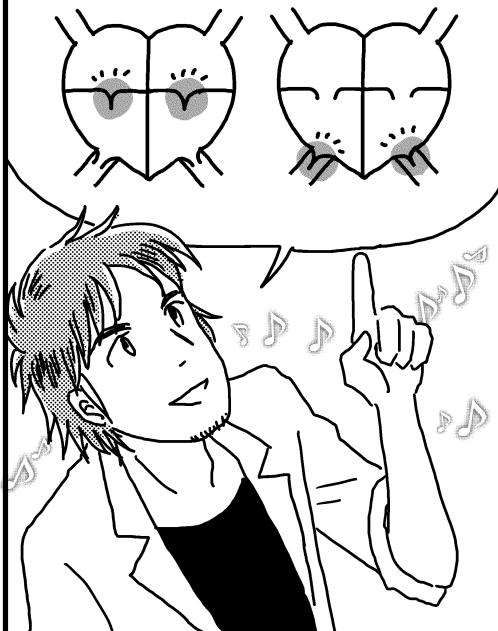
QUESTO
DOVREBBE DARTI
L'IDEA DI QUELLO
CHE SUCCIDE!

CAPITO!

A PROPOSITO,
SAI COS'È
CHE STA
SUCCEDENDO
QUANDO SENTI
BATTERE IL
TUO CUORE?



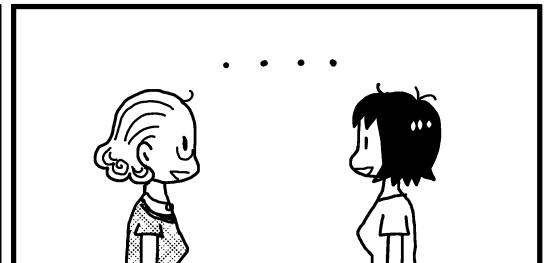
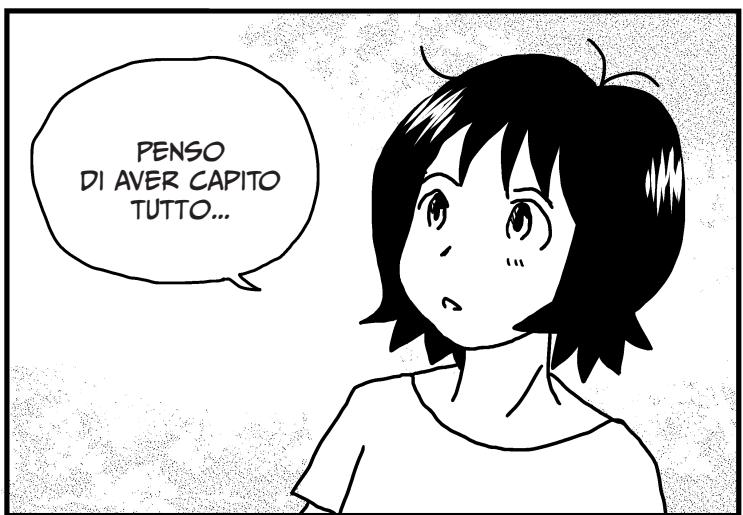
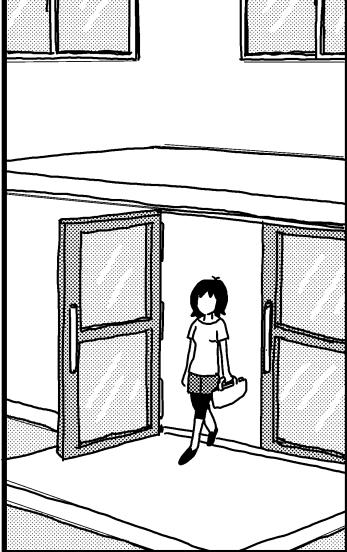
DENTRO AL CUORE, OGNI VALVOLA
FA UN SUONO QUANDO SI CHIUSA,
PROPRIO COME UNA SPECIE DI
NACCHERA.



QUESTO È
TUTTO PER
OGGI.

RICORDA, SE
VUOI AIUTARE I
TUOI PAZIENTI E
SFRUTTARE BENE
LE TUE NOZIONI
DI FISIOLOGIA, CI
VORRÀ QUALCOSA
IN PIÙ DELLA
SEMPLICE MEMORIA.
DEVI AVERE UNO
SGUARDO D'INSIEME
E COMPRENDERE
COME LE SINGOLE
PARTI SI LEGHINO A
TUTTO IL RESTO!





SCOPRIAMO QUALCOSA IN PIÙ SULL'APPARATO CIRCOLATORIO!



L'apparato circolatorio è l'insieme degli organi responsabili della circolazione del sangue, della linfa e di altri fluidi attraverso il corpo. Il cuore, i vasi sanguigni e i vasi linfatici trasportano ossigeno, sostanze nutritive, ormoni eccetera ai vari tessuti all'interno del corpo e allo stesso tempo raccolgono gli scarti dalla periferia.

L'ATTIVITÀ ELETTRICA NEL CUORE



Il muscolo che forma le pareti del cuore si contrae quando riceve gli impulsi elettrici. Il sistema di conduzione illustrato nella figura 1.1, provoca questa contrazione.

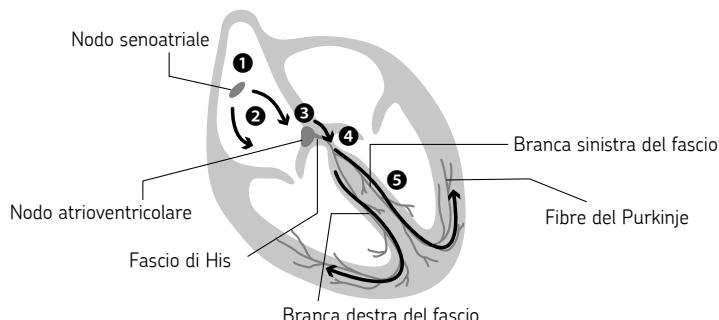


Figura 1.1: Flusso del sistema di conduzione elettrica.

Gli impulsi provocati dal *nodo senoatriale* ❶ si diffondono come onde attraverso gli atrii, provocandone la contrazione. Gli stimoli raggiungono poi il *nodo atrioventricolare* ❷, che si trova tra atrio destro e sinistro, e sono trasmessi al *fascio di His* ❸. Il fascio di His è diviso in due branche ❹, la sinistra e la destra. La *branca sinistra* e la *branca destra* sono ulteriormente divise in numerose sottili diramazioni, rispettivamente, nel ventricolo sinistro e destro. Queste diramazioni più sottili sono le *fibre del Purkinje* ❺. Il sistema di conduzione elettrica risiede in un tessuto muscolare specializzato: il *muscolo cardiaco*, o *miocardio*. Giusto. Genera circa da 60 o 80 stimoli al minuto, anche quando non riceve nessun comando



Il nodo senoatriale genera gli impulsi automaticamente, giusto?



dal sistema nervoso centrale. In altre parole, il nodo senoatriale genera il ritmo naturale del cuore e pertanto funge da pacemaker.

Gli impulsi sono generati anche da altre fibre cardiache, come quelle nel nodo atrioventricolare. Ad ogni modo, è il nodo senoatriale che controlla il ritmo del cuore perché rilascia impulsi più velocemente di qualunque altra parte del cuore. Se il nodo senoatriale non

funziona bene, il nodo atrioventricolare diventa il pacemaker al suo posto. Ma dato che i nodi atrioventricolari generano impulsi a una frequenza più bassa, il ritmo del cuore diminuisce quando viene stimolato da questo nodo.

COME FUNZIONA UN ELETROCARDIOGRAMMA



Un elettrocardiogramma è una visualizzazione degli impulsi elettrici trasmessi all'intero miocardio dal sistema di conduzione elettrica. Normalmente si attaccano sei elettrodi al petto, ed un totale di quattro elettrodi a polsi e caviglie. Gli elettrodi connessi ai due polsi e ad una delle caviglie registrano l'elettrocardiogramma; la caviglia destra è collegata ad un elettrodo neutro, o *terra*, per chiudere a massa il circuito. Questo ci permette di registrare l'elettrocardiogramma usando 12 derivazioni (vedi figura 1.2).

Conduttori alle estremità	Derivazioni toraciche
Elettrodi che registrano in tre punti (polso destro, polso sinistro e caviglia sinistra). Più un conduttore di terra (caviglia destra). Aiutano i dottori e le infermiere ad avere una "panoramica" del piano verticale del cuore (piano coronale o frontale).	Gli elettrodi in sei posizioni attorno al cuore. Aiutano i dottori e le infermiere ad avere una "panoramica" del cuore nel suo piano orizzontale (piano trasverso).

Le sei derivazioni chiamate I, II, III, aV_R , aV_L e aV_F sono dette derivazioni degli atrii, e le sei derivazioni da V_1 a V_6 sono dette derivazioni toraciche.



Figura 1.2: Un elettrocardiogramma a 12 derivazioni.



Perché c'è bisogno di 12 derivazioni? Mi sembra che siano tante.



Considera che le derivazioni sono simili a telecamere che guardano il cuore dalle posizioni dove sono attaccati gli elettrodi. Con questi vari angoli di visuale, si ottiene un'immagine completa, in 3D, così non si rischia di perdere molto.

Se le contrazioni del cuore sono ben regolate, appariranno onde regolari a cicli continui. Al contrario, se c'è qualche disfunzione nel miocardio o nel sistema di conduzione elettrica, si avranno differenze nelle onde corrispondenti dell'elettrocardiogramma. Per esempio, se c'è una *aritmia cardiaca* appariranno delle contrazioni con onde irregolari. Altri tipi di aritmia sono la tachicardia, un ritmo cardiaco troppo veloce, e la brachicardia, nella quale il ritmo è troppo lento.



E quanto sangue approssimativamente pensi che venga inviato all'aorta ad ogni contrazione cardiaca?



Mmm... all'incirca il contenuto di una lattina di soda?



Wow... aspetta un attimo. Il cuore è grande all'incirca come un pugno. Non c'è modo che possa contenere 330 millilitri. La cosiddetta gittata sistolica del cuore è circa 70 millilitri. Che è più o meno quanto una piccola boccetta di profumo o una porzione di budino.

Possiamo calcolare la portata del cuore per minuto nel modo seguente:

Portata cardiaca (mL/min) = gittata sistolica (mL/battito) x frequenza cardiaca (battiti/min).

LO SAPEVI?

Il ritmo cardiaco di un bambino è più veloce di quello di un adulto; rallenta man mano che il bimbo cresce. La maggior parte degli adulti ha un ritmo cardiaco di circa 60-80 battiti al minuto, a riposo. Una persona anziana tende ad avere un ritmo cardiaco leggermente più basso di quello di un giovane o di un uomo di mezza età.

Poiché il sangue che circola nel corpo umano è circa cinque litri, ci vuole un minuto perché tutto il sangue passi per tutto il corpo.



IN CHE MODO IL SISTEMA NERVOSO INFLUISCE SULL'APPARATO CIRCOLATORIO?



Il tuo battito cardiaco aumenta quando sei sorpresa, quando parli in pubblico, mentre fai sport o in altre situazioni stressanti. Questo aumento è causato dall'attività del tuo sistema nervoso autonomo (vedi pagina 138). Se a causa dello stress o di uno sforzo c'è più bisogno di sangue, il sistema nervoso simpatico viene eccitato, il nodo senoatriale viene stimolato e il battito cardiaco aumenta.



Ma gli stimoli generati dal nodo senoatriale non sono generati automaticamente senza alcuna istruzione da parte del cervello?



Bella domanda! Il nodo senoatriale può sicuramente generare automaticamente gli stimoli, ma la frequenza di questi stimoli è regolata dal *sistema nervoso autonomo*.

Il sistema nervoso autonomo controlla risposte fisiologiche che vanno dalla pressione sanguigna alla dilatazione delle pupille degli occhi. Ci sono due branche del sistema nervoso autonomo: la *branca simpatica* (che genera la risposta “combatti o fuggi”) e la *branca parasimpatica* (che genera la risposta “riposa e digerisci”).

Il sistema nervoso simpatico è responsabile dell'aumento del ritmo cardiaco e della vasocostrizione (diminuzione del diametro dei vasi sanguigni), che a sua volta contribuisce ad aumentare la pressione sanguigna. Il sistema parasimpatico, invece, è responsabile della diminuzione del battito cardiaco, e quando si attiva comporta una diminuzione della pressione sanguigna.

LE ARTERIE CORONARIE



Ma prima di parlare della circolazione sanguigna, dobbiamo imparare come il cuore stesso acquisisca ossigeno ed elementi nutritivi a lui necessari. Sai quali vasi sanguigni trasportano l'ossigeno e le sostanze nutritive al miocardio?



Le arterie coronarie?



Esatto. Le arterie coronarie sono chiamate così perché circondano il cuore in una sorta di corona. Per non dimenticarlo, pensa alla cerimonia di incoronazione di una neo-regina, nella quale riceve la sua corona.

Le arterie coronarie sono divise grossomodo in coronaria destra e coronaria sinistra (figura 1.3). Le ramificazioni minori delle arterie coronarie penetrano nella superficie della massa muscolare cardiaca e agiscono quindi da sorgente primaria di ossigeno e sostanze nutritive per il miocardio.

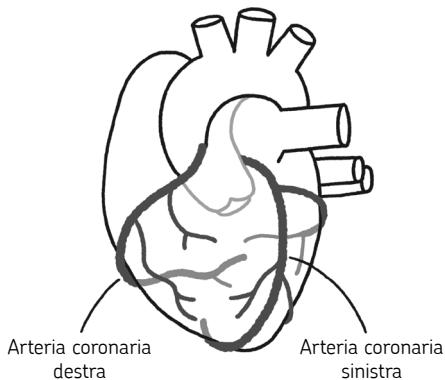


Figura 1.3: Le arterie coronarie.

Sembrerebbe logico che, con tutto il sangue che pompa costantemente tra le sue cavità, il cuore possa rifornirsi di tutto l'ossigeno e le sostanze nutritive di cui ha bisogno. Ma in realtà è capace di assorbire solo una minuscola parte dell'ossigeno e delle sostanze nutritive di cui necessita in questo modo, perciò è fondamentale che le arterie coronarie portino il sangue in profondità nel tessuto muscolare del cuore.

Le arterie di molti degli organi interni si diramano e riconnettono (*anastomosi*). Pertanto anche se un vaso sanguigno è bloccato in qualche punto, il sangue può continuare a fluire su un altro percorso. Le arterie coronarie che circondano il cuore, invece, sono dette arterie terminali perché sono strutturate senza anastomosi tra i rami arteriosi (figura 1.4). Quindi, se c'è un blocco da qualche parte, il sangue non può più continuare a fluire oltre questo punto, provocando un infarto.

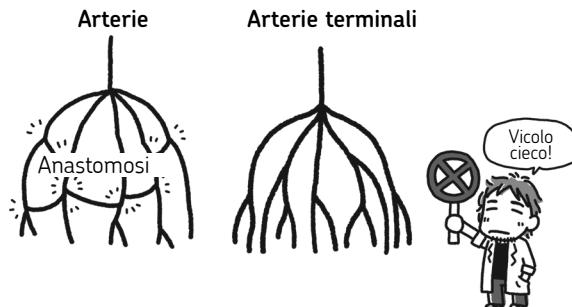


Figura 1.4: Diramazioni di arterie terminali senza punti di anastomosi.

LO SAPEVI?

Le arterie coronarie non sono le uniche arterie terminali. Altre arterie terminali si trovano nel cervello. Un blocco (o occlusione vascolare) in queste arterie terminali è molto grave. Un blocco totale può provocare un ictus.



CIRCOLAZIONE SANGUIGNA



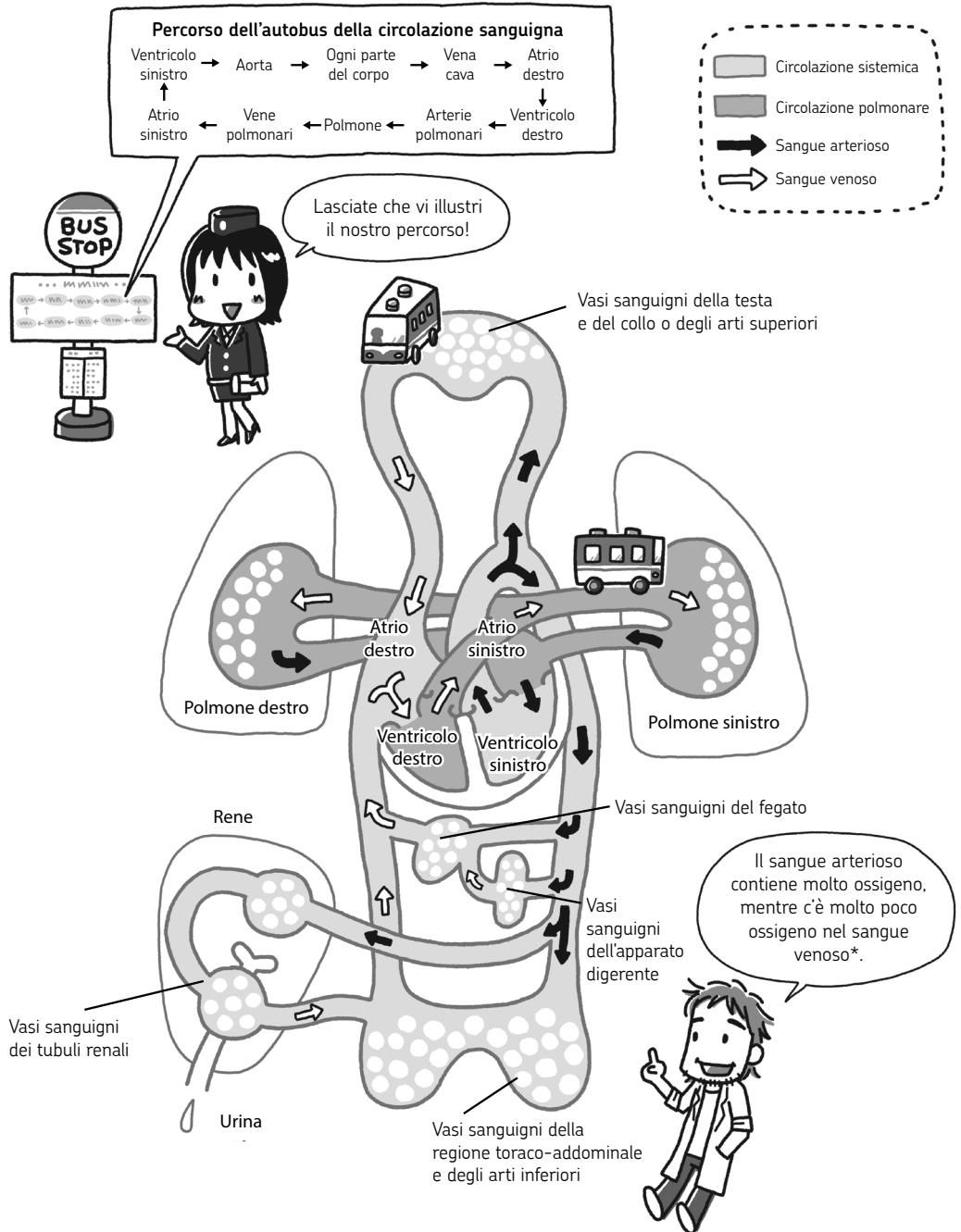
Abbiamo imparato che ci sono due tipi di circolazione sanguigna: la circolazione polmonare e la circolazione sistemica. Pensi di riuscire a spiegarle per bene?



La circolazione polmonare origina dal ventricolo destro e attraversa i polmoni per catturare l'ossigeno prima di tornare all'atrio sinistro, mentre la *circolazione sistemica* va dal ventricolo sinistro e attraversa il corpo intero per portare l'ossigeno e le sostanze nutritive, per tornare infine all'atrio destro.



Esatto! I flussi della circolazione polmonare e di quella sistemica sono mostrati indicativamente nella figura 1.5. Poiché queste sono nozioni basilari, importanti per studiare in seguito ogni altro organo interno, assicurati di capire bene l'intero disegno.



*Generalmente, il sangue arterioso (ossigenato) fluisce attraverso le arterie, e il sangue venoso (povero di ossigeno) fluisce nelle vene. Naturalmente ci sono alcune eccezioni. Il sangue deossigenato fluisce nell'arteria polmonare dal cuore ai polmoni, e le vene polmonari riportano indietro sangue ossigenato dal polmone al cuore.

Figura 1.5: Circolazione sanguigna.

Ci resta ancora da parlare di arterie e vene. Ricorda che le *arterie* sono vasi sanguigni che portano via il sangue dal cuore e le *vene* sono vasi sanguigni che riportano il sangue al cuore.

Poiché le arterie ricevono dal cuore il sangue che viene spinto fuori ad alta pressione, le loro pareti sono spesse, e la loro elasticità e la loro pressione interna sono entrambe elevate. Le vene hanno pareti sottili e valvole in diversi punti per evitare che il sangue torni indietro. La pressione interna è bassa, e il flusso sanguigno è aiutato dai muscoli circostanti. Alcune vene scorrono proprio sotto la pelle; si chiamano vene superficiali. Spesso, il sangue viene prelevato dalla vena cubitale mediaна nella piega del gomito. Anche questa è una vena superficiale.

Anche se le arterie scorrono spesso in profondità all'interno del corpo, passano anche in punti più superficiali in cui è facile misurarne il battito (vedi figura 1.6).

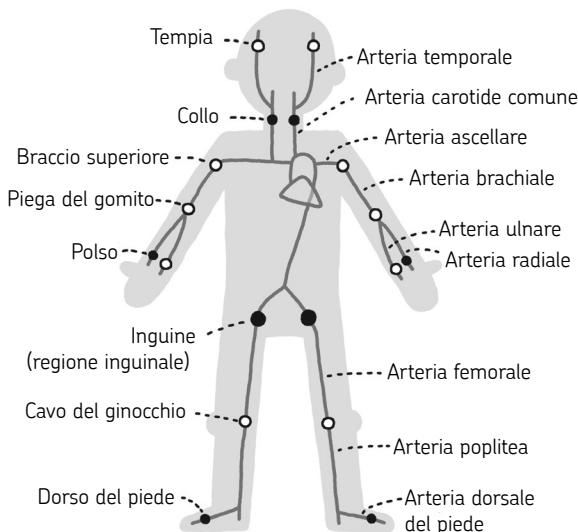


Figura 1.6: Punti dove è possibile percepire il battito.



Queste sono arterie che scorrono per punti relativamente superficiali, come nel polso, giusto?



Giusto. In una clinica medica, il tuo battito è spesso valutato palpando l'arteria radiale del polso o l'arteria carotide del collo.

PRESSIONE SANGUIGNA



La *pressione sanguigna* è la pressione interna ai vasi sanguigni, ma il termine viene usato di solito per indicare la pressione nelle grandi arterie vicine al cuore, come quelle degli arti superiori. Sai dirmi quali sono alcuni fattori che determinano la pressione sanguigna?



Fattori? Be', eh, l'età, la dieta e...



Sì, la pressione sanguigna tende sicuramente ad aumentare quando una persona entra nella mezza età, ma qui vogliamo considerare gli aspetti fisiologici.

Tre fattori che determinano la pressione sanguigna sono il diametro dei vasi sanguigni, il volume di sangue in circolazione; la forza contrattile del cuore, o forza contrattile cardiaca (vedi figura 1.7). Per esempio, se il volume del sangue in circolo (il volume totale del sangue nelle arterie) e la forza contrattile cardiaca sono fissi, la pressione sanguigna può aumentare se i vasi sanguigni sono più piccoli. E ancora, la pressione sanguigna diminuirà se il volume del sangue diminuisce a seguito di una emorragia o se la pressione contrattile del cuore diminuisce a causa di un infarto.

La pressione sanguigna è determinata dal diametro dei vasi sanguigni, dal volume del sangue in circolo e dalla forza contrattile del cuore.

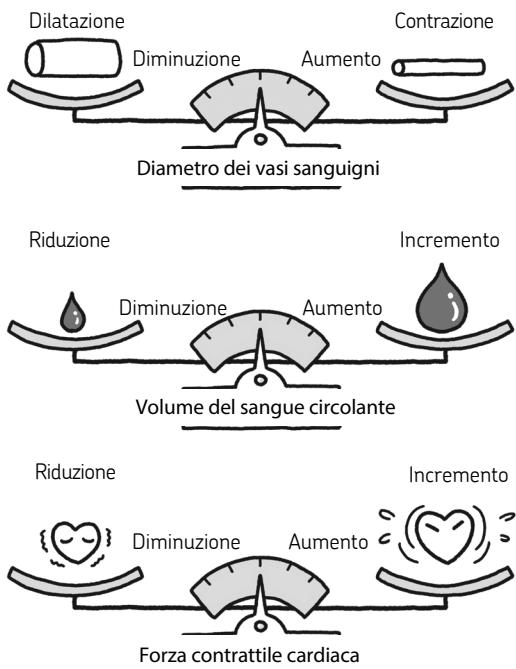


Figura 1.7: Fattori che determinano la pressione sanguigna.

COME MISURARE LA PRESSIONE SANGUIGNA



Hai già studiato i principi e le tecniche di misurazione delle pressioni sanguigne, non è così?



Certo, nel corso base da infermiera.



La pressione sanguigna varia come un'onda, diventando più alta quando i ventricoli si contraggono e più bassa quando si rilasciano. La pressione massima è chiamata *pressione sistolica*, e la minima è chiamata *pressione diastolica*.

Per bloccare il flusso sanguigno, si gonfia un manicotto che è avvolto attorno alla parte superiore del braccio. Quindi viene sgonfiato il manicotto un po' per volta mentre si ascolta, tramite un fonendoscopio, il flusso nelle arterie. Quando cominci a sentire il suono di un battito (chiamato tono di Korotkoff), hai trovato la pressione sistolica. Si continua a sgonfiare, e quando non si sente più alcun suono, quella è la pressione diastolica. La lettura della pressione sullo sfigmomanometro di cui fa parte il manicotto in questi due momenti fornisce la pressione sanguigna del paziente (vedi figura 1.8).

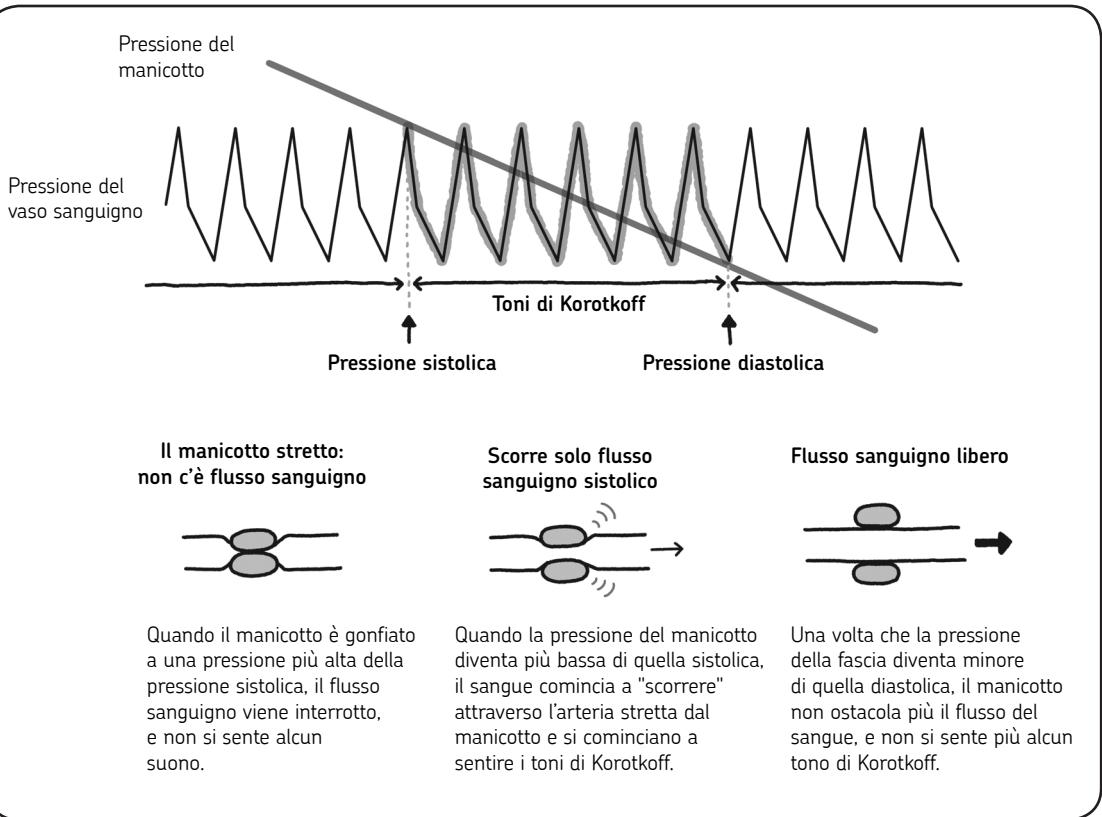


Figura 1.8: Misura della pressione sanguigna tramite il metodo dell'auscultazione.

LO SAPEVI?

Questa unità di misura della pressione sanguigna è espressa in mmHg (millimetri di mercurio). Il numero di mmHg indica il numero di millimetri che il mercurio percorrerebbe se fosse spinto lungo un tubo dalla pressione.

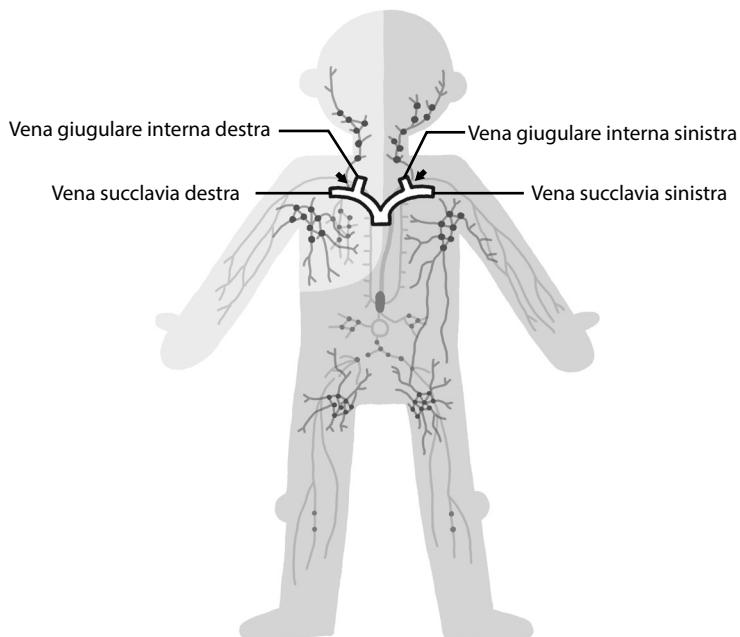


IL SISTEMA LINFATICO



L'ultima componente dell'apparato circolatorio è il *sistema linfatico*, deputato alla raccolta dei liquidi corporei che passano dai capillari ai tessuti al fine di riportarli verso il cuore. Inoltre, supporta il sistema immunitario. In questo modo, si può dire che il sistema linfatico faccia parte sia dell'apparato circolatorio che del sistema immunitario. Nei tessuti periferici, viene scambiato fluido interstiziale tra i capillari e i tessuti, ma un po' di quel fluido è raccolto dai vasi linfatici. Il fluido corporeo che si trova nei vasi linfatici si chiama *linfa*. Il flusso della linfa è di circa 2 o 3 litri al giorno.

I vasi linfatici partono dai capillari linfatici, che gradualmente si raggruppano a formare vasi linfatici più grandi. Durante il cammino, dopo essere passati attraverso diversi linfonodi, arrivano agli angoli venosi sinistro e destro, che sono i punti di confluenza della vena succavia con le vene giugulari e interne (vedi figura 1.9). All'interno dei vasi linfatici ci sono delle valvole per impedire che la linfa possa tornare indietro.



La linfa rientra nell'apparato circolatorio nei punti indicati con le frecce, vicino al raccordo fra la vena giugulare e la vena succavia.

Figura 1.9: Il sistema linfatico.



I vasi linfatici non sono simmetrici nella parte sinistra e destra del corpo.



Hai un buon occhio! Nota le parti chiare e le parti scure della figura 1.9. Il tronco destro del sistema linfatico, nel quale sono raccolti i vasi linfatici della metà superiore destra del corpo, confluisce nell'angolo venoso destro. I vasi linfatici che convergono dalle restanti parti della metà superiore sinistra e dell'intera parte inferiore del corpo confluiscono nell'angolo venoso sinistro.

LO SAPEVI?

Il cancro che si origina nei nodi linfatici è chiamato linfoma. Molto spesso, il cancro ha origine altrove e in seguito si diffonde ai nodi linfatici. Quando il cancro si diffonde o metastatizza, viene spesso trovato nei linfonodi.



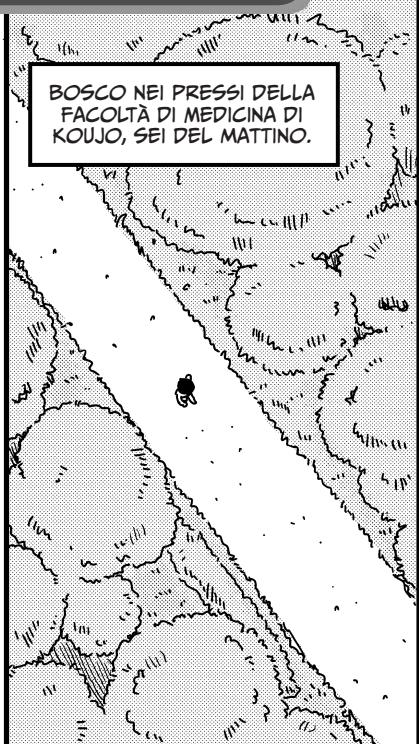
2

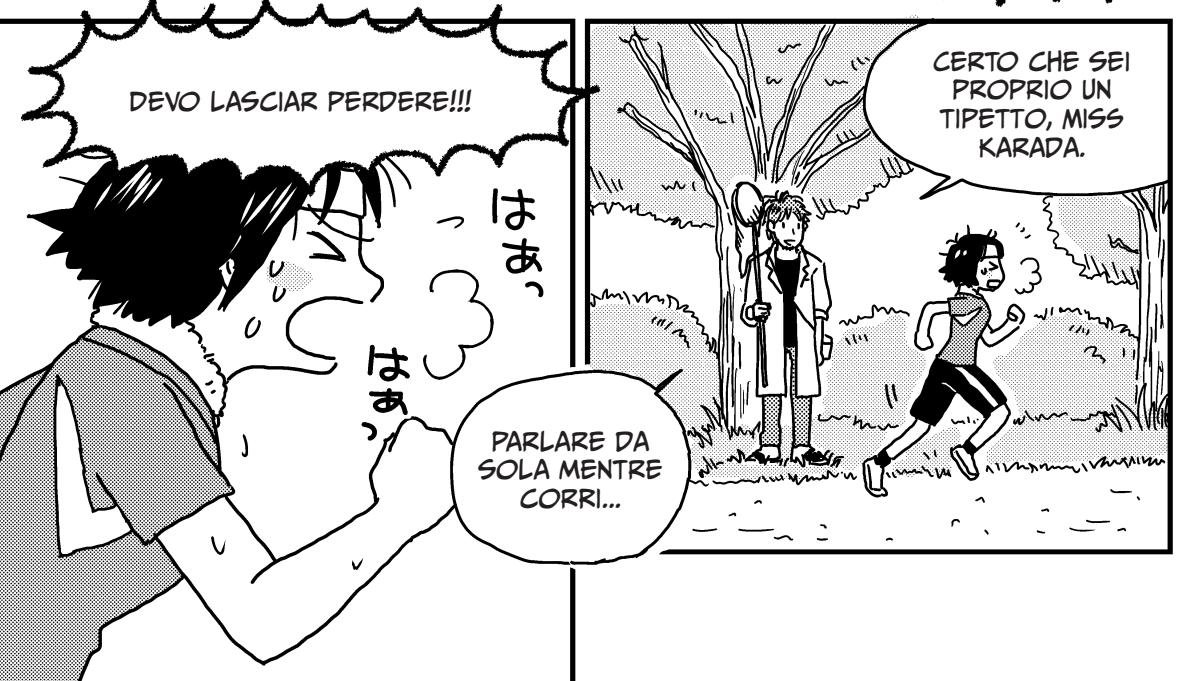
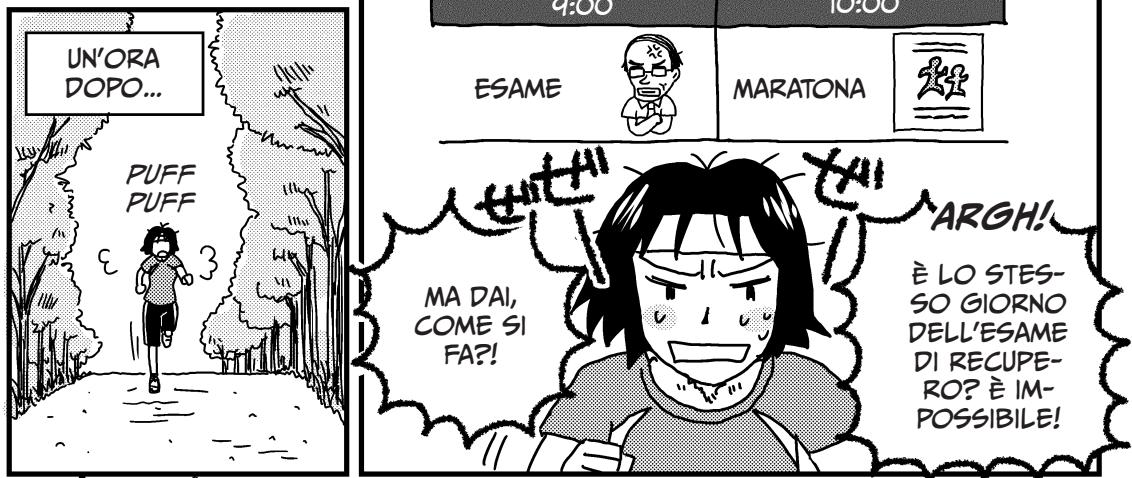
IL SISTEMA RESPIRATORIO

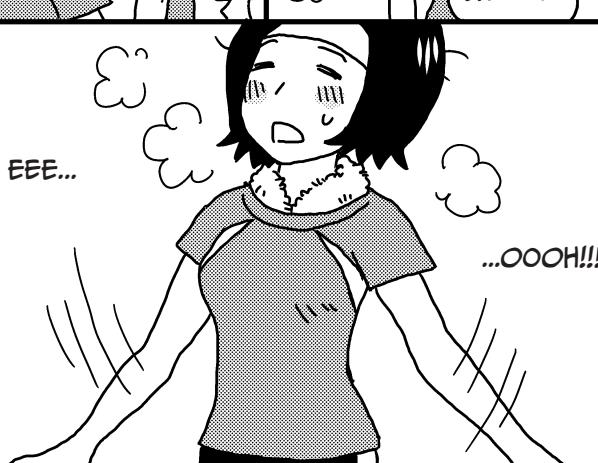
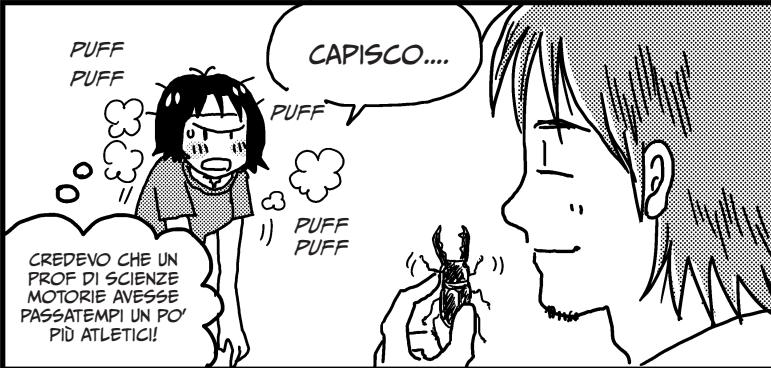
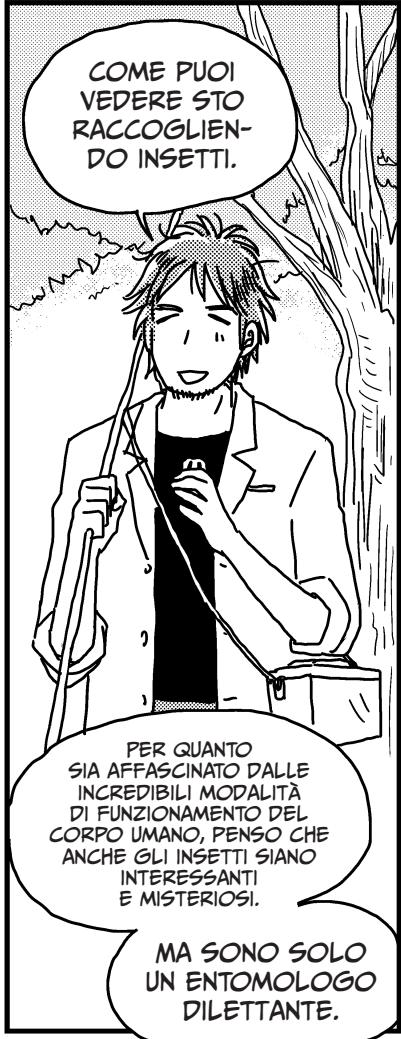
CHE RELAZIONE C'È TRA
CUORE E POLMONI?

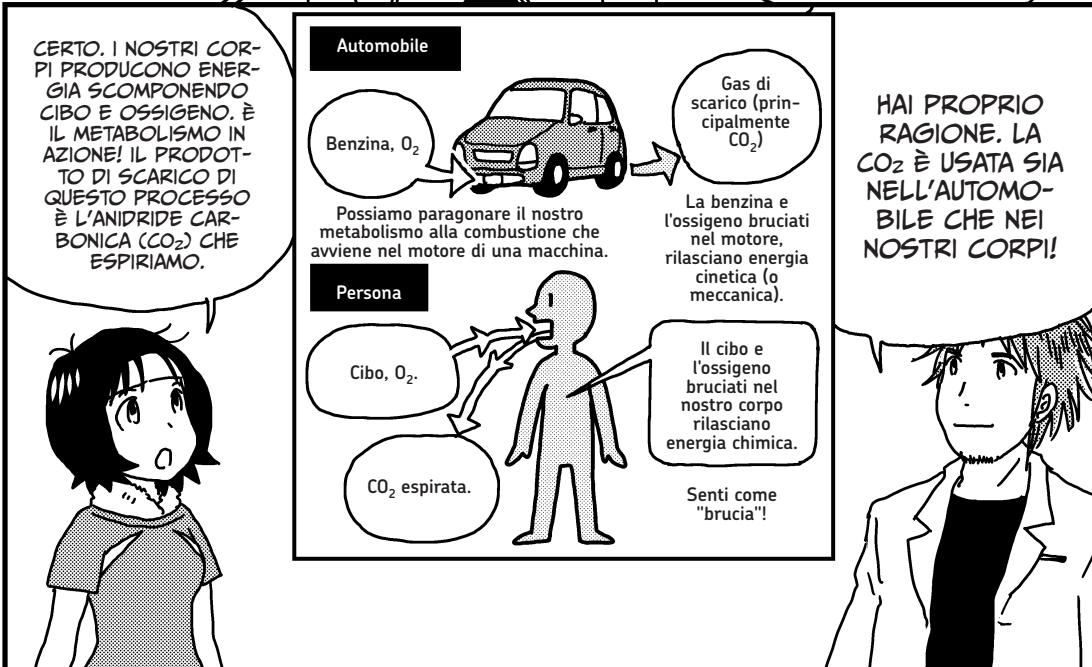
IL COMPITO DELLA RESPIRAZIONE

BOSCO NEI PRESSI DELLA
FACOLTÀ DI MEDICINA DI
KOUJO, SEI DEL MATTINO.





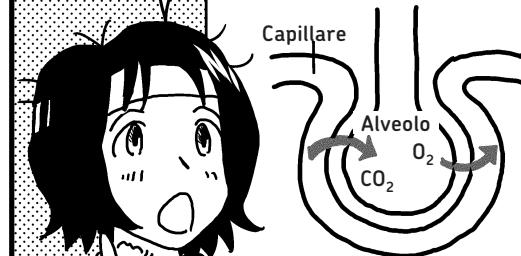




COME FUNZIONA LA VENTILAZIONE



BE'...
SUCCEDE PIÙ O MENO QUESTO.



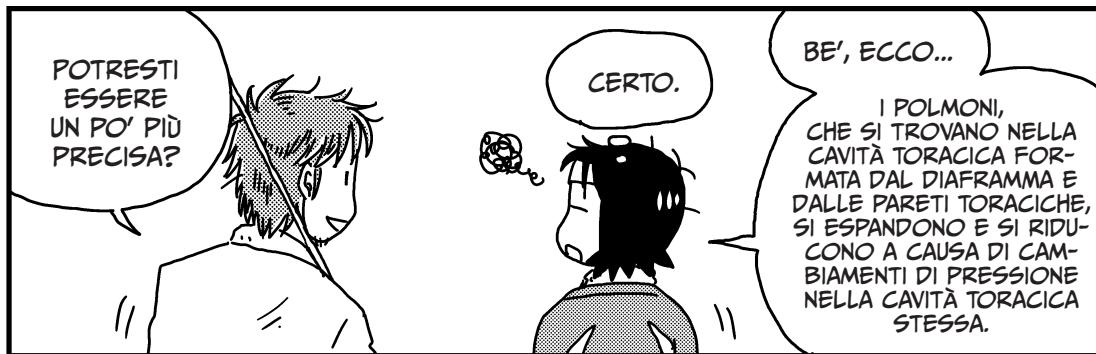
IL SANGUE RICEVE OSSIGENO DAGLI ALVEOLI POLMONARI...

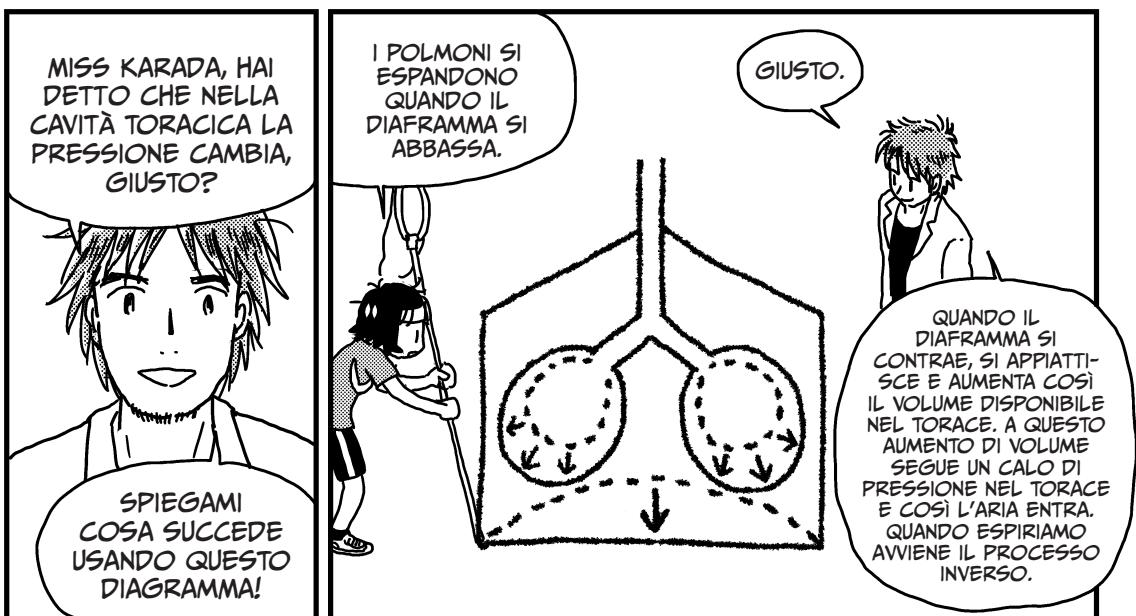
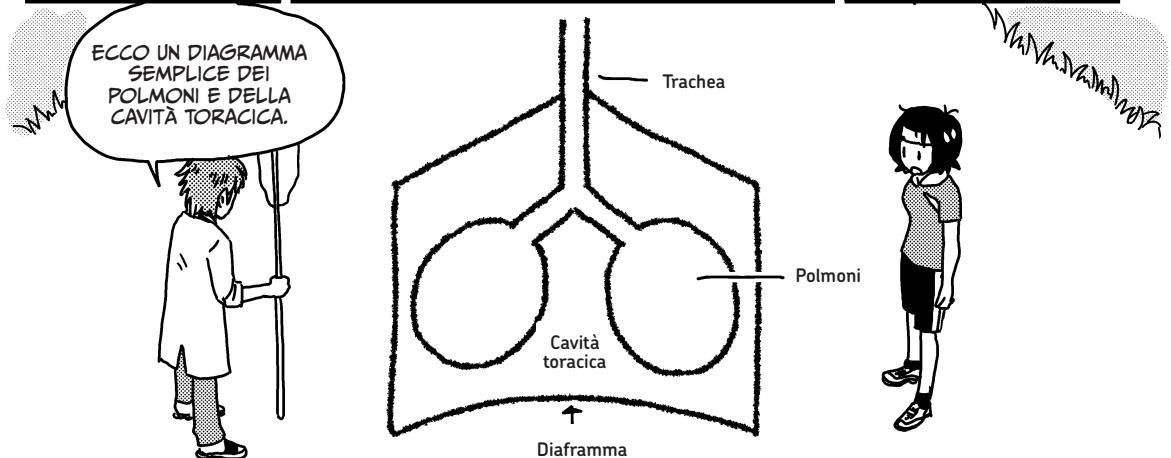
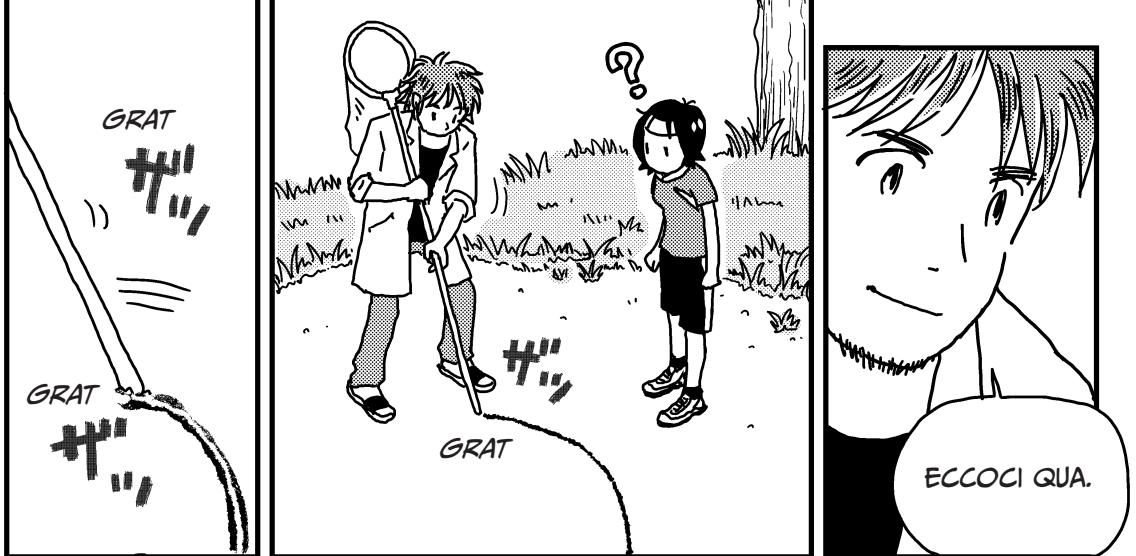


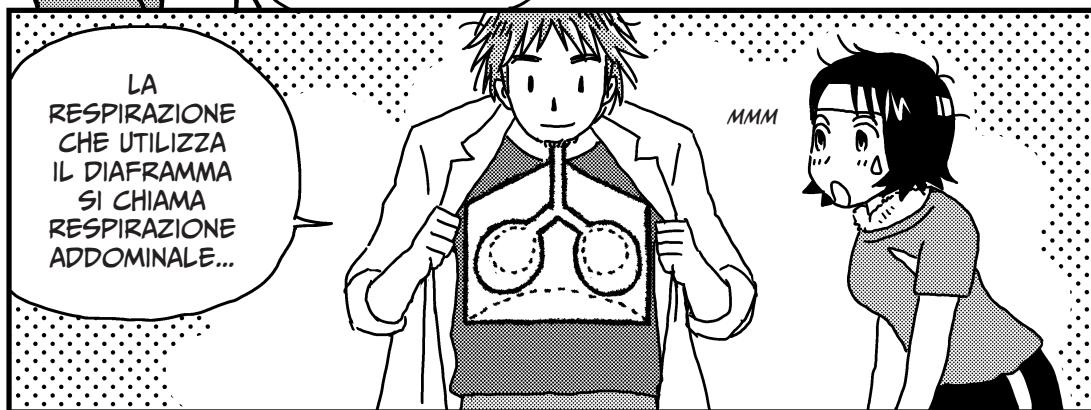
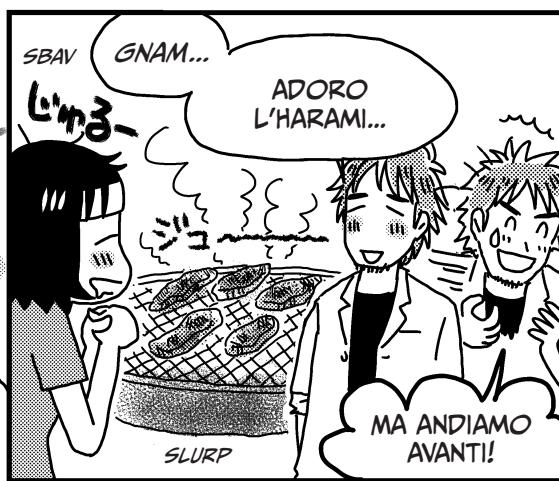
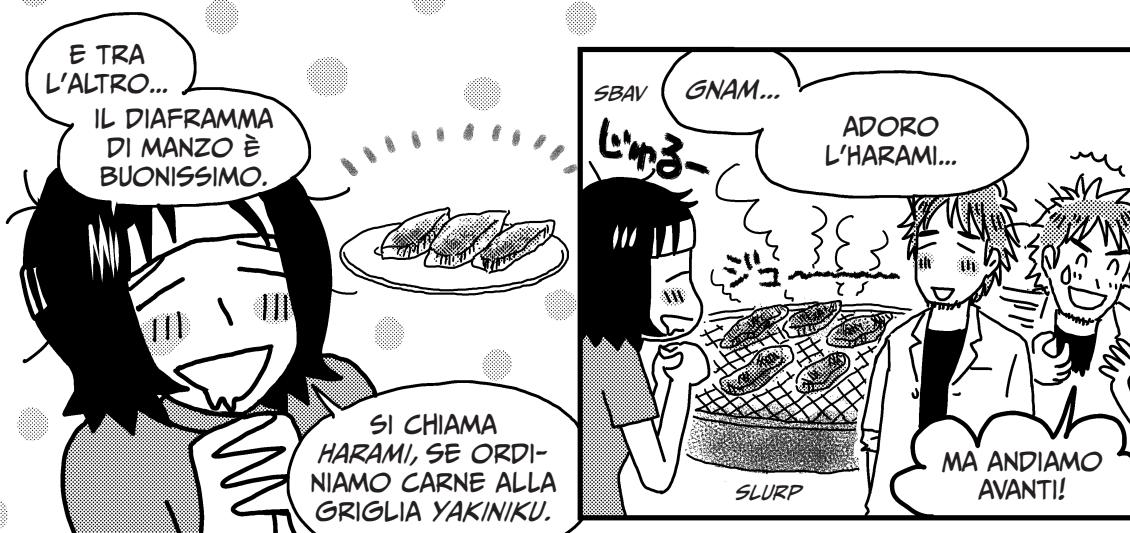
GIUSTO.



PARLIAMO CAMMINANDO, MENTRE TI RIPRENDI.

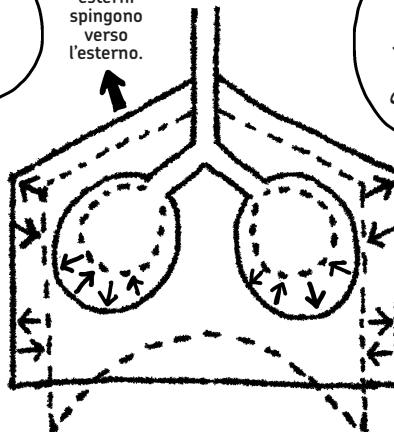






I MUSCOLI USATI PER LA RESPIRAZIONE TORACICA... NON SI CHIAMANO FORSE MUSCOLI INTERCOSTALI?

I muscoli intercostali esterni spingono verso l'esterno.



SÌ, POSSONO CONTRIBUIRE ALLA RESPIRAZIONE CREANDO RESPIRI RAPIDI E SUPERFICIALI. QUESTA RESPIRAZIONE TORACICA PUÒ AVVENIRE IN SITUAZIONI DI STRESS, IN CUI HAI BISOGNO DI RAPIDE DOSI DI OSSIGENO.



LA CONTRAzione DEI MUSCOLI INTERCOSTALI ESTERNI ESPANDE LA CAVITÀ TORACICA DURANTE L'INSPIRAZIONE.

NELL'ESPIRAZIONE, POI, TORNANO ALLO STATO INIZIALE.

CURIOSITÀ! NELLE DONNE INCINTE, POICHÉ L'UTERO IN CRESCITA DIMINUISCE LA MOBILITÀ DEL DIAFRAMMA, LA FREQUENZA RESPIATORIA AUMENTA PER MANTENERE LO STESSO LIVELLO DI VENTILAZIONE.

E ALLORA I MUSCOLI INTERCOSTALI INTERNI?

SPINGONO VERSO L'INTERNO...



ANCHE QUESTI VENGONO USATI NEL RESPIRO AFFANNOso.



AIUTANO A SPINGERE FUORI L'ARIA DURANTE L'ESPIRAZIONE. QUANDO INSPIRI, PUOI SENTIRE I TUOI MUSCOLI INTERCOSTALI ESTERNI IN AZIONE...

E QUANDO ESPIRI IN MANIERA FORZATA, PUOI SENTIRE I TUOI MUSCOLI INTERCOSTALI INTERNI.

È RIUSCITO A FARMI VENIRE IN MENTE LE COSTOLE DI KALBI!



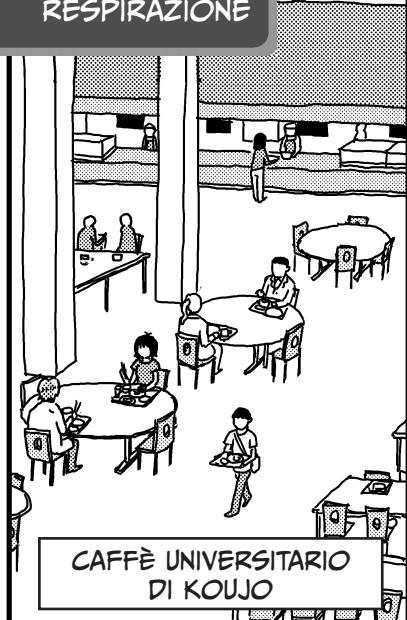
MA ALMENO HAI CAPITO QUELLO CHE HO DETTO?



IN REALTÀ PARLAVO DEI MUSCOLI TRA LE COSTOLE, MA TANT'E...

PER ADESSO, COMUNQUE, ANDIAMO A FARE COLAZIONE.

CONTROLLARE LA RESPIRAZIONE



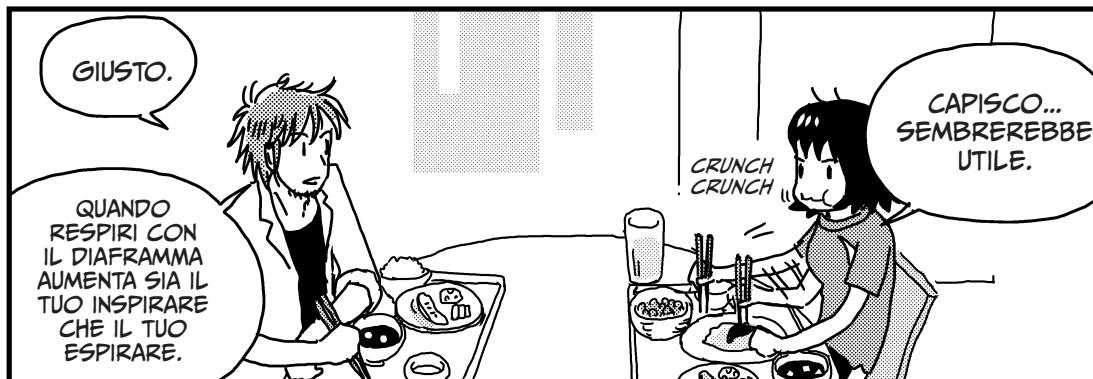
STAVO PENSANDO CHE LA RESPIRAZIONE ADDOMINALE POTREBBE ESSERTI UTILE PER LA MARATONA.

CON UN PO' DI PRATICA, MAGARI POTRESTI AUMENTARE IL TUO VOLUME CORRENTE,

OVVERO IL "RESPIRO A RIPOSO".

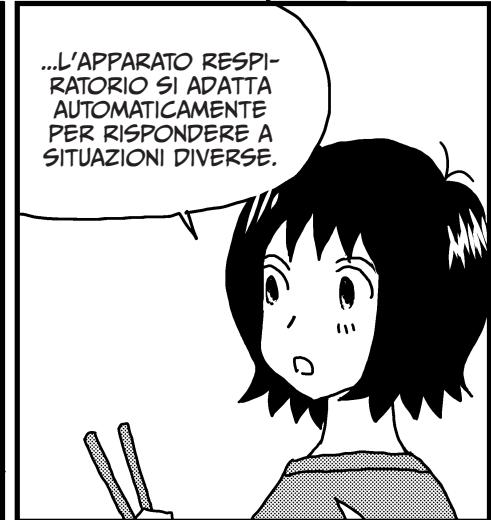
E PER I MIEI MUSCOLI SOTTO SFORZO, PIÙ OSSIGENO SIGNIFicherà PIÙ ENERGIA!

CRUNCH CRUNCH



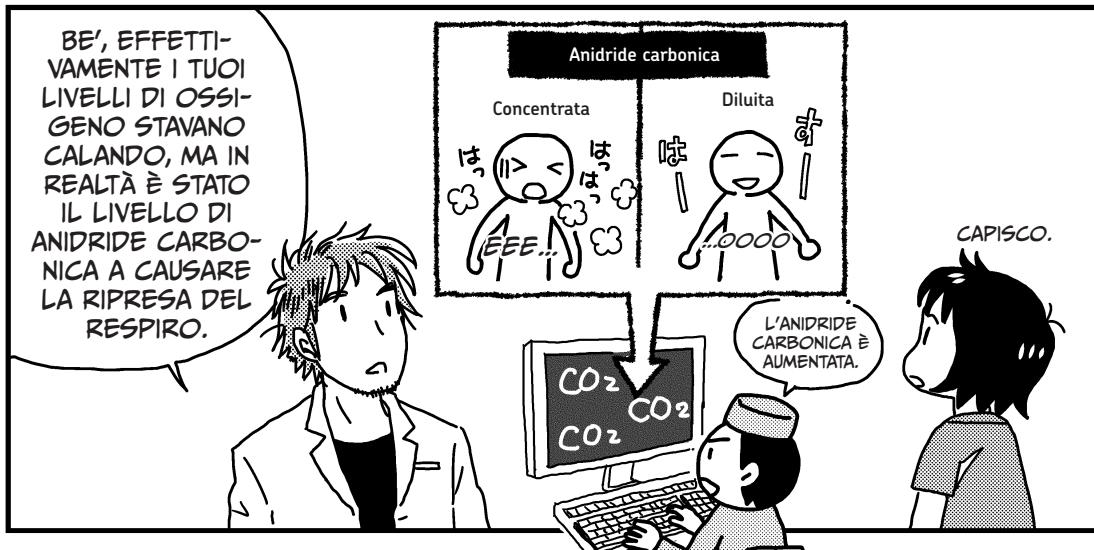
QUANDO RESPIRI CON IL DIAFRAMMA AUMENTA SIA IL TUO INSPIRARE CHE IL TUO ESPIRARE.





Volontario

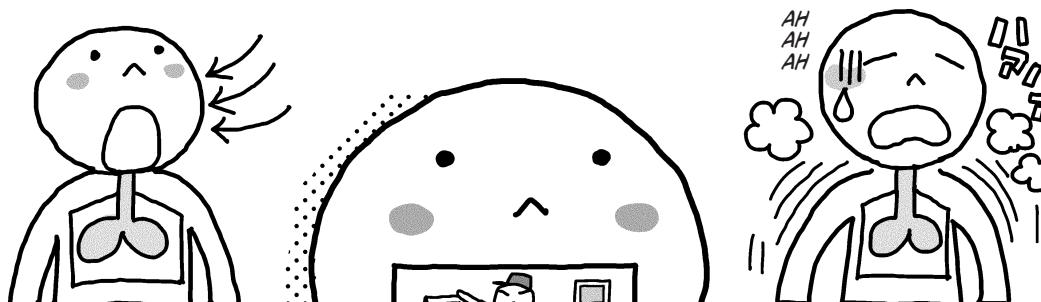




IL VALORE CHE MISURA LA CONCENTRAZIONE DI ANIDRIDE CARBONICA È LA PRESSIONE PARZIALE DI ANIDRIDE CARBONICA*.

QUANDO AUMENTA L'ANIDRIDE CARBONICA, IL RESPIRO ACCELERA; QUANDO L'ANIDRIDE CARBONICA DIMINUisce, ALLORA IL RESPIRO RALLENTA!

ANIDRIDE CARBONICA E MOVIMENTO RESPIRATORIO



Muscoli intercostali esterni



Diaframma

Muscoli intercostali interni

IL TRONCO ENCEFALICO MONITORA I CAMBIAMENTI DI PRESSIONE PARZIALE DI ANIDRIDE CARBONICA. Poi manda istruzioni ai muscoli, come ad esempio ai muscoli intercostali e al diaframma: questi muscoli si contraggono ed espandono i polmoni più rapidamente oppure con più forza a seconda delle esigenze.

* SE C'È UN ACCUMULO DI CO₂, QUESTA SI COMBINA CON L'H₂O DEL CORPO E CREA UN AMBIENTE PIÙ ACIDO (CON PIÙ IONI DI IDROGENO H⁺ IN CIRCOLAZIONE). IL MIDOLLO ALLUNGATO NEL TRONCO ENCEFALICO È SENSIBILE A QUESTI CAMBIAMENTI DI CO₂ E DI ACIDITÀ, E CONTROLLA IL RESPIRO DI CONSEGUENZA.



SCOPRIAMO QUALCOSA IN PIÙ SULL'APPARATO RESPIRATORIO!

Gli organi dell'apparato respiratorio formano un sistema che trattiene l'ossigeno per produrre energia, liberandosi dell'anidride carbonica risultante. Vediamo qualcosa in più sui polmoni, che sono i principali attori di questo apparato.

RESPIRAZIONE ESTERNA ED INTERNA



Poco fa abbiamo visto la *ventilazione*, che muove l'aria dentro e fuori i polmoni. Adesso spiegheremo come l'ossigeno immesso attraverso la respirazione venga trasportato all'interno del corpo e come nello stesso tempo l'anidride carbonica venga espulsa.

Questo processo è chiamato *scambio gassoso*. Nel corpo umano, lo scambio gassoso avviene in due modi: tramite la respirazione esterna e la respirazione interna. La respirazione esterna avviene nei polmoni, dove i gas vengono scambiati fra le cellule del sangue e gli alveoli (figura 2.1). Gli alveoli sono agglomerati microscopici di tasche collocate alla fine delle vie respiratorie (o bronchioli). Questo è il modo in cui il sangue riceve l'ossigeno dall'aria che respiriamo mentre l'anidride carbonica viene espulsa.

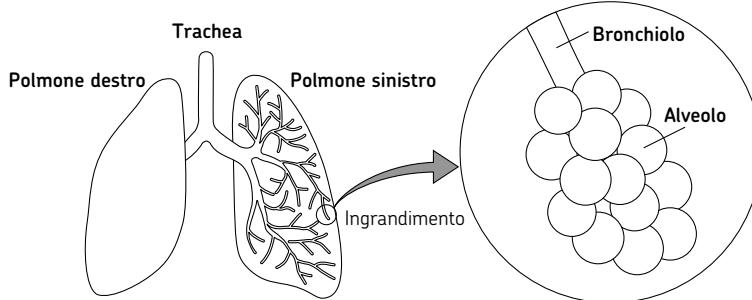


Figura 2.1: Ingrandimento degli alveoli polmonari.

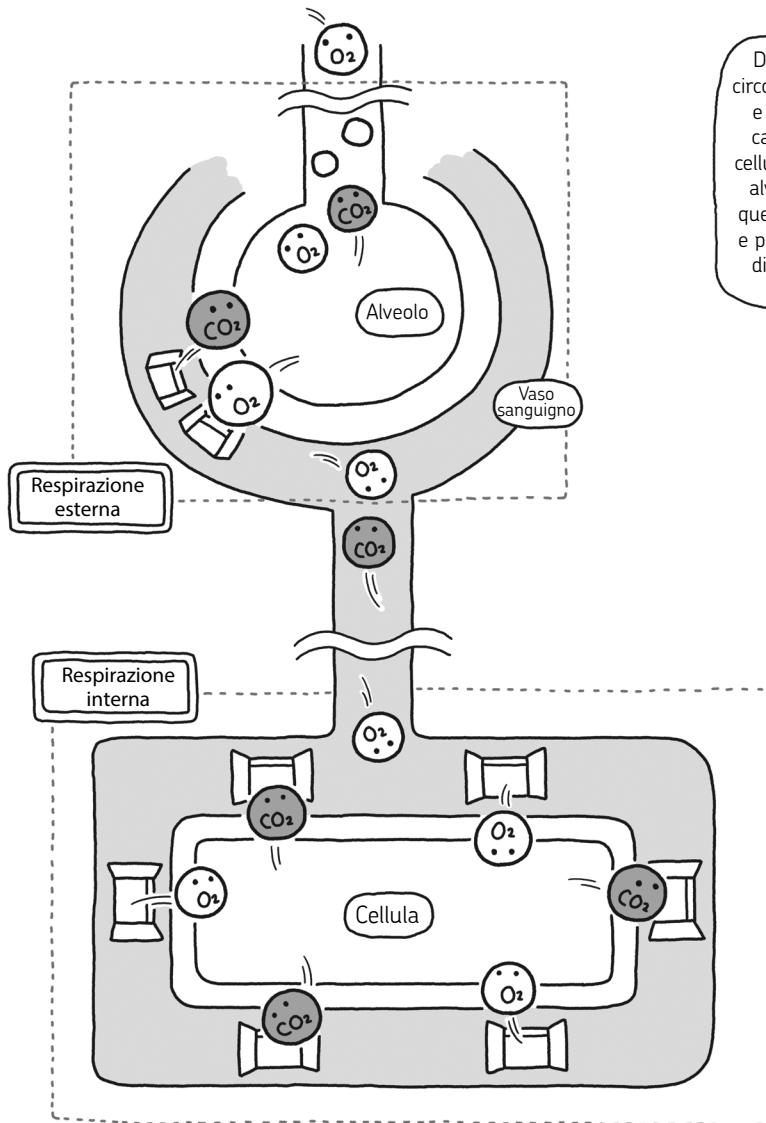


Lo scambio gassoso della respirazione esterna è svolto da ogni singolo alveolo, giusto?



Giusto. Anche se gli alveoli sono minuscoli, ce ne sono una quantità enorme: circa 700 milioni in un paio di polmoni umani. Se tutti gli alveoli fossero disposti su una superficie piana, coprirebbero un'area grande approssimativamente quanto un campo di badminton, ossia 100 metri quadrati. Il corpo umano usa una grande superficie per lo scambio gassoso!

La *respirazione interna* è uno scambio gassoso che avviene all'interno di ogni cellula quando la circolazione sanguigna attraversa i tessuti dell'organismo. L'ossigeno viene trasportato attraverso il sangue alle cellule che hanno bisogno di energia. Puoi far riferimento alla figura 2.2 per uno schema generale di come il sangue circoli attraverso il corpo per realizzare la respirazione interna e la respirazione esterna.



Dopo che il sangue ha circolato attraverso il corpo e ha raccolto l'anidride carbonica dalle singole cellule, torna indietro negli alveoli, dove si libera di questa anidride carbonica e prende l'ossigeno. Dopo di che torna al cuore e ripete il ciclo.



Figura 2.2: Respirazione esterna e interna.

LO SAPEVI?

Lo scambio gassoso nella respirazione esterna e interna è realizzato attraverso un processo chiamato diffusione (vedi pagina 107). Durante la diffusione, il gas si muove da una regione ad alta concentrazione verso un'altra zona a più bassa concentrazione fino al raggiungimento dell'equilibrio, e a quel punto la concentrazione è la stessa in entrambe le zone.



PRESSIONI PARZIALI DEI GAS NEL SANGUE



Quanto ossigeno e quanta anidride carbonica sono contenuti approssimativamente nel sangue, e come cambia la loro proporzione durante gli scambi gassosi? Per rispondere a questa domanda, dobbiamo capire le pressioni parziali dei gas.

Quando si ha una miscela di gas, la pressione parziale di ogni singolo gas è la pressione che lo stesso avrebbe se occupasse tutto lo spazio occupato dalla miscela. Per esempio, l'aria attorno a noi contiene un miscuglio di ossigeno, azoto, anidride carbonica e altri gas. La pressione parziale dell'ossigeno è quella che otterreste togliendo tutti gli altri gas eccetto l'ossigeno e misurando quindi la pressione esercitata da questa quantità di ossigeno nello stesso volume occupato prima dalla miscela di gas. La pressione parziale viene indicata con la lettera P (per Pressione), e con la formula chimica del gas aggiunta come pedice. Ad esempio la pressione parziale dell'ossigeno è P_{O_2} e la pressione parziale dell'anidride carbonica è P_{CO_2} .

La pressione parziale è misurata in mm di mercurio, ossia mmHg. Se si prende un volume d'aria a pressione atmosferica normale (1 atm, ossia 760 mmHg), la pressione parziale dell'ossigeno al suo interno è 160 mmHg e la pressione parziale dell'azoto è 600 mmHg, come mostrato nella figura 2.3.

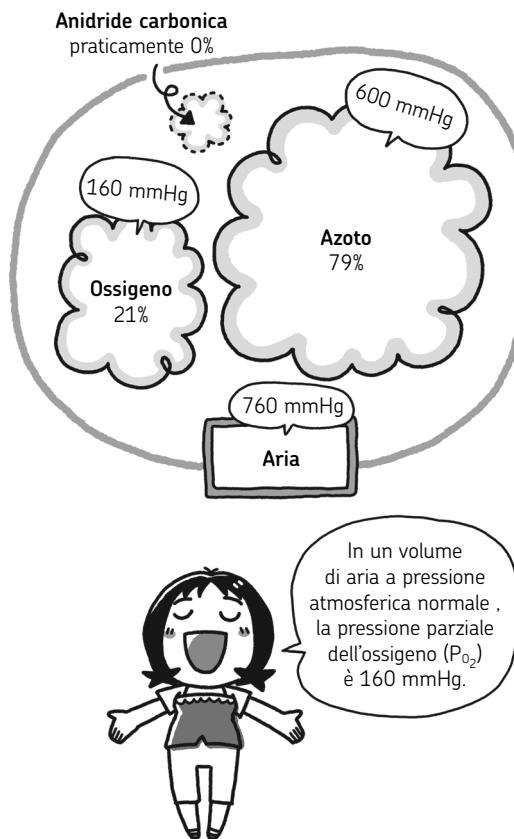
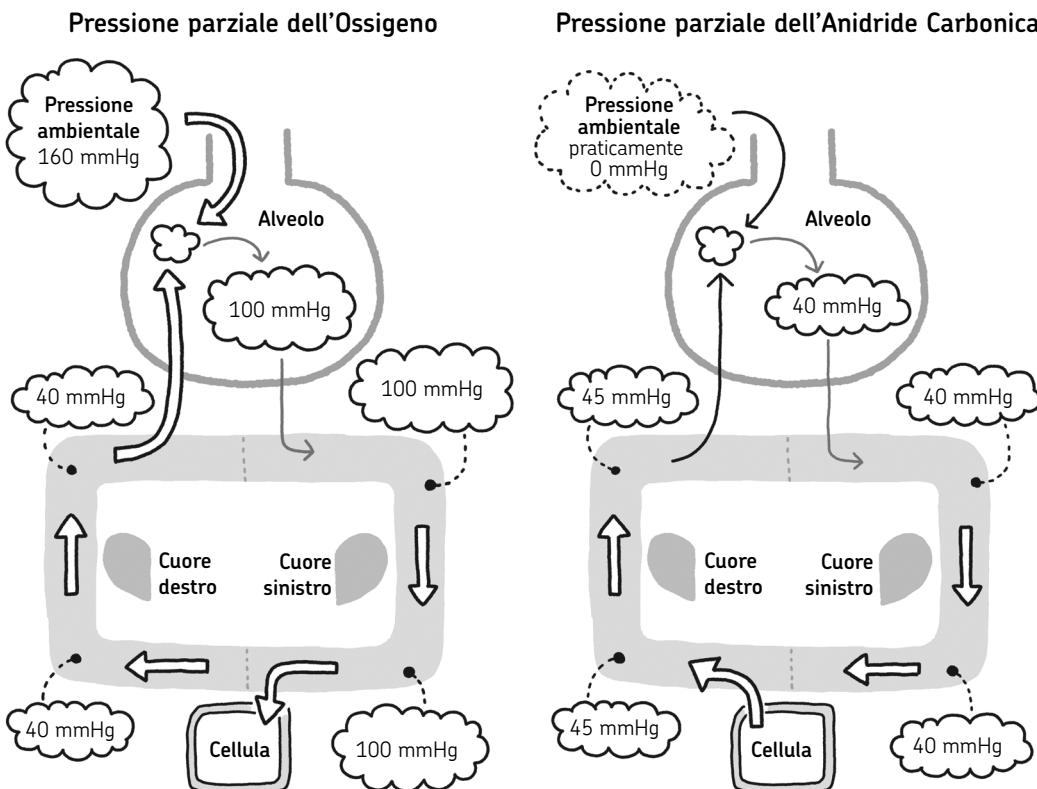


Figura 2.3: Componenti dell'atmosfera e loro pressioni parziali, con pressione atmosferica pari a 1 atm (760 mmHg).

Adesso confrontiamo le pressioni parziali dei gas nel sangue con le proporzioni di questi gas nell'aria. L'aria è una miscela di gas contenente il 21% di ossigeno, lo 0,003% di anidride carbonica e il 79% di altri gas come l'azoto, così come mostrato nella figura 2.3. Eppure, il corpo umano non utilizza affatto l'azoto, e la quantità di anidride carbonica nel corpo è trascurabile. Perciò, l'unica cosa di cui abbiamo bisogno è la pressione parziale dell'ossigeno.

Cos'è dunque la pressione parziale dell'ossigeno nell'organismo? Dipende da quale ossigeno stiamo considerando, se quello nelle vene o quello nelle arterie. La pressione parziale dell'ossigeno nelle arterie è indicata con P_{aO_2} , e la pressione parziale dell'anidride carbonica nelle arterie è indicata con P_{aCO_2} . Nelle vene, esse sono indicate rispettivamente con PvO_2 e $PvCO_2$. In queste notazioni *a* sta per arterie e *v* sta per vene.

Ora osserviamo la figura 2.4 e guardiamo le variazioni della pressione parziale nell'organismo. Il valore standard per P_{aO_2} è 100 mmHg. Per P_{aCO_2} è 40 mmHg e per PvO_2 è 40 mmHg.



La pressione parziale dell'ossigeno scende a 100 mmHg nell'alveolo poiché qui l'ossigeno si ricombina con l'aria e il vapore acqueo. L'ossigeno viene poi scambiato con tutte le cellule e la sua pressione parziale nel sangue scende a 40 mmHg.

La pressione parziale dell'anidride carbonica diventa di 40 mmHg nell'alveolo, poiché l'anidride carbonica è unita ad aria. L'anidride carbonica è scambiata da ogni cellula, e la sua pressione parziale nel sangue sale a 45 mmHg.

Figura 2.4: Variazioni nella pressione parziale dell'ossigeno e dell'anidride carbonica nel corpo.

LO SAPEVI?

L'anidride carbonica viene facilmente scambiata dalle cellule perché praticamente non c'è CO₂ nell'aria dell'ambiente, quindi la diffusione avviene facilmente e rapidamente. Il rilascio di CO₂ (e quindi una diminuzione della P_{aco₂}), è strettamente legato al pH nel corpo (vedi pagina 51).



ACIDOSI E ALCALOSI



Il pH misura l'acidità o l'alcalinità di un liquido. Come ogni altro liquido, anche il sangue ha il proprio pH e il suo valore cambia con la respirazione. Effettivamente, la pressione parziale dei gas fornisce la chiave per capire come la respirazione influisca sul pH del corpo. Se il livello del pH nel sangue supera il suo valore standard, ci possono essere problemi per l'organismo. Come fa il corpo, quindi, a regolarne il valore?

Un pH pari a 7 è neutro. Se diminuisce, il liquido diventa più acido, mentre quando il suo valore aumenta, il liquido diventa più alcalino. Il valore del pH del corpo umano è approssimativamente di 7,4, il che vuol dire che il corpo è leggermente alcalino. Il pH è mantenuto ad un valore pressoché costante. Il meccanismo per il quale si mantiene costante il valore del pH all'interno del corpo è chiamato *omeostasi*.

Se c'è un problema in certe funzioni dell'organismo, il valore del pH può eccedere il range del valore standard. La condizione nella quale il livello del pH tende ad essere più acido del suo valore standard, è chiamata acidosi, quella in cui tende ad essere più alcalino, alcalosi.



Visto che un pH pari a 7 è neutro, una persona con pH pari a 7,1 è in uno stato di alcalosi?



No, no. Dato che l'acidosi e l'alcalosi sono entrambe relative al valore standard di 7,4, un valore del pH pari a 7,1 tende verso il lato acido, perciò si potrebbe considerare un caso di acidosi (anche se il livello del pH è appena un po' alcalino).

La figura 2.5 mostra l'acidosi e l'alcalosi relative al pH del corpo. Se il pH corporeo scende sotto il valore di 6,8 oppure sale oltre il valore di 7,8, c'è rischio di morte. Eppure, dato che il corpo è appena un po' alcalino, il suo pH raramente raggiunge un valore sotto a 7 diventando veramente acido.

E allora come possiamo avere l'acidosi e l'alcalosi? Il pH del corpo umano può cambiare a seconda del livello della P_{aco₂}... le due cose sono strettamente collegate. Quando la P_{aco₂} è alta, si ha più acido nell'organismo, e si può avere uno stato di acidosi. Al contrario, quando la P_{aco₂} è bassa, il livello degli acidi nel corpo diminuisce, e si può avere alcalosi. Perché l'acido aumenta quando aumenta la P_{aco₂}? Questo succede perché la dissoluzione dell'anidride carbonica nell'acqua produce ioni H⁺, che rendono tutto più acido.

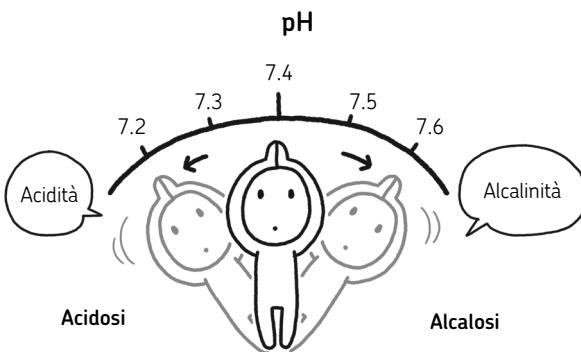


Figura 2.5: L'acidosi si ha quando il pH del corpo tende ad essere acido, e l'alcalosi quando il pH tende ad essere alcalino.



L'anidride carbonica si scioglie nell'acqua...?



Be', pensa ad una bevanda gassata. La carbonazione (gassificazione) di una bevanda gassata è proprio anidride carbonica disiolta in acqua.

LO SAPEVI?

Questa è l'equazione chimica che descrive come l'anidride carbonica si scioglie in acqua all'interno del corpo:



Se la concentrazione di questi ioni idrogeno (H^+) aumenta in una soluzione acquosa (come il sangue), allora il pH tende verso il lato acido.

Una respirazione ridotta (o *ipoventilazione*) porta come risultato ad avere troppa anidride carbonica nel corpo. Più anidride carbonica crea un ambiente più acido, che può tradursi in acidosi.

L'*iperventilazione* è una condizione nella quale la ventilazione è aumentata. Poiché questa provoca uno stato in cui molta anidride carbonica viene espulsa, il livello della PaCO_2 diminuirà, facendo sì quindi che il pH del corpo diventi più alcalino. L'acidosi e l'alcalosi possono essere causate anche da disfunzioni metaboliche (vedi "ATP e ciclo dell'acido citrico" a pagina 74).



COME FUNZIONANO I POLMONI



Adesso diamo un'occhiata ai polmoni. Il test di funzionalità respiratoria misura la quantità d'aria che riesci a inhalare ed esalare e la quantità di forza necessaria per farlo. I risultati sono rappresentati in un grafico chiamato *spirogramma* (come quello riportato in figura 2.6) che mostra il volume d'aria in differenti momenti dell'inspirazione e dell'espirazione.

La piccola curva periodica iniziale indica l'intervallo durante il quale una persona sta respirando normalmente. I picchi rappresentano i momenti di massima inspirazione e i punti più bassi quelli di massima espirazione. La differenza fra questi livelli è il volume a riposo.

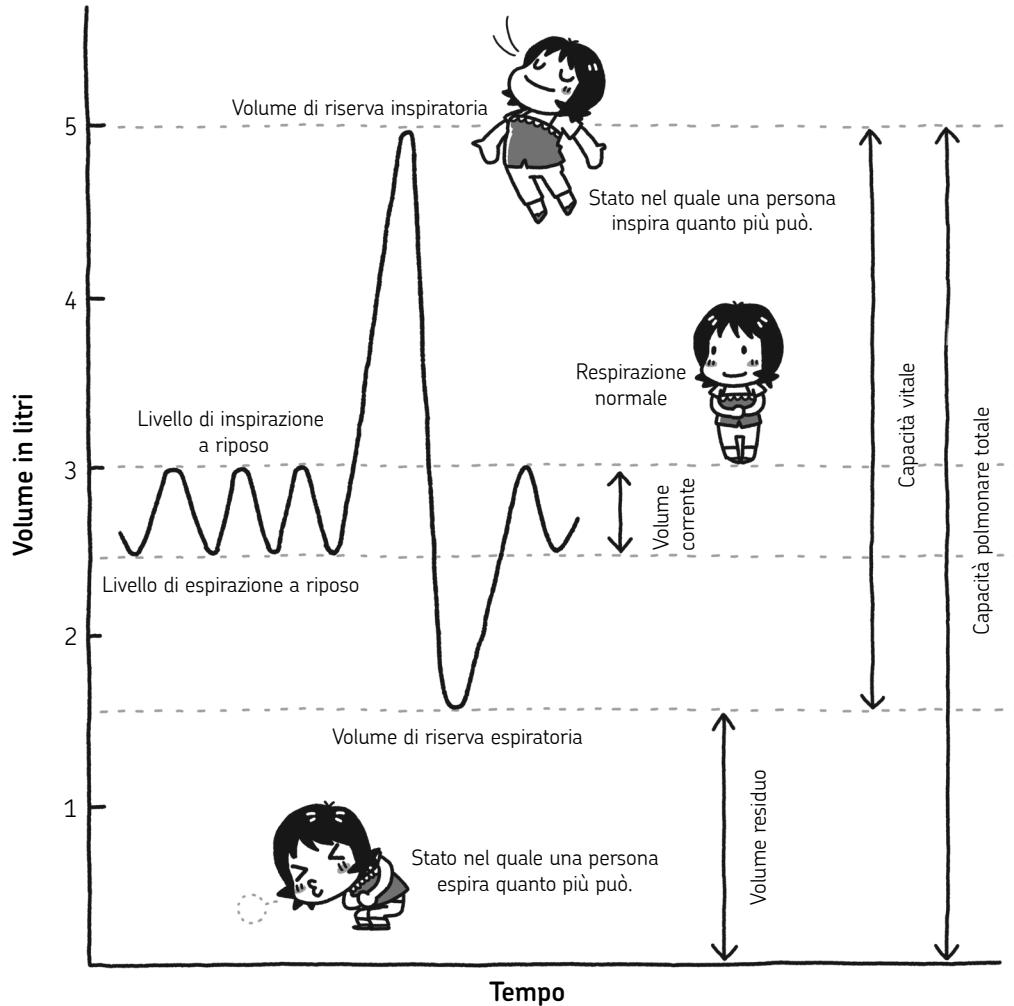


Figura 2.6: Capire i dati di uno spirogramma.

Seguendo il grafico, si vedono un picco e un avvallamento marcati. Il picco più alto (dove le persone hanno inspirato quanto più potevano) è il volume di riserva inspiratoria, e l'avvallamento più profondo (dove le persone hanno esalato quanto più potevano) è il volume di riserva espiratoria. Come mostrato nella figura 2.6, la *capacità vitale* è la differenza di volume tra il massimo dell'inspirazione e il massimo dell'esalazione.

Non bisogna dimenticare il *volume residuo*. Anche se una persona respira quanto più può, poiché i polmoni, così come anche la trachea e i tubi bronchiali, non collassano completamente, c'è un certo volume fisso di aria che rimane all'interno. Questo volume è chiamato volume residuo.

La somma del volume residuo e della capacità vitale è chiamata capacità polmonare totale:

$$\text{Capacità polmonare totale} = \text{Capacità vitale} + \text{Volume residuo}.$$



La mia capacità vitale è di 3500 millilitri. È tanto, non è così?

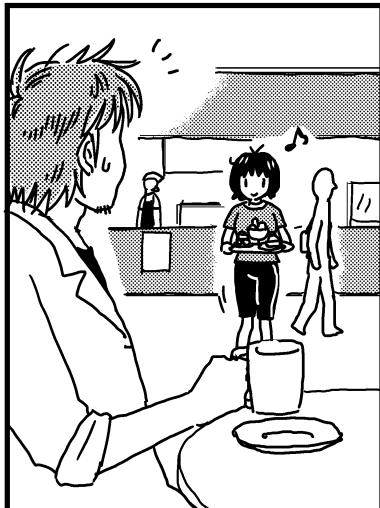
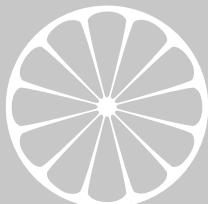


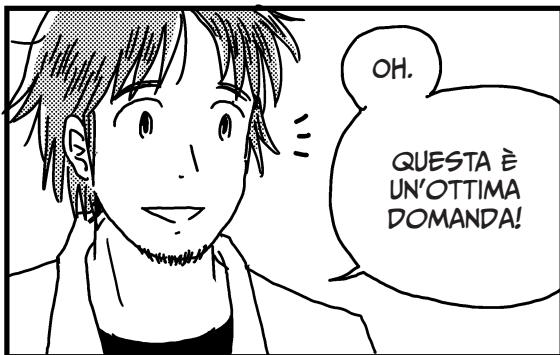
Certo. Lo standard per una donna va da 2000 a 3000 millilitri. Il tuo numero riflette il tuo allenamento come maratoneta. La capacità vitale per un uomo va approssimativamente da 3000 a 4000 millilitri. La capacità vitale tende a diventare maggiore per le persone che hanno un fisico più grande.

3

IL SISTEMA DIGERENTE

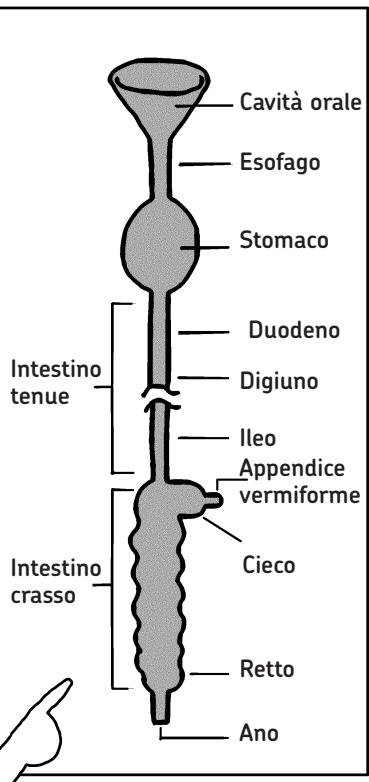
DIGESTIONE, METABOLISMO, E
IL TALENTUOSISSIMO FEGATO

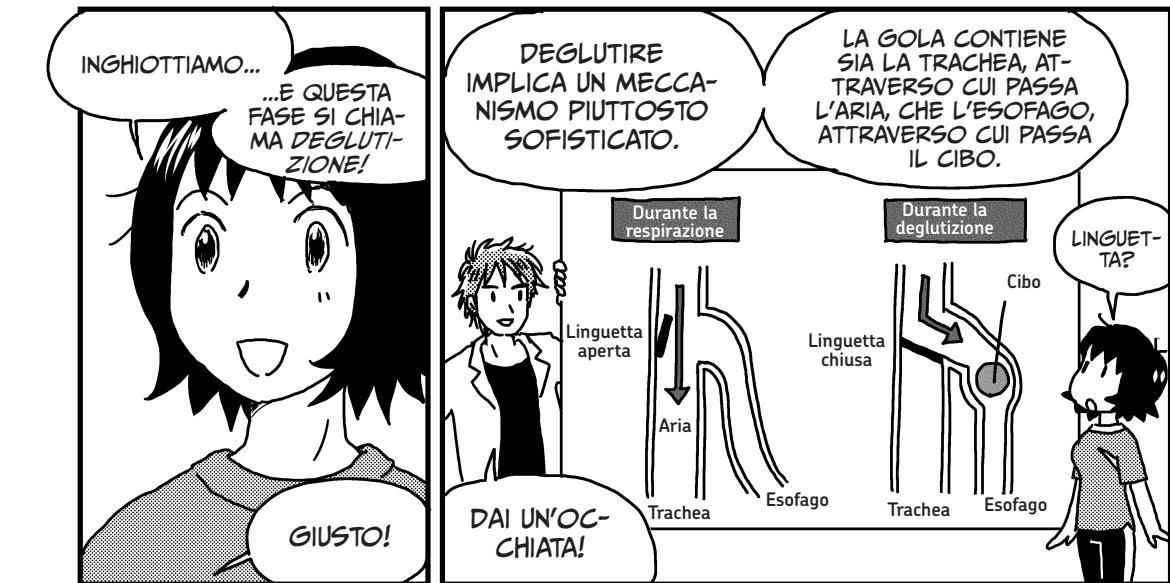
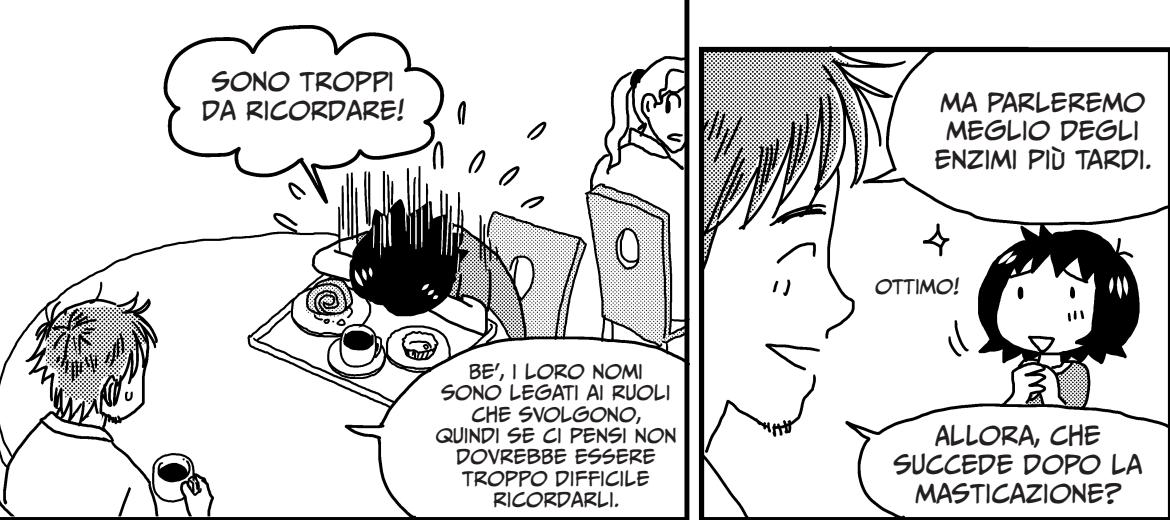




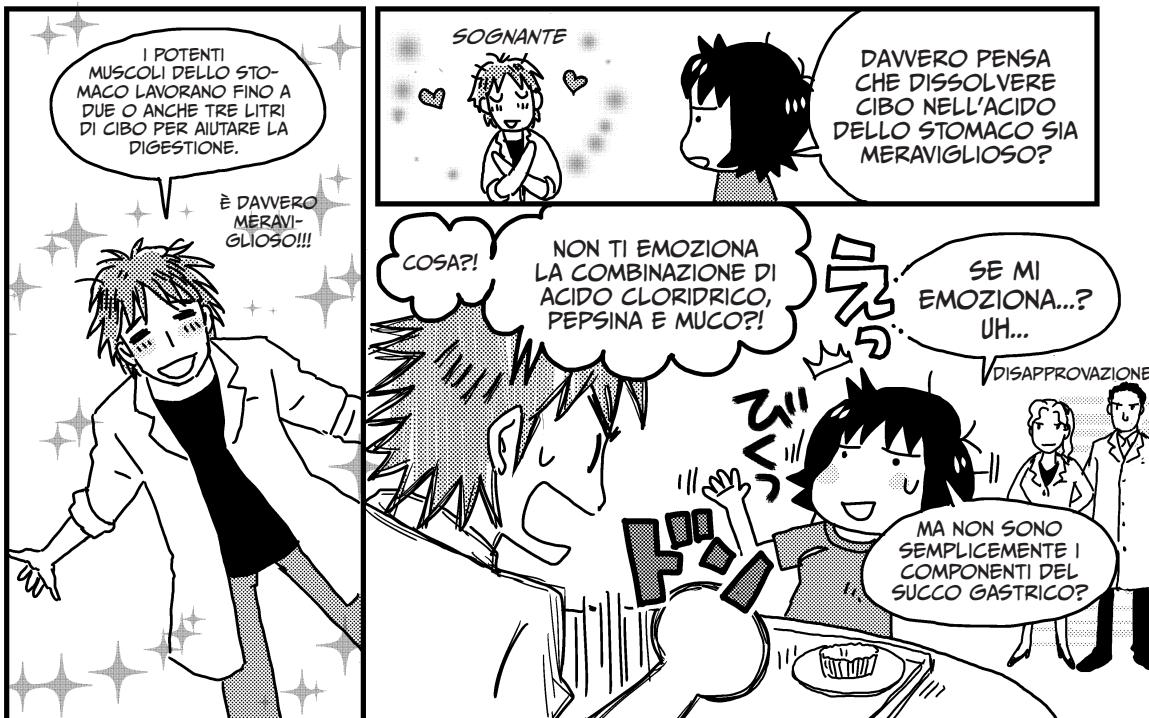
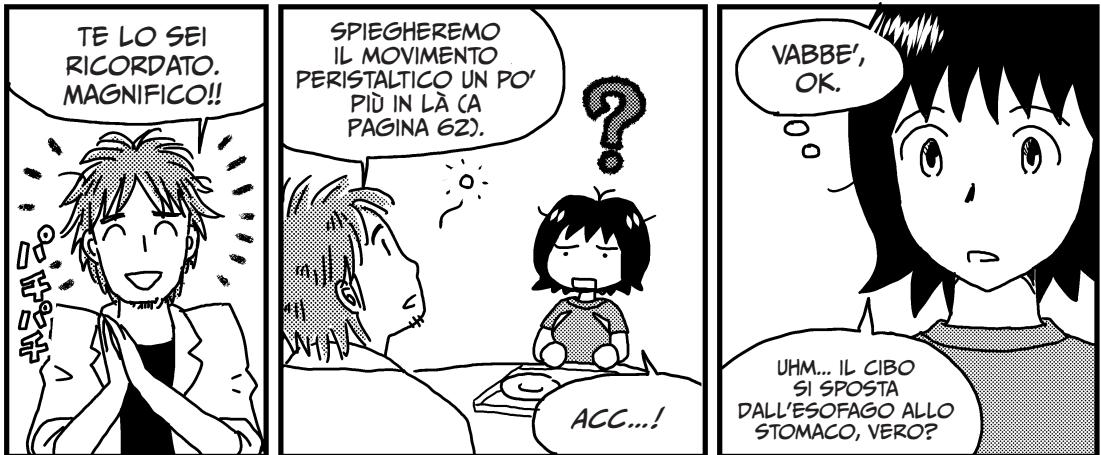
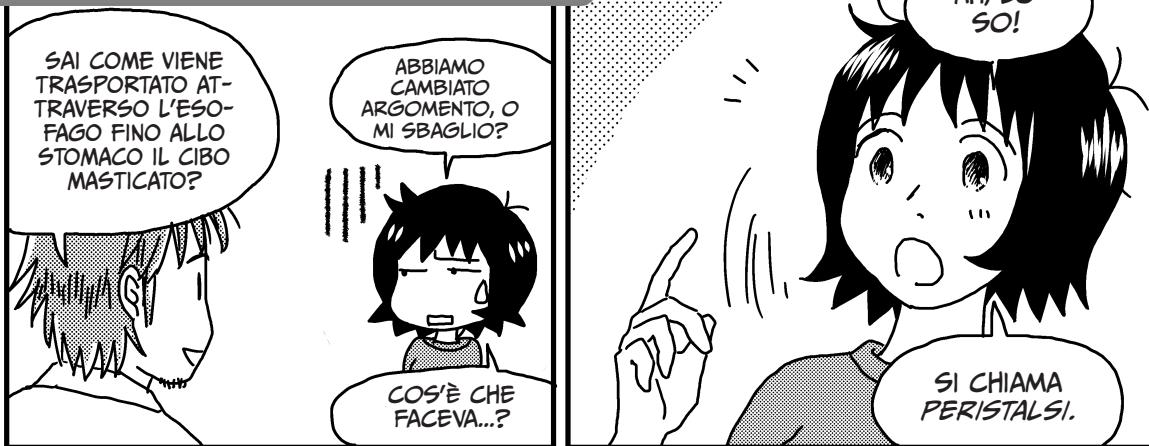
IL CANALE ALIMENTARE

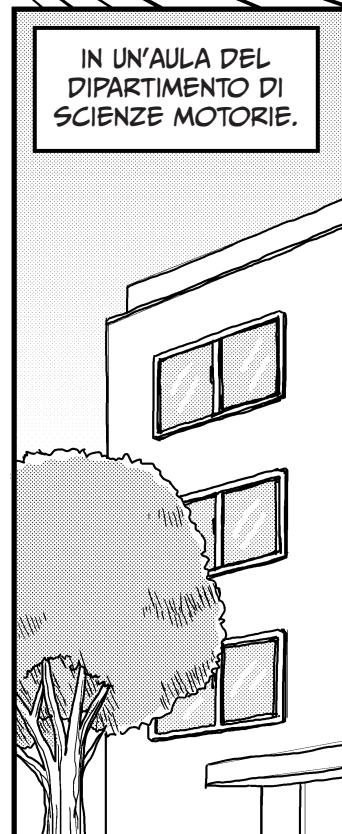
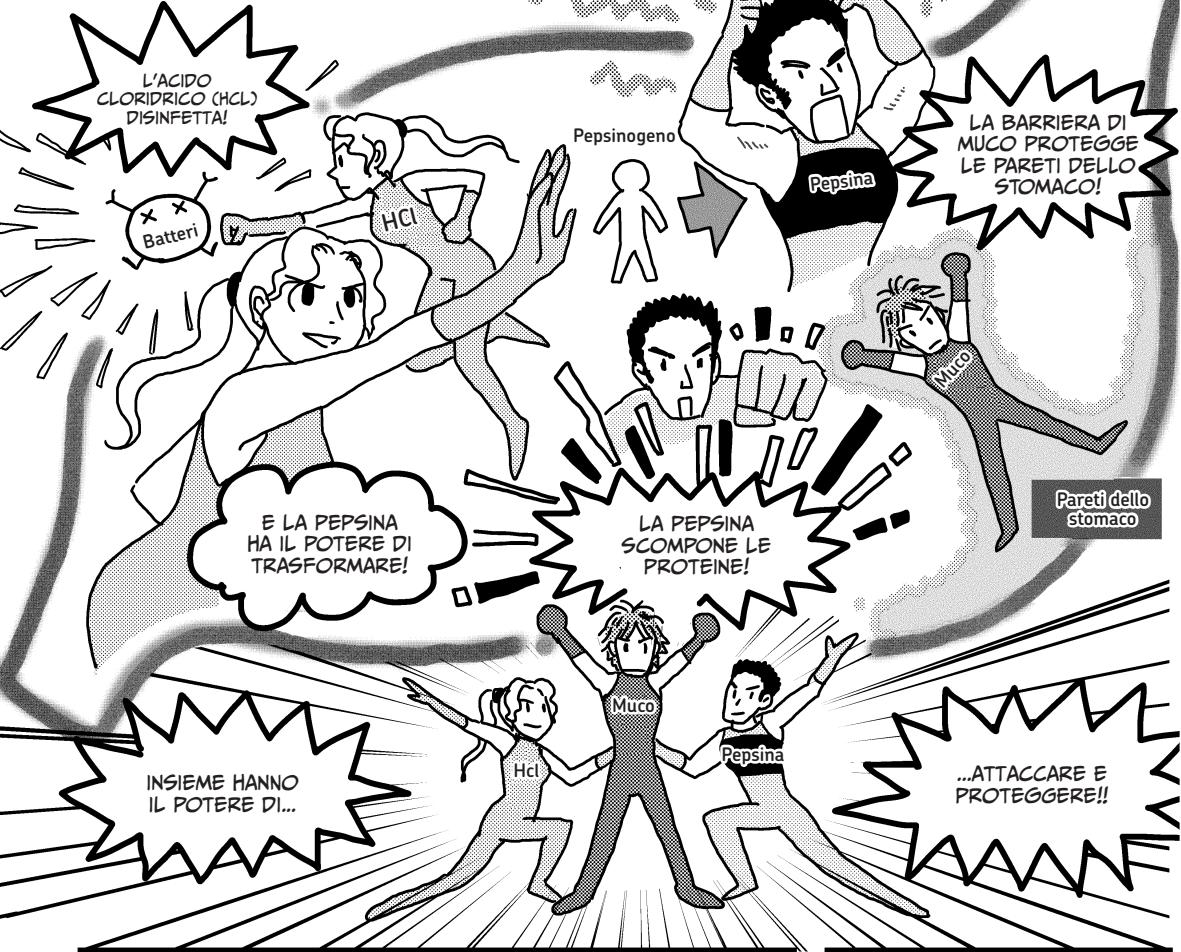






L'ESOFAGO E LO STOMACO

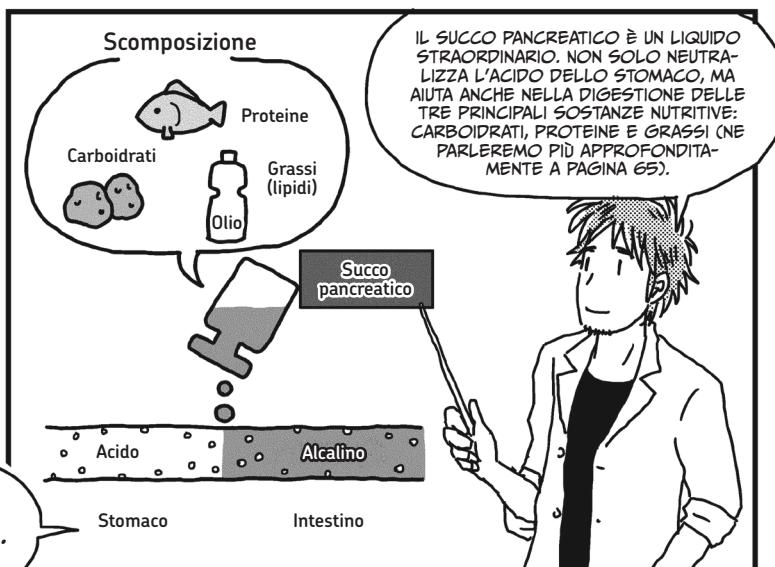




* UN PEPSINOGENO È UNO ZIMOGENO, OVVERO UN PROENZIMA (UN PRECURSORE INATTIVO DI UN ENZIMA). IL PEPSINOGENO È ATTIVATO E TRASFORMATO IN PEPSINA DALL'ACIDO CLORIDRICO.



IL DUODENO E IL PANCREAS



L'INTESTINO TENUE E L'INTESTINO CRASSO

WOW, LA DIGESTIONE SEMBRA DAVVERO UN LAVORACCIO!

IN SEGUITO, FINALMENTE, QUESTE SOSTANZE NUTRITIVE SONO ASSORBITE, VERO?

OH!

CERTAMENTE!

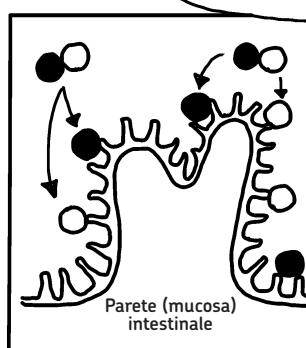
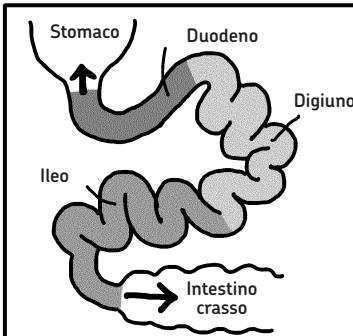
SAI QUALE ORGANO È RESPONSABILE DI QUESTA OPERAZIONE?

L'INTESTINO TENUE!

PiÙ PRECISAMENTE IL DUODENO, IL DIGIUNO E L'ILEO!

MESSI ASSIEME FORMANO L'INTESTINO TENUE...

L'ASSORBIMENTO DEL CIBO DIGERITO AVVIENE SULLA SUPERFICIE CELLULARE DELLA MUCOSA INTESTINALE DEL TENUE..



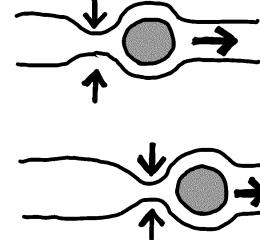
IL MOVIMENTO PERISTALTICO, CHE PRIMA ABBIAMO CITATO, AVVIE-
NE ANCHE QUI.

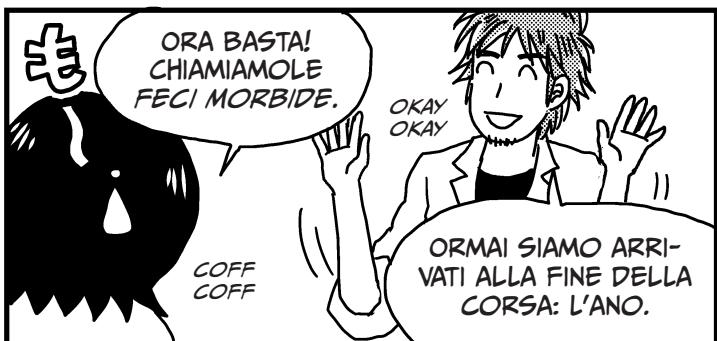
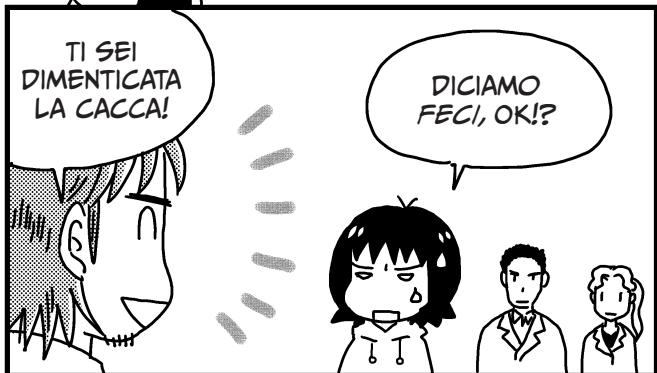
SI, LA PERISTALSI È SIMILE AL MOVIMENTO DI UN VERME.

FA PROSEGUIRE IL CHIMO VERSO L'ANO.

QUINDI L'INTESTINO ESEGUE IL MOVIMENTO PERISTALTICO PROPRIO COME FA L'ESOFAGO, GIUSTO?

Il restrinzione
dietro la massa la fa procedere in avanti.





ANCORA UNA VOLTA,
QUI, TROVIAMO LA
NOSTRA VECCHIA
AMICA...

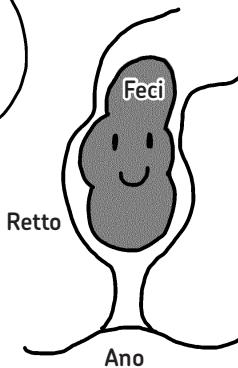
LA PE-
RISTALSI
CONSENTE
LA DEFECA-
ZIONE!

ESATTO.

PIÙ PRECISAMENTE,

LE FECI
ARRIVANO AL RETTO,
CHE È SUBITO PRIMA
DELL'ANO...

...SI ACCUMULANO
GRADUALMENTE
ED ESERCITANO
PRESSIONE SUL
RETTO...



Defecazione

Pressione addominale
(movimento
volontario)

Contrazione
del retto
(movimento
involontario)

Rilassamento
Sfintere anale

...E UN
RIFLESSO*
AUTOMATICO
FA INIZIARE LA
CONTRAZIONE
DEL RETTO.



QUINDI...

LO SFINTERE
ANALE INTERNO SI
ALLENTA PROPRIO
QUANDO AVVIENE LA
CONTRAZIONE.

QUESTO È UN
MOVIMENTO
IN VOLONTARIO.

DOPPO DI CHE
CORRI IN BAGNO E
STRINGI I DENTI.

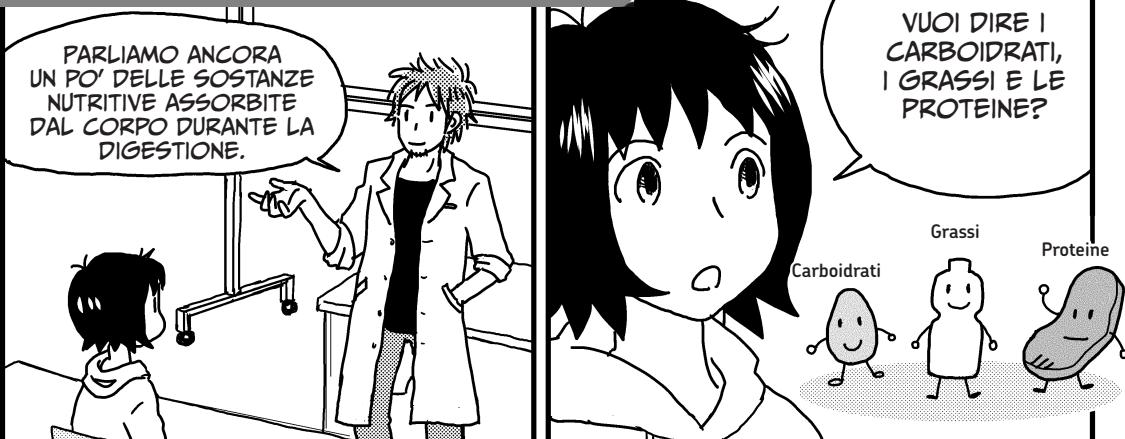
IN ALTRE
PAROLE,
ESERCITI UNA
PRESSIONE
ADDOMINALE.



DA QUESTO
PUNTO IN POI, SI
TRATTA SOLO
DI MOVIMENTI
VOLONTARI,
GIUSTO?

GIUSTO. LO
SFINTERE ANALE ESTERNO
SI ALLENNA, E IL NOSTRO
LUNGO VIAGGIO ATTRA-
VERSO LA DIGESTIONE SI
CONCLUDE.

LE TRE PRINCIPALI SOSTANZE NUTRITIVE



PARTIAMO DAI CARBOIDRATI.

I CARBOIDRATI COMPRENDONO IL GLUCOSIO, IL FRUTTOSIO, IL GALATTOSIO, IL LATTOSSIO, IL MALTOSSIO, IL SACCAROSIO E L'AMIDO.

È PER QUESTO CHE I DOLCI SONO INDISPENSABILI DURANTE LE PAUSE DALLO STUDIO!

L'UNICA SORGENTE DI ENERGIA PER IL CERVELLO È IL GLUCOSIO!

LA BASE DEI CARBOIDRATI È IL GLUCOSIO!

ANCHE SE DIGIUNI PER UN PAIO DI GIORNI, È IMPROBABILE CHE IL TUO CERVELLO ESAURISCA COMPLETAMENTE LA SUA RISERVA DI ENERGIA.

MA QUANDO SEI MOLTO AFFAMATA, LA TUA MENTE COMINCIA A PERDERE COLPI.



DIVENTI UNA SPECIE DI TESTA DI LEGNO.

DURA COME UNA ZOLLETTA DI ZUCCHERO!

A PROPOSITO, LO ZUCCHERO DA TAVOLA È IL SACCAROSIO.



GUARDIAMO
TUTTI I DIFFE-
RENTI TIPI DI
CARBOIDRATI.

Tipi di carboidrati

Monosaccaridi*



Glucosio



Fruttosio

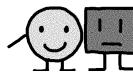


Galattosio

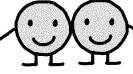
Disaccaridi**



Saccarosio
Glucosio +
Fruttosio

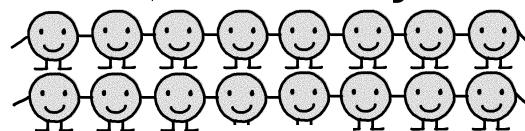


Lattosio
Glucosio +
Galattosio



Maltosio
Glucosio x2

Polisaccaridi***



Amido

* MONOSACCARIDI: I PIÙ FACILI DA ASSORBIRE PER IL CORPO.

** DISACCARIDI: FORMA IN CUI DUE MONOSACCARIDI VENGONO UNITI
INSIEME.

*** POLISACCARIDI: FORMA IN CUI MOLTI TIPI DI MONOSACCARIDI VENGO-
NO UNITI INSIEME.



VENGONO
CLASSIFICATI
IN QUESTO
MODO.

QUINDI LA DIGESTIONE
PROCEDA PER STADI.
AD ESEMPIO, L'AMIDO
È SCOMPOSTO IN
MALTOSIO.

POI ALLA FINE VIENE
TUTTO USATO SOTTO
FORMA DI GLUCOSIO,
NEL CORPO.

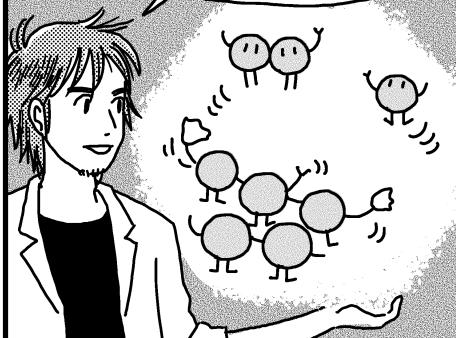
QUINDI LE CARAMELLE, LE PASTE
E GLI ALTRI DOLCI SARANNO
ASSORBITI RAPIDAMENTE DAL
CORPO VISTO CHE C'È BISOGNO
DI MENO SFORZO PER LA LORO
DIGESTIONE, GIUSTO?

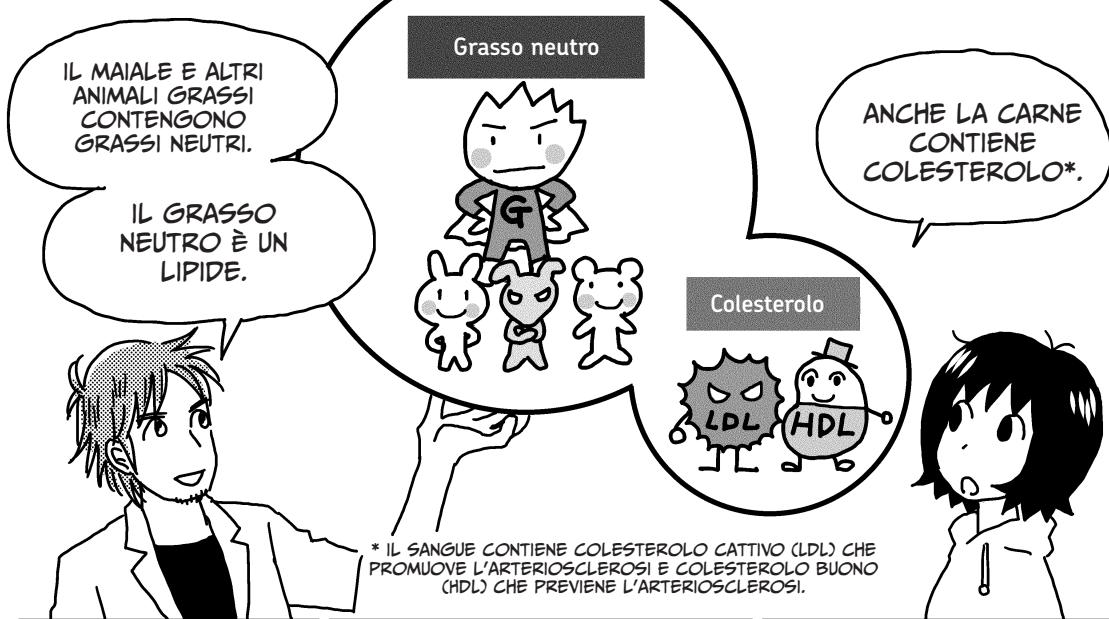
SBRICOLA-
MENTO



QUESTA PARTE
L'HA CAPITA
BENISSIMO...

ORA PASSIAMO
AI GRASSI.





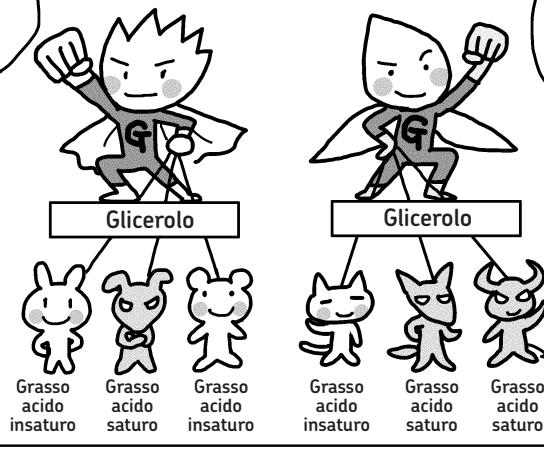
DIAMO UNO SGUARDO ALLA STRUTTURA DEI GRASSI NEUTRI.

I TRIGLICERIDI, UN TIPO COMUNE DI GRASSO NEUTRO, CONSISTE DI GLICEROLO UNITO A TRE ACIDI GRASSI.



GLI ACIDI GRASSI SONO CLASSIFICATI COME SATURI OPPURE INSATURI. ENTRAMBI SI MESCOLANO AL GLICEROLO (CHIAMATO ANCHE GLICERINA) PER FORMARE VARIE COMBINAZIONI.

Grasso neutro



QUESTO COMPOSTO SI CHIAMA TRIGLICERIDE, GIUSTO?



GIUSTO.

IN GENERALE, GLI ACIDI GRASSI INSATURI SONO CONTENUTI NELLE PIANTE E NEI PESCI.

E GLI ACIDI GRASSI SATURI SONO CONTENUTI NEI GRASSI (LIPIDI) DEI MAMMIFERI.

CIO CHE DOVRESTI RICORDARE È CHE I GRASSI NEUTRI SONO FORMATI DA VARIE COMBINAZIONI DI ACIDI GRASSI.



* I GRASSI NEUTRI SONO CLASSIFICATI IN BASE AGLI ACIDI GRASSI CHE LI COMPONGONO, E IN BASE AGLI ATOMI DI CARBONIO E I LEGAMI TRA LORO. ANDANDO OLTRE I TRIGLICERIDI, CI POSSONO ESSERE ANCHE I MONO- E I DIGLICERIDI.

E ADESSO TOCCA
ALLE PROTEINE,
VERO?

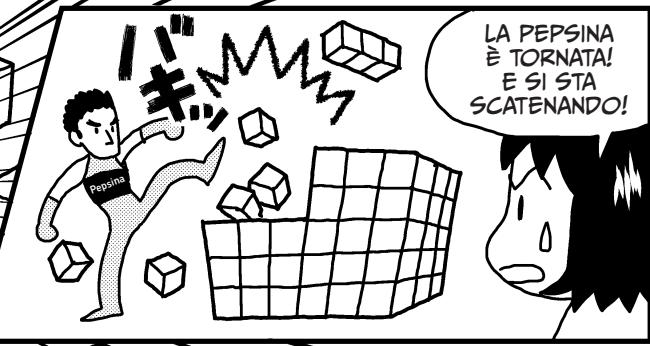
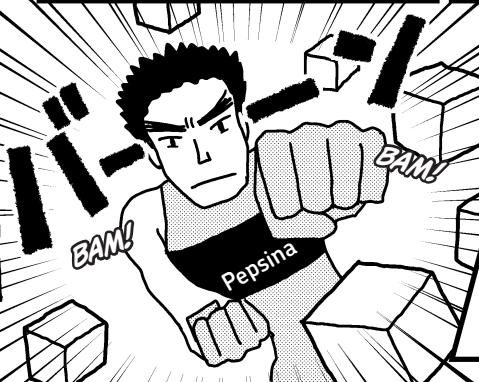


VERO.

LE PROTEINE SONO SOSTANZE NUTRITIVE IMPORTANTI PER LE COMPONENTI STRUTTURALI DEL CORPO, COME MUSCOLI, OSSA, PELLE E SANGUE.



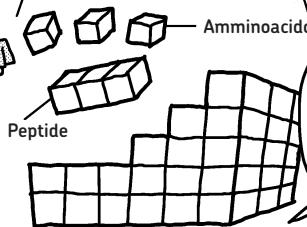
NATURALMENTE
POSSENO ESSERE
USATE ANCHE PER
PRODURRE ENERGIA.



LE PROTEINE
SONO FATTE DI
AMMINOACIDI
ASSEMBLATI TRA
LORO.



Proteina



L'UNIONE DI
POCHI AMMINO-
ACIDI È SPESO
CHIAMATA PEP-
TIDE.

LA PEPSINA
SCOMPONE LA
PROTEINA IN PEZZI
PIÙ PICCOLI!

GIUSTO! E ORA LA
DIGESTIONE PUÒ
PROCEDERE!

PROTEINE E
AMMINOACIDI
SEMBRANO
MATTONCINI LEGO.



IMMAGINIAMO CHE QUESTO EDIFICIO DI MATTONCINI SIA UNA PROTEINA.



MOLTI MATTONCINI DIFFERENTI SONO UNITI TRA LORO.

LA PRIMA PARTE DEL PROCESSO DEL METABOLISMO (CHIAMATA CATABOLISMO) CONSISTE NEL ROMPERE IN PEZZETTI QUEST'EDIFICIO.



QUANDO QUESTO AVVIENE DURANTE LA DIGESTIONE, OTTENIAMO MATTONCINI SINGOLI.

QUINDI OGNI MATTONCINO È UN AMMINOACIDO?



Amminoacido

QUESTO MATTONCINO È DIVERSO.

SEI STA
TA BRAVA AD AVERLO NOTATO.

QUELLO È UN AMMINOACIDO ESSENZIALE.

COME GLI ACIDI GRASSI ESSENZIALI DI CUI PARLAVAMO PRIMA...

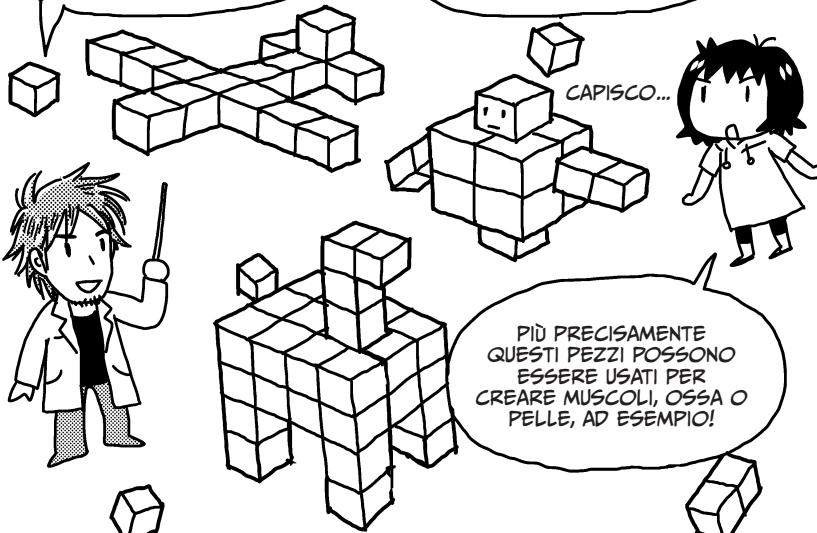
NON POSSIAMO CREARLI DA SOLI, QUINDI DOBBIAMO ASSIMILARLI DAL CIBO, GIUSTO?



GIUSTO!

LA SECONDA FASE DEL METABOLISMO È CHIAMATA ANABOLISMO. È IL RIASSEMBLAGGIO DEI SINGOLI MATTONCINI (AMMINOACIDI), A FORMARE PROTEINE PIÙ COMPLESSE.

QUANDO AVVIENE L'ANABOLISMO, SI CREANO NUOVE STRUTTURE, DIVERSE DALLA CONFIGURAZIONE D'ORIGINE (COME SE COSTRUISSIMO DALLO STESSO GRUPPO DI MATTONCINI UN ROBOT OPPURE UN AEREO)!



PiÙ PRECISAMENTE QUESTI PEZZI POSSONO ESSERE USATI PER CREARE MUSCOLI, OSSA O PELLE, AD ESEMPIO!

SCOPRIAMO QUALCOSA IN PIÙ SULL'APPARATO DIGERENTE!



Guardiamo di nuovo tutti gli organi dell'apparato digerente! Essi includono gli organi del canale alimentare (o tratto digerente) che vanno dalla bocca all'ano, oltre al fegato, la cistifellea e il pancreas. Se paragonassimo la sequenza dei processi che fanno parte della digestione e dell'assorbimento a una fabbrica, apparirebbe un quadro come il seguente.

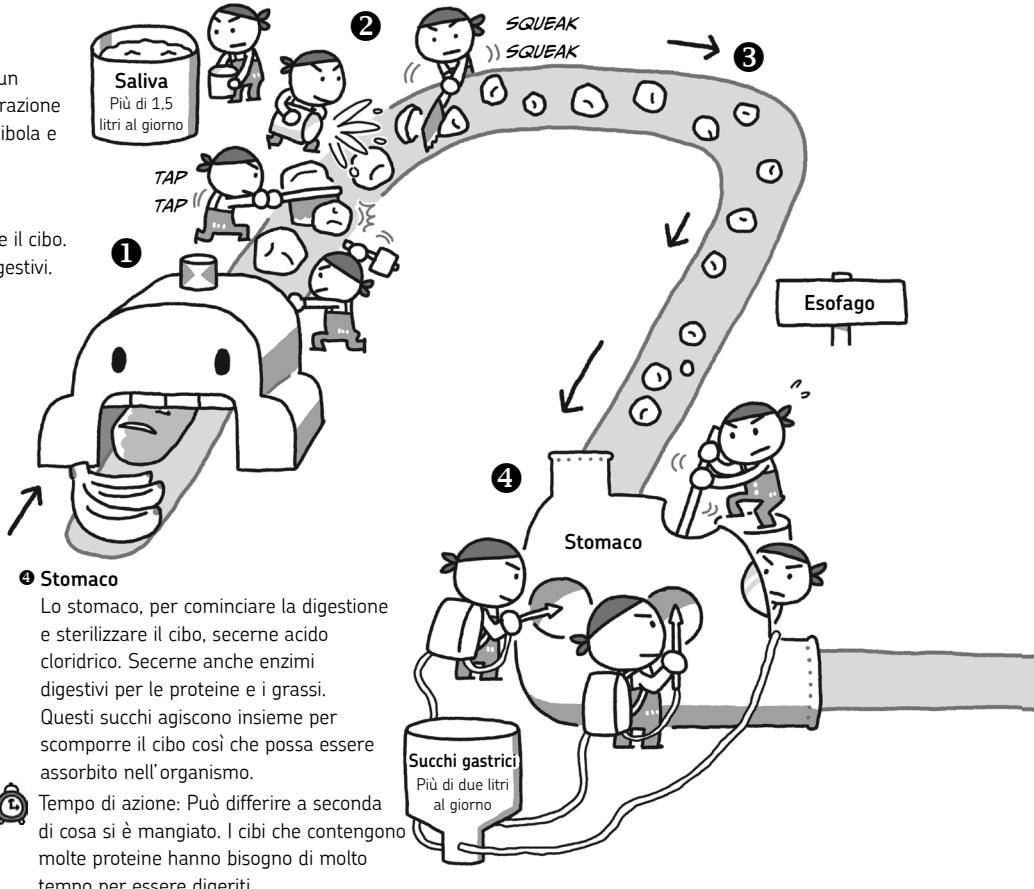
L'APPARATO DIGERENTE IN AZIONE

❶ Masticazione

La masticazione è un processo di collaborazione tra i denti, la mandibola e la lingua.

❷ Saliva

La saliva inumidisce il cibo. Contiene enzimi digestivi.



❸ Deglutizione (ingestione)

L'ingestione del cibo fatto a pezzetti nella bocca è chiamata deglutizione. Il cibo passa attraverso l'esofago ed entra nello stomaco.



Tempo di azione: Può differire a seconda di cosa si è mangiato. I cibi che contengono molte proteine hanno bisogno di molto tempo per essere digeriti.

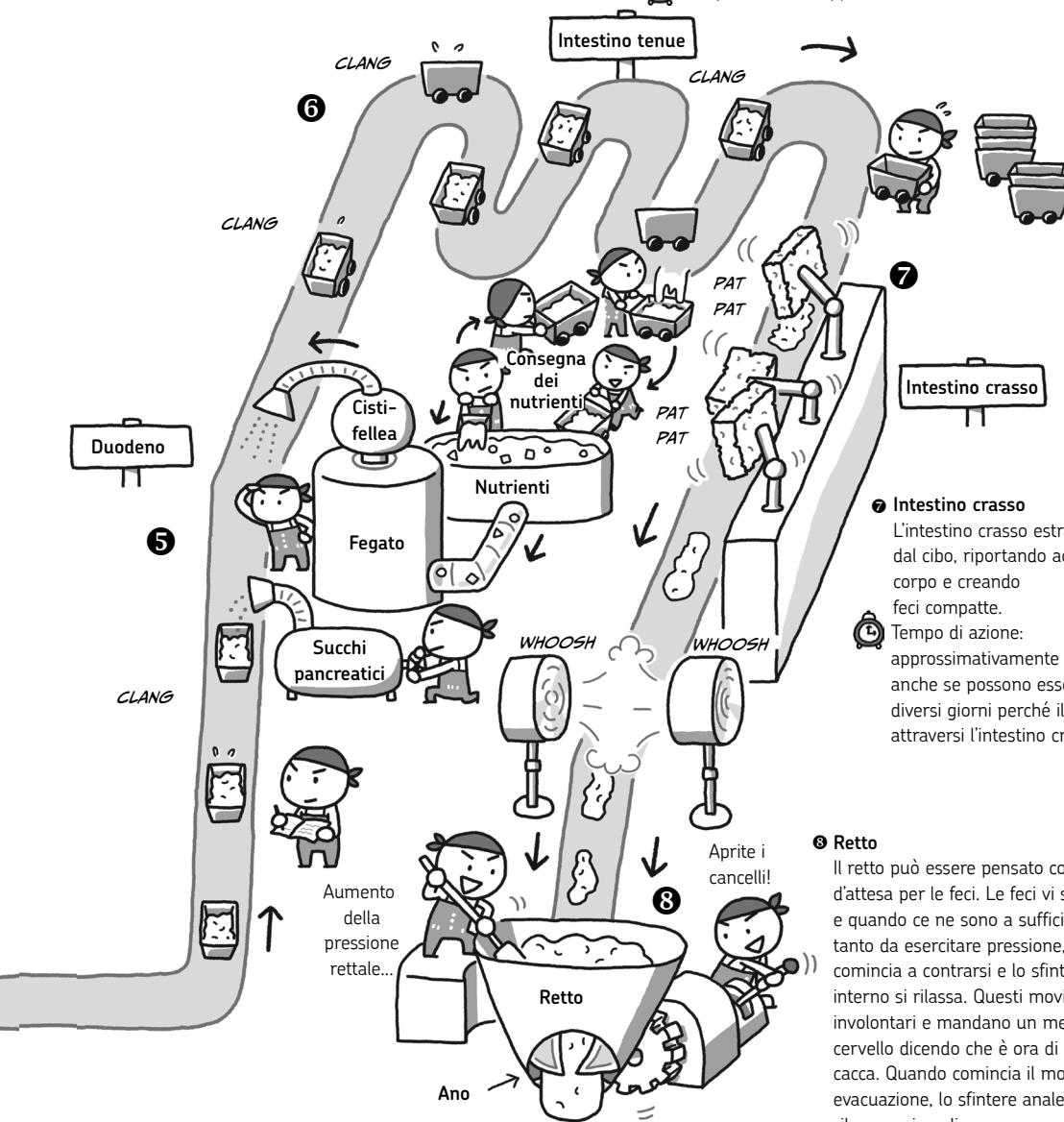
6 Duodeno

I fluidi digestivi alcalini vengono mischiati al chimo proveniente dallo stomaco per neutralizzare gli acidi dello stomaco prima che entrino nell'intestino. Anche i succhi pancreatici secreti dal pancreas contengono enzimi digestivi per scomporre proteine e grassi. La bile secreta dalla cistifellea aiuta a digerire i lipidi (vedi figura 3.7 a pagina 80).

6 Intestino tenue

Vengono secreti i fluidi digestivi che compiono la parte finale della digestione, e contemporaneamente gli elementi nutritivi vengono regolarmente assorbiti dalle cellule di assorbimento che rivestono le pareti dell'intestino tenue. La lunghezza dell'intestino tenue in un adulto va approssimativamente da 6 a 8 metri.

Tempo di azione: approssimativamente da 3 a 5 ore.



8 Retto

Il retto può essere pensato come la sala d'attesa per le feci. Le feci vi si accumulano e quando ce ne sono a sufficienza, tanto da esercitare pressione, il retto comincia a contrarsi e lo sfintere anale interno si rilassa. Questi movimenti sono involontari e mandano un messaggio al cervello dicendo che è ora di fare la cacca. Quando comincia il movimento di evacuazione, lo sfintere anale esterno si rilassa e si va di corpo.

L'ATP E IL CICLO DELL'ACIDO CITRICO



Il nostro corpo ricava energia dal cibo e dai nutrienti che ingeriamo, sintetizzando o decomponendo. Le reazioni che danno origine a questo processo si chiamano *metabolismo*. In questo paragrafo, spiegheremo il metabolismo un po' più in dettaglio.

Per prima cosa, esaminiamo il processo che produce energia bruciando le sostanze nutritive che sono state assorbite. Anche se abbiamo detto "bruciando", non viene letteralmente dato fuoco alla sorgente di energia all'interno del corpo. Piuttosto, l'energia è prodotta da una reazione chimica chiamata *ossidazione*.

L'ossidazione estrae energia dalle sostanze nutritive (carboidrati, grassi e proteine) usando ossigeno. Queste sorgenti di energia sono ossidate per formare ATP (*adenosina trifosfato*). Camminiamo, digeriamo e svolgiamo altre attività grazie all'energia che è prodotta dalla scomposizione dell'ATP.

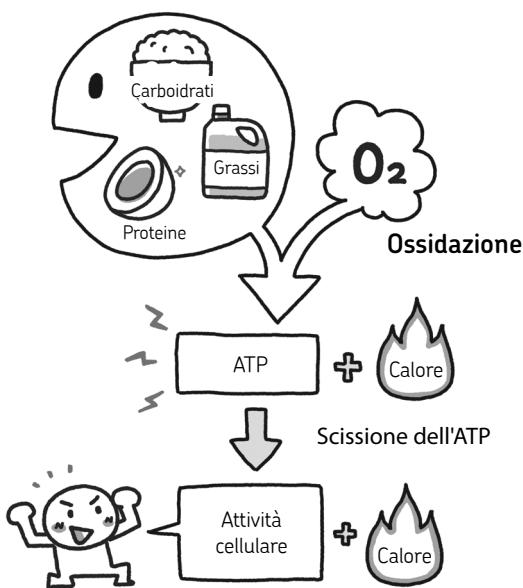


Figura 3.1: Scissione dell'ATP.



Dove avviene dunque la scissione dell'ATP all'interno del corpo umano?



La scissione dell'ATP è la sorgente di energia per ogni attività che avviene all'interno delle cellule, quindi viene svolta all'interno di ogni cellula del nostro corpo. L'energia ottenuta dalla scissione dell'ATP viene usata per le varie attività cellulari che la richiedono ed infine rilasciata sotto forma di calore, come mostrato in figura 3.1.

La serie di reazioni chimiche che bruciano le sostanze nutritive per creare ATP è chiamata *ciclo dell'acido citrico* (vedi figura 3.2). Non devi ricordare le specifiche reazioni che avvengono nel ciclo per ogni sostanza. Per ora, devi solo ricordare cosa si ottiene con il ciclo dell'acido citrico.

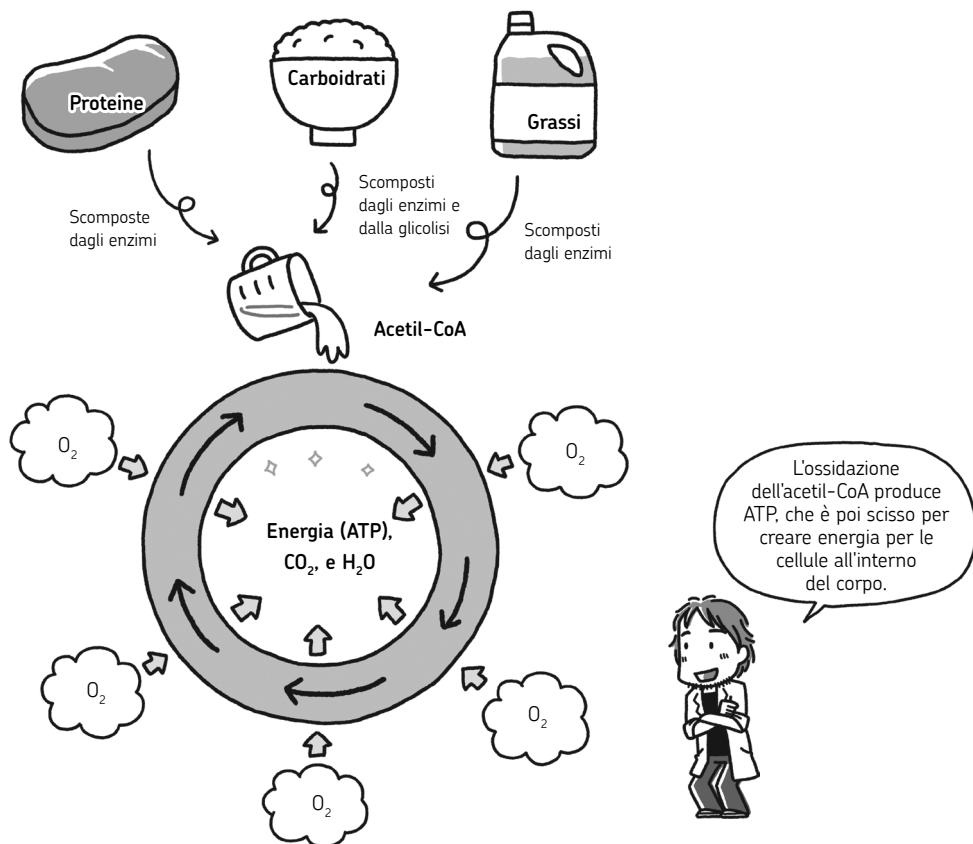


Figura 3.2: Il ciclo dell'acido citrico.

E quindi, in che modo avviene questo flusso di produzione energetica nel ciclo dell'acido citrico? Per prima cosa, ogni sostanza nutritiva è scomposta dagli enzimi. Le proteine e i grassi vengono scomposti rispettivamente in amminoacidi e acidi grassi, che sono infine trasformati in molecole chiamate acetil-CoA, che alimentano il ciclo dell'acido citrico. Per i carboidrati, il processo è un po' più complicato. I carboidrati vengono scomposti in glucosio, che a sua volta è ulteriormente scomposto tramite la *glicolisi*. La glicolisi produce una piccola quantità di energia (2 molecole di ATP per ogni molecola di glucosio) e genera piruvato, che viene infine trasformato in acetil-CoA.

Una volta che le tre maggiori sostanze nutritive sono state trasformate in acetil-CoA, l'acetil-CoA entra nel ciclo dell'acido citrico. Gli enzimi usano l'ossigeno per estrarre energia attraverso una serie successiva di reazioni di ossidazione. Questo processo produce molecole ad alto contenuto di energia che vengono alla fine trasformate in ATP attraverso un'altra serie di reazioni chiamate *catena di trasporto degli elettroni*.

Il ciclo è parte integrale del metabolismo aerobico. Alla fine, il ciclo dell'acido citrico e altri percorsi correlati riescono a creare 20 volte più ATP di quanto faccia la sola glicolisi.

LO SAPEVI?

Il ciclo dell'acido citrico è anche chiamato ciclo TCA (degli acidi tricarbossilici) o ciclo di Krebs, così denominato in onore di Hans Adolf Krebs, che ricevette il Premio Nobel per la medicina per il suo lavoro su questo ciclo.



I FLUIDI DIGESTIVI E GLI ENZIMI DIGESTIVI



Prima abbiamo accennato ai fluidi digestivi e agli enzimi digestivi. Torniamo ora più in dettaglio su di essi. Se si guarda l'immagine degli organi dell'apparato digerente mostrata a pagina 72 diventa più facile visualizzare cosa succede.



Organi differenti secernono differenti fluidi digestivi, giusto?



Infatti. Puoi nominarli in ordine? Parti dalla bocca.



Be', c'è la saliva nella bocca, i succhi gastrici nello stomaco, i succhi pancreatici e la bile nel duodeno e i fluidi intestinali nell'intestino tenue.



Giusto. In un giorno si seceranno all'incirca 8 litri di liquidi digestivi! Potresti pensare che ci disidratiamo a forza di generare tutto questo liquido, eh? Be', non ti preoccupare. L'umidità contenuta nei fluidi digestivi è assorbita tramite il canale alimentare con la stessa velocità con la quale i fluidi digestivi sono secreti. Come risultato, non ti disidrati.

La maggior parte dei fluidi digestivi contiene enzimi digestivi, tranne la bile che è l'unica che non li contiene. Ma può essere chiamata fluido digestivo lo stesso in quanto aiuta la digestione, agendo come un sapone che disperde ed emulsiona i grassi. La bile è quel liquido amaro di colore verde che viene fuori quando si vomita violentemente. Se non c'è niente altro da vomitare, può essere emessa bile. La bile è formata in parte dalla decomposizione dei vecchi globuli rossi (vedi "Il ruolo del fegato nel metabolismo e nella digestione" a pagina 78).

Ora, parliamo di enzimi digestivi. Il tuo corpo non può facilmente assorbire il cibo nella sua forma originale. Gli enzimi digestivi hanno un ruolo fondamentale nella trasformazione di questo cibo in una forma che possa essere assorbita dal corpo come nutriente.



È per questo che devo memorizzarli?



Non ti preoccupare. Mi limiterò solo a nominare i tre principali tipi di enzimi digestivi. Ci sono delle regole che permettono di ricordare facilmente i loro nomi.

È frequente che i nomi degli enzimi terminino in -asi. Il nome latino dell'amido è amy-lum, così l'enzima che scomponete i carboidrati è chiamato amilasi. Proteasi è l'enzima che scomponete le proteine, e lipasi è l'enzima che scomponete i grassi, o lipidi (vedi figura 3.3).

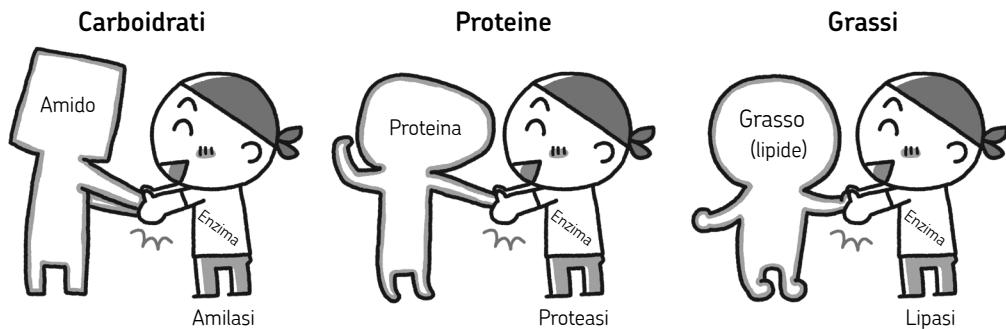


Figura 3.3: I tre tipi principali di enzimi digestivi.

In questo modo gli enzimi digestivi possono essere classificati in generale in tre tipi. Amilasi e proteasi possono essere ulteriormente classificate in altri sottotipi. Poiché ci sono diversi enzimi digestivi importanti, si possono ricordare più facilmente se vengono organizzati in modo appropriato, come nella tabella 3.1.

TABELLA 3.1: PRINCIPALI ENZIMI DIGESTIVI E LORO EFFETTI.

	Enzimi per la scomposizione dei carboidrati	Enzimi per la scomposizione delle proteine	Enzimi per la scomposizione dei grassi
Saliva	<i>Amilasi salivare</i> amido → maltosio		
Succo gastrico		<i>Pepsina</i> proteine → peptidi*	
Succo pancreatico	<i>Amilasi pancreatica</i> <i>etc...</i> amido → maltosio	<i>Tripsina,</i> <i>Chimotripsina</i> proteine → peptidi o amminoacidi	<i>Lipasi pancreatica</i> grassi (lipidi) → acidi grassi + glicerina
Succhi intestinali	<i>Saccarasi, etc...</i> saccarasi, lattosio, etc. → monosaccaride	<i>Erepsina</i> proteine o peptidi → amminoacidi	

* I peptidi sono brevi catene di amminoacidi legati assieme, con meno molecole di quante sono contenute in una proteina.



Sicuramente sono tanti, e alcuni enzimi non terminano in -asi.



Magari fosse così semplice! Però ricorda che gli enzimi senza -asi sono quelli del gruppo delle proteasi, cioè quelli che scompongono le proteine.

IL RUOLO DEL FEGATO NEL METABOLISMO E NELLA DIGESTIONE



Ed ora, parliamo del fegato, che svolge importanti funzioni nella digestione e nel metabolismo. Probabilmente saprai che il fegato è un organo interno coinvolto in un'ampia varietà di attività, ha più di 500 diverse funzioni!

Il fegato riceve il sangue da due tipi di vasi sanguigni: le arterie epatiche, che trasportano sangue arterioso contenente ossigeno dall'aorta, e la vena porta, che trasporta sangue venoso contenente sostanze nutritive assorbite dagli intestini. Più dei due terzi dell'apporto di sangue del fegato proviene dalla vena porta, che gli fornisce circa la metà dell'ossigeno del quale ha bisogno, come pure le sostanze nutritive indispensabili alle diverse attività metaboliche.

Poiché il fegato è coinvolto in così tante differenti attività, ne spiegherò solo alcune, una alla volta. Queste funzioni del fegato sono riassunte in figura 3.4.

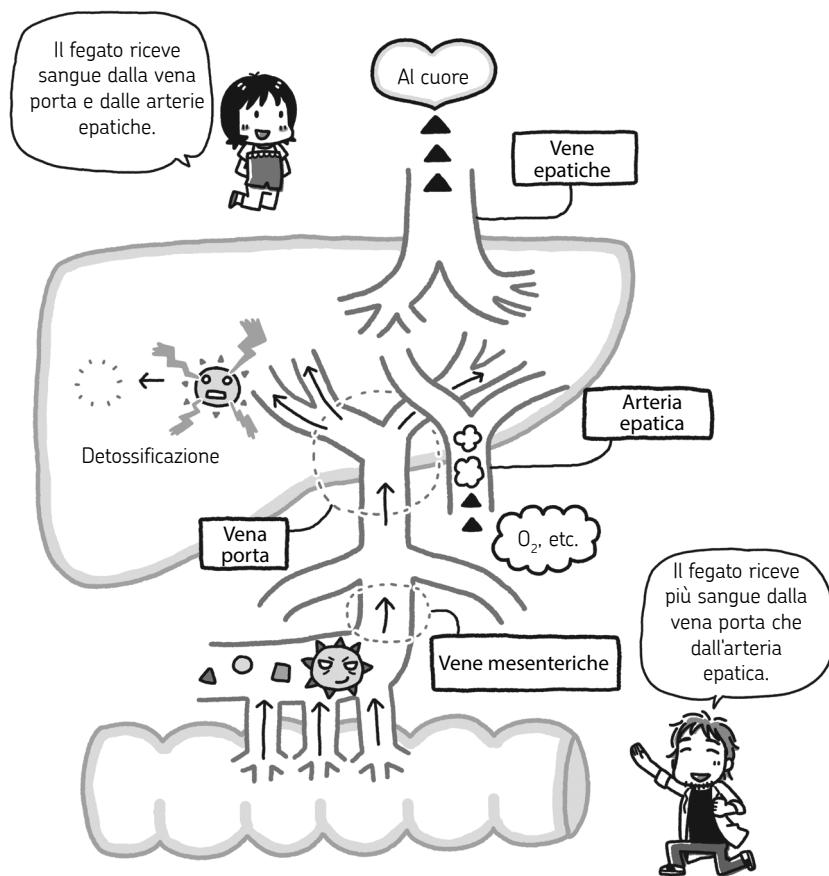


Figura 3.4: Due delle maggiori attività del fegato sono la disintossicazione e il metabolismo.

Uno dei compiti è la detossificazione dell'alcool o di altre sostanze dannose che sono entrate nel corpo. I veleni entrano nel corpo per lo più attraverso la bocca. Vengono assorbiti attraverso il canale alimentare e da lì trasportati verso il fegato tramite il vaso sanguigno chiamato vena porta.

Un altro compito del fegato è il metabolismo. Gli elementi nutritivi assunti tramite il canale alimentare sono usati come materiale per sintetizzare o scomporre proteine, colesterolo, grassi e ormoni (vedi figura 3.5). Il fegato è anche responsabile di una vasta gamma di altre funzioni cruciali, dal mantenere la giusta fluidità del sangue per impedire coaguli al produrre gli ormoni della crescita.

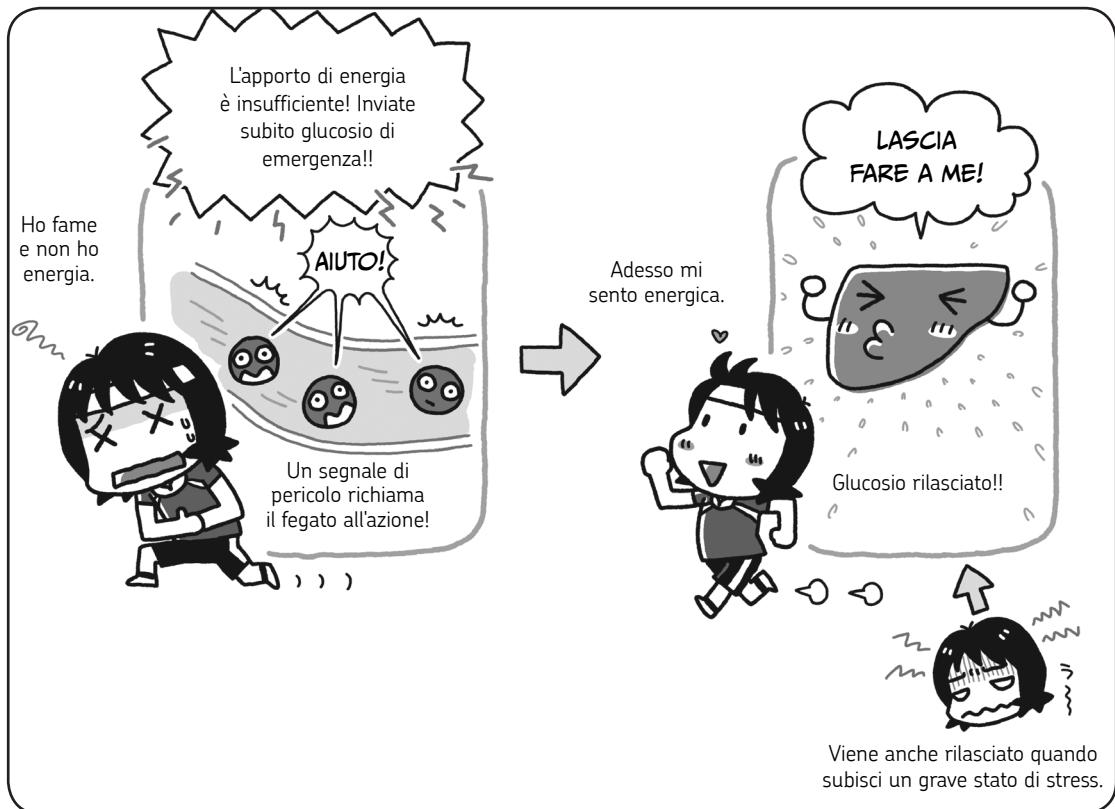


Figura 3.5: Il fegato rilascia glucosio quando il corpo ne ha bisogno.

La quarta funzione è quella di creare la bile. La bile prodotta nel fegato viene concentrata e immagazzinata nella cistifellea. La bile aiuta l'azione degli enzimi digestivi e l'assorbimento dei grassi. In altre parole, il fegato ha un ruolo importante anche nella digestione. Il colore verdognolo della bile deriva dalla *bilirubina*, che è un prodotto di scarto derivato dal metabolismo dell'emoglobina dei globuli rossi (vedi figura 3.6; vedi anche "Globuli rossi" a pagina 112).

Pensa a quanto sarebbe terribile non avere il fegato! Non si potrebbero metabolizzare le sostanze nutritive assorbite e non si potrebbe creare la bile. Le sostanze tossiche circolerebbero attraverso tutto il corpo senza essere disintossicate, e non ci sarebbe una riserva di nutrienti per i momenti critici.



Figura 3.6: Il fegato scomponе l'emoglobina in bilirubina per fare la bile, che viene poi immagazzinata nella cistifellea.



Il fegato ha così tante funzioni. Cosa accadrebbe se perdessi parte del fegato?

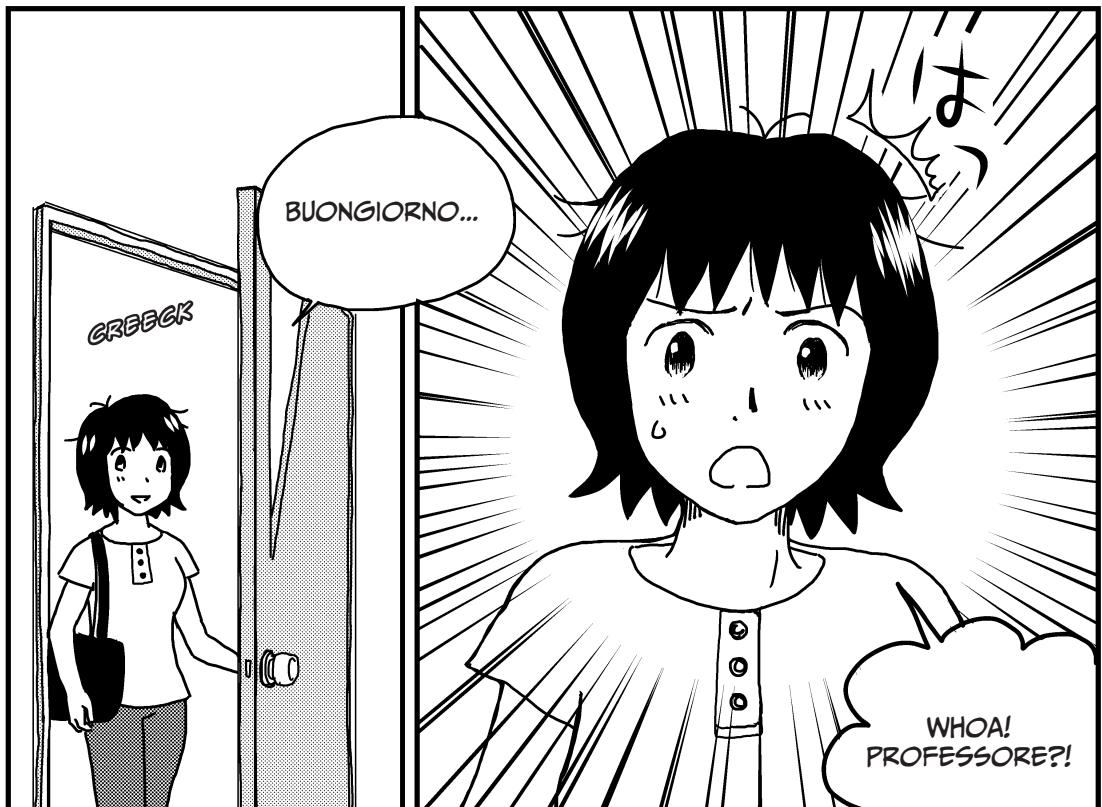


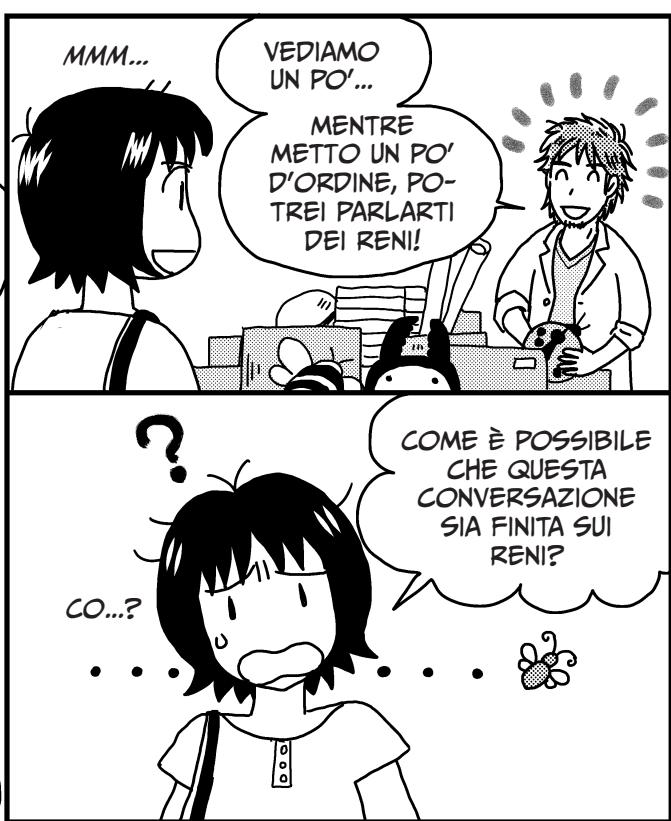
Il fegato ha una sorprendente capacità di rigenerarsi. Anche se un chirurgo ne rimuovesse i tre quarti durante un'operazione, si rigenererebbe fino alla sua dimensione iniziale!

4

I RENI E IL SISTEMA RENALE

*SMALTIAMO RIFIUTI TUTTO IL
GIORNO, TUTTI I GIORNI*





FILTRARE IL SANGUE

HO RIMANDATO
PER TROPPO
TEMPO.

ORA DEVO
CAPIRE DI
COSA POSSO
SBARAZ-
ZARMI.

SEMBRANO SOLO
CIANFRUSAGLIE,
PERCHÉ NON LE BUTTA
TUTTE DIRETTAMENTE?

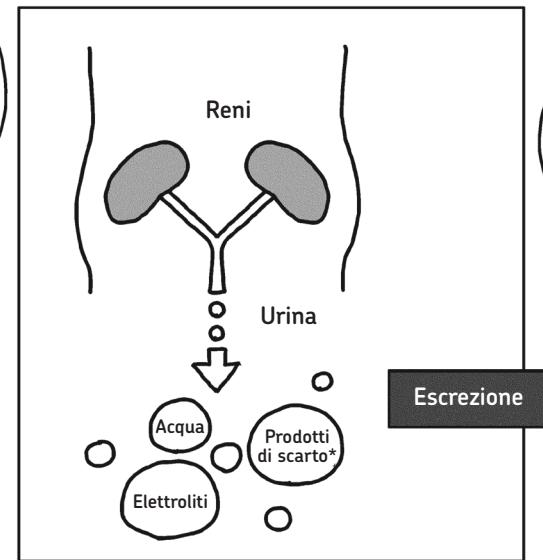
I PRODOTTI DI
SCARTO SI ACCUMU-
LANO NEL CORPO
DI UNA PERSONA
ALLO STESSO
MODO.

I RENI CI AIUTANO A
SMALTIRE QUESTI
PRODOTTI DI
SCARTO.

I RIFIUTI
INUTILI SONO
ELIMINATI DAI
RENI SOTTO
FORMA DI
URINA.

ESATTO.

ELIMINARE LE
SOSTANZE INUTILI
DAL NOSTRO
CORPO È CIÒ
CHE CHIAMIAMO
ESCREZIONE.



* I PRODOTTI DI SCARTO INCLUDONO L'UREA (DAL METABOLISMO DELLE PROTEI-
NE), L'ACIDO URICO (DAGLI ACIDI NUCLEICI), LA CREATININA (DAL METABOLISMO
DEI MUSCOLI), L'UROBILINOGENO (UN SOTTOPRODOTTO DELLA SCOMPOSIZIONE
DELL'EMOGLOBINA) E VARI ALTRI PRODOTTI DEL METABOLISMO ORMONALE.

QUINDI COSA
FANNO I RENI,
PER CREARE
URINA?

FILTRANO IL
SANGUE...

UH...

GIUSTO.

PRIMA DI TUTTO, I
RENI FILTRANO IL
SANGUE GROSSO-
LANAMENTE.

Dopo di che
RECUPERANO DAL SANGUE
FILTRATO QUALUNQUE
MATERIALE SIA UTILE AL
CORPO E TUTTO IL RESTO
VIENE SCARTATO, SOTTO
FORMA DI URINA.

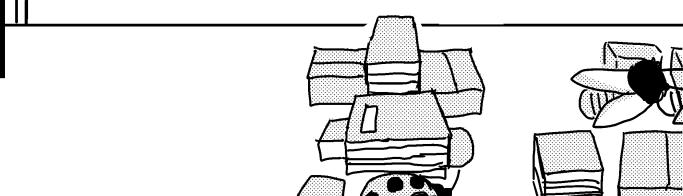
UHM...
PROVIAMO
A FARLO
DAVERO.

CERTO, POSSIAMO SI-
MULARE UN CORPUSCO-
LO RENALE PROPRIO
QUI. QUESTA SCRIVANIA
SARÀ IL GLOMERULO
DEI RENI.

IL GLOMERULO È
FATTO DI CAPILLA-
RI INTERCONNESSI.

C-CON
QUESTO?

BAM!

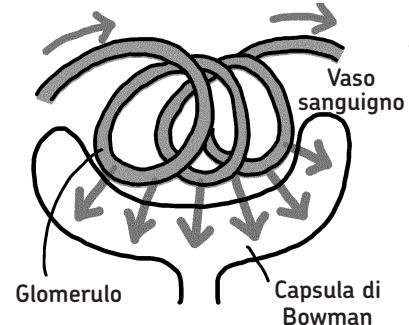


IL GLOMERULO È UNA RETE DI CAPILLARI AMMUCCHIATI, COME FOSERO UN GOMITOLE DI LANA, NON È COSÌ?

SPRO-OING

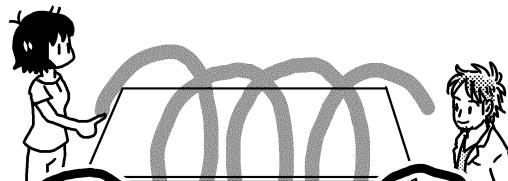


Corpuscolo renale



IL GLOMERULO AGISCE COME UN SETACCIO, E FILTRA IL SANGUE MENTRE PASSA ATTRAVERSO PICCOLI FORI SULLE PARETI.

LA ROBA AMMAS-
SATA QUI SAREB-
BE IL SOTTO-
PRODOTTO DI
FILTRAGGIO DEL
SANGUE.



GIA, QUESTA È LA CAPSULA DI BOWMAN,
CHE RACCOGLIE IL SANGUE FILTRATO.

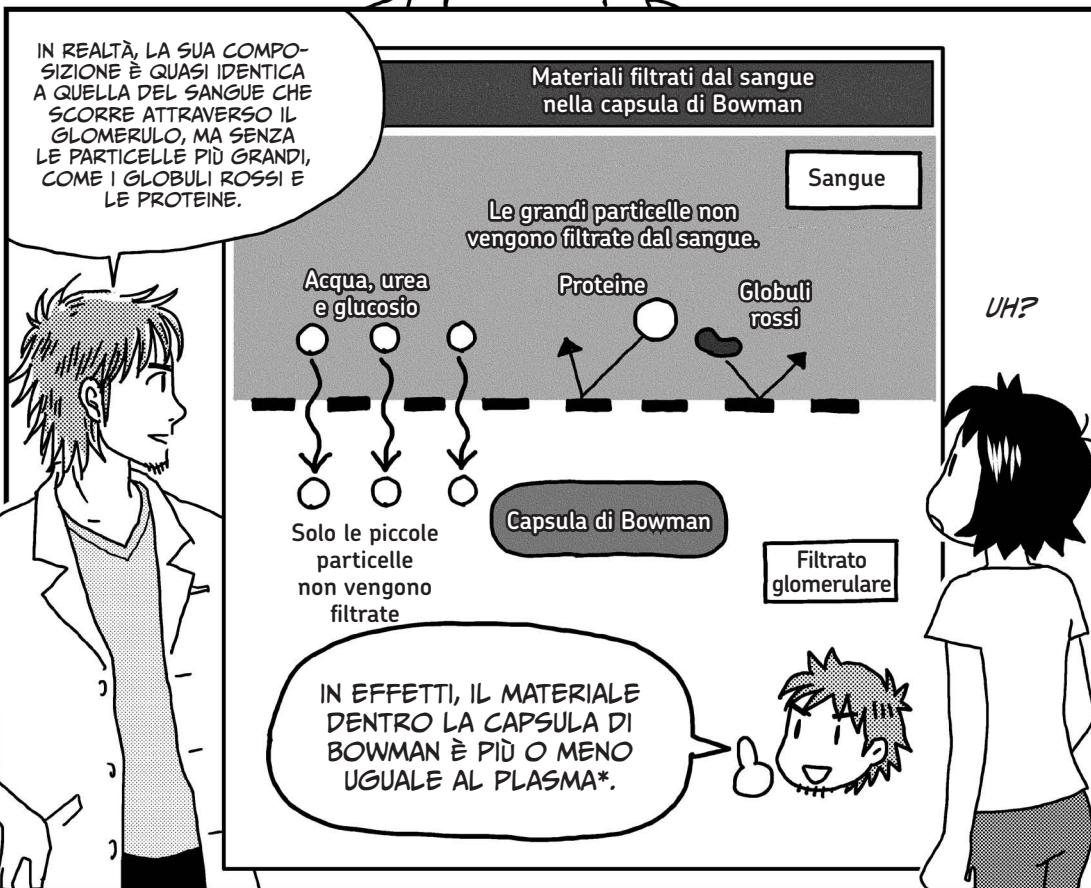
GIUSTO.

MA QUESTA È SOLO LA ROBA FILTRATA MECCANICAMENTE DALLA FORZA DELLA PRESSIONE SANGUIGNA.

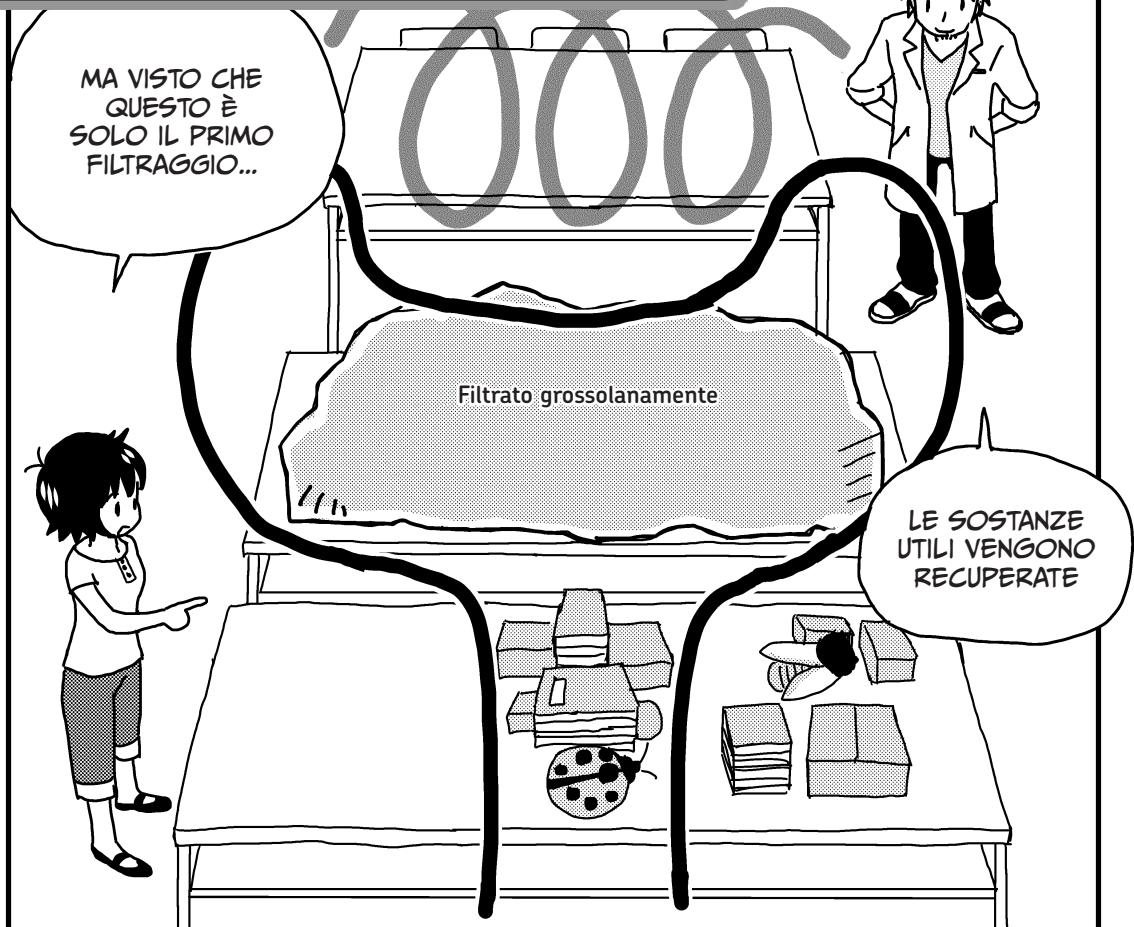




SI CHIAMA URINA PRIMARIA O FILTRATO GLOMERULARE.



RIASSORBIRE L'ACQUA E LE SOSTANZE NUTRITIVE



L'ASSORBIMENTO DAL TUBULO RENALE AI VASI SANGUIGNI ADIACENTI SI CHIAMA RIASSORBITAMENTO.

OLTRETTUTTO,
QUEL TUBULO
RENALE È DIVISO
IN TRE PARTI.

SAI COME SI
CHIAMANO?

UHM... SI
CHIAMANO...

EH... HE... HEN...

H-E-N-L-E!!

L'ANSA DI
HENLE!

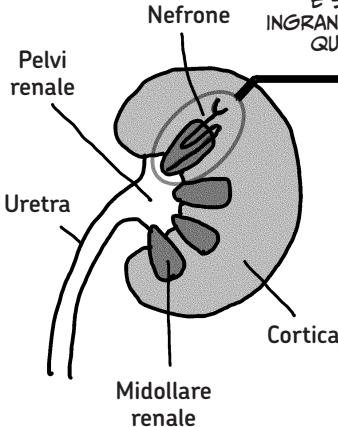
ECCO!

GRRRRRR

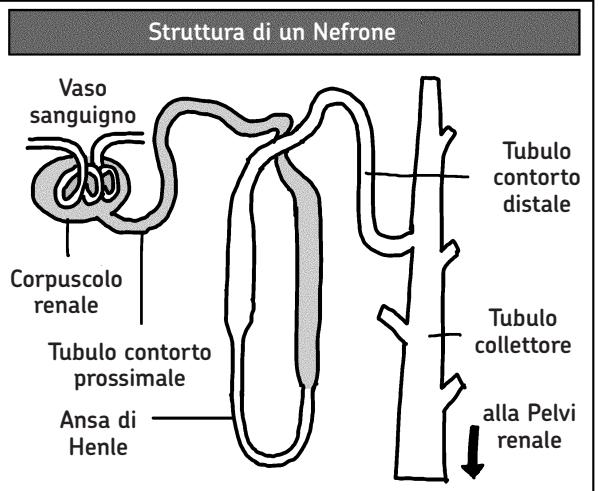
LA PARTE DI TUBULO RENALE CHE VIENE DOPO LA CAPSULA DI BOWMAN SI CHIAMA TUBULO CONTOORTO PROSSIMALE. LA PARTE SEGUENTE, CHE SI RESTRINGE E FA UNA CURVA A FORMA DI FORCINA, SI CHIAMA ANSA DI HENLE. LA PARTE CHE SEGUVE È IL TUBULO CONTOORTO DISTALE.

IL CORPUSCOLO RENALE E QUESTO TUBULO RENALE PRESI ASSIEME SI CHIAMANO NEFRONE*.

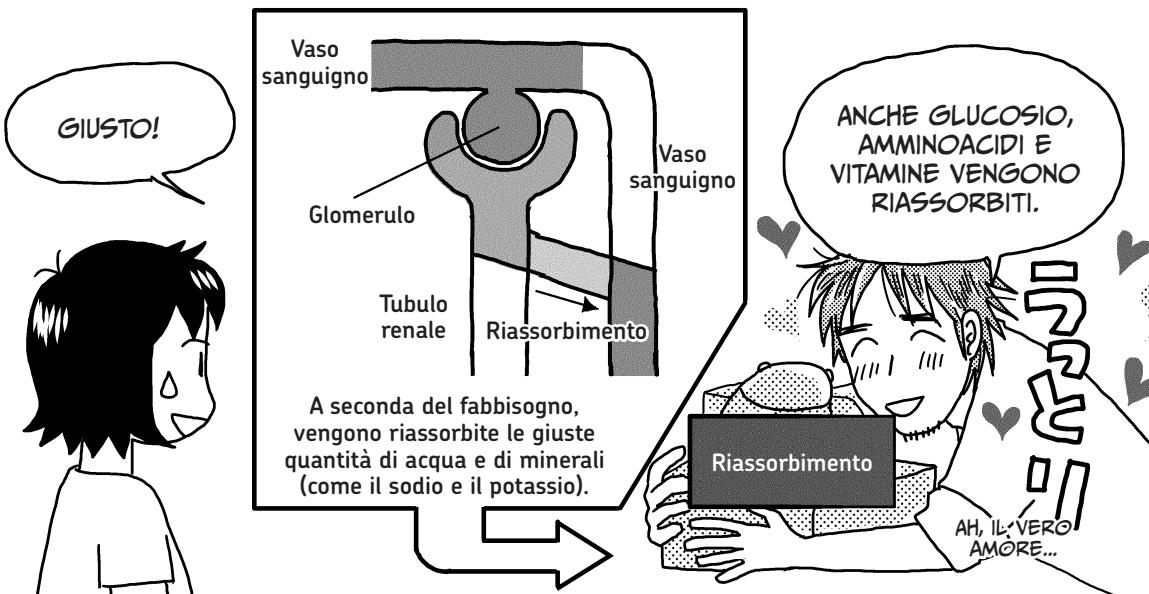
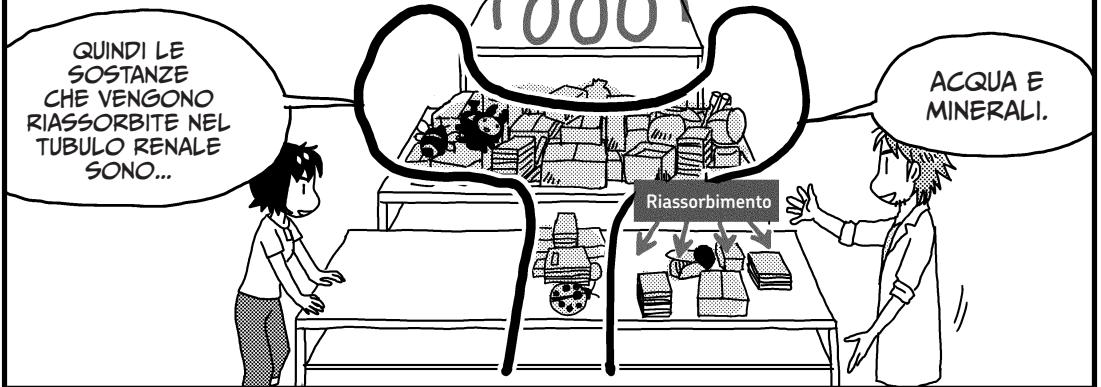
UN NEFRONE È L'UNITÀ FUNZIONALE PIÙ BASILARE DEL RENE.



E SE
INGRANDIAMO
QUI...



* UN SINGOLO RENE CONTIENE CIRCA 1.000.000 DI NEFRONI.

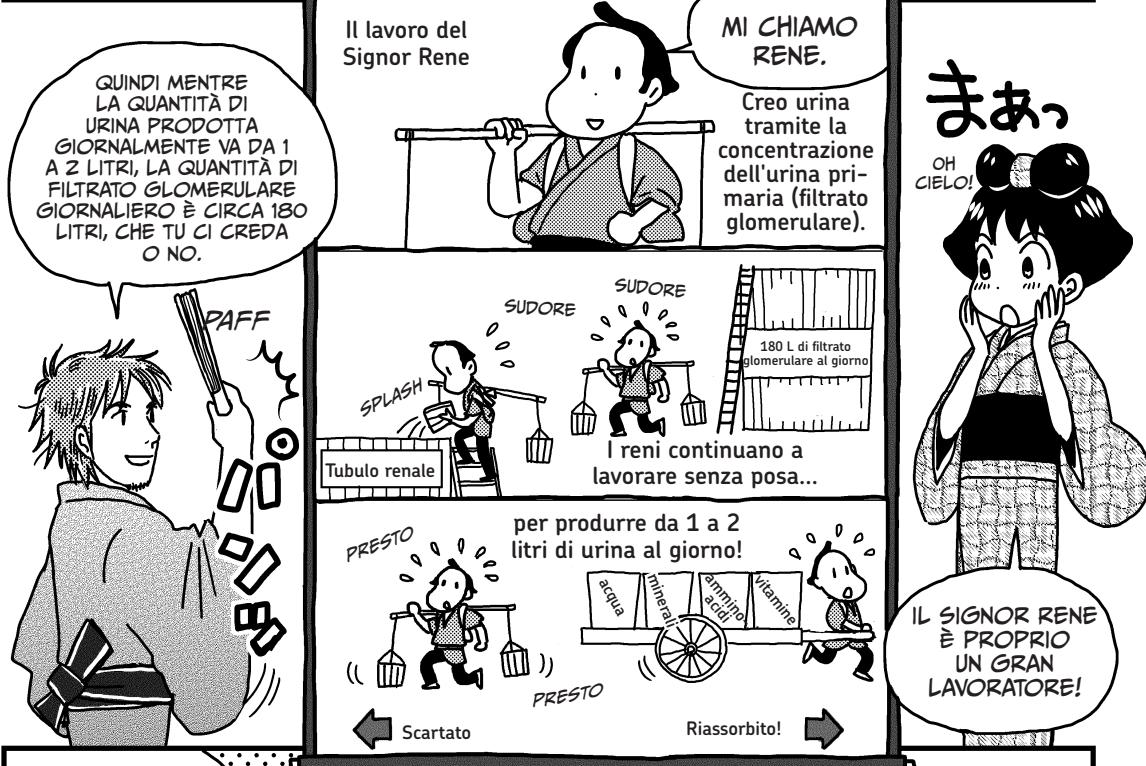


* VEDI "URINA E OMEOSTASI DEL CORPO" A PAGINA 92.



ELIMINIAMO L'URINA





SCOPRIAMO QUALCOSA IN PIÙ SUI RENI!



Oltre all'acqua, l'urina contiene componenti come il sodio e altri minerali, cioè urea, acido urico e creatinina. In una persona sana, l'urina ha un colore giallo paglierino ed è trasparente, poiché non contiene proteine o zuccheri. Però, le caratteristiche dell'urina non sono fisse perché dipendono dall'omeostasi dell'organismo.

L'URINA E L'OMEOSTASI DEL CORPO



Il colore e l'odore dell'urina possono anche cambiare molto. Dopo aver corso una maratona, il colore della mia urina diventa veramente scuro, ma quando bevo molta acqua, elimino una gran quantità di urina incolore.



Giusto. Ed è perché l'ambiente all'interno del corpo – per esempio la quantità di acqua o il pH – è mantenuto in condizioni costanti e stabili.

Per mantenere il corpo in tali condizioni stabili, i reni devono spesso eliminare quantità e concentrazioni differenti di materiale. Il cibo e le bevande che consumiamo, la quantità di attività che intraprendiamo e quanto sudiamo sono tutte cose che variano di giorno in giorno, e le sostanze che vengono espulse tramite l'urina variano di conseguenza.

Se non bevi molta acqua oppure espelli troppi liquidi attraverso la sudorazione, urinerai un volume minore di urina più concentrata e più scura, perché il tuo corpo vuole sprecare meno liquido possibile. Se bevi molta acqua, urinerai una gran quantità di urina più chiara perché il corpo si sbarazzerà senza problemi dell'eccesso di acqua.

Un adulto sano produce da 1 a 2 litri circa di urina al giorno, ossia circa 1 millilitro di urina al minuto. Se l'urina venisse espulsa alla stessa velocità con la quale viene prodotta, avremmo bisogno di indossare sempre dei pannolini! Invece, la vescica la immagazzina fino a quando comincia a diventare piena, ed è allora che si sente il bisogno di urinare. Guardiamo cosa succede all'urina nel corpo. Viene prodotta dai reni, e passa poi attraverso l'uretra per andare ad accumularsi nella vescica. Quando si sta in piedi o seduti, l'urina scende naturalmente nella vescica per effetto della gravità. Ma l'urina viene trasportata verso la vescica anche se il corpo è in posizione orizzontale o se si è un'astronauta nello spazio in assenza di gravità. Questo avviene perché l'uretra esercita un movimento peristaltico per mandare l'urina nella vescica. Abbiamo già visto prima il movimento peristaltico anche nel canale alimentare.



Ma allora come viene regolato dal corpo il volume di urina?



Il volume di urina dipende generalmente da due ormoni. Uno è chiamato *ormone antidiuretico* (ADH), ed è secreto dal lobo posteriore dell'ipofisi (o ghiandola pituitaria: vedi "Principali organi endocrini ed ormoni" a pagina 221). È anche noto come vasopressina. L'altro ormone è chiamato *aldosterone*, che è secreto dalla corteccia surrenale (vedi "Ghiandole surrenali" a pagina 215).

L'ADH è secreto per lo più quando il volume del sangue è basso e il sangue è più concentrato (vedi "Pressione osmotica" a pagina 106 per maggiori informazioni sul volume

del sangue), così pure quando il corpo è disidratato. Stimola il riassorbimento dell'acqua attraverso il dotto colletore renale. Questo aumenta il volume di acqua nel sangue cosicché l'urina è concentrata e il suo volume diminuisce.

La secrezione di aldosterone è provocata sia dalla diminuzione del volume di sangue che, allo stesso modo, dalla diminuzione della pressione sanguigna. L'aldosterone stimola il riassorbimento nel flusso sanguigno del sodio, dai tubuli renali. Per effetto osmotico, l'acqua segue il sodio e viene riassorbita nel flusso sanguigno (vedi figura 4.1), ottenendo come risultato la diminuzione del volume di urina.

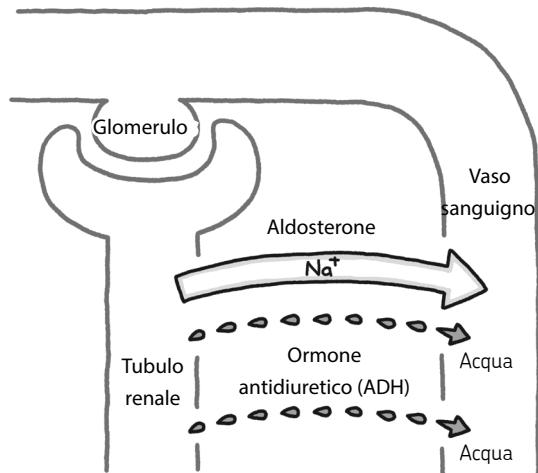


Figura 4.1: Riassorbimento dell'acqua dall'urina.

L'omeostasi e il sistema di gestione dei momenti di crisi dell'organismo

Le creature viventi devono mantenere costante l'omeostasi nonostante i cambiamenti dentro e fuori del corpo. L'omeostasi è un processo attivo e dinamico: il corpo regola la propria temperatura e il pH, combatte l'invasione dei patogeni, guarisce le ferite. Molti sistemi differenti, dal sistema autonomo a quello endocrino, lavorano assieme per mantenere questo delicato equilibrio. Oltre alle molte funzioni corporee che passano inosservate, la ricerca dell'equilibrio omeostatico influenza anche il modo in cui ci sentiamo ed agiamo. Per esempio, il corpo diventa affamato quando gli zuccheri del sangue diminuiscono e assetato quando è disidratato. Se l'ambiente all'interno del corpo viene alterato, il corpo tenta di riportarlo al suo stato normale.

IL PROCESSO DI MINZIONE

Vediamo ora cosa succede durante il processo di minzione. Quando c'è ancora spazio nella vescica per immagazzinare più urina, la muscolatura liscia sulla parete si rilassa mentre lo sfintere interno (muscolo liscio) e lo sfintere esterno (muscolo scheletrico) collocati all'uscita, si contraggono entrambi, trattenendo l'urina dentro la vescica. Quando si accumulano circa 200 o 300 millilitri di urina, le pareti della vescica si distendono, viene inviato un messaggio al cervello e si inizia ad avvertire l'urgenza di urinare. Quando si va al bagno per fare pipì, i muscoli della vescica si contraggono, gli sfinteri interno e esterno si rilassano, e viene escreta

l'urina (vedi figura 4.2).



Mentre l'urina si accumula, la vescica si dilata. La muscolatura liscia della parete della vescica si rilassa, e sia lo sfintere interno che quello esterno si contraggono.

Quando si vuole urinare, i muscoli della parete della vescica si contraggono, e lo sfintere interno e quello esterno si aprono per rilasciare l'urina.

Figura 4.2: I muscoli della vescica che controllano il rilascio dell'urina.

Normalmente, una volta che la minzione ha inizio, il processo continua fino a che tutta l'urina non viene espulsa. Però, se c'è qualche problema, un po' di urina potrebbe rimanere nella vescica. Questa viene chiamata urina residuale, e può causare un aumento del rischio di infezioni o anche disfunzioni renali.



Quanta urina può contenere approssimativamente la vescica?



Normalmente, quando si accumulano circa 200 o 300 millilitri (mL) di urina, si sente l'urgenza di urinare. In ogni caso, se proprio la si vuole trattenere, si possono immagazzinare più di 500 mL. Infatti, in certi casi, si pensa che la vescica sia capace di trattenere fino a 800 o 1.000 mL!

Il tratto urinario

I reni, l'uretere, la vescica e l'uretra formano tutti insieme il tratto urinario. La vescica e lo sfintere interno sono muscoli lisci (muscoli involontari), e lo sfintere esterno è un muscolo scheletrico (muscolo volontario). Perciò, la minzione è un'operazione complessa, di alto livello, nella quale le azioni volontarie e quelle involontarie sono intrecciate tra loro.



L'uretra è differente nei maschi e nelle femmine, non è così?



È vero. L'uretra maschile è lunga circa 16 o 18 centimetri, mentre l'uretra femminile è lunga solo 3 o 4 centimetri.

Questa è una delle ragioni per le quali le donne sono più soggette a cistiti e infezioni del tratto urinario (UTI). I batteri possono entrare attraverso l'orifizio uretrale esterno, raggiungere la vescica, e provocare infezioni (vedi figura 4.3).

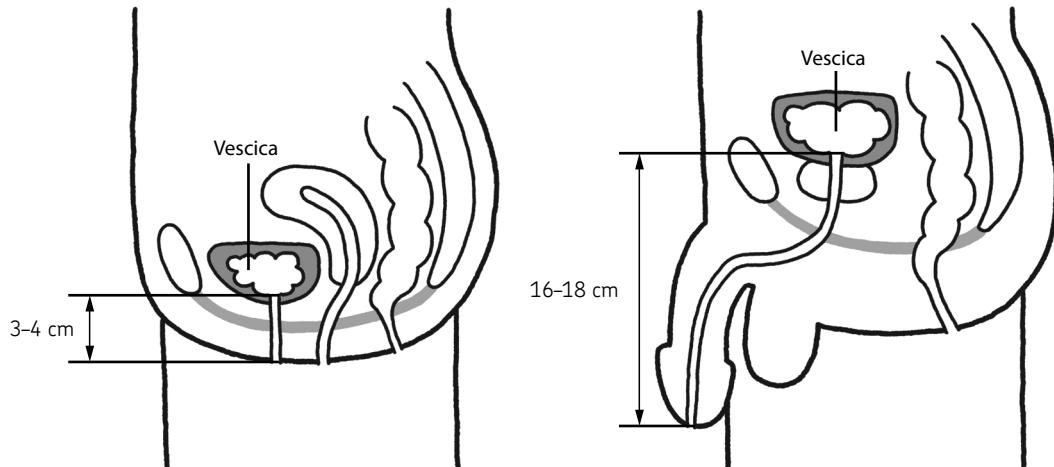


Figura 4.3: Differenti lunghezze dell'uretra femminile e maschile.

IL MONITORAGGIO DEL SANGUE NEI RENI



I reni sono anche organi endocrini che secernono ormoni.



Cosa? Non producono solo l'urina?



No, i reni secernono ormoni legati alla pressione sanguigna e alla creazione di sangue. Poiché il sangue è filtrato dai reni, c'è sempre una gran quantità di sangue che li attraversa. Controllano il sangue che fluisce, e se riscontrano un problema secernono un ormone per risolvere tale problema. È un sistema ben bilanciato, non trovi?

CURIOSITÀ SUI RENI!

I due reni sono posizionati nel lato destro e sinistro del corpo, nella zona lombare. Quando funzionano normalmente, è sufficiente il lavoro di un solo rene per l'intero organismo! Questo significa che un paziente che soffre di disfunzione renale allo stato finale può essere compatibile per ricevere un rene da un fratello, ed entrambi possono vivere con un solo rene.



I reni monitorano attentamente due fattori in particolare: la pressione sanguigna e la concentrazione dell'ossigeno (vedi figura 4.4). Se la pressione sanguigna scende, il sangue non può più essere filtrato adeguatamente nei corpuscoli renali. Se questo accade, i reni secernono l'ormone renina, che poi influenza gli ormoni angiotensina e aldosterone, che a loro volta aumentano la pressione del sangue.

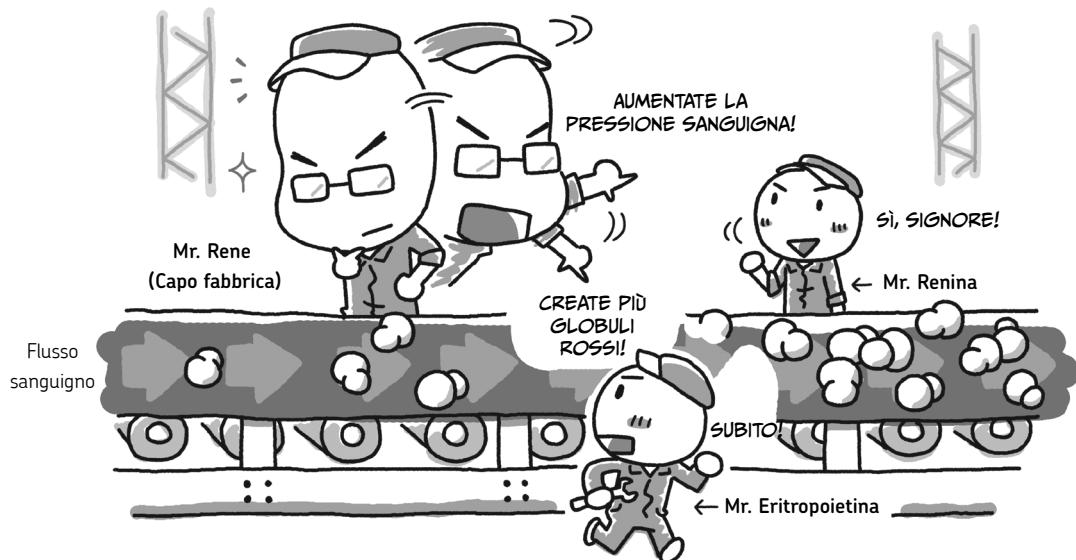


Figura 4.4: I reni secernono gli ormoni che regolano la pressione sanguigna e la concentrazione di ossigeno.

La bassa concentrazione di ossigeno nel flusso del sangue nei reni indica che non ci sono abbastanza globuli rossi che trasportano l'ossigeno. I reni allora secernono l'ormone eritropoietina per influenzare la creazione di più globuli rossi nel midollo osseo.

Un'altra funzione svolta dai reni è l'attivazione della vitamina D, che ci permette di metabolizzare il calcio e rinforzare le nostre ossa. La vitamina D può essere assorbita dai cibi che mangiamo o prodotta nella pelle quando viene esposta al sole. Comunque, non può rinforzare le ossa direttamente. Innanzitutto, deve essere convertita dai reni in una forma attiva della vitamina D, una sostanza chiamata calcitriolo, prima che il corpo possa metabolizzare il calcio (vedi figura 4.5).



Figura 4.5: I reni convertono la vitamina D in calcitriolo, che è necessario per il metabolismo del calcio.

QUANDO I RENI SMETTONO DI LAVORARE



I reni eliminano elementi di scarto che sono prodotti nell'organismo, oltre all'eccesso di liquidi e di minerali. La quantità media di urina prodotta dai reni in un adulto sano è tra 1 e 2 litri. Ad ogni modo, questo volume può cambiare a seconda di quanta acqua si è bevuta o quanto il corpo ha sudato, per cui può essere meno di 1 litro o anche più di 2 litri.

La produzione di meno di 400 mL di urina al giorno è chiamata *oliguria*. L'*oliguria* può provocare serie complicazioni alla salute perché 400 mL di urina sono la quantità minima necessaria per eliminare i prodotti di scarto del corpo in un giorno. L'*anuria* avviene quando la produzione giornaliera di urina è inferiore a 50 mL.



Cosa succede quando i reni smettono di funzionare?



Questo stato è chiamato *insufficienza renale* o *blocco renale* (vedi figura 4.6). Ci sono diversi livelli di gravità, che vanno da casi moderati a condizioni nelle quali la funzione renale viene completamente perduta.

L'*insufficienza renale* si ha quando i reni non possono più svolgere la loro funzione perché malati, infetti o sovraccarichi di tossine o ancora perché l'afflusso di sangue viene interrotto per qualche lesione. Quando si ha *insufficienza renale*, l'acqua, le sostanze acide, il potassio e molti altri prodotti non vengono eliminati in modo efficace e si possono accumulare nel corpo. Questa situazione è simile a quella che si ha quando il filtro di una piscina non funziona più e l'acqua diventa sempre più sporca. Se i prodotti di scarto non vengono eliminati, la conseguente crescita di tossine può portare all'*uremia*, una malattia grave e spesso mortale.



Figura 4.6: Insufficienza renale.

L'insufficienza renale significa anche che l'eccesso di acqua non viene smaltito, e in tal caso il volume di sangue aumenta, il cuore deve lavorare più duramente, e può sopravvenire insufficienza cardiaca. L'insufficienza cardiaca può a sua volta causare l'allagamento dei polmoni, una condizione chiamata *edema polmonare*, che può portare a un blocco respiratorio. Un altro risultato dell'insufficienza renale è l'aumento degli acidi (*acidosi*), visto che gli acidi non vengono eliminati. Se si accumula un eccesso di potassio nel corpo, il muscolo cardiaco può battere irregolarmente (*fibrillazione ventricolare*), e quindi portare improvvisamente alla morte.

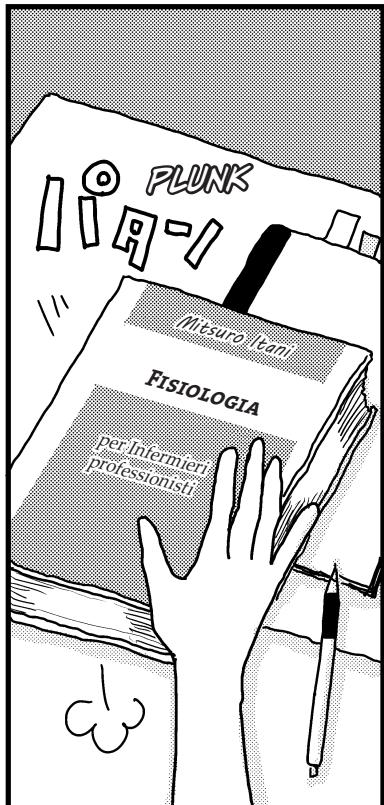
Problemi renali e dialisi

Poiché i reni sono coinvolti anche nella regolazione della pressione sanguigna, nella produzione del sangue e nel metabolismo del calcio, problemi di funzionamento dei reni possono provocare pressione alta nel sangue, anemia o fratture nelle ossa, come pure un eccesso di tossine e di acqua. Per pazienti con gravi problemi renali, sono state sviluppate delle macchine per eliminare i prodotti di scarto e l'eccesso di acqua dal corpo. Questo processo si chiama *dialisi*.

5

I FLUIDI CORPOREI

SPETTACOLO DI EQUILIBRISMO
TRA SANGUE, TESSUTI E CELLULE



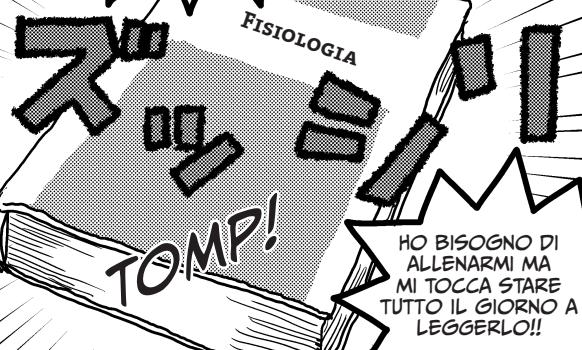
SONO TUTTI SU
DI GIRI PER LA
MARATONA.

MI SENTO
MOLTA
PRESSIONE
ADDOSSO...

STANNO TUTTI
RIENTRANDO IN
ANTICIPO DALLE
VACANZE ESTIVE
APPOSTA PER
ASSISTERE!

FORZA
KUMIKO!

QUESTO LIBRO
È MOSTRUOSO!



HO BISOGNO DI
ALLENARMI MA
MI TOCCA STARE
TUTTO IL GIORNO A
LEGGERLO!!

COME SI FA A
FINIRE UN LIBRO
DI TESTO COSÌ
GROSSO E
NOIOSO???

8 CM

FISIOLOGIA

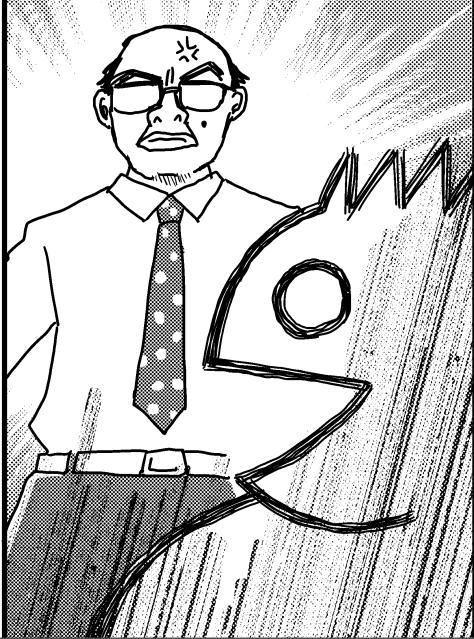
MA GRAZIE AL
PROFESSOR KASEI,
LA FISIOLOGIA
FINALMENTE
COMINCIA AD AVERE
SENSO...

COSA STA
BLATERANDO?

STA STUDIANDO
PER IL SUO
ESAME DI
RECUPERO?!

AH...

SI?



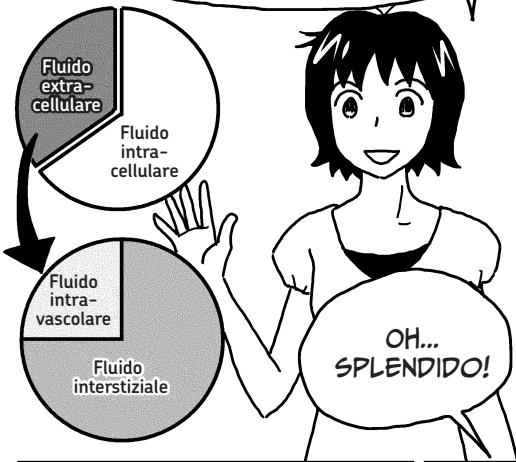
IL CORPO UMANO È FATTO PER IL 60% DI ACQUA





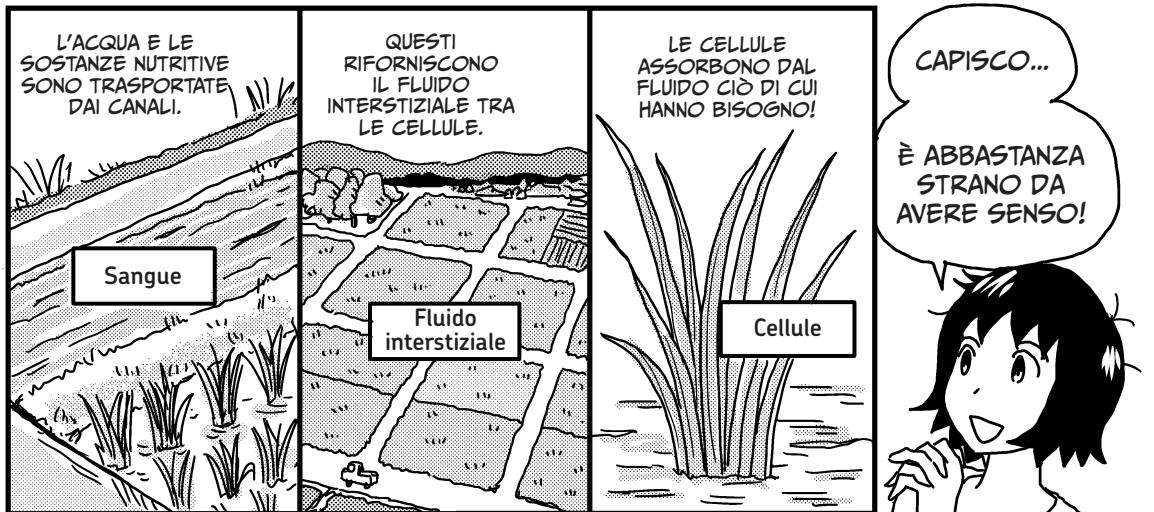
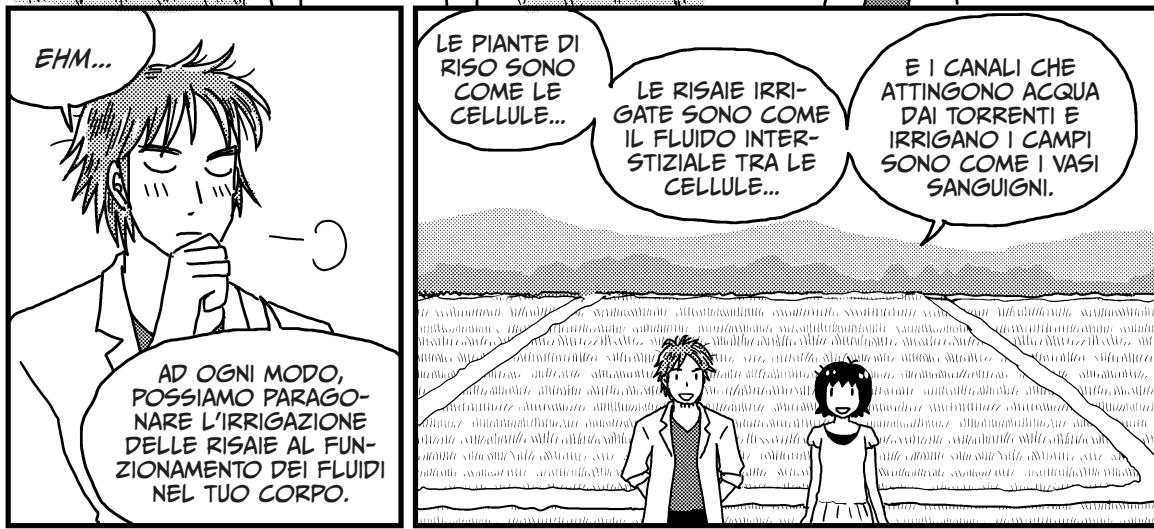
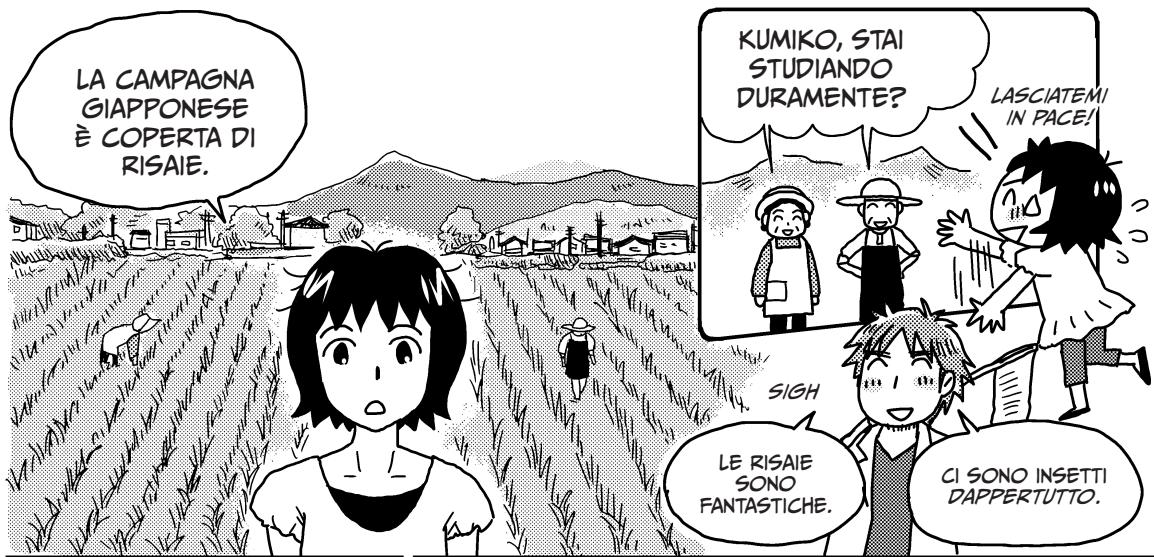
LO SAPEVO! DUE TERZI DELL'ACQUA DEL NOSTRO CORPO È CONTENUTA NELLE CELLULE (FLUIDO INTRACELLULARE) MENTRE IL RESTO È FUORI (FLUIDO EXTRACELLULARE).

DEL LIQUIDO EXTRACELLULARE, TRE QUARTI È FLUIDO INTERSTIZIALE, INTERNO AI MUSCOLI (NOTO ANCHE COME FLUIDO TISSUALE) E IL RESTO È PLASMA CONTENUTO NEL SANGUE (FLUIDO INTRAVASCOLARE) OPPURE FLUIDO IN CAVITÀ CORPOREE.



CHE NE DICI DI IMPARARE ANCORA QUALCOSA?





IL FLUIDO INTERSTIZIALE È IL FLUIDO ESTERNO ALLE CELLULE. I SUOI COMPONENTI SONO MOLTO SIMILI A QUELLI DEL PLASMA.

Fluido extracellulare



Fluido intracellulare

IL FLUIDO INTERSTIZIALE ED IL SANGUE SONO CHIAMATI FLUIDI EXTRACELLULARI PERCHÉ STANNO FUORI DALLE CELLULE.

QUELLO DENTRO INVECE SI CHIAMA FLUIDO INTRACELLULARE.

LE COMPONENTI DEL FLUIDO EXTRACELLULARE E DI QUELLO INTRACELLULARE SONO MOLTO DIVERSE, VERO?

CHE DIFFERENZE CI SONO?

DICI BENE.

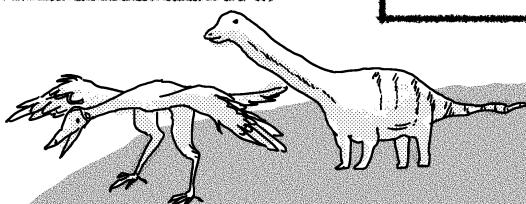
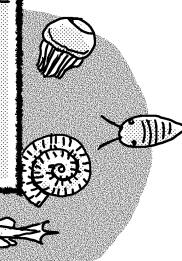
MA PRIMA DI PARLARE DI COME SONO DIVERSI, PARLIAMO DEL PERCHÉ SONO DIVERSI.

LA VITA HA AVUTO INIZIO NEGLI OCEANI PREISTORICI.

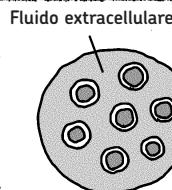


IL FLUIDO INTRACELLULARE ERA RINCHIUSO DALLE MEMBRANE CELLULARI, SEPARATO DALL'ACQUA OCEANICA CIRCONDANTE, CHE PUOI IMMAGINARE COME IL FLUIDO EXTRACELLULARE.

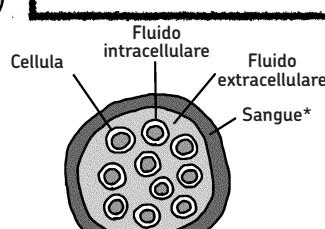
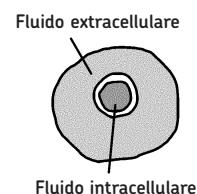
Acqua dell'oceano
Fluido intracellulare
Membrana cellulare



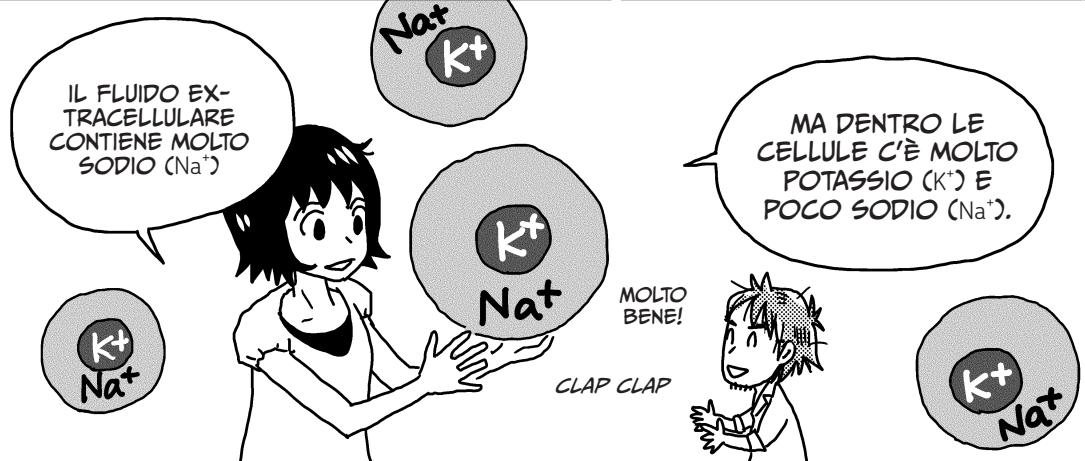
QUANDO LE SINGOLE CELLULE HANNO PRESO A UNIRSI, GLI ORGANISMI MULTICELLULARI SI SONO EVOLUTI E SONO EMERSSI DALL'OCEANO PER ABITARE LA TERRAFERMA. EPPURE, IN QUALCHE MODO, È COME SE LE CELLULE FOSSENNO RIMASTE NEL LORO PERSONALE OCEANO (FLUIDO EXTRACELLULARE).



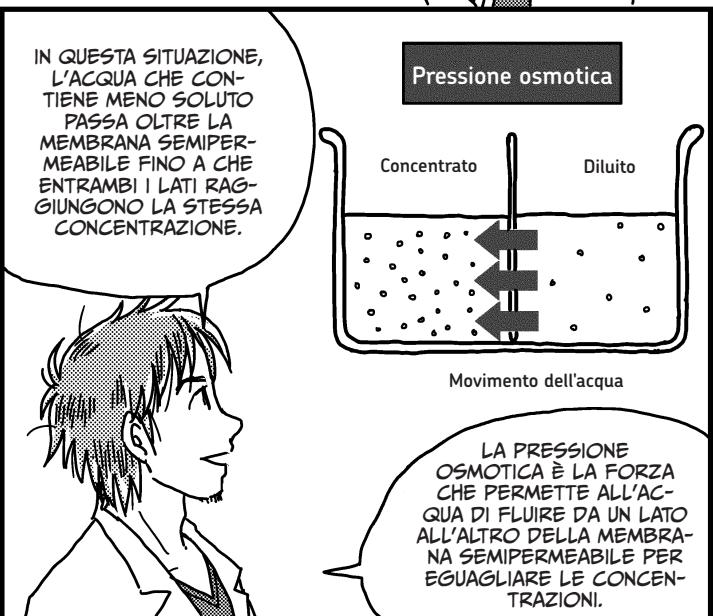
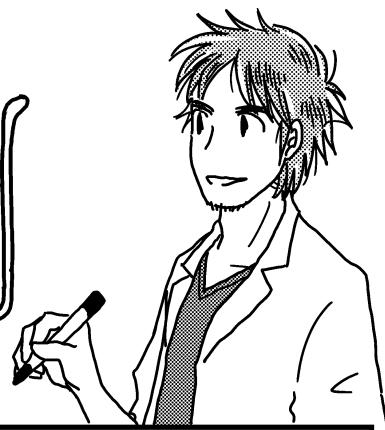
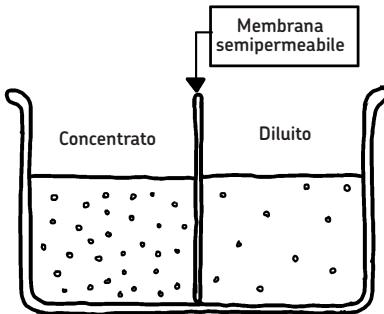
IL FLUIDO EXTRACELLULARE DI ORGANISMI PIÙ GRANDI E COMPLESSI HA MOLTE COMPONENTI ANALOGHE ALL'ACQUA DELL'OCEANO, FORNENDO COSÌ UN AMBIENTE SIMILE A QUELLO DELL'OCEANO PREISTORICO.



* IL SANGUE PUÒ ESSERE PENSATO ANCHE COME FLUIDO EXTRACELLULARE CHE TRASPORTA OSSIGENO E NUTRIENTI ALLA CELLULA.



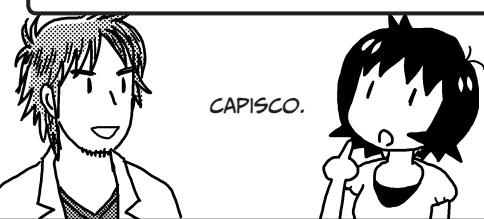
PRESSIONE OSMOTICA





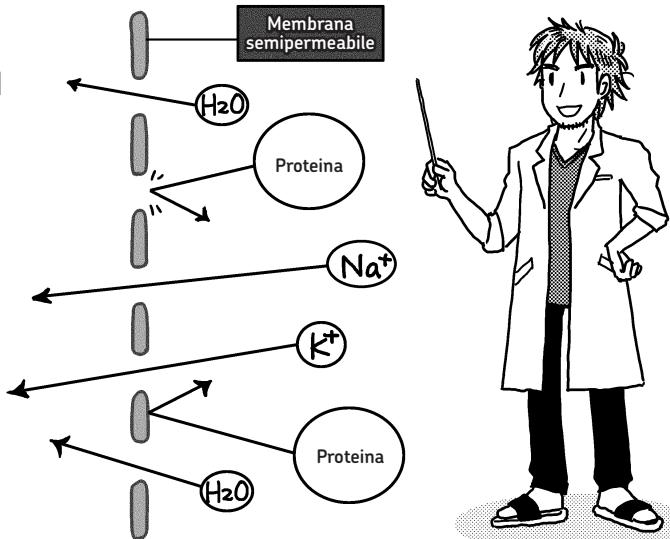
Osmosi: è il movimento di particelle d'acqua tra due volumi di liquidi (separati da una membrana semipermeabile) con diverse concentrazioni di un soluto. Il movimento dell'acqua è *dalla bassa all'alta concentrazione*.

Diffusione: è il movimento di particelle di soluto che si espandono nello spazio. Il movimento delle particelle è *dall'alta alla bassa concentrazione*.



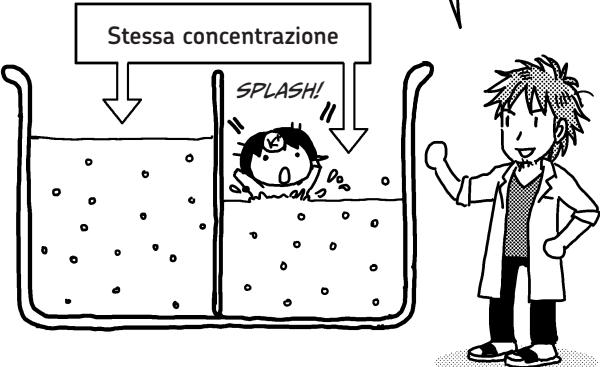
AD ESEMPIO, I FLUIDI CORPOREI CONTENGONO ELETTROLITI* COME IL POTASSIO (K^+) E IL SODIO (Na^+), OLTRE AL GLUCOSIO E ALLE PROTEINE.

LE PROTEINE NON RIESCONO A PASSARE PER I VARCHI DELLA MEMBRANA SEMIPERMEABILE DELLE CELLULE, PERCHÉ SONO MOLECOLE TROPPO GRANDI.



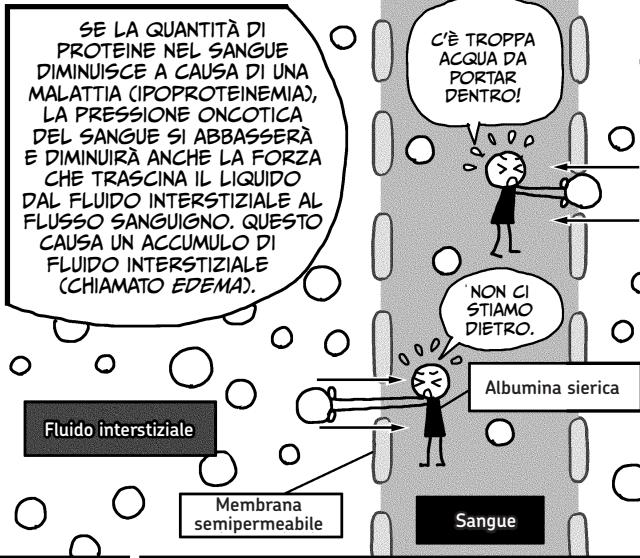
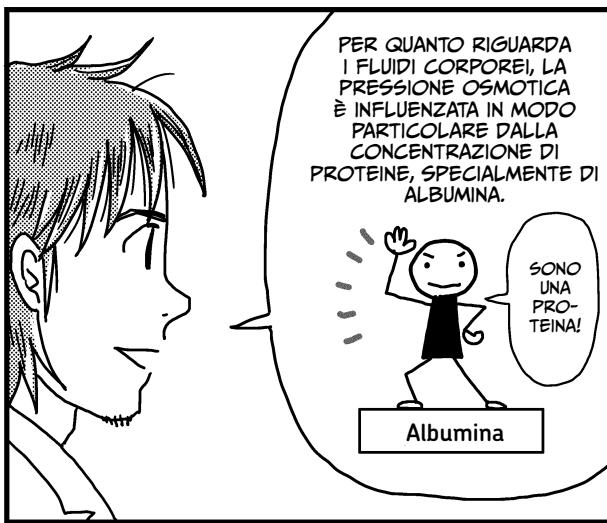
L'ACQUA E GLI ELETTROLITI VANNO DAL VOLUME DI LIQUIDO PIÙ DILUITO A QUELLO PIÙ CONCENTRATO.

ALLA FINE DELL'OSMOSI, OTTENIAMO DUE LIQUIDI CON LA STESSA CONCENTRAZIONE, MA VOLUMI DIFFERENTI!



IN ALTRE PAROLE, LA PRESSIONE OSMOTICA MISURA LA FORZA CHE TRASCINA L'ACQUA E GLI ELETTROLITI DALL'ALTRO LATO ATTRAVERSO LA MEMBRANA SEMIPERMEABILE, GIUSTO?





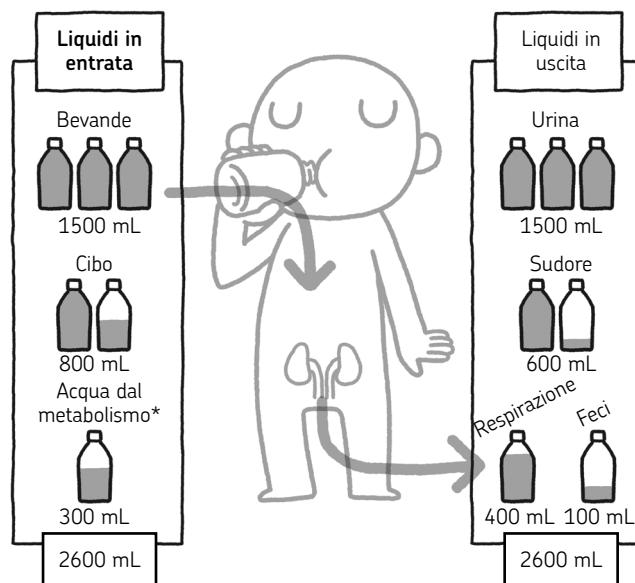
SCOPRIAMO QUALCOSA IN PIÙ SUI FLUIDI CORPOREI E IL SANGUE!

L'acqua è essenziale per tutte le normali funzioni del corpo umano. Si ha bisogno di acqua perché il sangue possa circolare, per mantenere costante la temperatura, per smaltire i prodotti di scarto non necessari e per secernere i fluidi digestivi.

MANTENIAMOCI IDRATATI



Circa il 60% del peso del corpo umano è costituito da acqua. Il tuo corpo ha bisogno di mantenere questa proporzione, e quindi è necessario rimpiazzare i liquidi espulsi dal corpo (vedi figura 5.1). I liquidi sono introdotti nel corpo sia con l'acqua e le altre bevande, che da particolari cibi, come verdure, carne e cereali. Un maschio adulto ha in circolo all'incirca 2600 millilitri di liquidi al giorno: vale a dire che 2,6 litri entrano e 2,6 litri escono dal corpo!



* Acqua prodotta dall'ossidazione dei carboidrati.

Figura 5.1: Volume medio di liquido entrante e uscente al giorno dal corpo (per un maschio adulto).



In una persona sana, le quantità di liquido entrante e uscente sono le stesse, non è così?



Giusto. Se la quantità di liquido uscente è troppo piccola ci saranno edemi, e se è troppo grande si può andare incontro alla disidratazione.



Cosa succede quando il corpo è disidratato?



La disidratazione può avvenire in molti modi. La *disidratazione intracellulare* è normalmente causata da un'eccessiva sudorazione o da un insufficiente introito di liquidi. Quando questo succede, la concentrazione del soluto nel fluido extracellulare diventa più grande, facendo aumentare l'osmolarità. A sua volta questo fa sì che l'acqua passi dallo spazio intracellulare a quello extracellulare, e la persona di conseguenza senta sete. Quando la concentrazione dei fluidi extracellulari è troppo alta, si parla di ipertonicità.

Dall'altra parte, la *disidratazione extracellulare* avviene quando il volume di sangue in circolazione diminuisce, provocando un abbassamento significativo della pressione sanguigna. Questo può essere causato da una mancanza di sodio nel flusso sanguigno; il sodio aiuta nella ritenzione dei liquidi (specialmente nel plasma del sangue). Se si introducesse acqua pura nel flusso sanguigno attraverso una flebo endovenosa, sarebbe troppo ipotonica per il corpo umano (ovvero il sangue così risulterebbe non avere più abbastanza soluti, come sale e altri elettroliti), e le cellule si gonfierebbero e di conseguenza morirebbero.. In una flebo, si devono aggiungere elettroliti all'acqua in modo che il corpo possa tollerarla senza rischi.

CHI È A RISCHIO?

Poiché i liquidi contribuiscono in gran parte al peso corporeo dei neonati, e i bambini perdono più liquidi degli adulti o dei ragazzi più grandi attraverso la sudorazione e la respirazione, sono proprio i neonati a soffrire più facilmente di disidratazione. Anche le persone anziane con un ridotto senso della sete o perdita della capacità di trattenere i liquidi sono a rischio disidratazione.



CHE COSA C'È NEL SANGUE?



Finora abbiamo parlato in generale dell'acqua e dei fluidi nel corpo. È tempo ora di cominciare a parlare in dettaglio di un liquido corporeo in particolare: il sangue. Il sangue ha molte caratteristiche importanti e gioca molti ruoli vitali nel corpo.

Iniziamo col pensare a come estrarre ed esaminare in laboratorio un campione di sangue. Quando si preleva il sangue, si aggiunge un anticoagulante e la provetta per il test viene centrifugata. Le cellule del sangue vengono così spinte sul fondo, lasciando un liquido chiaro in superficie, come mostrato nella figura 5.2 (quando un liquido si trova nella parte sovrastante un altro liquido, è detto *surnatante*).

Il liquido chiaro nella parte superiore è *plasma sanguigno*. Il plasma sanguigno è il fluido extracellulare che trasporta le cellule del sangue attraverso tutto il corpo e aiuta a rimuovere i prodotti di scarto. È costituito per lo più da acqua, ma contiene anche delle proteine essenziali come gli anticorpi e gli enzimi.

Le cellule del sangue nel fondo della provetta possono essere suddivise in tre categorie principali: globuli rossi, globuli bianchi e piastrine. La maggior parte delle cellule del sangue sono globuli rossi, ed è per questo che il sangue appare rosso. Un test che trova la percentuale delle varie cellule contenute nel sangue è chiamato *ematocrito*. Introdurremo ora uno ad uno questi particolari tipi di cellule del sangue.

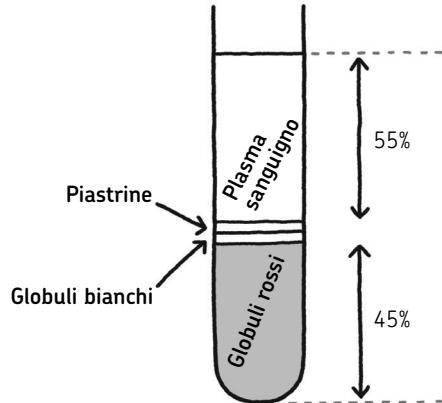


Figura 5.2: I componenti del sangue e la loro distribuzione.

GLOBULI ROSSI



I tipi più comuni di cellule nel sangue sono i *globuli rossi*. I globuli rossi sono prodotti nel midollo osseo. Essi non hanno un nucleo cellulare, il che vuol dire che non sono in grado di suddividersi per creare altre cellule, e hanno una forma a disco concavo. Questa forma è vantaggiosa perché aumenta l'area superficiale della cellula, il che permette a più molecole di ossigeno di legarsi. I globuli rossi possono deformarsi in lungo per entrare anche nei capillari che sono più sottili, come mostrato in figura 5.3.

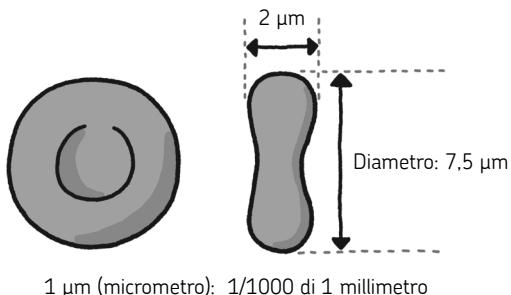


Figura 5.3: Quanto è grande un globulo rosso?

I globuli rossi trasportano l'ossigeno tramite l'*emoglobina*. L'emoglobina è una combinazione di pigmenti chiamati eme, che contengono ferro e una proteina chiamata globina. L'emoglobina si lega facilmente all'ossigeno degli alveoli polmonari. Quando l'emoglobina raccoglie l'ossigeno, diventa di colore rosso brillante (vedi figura 5.4). È questo il motivo per il quale il sangue arterioso è di colore rosso brillante, mentre il sangue venoso periferico (sangue che ha ceduto l'ossigeno alle varie parti del corpo) è rosso scuro.



Figura 5.4: Quando l'ossigeno trova l'emoglobina, i due si legano immediatamente, e l'emoglobina diventa di colore rosso brillante.



Quando non c'è sufficiente ferro nel sangue, si ha anemia. L'anemia per mancanza di ferro non è forse più comune nelle donne che negli uomini?



È vero. Poiché il ferro è un ingrediente dell'emoglobina, se qualcuno non ingerisce ferro a sufficienza non può costruire abbastanza emoglobina, e di conseguenza il numero di globuli rossi diminuisce.

Poiché le donne hanno il ciclo mestruale e perdono ogni mese una certa quantità di sangue, esse sono più soggette a diventare anemiche. Inoltre, le donne hanno naturalmente un numero inferiore di globuli rossi e una concentrazione di emoglobina più bassa di quella degli uomini.

Che cos'è l'anemia?

L'anemia è una condizione causata dalla diminuita di capacità di trasporto dell'ossigeno dovuta a una diminuzione dell'emoglobina. C'è anemia quando la concentrazione di emoglobina, o il numero di globuli rossi, scende al di sotto del valore normale. L'anemia da carenza di ferro è il più comune tipo di anemia, ma ci sono anche altri tipi di anemia più gravi, come l'anemia emolitica, provocata da una anormale distruzione dei globuli rossi, e l'anemia aplastica, causata da una disfunzione del midollo osseo che interferisce con la produzione di globuli rossi.

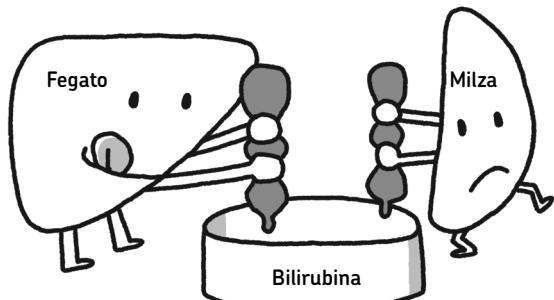


I globuli rossi hanno un arco di vita definito, non è così?

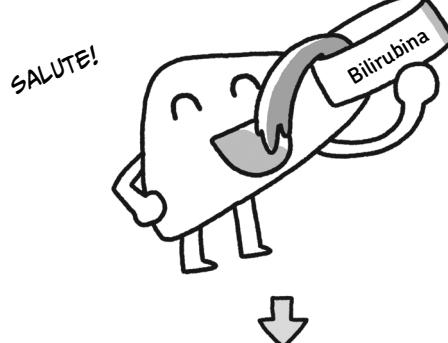


Sì. L'arco di vita di un globulo rosso è di circa 120 giorni. Quando si avvicinano alla fine della loro vita, i globuli rossi vengono demoliti e riciclati dal fegato e dalla milza. La figura 5.5 mostra come l'eme venga trasformato in bilirubina e poi secreta nella bile. Il ferro viene rimosso dall'eme e immagazzinato per usi futuri.

- ① I globuli rossi alla fine del loro arco di vita sono demoliti dal fegato e dalla milza, dove l'eme viene trasformato in bilirubina.



- ② Il fegato processa la bilirubina e la secerne sotto forma di bile.



- ③ La bile viene immagazzinata nella cistifellea.



Figura 5.5: L'eme viene trasformato in bilirubina, che viene poi secreta sotto forma di bile.

CURIOSITÀ SUL SANGUE!

Il sangue viene classificato in gruppi ABO a seconda degli antigeni presenti sulla membrana dei globuli rossi. L'antigene per ogni gruppo è come una caratteristica speciale, e il sistema immunitario attaccherà tutte le cellule con antigeni che non corrispondono a quelli del gruppo sanguigno della persona stessa. Questo è il motivo per il quale si può ricevere sangue, per una trasfusione, solo da una persona con lo stesso gruppo o con un gruppo compatibile. I gruppi sanguigni più comuni sono quelli di tipo O e A, mentre il gruppo AB è più raro.



GLOBULI BIANCHI

Il sangue contiene approssimativamente dai 5000 agli 8000 *globuli bianchi* per microlitro. I globuli bianchi agiscono come forza di difesa del corpo. Uno dei loro compiti è quello di respingere i nemici esterni, come batteri e virus.

I globuli bianchi sono generalmente divisi in granulociti, linfociti e monociti, come mostrato nella figura 5.6. Questi sono ulteriormente classificati in numerosi altri tipi, ognuno con caratteristiche e funzioni diverse. Sono tutti estremamente abili nel cooperare per respingere gli invasori.

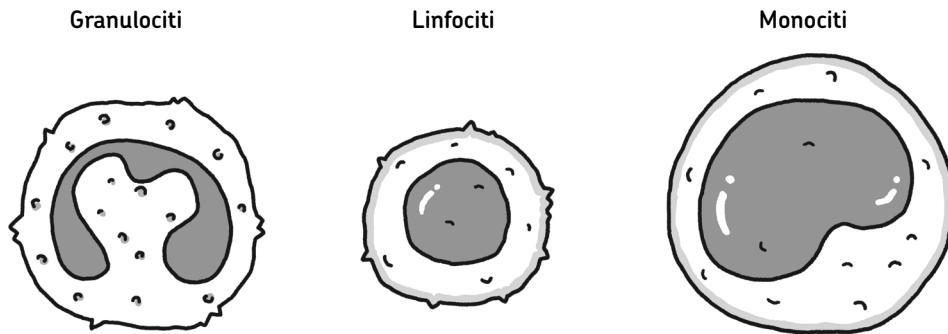


Figura 5.6: Tipi di globuli bianchi.

I *granulociti* sono caratterizzati da particelle intracellulari chiamate *granuli*. I tre tipi di granulociti sono: i neutrofili, eosinofili e basofili. La maggior parte dei granulociti appartiene ai neutrofili, che distruggono ogni invasore presente inghiottendolo e divorandolo. Questo processo è detto fagocitosi. Il pus che talvolta fuoriesce dalle ferite è in parte composto da neutrofili morti dopo la fagocitosi. Gli eosinofili e basofili sono relativamente pochi, ma questi tipi di granulociti contribuiscono alla fagocitosi e alle reazioni allergiche.

I *linfociti* – che includono cellule di tipo B, di tipo T e di tipo NK (o natural killer) – sono i maggiori protagonisti del sistema immunitario. I linfociti T dirigono la risposta immunitaria; i linfociti B preparano e rilasciano gli anticorpi appropriati; i linfociti NK, insieme ai linfociti T, distruggono qualsiasi cellula infetta.

I *monociti*, quando si trovano nei vasi sanguigni, sono cellule grandi, rotondeggianti. Invece, quando passano attraverso le pareti dei vasi nei tessuti, cambiano forma e diventano *macrofagi*. I macrofagi estendono dei tentacoli per catturare e divorare gli invasori. Questa è un'altra forma di fagocitosi.

Cellule di tipo B specializzate

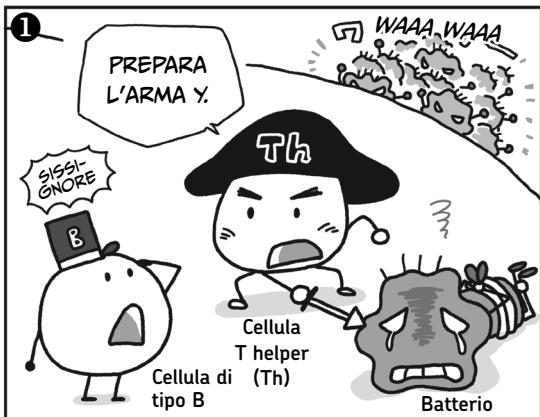
Quando nemici esterni tipo i batteri invadono il corpo, le cellule di tipo B registrano informazioni su di loro. Così, se uno stesso organismo ci invade di nuovo, il corpo può identificarlo velocemente e rilasciare un gran numero di anticorpi specifici per respingerlo. Ad ogni modo ogni tipo di cellula B può ricordare le caratteristiche di un solo tipo di invasore, per questo nel corpo umano ci sono milioni di linfociti B diversi per combattere ognuno dei tanti potenziali nemici.



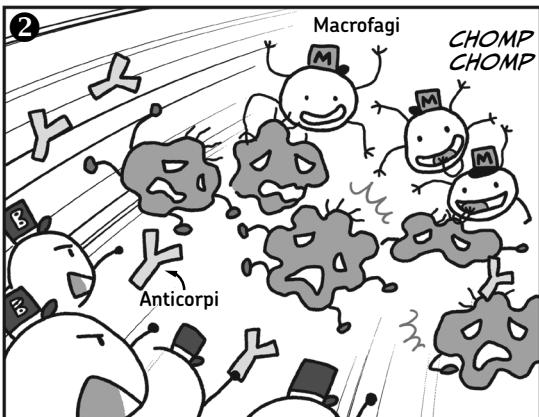
Come fa il nostro corpo a respingere gli organismi estranei?



Quando un organismo estraneo invade il corpo, i neutrofili e i macrofagi (che possono essere immaginati come degli esploratori) corrono per primi e lo divorano. Quindi i macrofagi portano i frammenti del nemico divorato alle cellule T helper, (che sono "gli ufficiali comandanti") per dire: "Questi sono quelli che stiamo fronteggiando!". A questo punto comincia l'offensiva generale (vedi figura 5.7).



Una volta che i macrofagi forniscono informazioni sugli invasori alle cellule T helper, queste istruiscono le cellule di tipo B per preparare gli anticorpi necessari per combattere quello specifico organismo estraneo.



Le cellule di tipo B preparano gli anticorpi e li rilasciano nel sangue. Gli anticorpi individuano e neutralizzano gli organismi estranei, e i macrofagi allora divorano ed eliminano i nemici neutralizzati.



Le cellule T helper ordinano alle cellule T citotossiche di distruggere le cellule infette o danneggiate dalle sostanze estranee.



Una volta che gli organismi estranei sono completamente eliminati, le cellule T soppressive chiedono la fine delle attività difensive.

Figura 5.7: Le forze di difesa dei globuli bianchi.

Un'allergia è una reazione eccessiva del sistema immunitario

Una *reazione allergica* può essere pensata come una perdita di controllo della funzione immunitaria. Invece di respingere i virus esterni o i batteri invasori, il sistema immunitario sta reagendo a una sostanza che non è effettivamente pericolosa, come il cibo o il polline. Infatti il cibo e il polline sono le cause più comuni di reazioni allergiche. L'allergia al polline, spesso chiamata febbre da fieno, si manifesta con infiammazioni nasali e congiuntiviti. L'asma bronchiale e la dermatite atopica (conosciuta anche come eczema) sono anch'esse comuni reazioni allergiche.

L'incidenza delle allergie sta aumentando sia negli adulti che nei bambini. Per quanto i fattori ambientali (come la dieta, un'insufficiente attività fisica, il miglioramento delle condizioni igieniche o persino l'evoluzione di sistemi di riscaldamento delle case e di sistemi di condizionamento dell'aria) siano considerati fattori rilevanti per l'aumento di tali fenomeni, la vera ragione non è ancora nota.

LE PIASTRINE



Una *piastrina* è una cellula coinvolta nell'emostasi, ovvero il processo che blocca il sanguinamento. Le piastrine non hanno nucleo e sono prodotte da un megacariocita (che significa "cellula con grande nucleo") nel midollo osseo. Un microlitro di sangue contiene circa 300.000 piastrine. Potrebbero sembrare molte, ma sono in realtà poche se confrontate con il numero di globuli rossi. Quando il sangue viene centrifugato, lo strato di piastrine è estremamente sottile.

Quando un vaso sanguigno viene danneggiato e si ha il sanguinamento, le piastrine sono le prime ad agire. Per prima cosa accorrono sulla parte danneggiata per formare un tappo temporaneo. A quel punto le piastrine si rompono e rilasciano delle sostanze che accelerano l'emostasi. Queste sostanze reagiscono ed alla fine trasformano il fibrinogeno (una sostanza contenuta nel plasma) in una sostanza fibrosa chiamata *fibrina*, che forma una specie di reticolo sul luogo della ferita. I globuli rossi vengono catturati nel reticolo e si ammucchiano per formare una robusta diga che ferma il sanguinamento. Questo ammucchiamento è chiamato *coagulo* (figura 5.8).

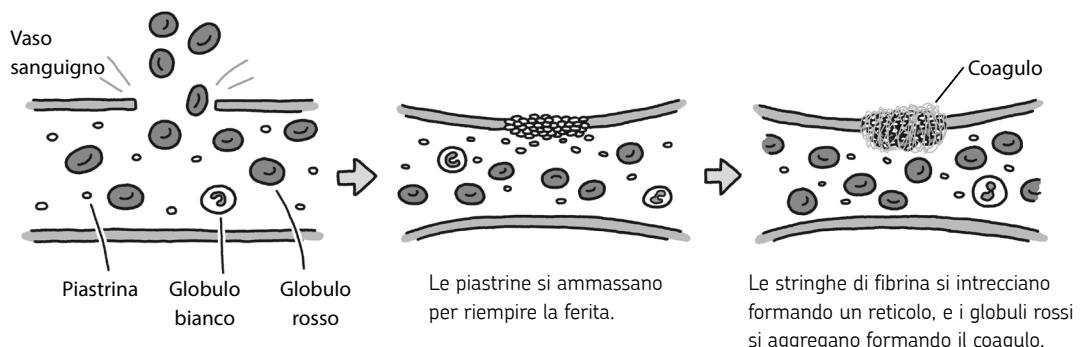


Figura 5.8: La chiusura di una ferita mediante emostasi.



Fare pressione sul taglio è un buon metodo per fermare il sangue, non è così?



Sì, la pressione stringe i capillari e i vasi sanguigni, rallentando il sanguinamento. Questo lascia al sangue il tempo per formare un coagulo. In alcuni casi si può fermare il sanguinamento dei capillari e delle vene più sottili anche solo applicando una pressione.

Il sangue che viene prelevato solidifica, allo stesso modo del sangue che fuoriesce dalla ferita. La solidificazione del sangue è chiamata coagulazione. Quando si esamina del sangue prelevato, spesso vi si addizionano delle sostanze chimiche che ne impediscono la coagulazione. Il sangue coagula perché il plasma sanguigno stesso ha proprietà coagulanti, come mostrato in figura 5.9.

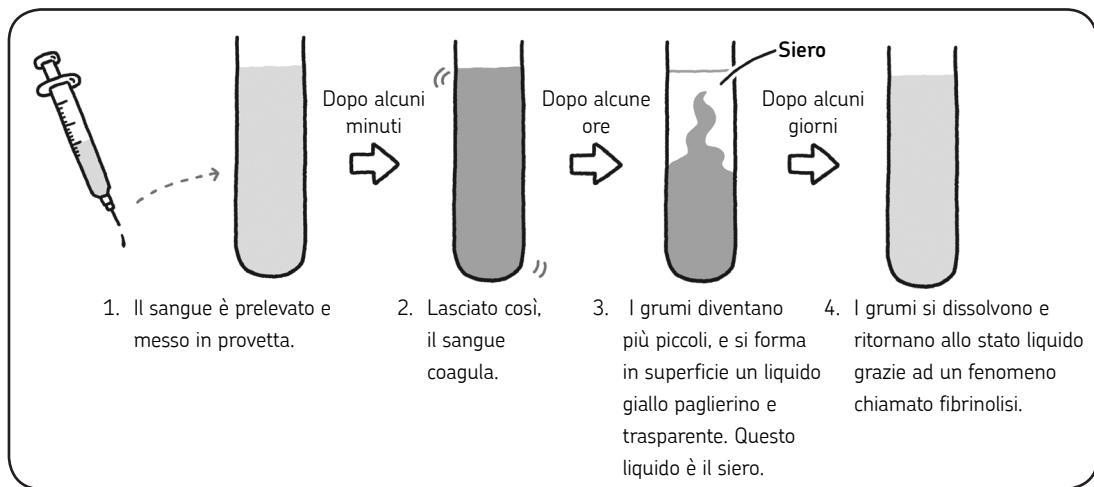


Figura 5.9: La coagulazione del sangue prelevato.

LO SAPEVI?

Dopo che il sangue coagula, un processo chiamato *fibrinolisi* finirà per sciogliere e dissolvere col tempo i coaguli. Questo meccanismo previene la messa in circolo di coaguli nel torrente eratico, così da impedire che causino problemi.



6

IL CERVELLO E IL SISTEMA NERVOSO

TRASMISSIONE DI IMPULSI
ELETTRICI A 120 METRI AL
SECONDO



SALOTTO

OSAMU,
CARO
RAGAZZO...

EHM, MI
PERDONI
SIGNORA
REFERENTE...

PROFESSORE?

SQUEEK

SCUSI SE LA
INTERROM-
PO...

MA QUANDO PEN-
SA VERRÀ RIPARA-
TA L'ARIA CON-
DIZIONATA NELLA
MIA STANZA?

UH? MISS
KARADA?!

JUNIOR,
CONOSCI
KUMIKO?

PROFESSORE!!
SALVE

SÌ, CI SIAMO
INCONTRATI QUA-
LCHÉ VOLTA...

EHM, A PROPO-
SITO DELL'ARIA
CONDIZIONATA...

SONO DAVVERO
SPIACENTE...

L'AGGIUSTERÒ
STASERA!

PREGO, ENTRA
E PRENDI
DEL TÉ.

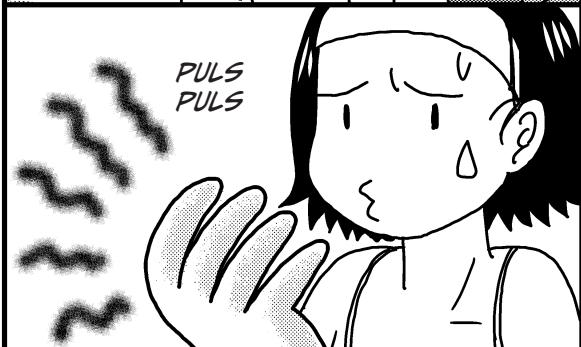
NEL SALOTTO
SI STA MOLTO PIÙ
FRESCHI.

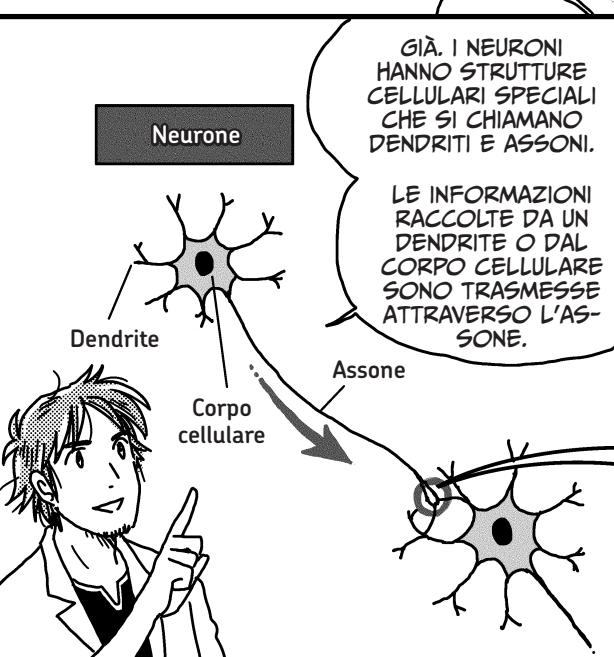
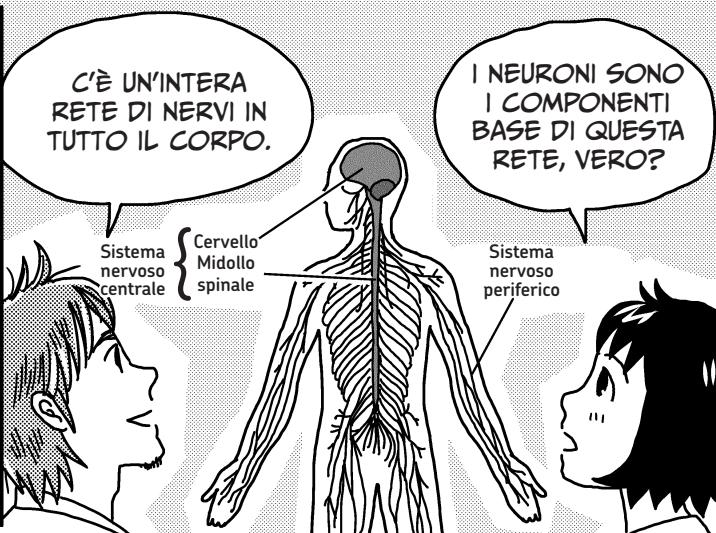
TÉ, DICE?

OK, GRAZIE
E SCUSI IL
DISTURBO.



NEURONI





*QUANDO UN NEURONE VIENE STIMOLATO, PARTE UN SEGNALE ELETTRICO LUNGO L'ASSONE VERSO LA SINAPSI CHE SI TROVA ALL'ESTREMITÀ, LA QUALE POI RILASCI NEUROTRASMETTITORI CHIMICI PER STIMOLARE IL NERVO SUCCESSIVO. SE LO STIMOLO RAGGIUNGE UNA DETERMINATA SOGLIA, IL NERVO SI ATTIVA. SE LA SOGLIA NON VIENE RAGGIUNTA, IL NERVO RIMANE INATTIVO.

IL SISTEMA NERVOSO

MA QUESTI NEURONI NON SONO COLLEGATI TRA LORO IN FILA, VERO?

CREANO RETI DI INTERCONNESSIONE MOLTO COMPLESSE, NO?

È COSÌ.

QUESTA RETE FORMA IL SISTEMA NERVO PERIFERICO, CHE CONSISTE DI TRE TIPI DI NERVI.

Nervi sensitivi



Riconoscono la sensazione di calore intenso

Nervi motori



Rilasciano il comando di "ritirare la mano!"

Nervi autonomi



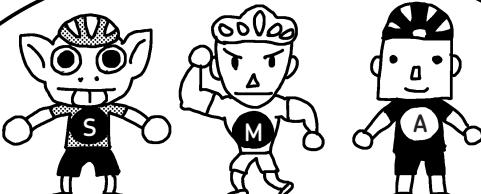
Ti fanno sentire sorpresa e aumentano il tuo battito cardiaco

QUELLO CHE SUCCIDE DOPO LO SO!

LE INFORMAZIONI TRASMESSE DAI NERVI PERIFERICI ARRIVANO AL SISTEMA NERVOSENTE CENTRALE...

CHE È COMPOSTO DA CERVELLO E MIDOLLO SPINALE.

Sistema nervoso periferico



Nervi sensitivi

Nervi motori

Nervi autonomi

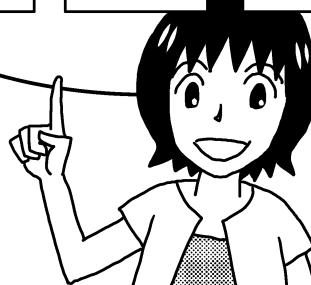
SI VEDE CHE TI SEI MESSA A STUDIARE!

SCOMMETTO CHE CON TUTTO QUESTO STUDIO INTENSO HAI CREATO NUOVE RETI NEURALI!*

NE DUBITO. FA COSÌ CALDO CHE IL MIO CERVELLO SI STA SQUAGLIANDO, PIUTTOSTO...

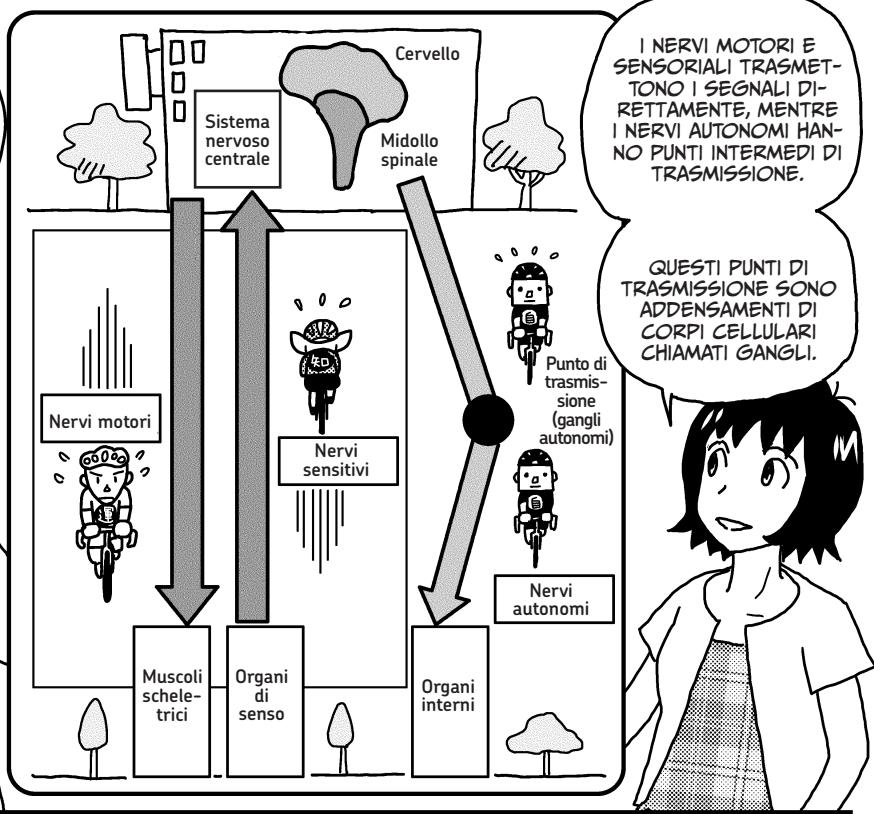
QUINDI I NERVI PERIFERICI SONO UN RAGGRUPPAMENTO DI FIBRE NERVOSE, GIUSTO?

CREDO DI CAPIRE, ORA...



* CON L'APPRENDIMENTO, IL CERVELLO SI ADATTA CREANDO NUOVE CONNESSIONI TRA SINAPSIS, E NON CREANDO NUOVI NEURONI. DI NORMA, I NEURONI SONO IPER-SPECIALIZZATI E NON ESEGUISCONO LA DIVISIONE CELLULARE.

I TRE TIPI DI NERVI PERIFERICI AGISCONO IN QUESTO MODO.



I NERVI MOTORI E SENSORIALI TRASMETTONO I SEGNALI DIRETTAMENTE, MENTRE I NERVI AUTONOMI HANNO PUNTI INTERMEDI DI TRASMISSIONE.

QUESTI PUNTI DI TRASMISSIONE SONO ADDENSAMENTI DI CORPI CELLULARI CHIAMATI GANGLI.



ORA, COS'E' SUCCESSO QUANDO HAI TOCCATO QUELLA TAZZA BOLLENTE E HAI RITIRATO IMMEDIATAMENTE LA MANO? IL SEGNALE SENSORIALE HA PRESO UNA SCORCIATOIA PER FARTI REAGIRE PIU IN FRETTA.

UNA SCORCIATOIA? MMM, MI FACCIA RICORDARE...



PRIMA DI TUTTO I TUOI POLPASTRELLI HANNO PERCEPITO UNA TEMPERATURA MOLTO ALTA. QUELLO STIMOLÒ È STATO TRASMESSO ATTRAVERSO I NERVI SENSORIALI FINO AL MIDOLLO SPINALE.

1



È ALLORA CHE HO PERCEPITO IL CALORE?

NON ANCORA...

QUANDO LO STIMOLÒ ENTRA NEL MIDOLLO SPINALE, L'INFORMAZIONE PRENDE UNA SCORCIATOIA! INVECE DI ASPETTARE IL COMANDO DAL CERVELLO, IL MIDOLLO SPINALE TRASMETTE L'ISTRUZIONE "CONTRAI!" DIRETTAMENTE AI NERVI MOTORI, E QUESTO TI FA RETIRARE SUBITO LA MANO.

SI TRATTA DI UN RIFLESSO SPINALE.

2



QUINDI, IN QUESTA FASE, LA SENSAZIONE DI CALORE NON È ANCORA STAATA TRASMESSA AL MIO CERVELLO?



ESATTO.

UN RIFLESSO NERVOSO AVVIENE DI RISPOSTA A UNO STIMOLÒ CHE È PERICOLOSO PER IL CORPO, COME AD ESEMPIO IL DOLORE DOVUTO A UNA SCOTTURA.

HA SENSO.

È COME UNA LINEA DIRETTA PER I SEGNALI DI ALLARME.

POI...

3

Telencefalo

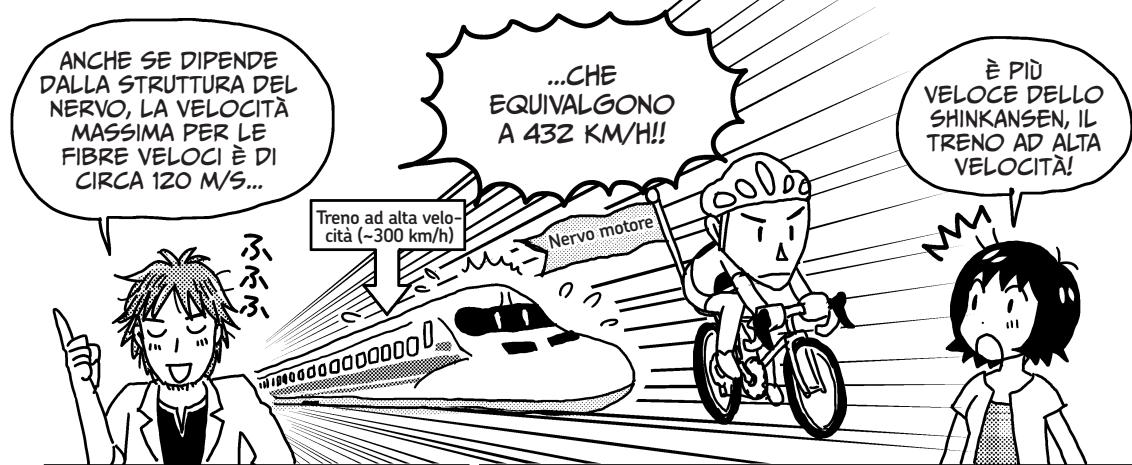


L'INFORMAZIONE SENSORIALE ARRIVA AL TUO TELENCEFALO NEL MOMENTO IN CUI HAI GIÀ TIRATO VIA LA MANO.

È ALLORA CHE RICONOSCI COSCIENTEMENTE IL CALORE ED IL DOLORE.

HO CAPITO.







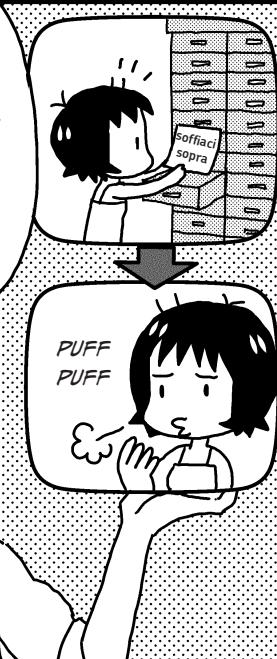
IL TUO TELENCEFALO HA MANDATO IL COMANDO DI GUARDARE LA MANO CHE HA RICEVUTO LO STIMOLO DI CALORE.

PER COMPIERE QUEST'AZIONE HAI MOSSO LA TUA MANO, LA TUA FACCIA E I TUOI OCCHI.

LE TUE RETINE HANNO PERCEPITO IL ROSSORE DELLA TUA MANO E HANNO PASSATO L'INFORMAZIONE ALLA CORTECCIA VISIVA DEL TELENCEFALO, TRAMITE I TUOI NERVI. IL TELENCEFALO HA COMINCIATO QUINDI A METTERE INSIEME LE INFORMAZIONI: "LA MIA MANO È DIVENTATA ROSSA A CAUSA DEL CALORE DELLA TAZZA".



IL TELENCEFALO USA LE ESPERIENZE E LE INFORMAZIONI PASSATE PER RISPONDERE ALLE SITUAZIONI: IN QUESTO CASO, HA MANDATO IL COMANDO "SOFFIA SULLA MANO PER RAFFREDDARLA".



I TUOI POLPASTRELLI E GLI OCCHI HANNO CONTINUATO A MANDARE INFORMAZIONI SENSORIALI AL TELENCEFALO...



IL TELENCEFALO HA CAPITO CHE LA TUA MANO NON SCOTTAVA PIÙ.



E QUINDI HAI SMESSO DI SOFFIARE SULLA MANO.



L'ATTIVITÀ DEI NERVI SIMPATICI SI È AFFIEVOLITA, IL BATTITO CARDIACO E LA PRESSIONE SANGUIGENA SONO DIMINUITI E LA TUA ESPRESSIONE FACCIALE SI È DISTESA.

ORA PUOI RILASSARTI!

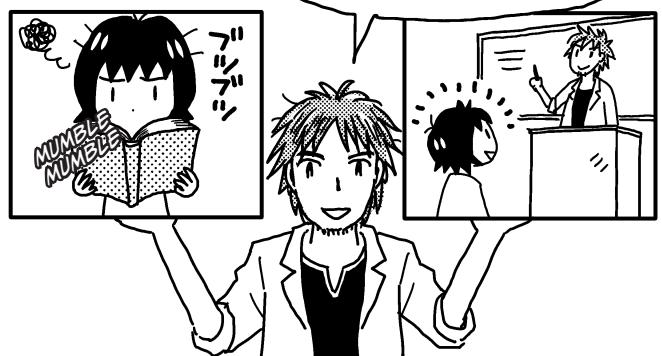
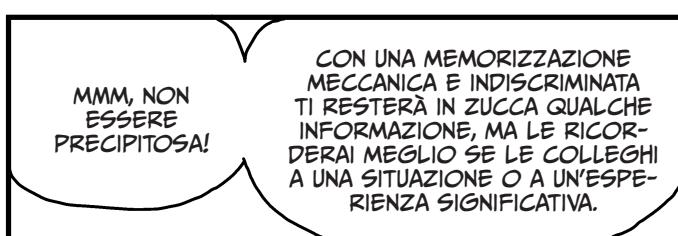
AH...



E QUESTO È SOLO UN ACCENNO DELLE INNUMEREVOLI ATTIVITÀ CHE IL SISTEMA NERVOSO COORDINA IN CONTINUO.



IL SISTEMA NERVOSO HA RISPOSTO IN MANIERA COSÌ COMPLESSA, CON UN MISCUGLIO DI REAZIONI COMPLETAMENTE AUTOMATICHE E DI DECISIONI PIÙ RAZIONALI BASATE SU RICORDI ED ESPERIENZE...





SCOPRIAMO QUALCOSA IN PIÙ SUL SISTEMA NERVOSO!



Tu già sai che il sistema nervoso è diviso in sistema nervoso centrale e sistema nervoso periferico. I nervi nel cervello e nel midollo spinale (il sistema nervoso centrale) inviano e raccolgono informazioni, prendono decisioni e rilasciano istruzioni. Insieme, possono essere pensati come il centro di controllo principale dell'organismo. Poiché il cervello e il midollo spinale sono organi così cruciali, sono avvolti dalle meninge (delle membrane) e fluttuano nel liquido cerebrospinale come protezione dagli urti. Visto che il cervello raccoglie e organizza tutti i nostri pensieri, le emozioni, le percezioni e le sensazioni, cominciamo proprio da qui.

LE PARTI DEL CERVELLO



Quando si sente la parola "cervello", di solito si pensa al telencefalo – la massa principale che si trova all'interno del nostro cranio – ma non c'è solo lui. Il cervello comprende, oltre al telencefalo, diencefalo, mesencefalo, ponte, midollo allungato e cervelletto, come mostrato in figura 6.1.

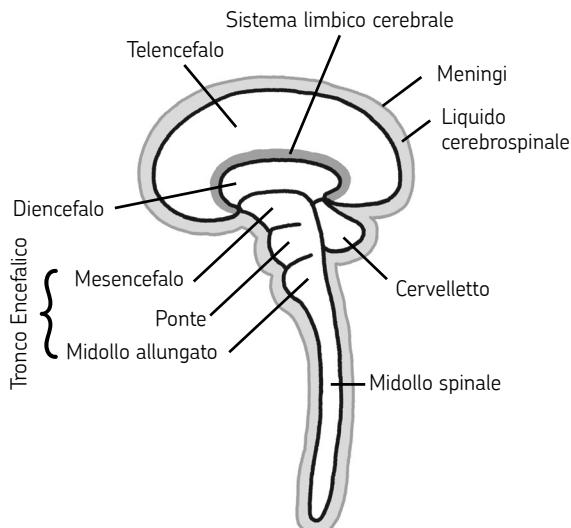


Figura 6.1: Il sistema nervoso centrale.

Il mesencefalo, il ponte, e il midollo allungato sono anche chiamati *tronco encefalico*. Il tronco encefalico è la parte più interna del cervello ed è responsabile delle attività essenziali della vita, come la respirazione e la circolazione sanguigna.

La parte del cervello che sta proprio sopra il tronco encefalico, chiamata *sistema limbico cerebrale*, è responsabile delle funzioni istintive, come l'appetito, il desiderio sessuale, il piacere, lo sconforto e le emozioni.

Il diencefalo, tra il telencefalo e il tronco encefalico, include il talamo, l'ipotalamo e l'ipofisi. Funge da centro di controllo del sistema nervoso autonomo e del sistema endocrino.

LA STRUTTURA DEL CERVELLO



Se si prende una sezione trasversale del cervello, lo si vede diviso in materia grigia e materia bianca, come mostrato in figura 6.2. La parte più esterna della materia grigia è più formalmente chiamata *corteccia cerebrale*. Appare grigia per la presenza delle cellule neurali, mentre lo strato bianco più interno è per la maggior parte costituito di fibre nervose (gli assoni). Questi assoni sono bianchi perché contengono molti tessuti grassi, che aiutano ad isolare i segnali in modo che possano trasmettere i segnali in modo più veloce.

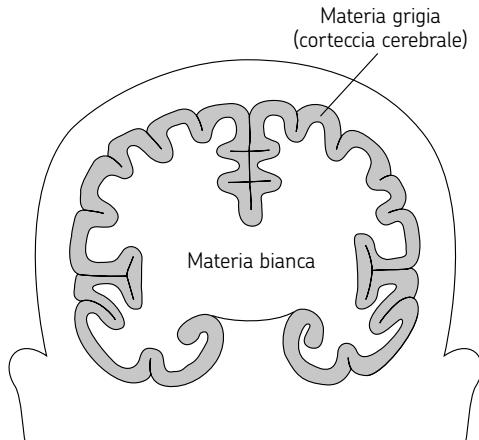


Figura 6.2: Sezione trasversale del cervello.

Lo strato più esterno della corteccia cerebrale è chiamato *neocortex* o *neocorteccia*. *Neo-* sta per "nuovo" perché la neocortex è la più recente aggiunta al cervello dovuta all'evoluzione. La neocorteccia contribuisce per circa tre-quarti alla massa del cervello umano.

La neocorteccia è responsabile delle funzioni cognitive avanzate che distinguono maggiormente il pensiero umano da quello degli altri animali. Essere preoccupati per aver fallito un esame e studiare per ripetere un test sono entrambe funzioni della neocorteccia. Assimilare le conoscenze e le nozioni necessarie per essere un'infermiera professionale, assistere i pazienti e pianificare la cura, divertirsi con gli amici nel tempo libero sono anch'esse funzioni della neocorteccia.

Si noti nella figura 6.2 come la superficie della corteccia cerebrale sia ripiegata su se stessa molte volte. Questo ne aumenta significativamente la superficie cosicché più corteccia cerebrale può essere contenuta nella scatola cranica. Le nostre elevate capacità intellettive devono molto alle pieghe del nostro cervello.

Oltre alla neocorteccia, la corteccia cerebrale contiene la *paleocorteccia* e l'*archicorteccia*. Paleocorteccia e archicorteccia si sono sviluppate molto tempo prima nella scala dell'evoluzione, e sono responsabili di alcune funzioni basilari che abbiamo in comune con gli animali, come l'appetito, il desiderio sessuale e la sensazione di pericolo. La figura 6.3 mostra come il tronco encefalico, paleocorteccia/archicorteccia e neocorteccia si differenzino nei serpenti, nei cani e negli esseri umani.

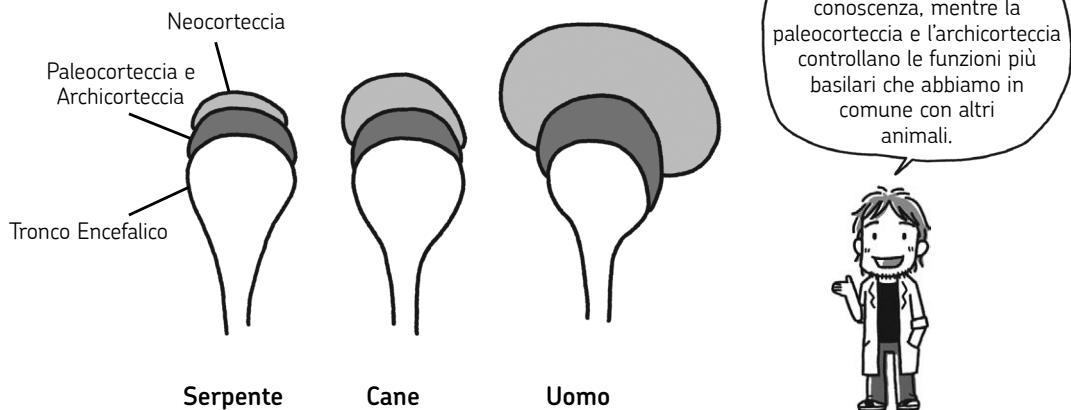


Figura 6.3: Differenze tra le cortece cerebrali animali e umane.

Tornando alla neocorteccia, le varie aree di questa struttura sono responsabili di funzioni differenti, come vedere, parlare, camminare, correre, altre azioni motorie e così via. È la cosiddetta *localizzazione* delle funzioni cerebrali, o *specializzazione funzionale*. La figura 6.4 mostra le più importanti aree di specializzazione funzionale. Il solco centrale evidenziato nella figura 6.4 è una profonda spaccatura lungo la metà del cervello, più o meno da orecchio a orecchio. Questo solco separa i lobi frontali e parietali, e le cortecce motorie e sensoriali.

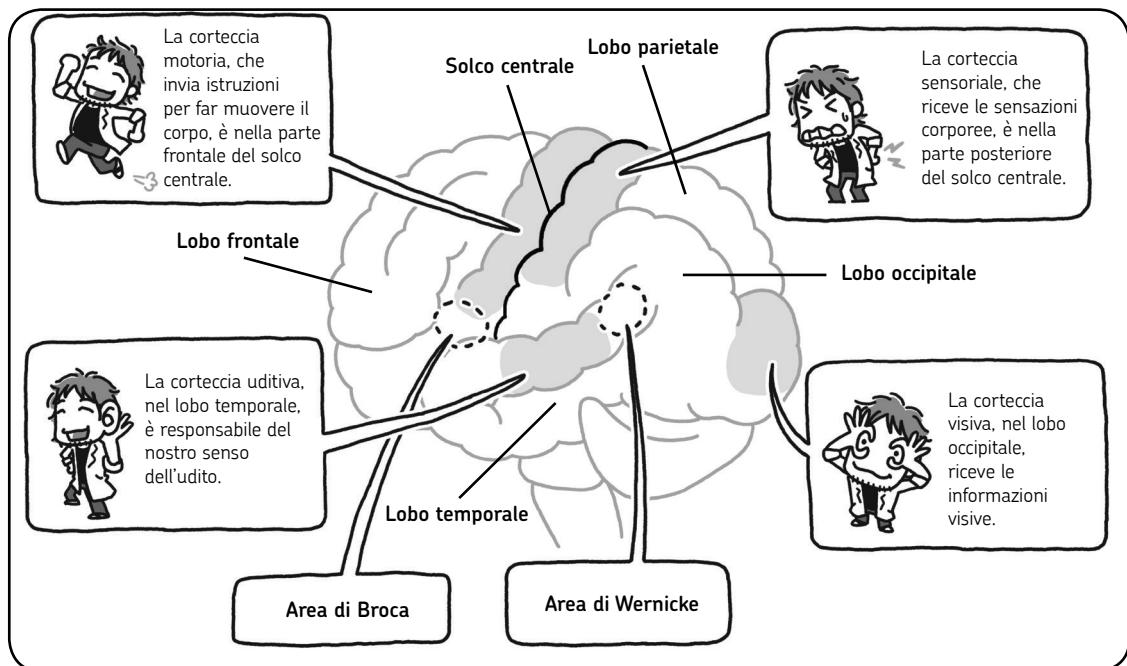


Figura 6.4: Specializzazioni funzionali della neocorteccia.

CURIOSITÀ SUL CERVELLO

L'emisfero sinistro della corteccia cerebrale è responsabile del movimento e delle sensazioni della parte destra del corpo, mentre l'emisfero destro è responsabile del movimento e delle sensazioni della parte sinistra del corpo.



Le funzioni della corteccia motoria e della corteccia sensoriale sono ulteriormente suddivise; le regioni più vicine alla parte superiore del cervello sono responsabili dei piedi e le regioni più vicine alla parte temporale sono responsabili del viso e della testa.



Questo vuol dire che anche quando si sta avendo una semplice conversazione, varie regioni stanno svolgendo funzioni differenti allo stesso tempo?



Esatto. Cerca di pensare a quali aree sono richieste per gestire il linguaggio.

La comprensione del linguaggio include la lettura di caratteri e l'interpretazione di suoni come parole. Poiché ognuna di queste azioni utilizza diversi organi sensoriali e diversi tipi di informazioni, ci sono luoghi diversi per esse responsabili.

La principale area dedicata all'interpretazione del linguaggio è l'area di Wernicke. Però, quando parliamo, dobbiamo formare le parole muovendo la bocca, la lingua e la gola e così via. L'area responsabile di queste funzioni è l'area di Broca. Entrambi questi centri della parola sono nell'emisfero cerebrale sinistro. Quando un danno cerebrale causa problemi di linguaggio, i sintomi possono essere diversi a seconda dell'area coinvolta nel danno. Per esempio, se viene danneggiata l'area di Broca, una persona può non essere più capace di parlare o almeno di parlare coerentemente, anche se è ancora in grado di capire quello che gli altri dicono.



Il telencefalo manda istruzioni per dire al corpo di muoversi. Ma il cervelletto non è anch'esso coinvolto nel movimento?



Sì, il cervelletto coordina i tuoi movimenti. Si trova sotto il telencefalo e dietro il tronco encefalico, confronta le istruzioni per il movimento inviate dalla corteccia cerebrale con il movimento che stai in quel momento effettuando ed invia segnali per affinare e calibrare tale movimento. Se si pratica spesso un movimento, si diventa molto abili in esso. Questo è il risultato della messa a punto dovuta al cervelletto.

DANNI CEREBRALI



E quando il cervello smette di funzionare? Qual è la differenza tra stato vegetativo e morte cerebrale?



Nello stato vegetativo certe parti del cervello continuano ancora a funzionare, mentre la morte cerebrale è uno stato irreversibile nel quale tutte le funzioni cerebrali sono state perse. Questo comprende anche le funzioni involontarie che tengono in vita il corpo, cosicché quando il cervello muore, muore anche il corpo.

Questo perché non solo la persona diventa incapace di parlare o mangiare, ma cessa anche la respirazione spontanea e il cuore si ferma. Quando qualcuno è in uno stato vegetativo, invece, il tronco encefalico è ancora vivo, e quindi si è ancora in grado di respirare e anche il cuore continua a battere. Però, la persona è incosciente e non può rispondere. La figura 6.5 mostra la differenza tra queste due condizioni.

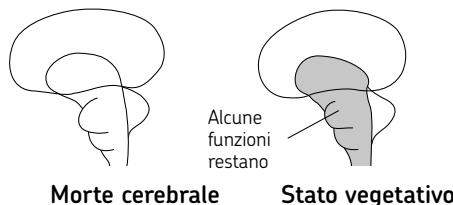


Figura 6.5: Differenza tra morte cerebrale e stato vegetativo.

Il cervello è molto sensibile alla mancanza di ossigeno. Se la respirazione si ferma e viene tagliato il rifornimento di ossigeno, le cellule cominciano a subire danni nell'arco di soli 3-4 minuti. Questo è il motivo per cui è così importante avviare le operazioni di rianimazione cardiopolmonare il prima possibile nel caso in cui qualcuno vada in arresto cardiaco e il cuore diventi incapace di pompare sangue ossigenato al cervello.

CURIOSITÀ SUL CERVELLO

Il cervello consuma una grande quantità di ossigeno perché brucia costantemente glucosio come fonte di energia. Infatti il glucosio è solitamente la sua unica fonte di energia; ciononostante se il livello di glucosio è davvero troppo basso, il cervello può usare molecole chiamate corpi chetonici come fonte alternativa di energia.



IL MIDOLLO SPINALE



Il compito principale del midollo spinale è quello di distribuire le informazioni elaborate dal cervello ai nervi periferici e rimandare le informazioni dai nervi periferici al cervello. Però, ha anche altre importanti funzioni.

Il *midollo spinale* è una corda a forma ellittica spessa 1 centimetro che si estende dalla parte inferiore del cervello, attraverso la colonna vertebrale, fino alla regione lombare. Quando un neonato si sviluppa nel grembo materno, il midollo spinale e il cervello iniziano come un unico tubo. Man mano che questo tubo si sviluppa, le cellule all'estremità (la testa) crescono e diventano corteccia cerebrale (figura 6.6), e il resto diventa midollo spinale.

All'interno del midollo spinale, le cellule nervose e le fibre nervose formano un fascio. Ricorderai da prima (vedi pagina 122) che i neuroni sono costituiti da fibre nervose (dendriti e assoni) e corpi cellulari. Proprio come il cervello, il midollo spinale è suddiviso in materia bianca, che è costituita per la maggior parte da fibre nervose, e materia grigia, che contiene per lo più corpi cellulari. Ma nel midollo spinale, la disposizione è rovesciata, la materia bianca forma lo strato esterno, e la materia grigia è al centro della corda.

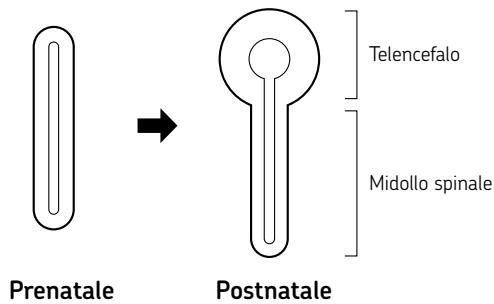


Figura 6.6: Il telencefalo e il midollo spinale si sviluppano nel periodo postnatale.

Nel midollo spinale, il percorso per inviare informazioni e quello per riceverle sono separati in modo che le informazioni sensoriali e le istruzioni provenienti dal cervello non interferiscano le une con le altre, come mostrato in figura 6.7.

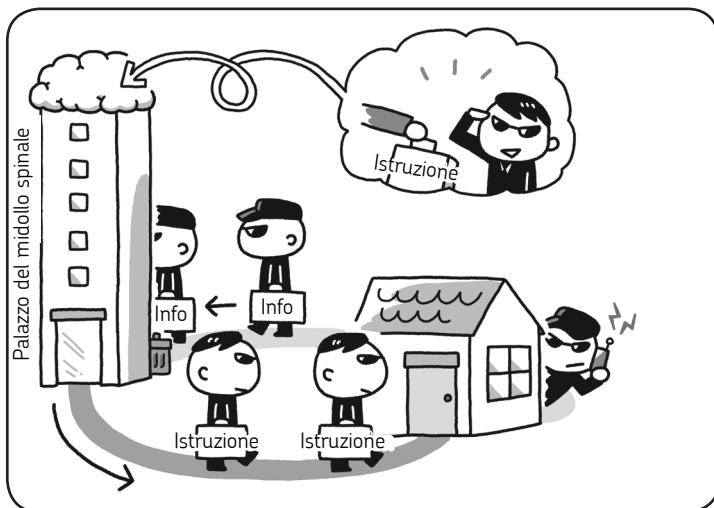


Figura 6.7: Come le informazioni sono convogliate attraverso il midollo spinale.

PERCORSI ATTRAVERSO IL CORPO



Come fa esattamente il midollo spinale a scambiare istruzioni e informazioni tra il cervello e i nervi periferici?



Te lo spiegherò usando la figura 6.8. Le fibre nervose che scendono lungo il midollo spinale portano le istruzioni dal cervello alle cellule nervose della materia grigia nella parte frontale del midollo spinale (chiamata *radice ventrale* o *radice anteriore*). I nervi spinali che si estendono dalla radice anteriore portano le informazioni alle parti periferiche del corpo. Nel frattempo, le fibre nervose che ricevono informazioni sensoriali dalle parti periferiche del corpo, entrano nel retro del midollo spinale (nella cosiddetta *radice dorsale* o *radice posteriore*) e consegnano le informazioni alle cellule nervose della materia grigia lì presente. Infine queste fibre nervose portano le informazioni al cervello.

Tutti questi segnali sono trasmessi elettricamente attraverso le varie fibre nervose sotto la spinta di impulsi di potenziale d'azione. Questo processo di propagazione del potenziale d'azione si chiama anche *firing*.

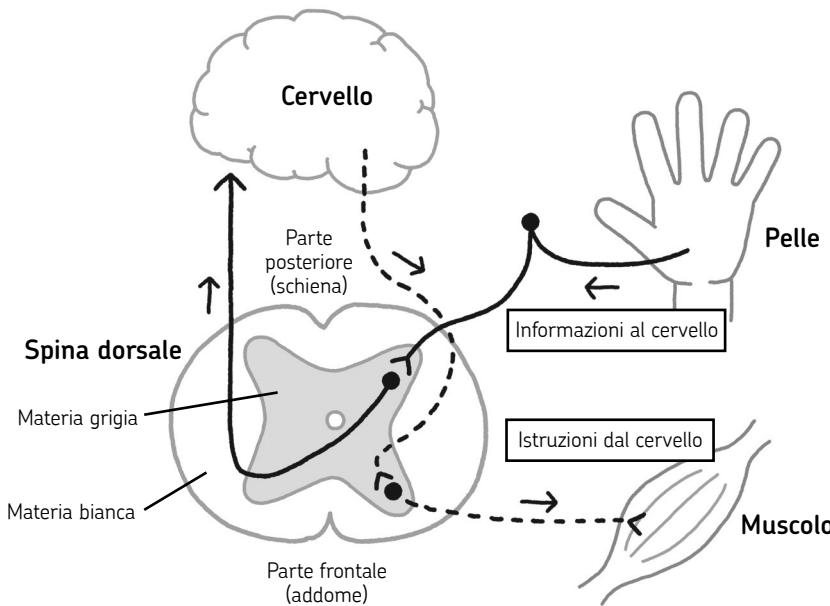


Figura 6.8: Percorso delle cellule nervose verso e dal midollo spinale.

I nervi nella materia grigia del midollo spinale sono divisi a seconda della loro funzione. I tratti efferenti che trasmettono istruzioni dal cervello e i tratti afferenti che trasmettono le sensazioni al cervello, sono divisi in modo preciso. Questi fasci di fibre sono chiamati *vie di conduzione*.

La maggior parte delle vie di conduzione passa dal lato sinistro al lato destro del corpo in qualche parte nel sistema nervoso centrale. Questo è il motivo per cui l'emisfero sinistro della corteccia cerebrale è responsabile della parte destra del corpo e l'emisfero destro è responsabile della parte sinistra del corpo.



E allora che percorso fa un segnale che parte da un riflesso spinale, come quello che mi ha costretta ad allontanare la mano nel momento in cui ho toccato la tazza di tè bollente?



Ah sì, in questo caso il segnale prende una scorciatoia. Un segnale che indica "bollente!" era stato inviato al tuo midollo spinale. Poiché questo è un percorso afferente, l'impulso è entrato dalla parte posteriore del midollo spinale. Normalmente, l'impulso continua lungo il percorso afferente fino ad un'altra cellula nervosa, che passa poi l'informazione al cervello. Ma in questo caso, prende una scorciatoia attraverso il midollo spinale (figura 6.9), e l'informazione viene consegnata direttamente alle cellule nervose del percorso efferente nella parte frontale. Questo ha fatto sì che il muscolo del tuo braccio si contraesse, e la tua mano si allontanasse prima che tu ti rendessi conto di quello che era accaduto.

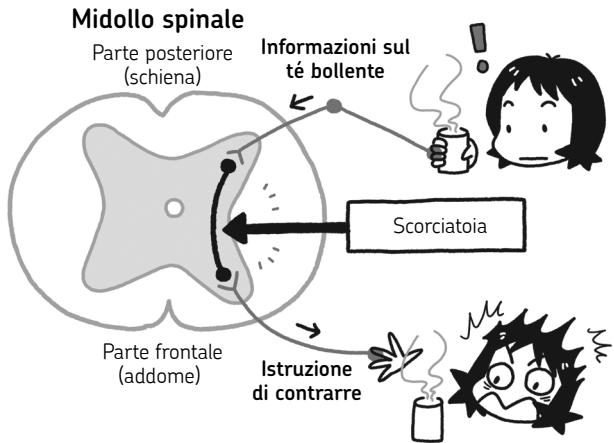


Figura 6.9: Scorciatoia del riflesso spinale.

LO SAPEVI?

Dopo la nascita, il midollo spinale si allunga con lo svilupparsi della colonna (e delle vertebre). Eppure, poiché la crescita delle ossa supera in velocità la crescita della spina dorsale, negli adulti l'area sotto la zona lombare contiene solo fluido spinale.



NERVI CRANICI E SPINALI



Il cervello e il midollo spinale formano il sistema nervoso centrale, e i nervi che collegano questa parte con le parti periferiche del corpo, formano il sistema nervoso periferico. Prima, ti ho detto che i nervi periferici sono classificati in nervi motori che dal cervello trasmettono le istruzioni per il movimento, nervi sensitivi che trasmettono le informazioni sensoriali dalle parti periferiche del corpo al cervello, e nervi autonomi che controllano gli organi interni. Però, questi nervi possono anche essere divisi seguendo la linea anatomica, in nervi cranici che partono dal cervello e nervi spinali che partono dal midollo spinale (vedi figura 6.0). I nervi spinali e i nervi cerebrali insieme ai nervi associati (che portano gli impulsi scambiati tra i nervi motori e quelli sensitivi), formano il *sistema nervoso somatico*.

Ci sono 12 paia di *nervi cranici*, ognuno dei quali ha un nome e un numero. La maggior parte dei nervi cranici è anche nervo motorio che invia le istruzioni di movimento al viso, alla lingua, ai globi oculari e così via oppure nervo sensitivo che trasmette i cinque sensi dalla testa e dalla pelle. Il *nervo vago*, però, è diverso dagli altri nervi. Si dirama a partire dal collo per regolare gli organi interni del petto e dell'addome. Il nervo vago opera principalmente come nervo autonomo.

Ci sono 31 paia di *nervi spinali*, che originano dalla spina dorsale attraverso delle aperture fra le vertebre. Questo gruppo comprende un mix di nervi che portano segnali motori, sensitivi e autonomici.

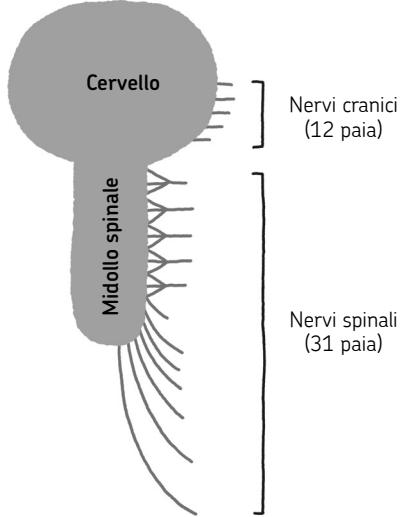


Figura 6.10: Nervi cranici e nervi spinali.

Tutti insieme, i nervi cranici e i nervi spinali sono responsabili del movimento e delle sensazioni di ogni centimetro del tuo corpo. Essi vanno, dalla punta del dito mignolo del piede alla punta del mignolo della mano fino alla cima della testa, e così non c'è parte del corpo che non provi sensazioni. È veramente meraviglioso, non credi? Pensa solo quanto facilmente la manciata di cavi che connettono la TV, il lettore DVD e il decoder finiscano per aggrovigliarsi. Invece, i tuoi nervi corrono attraverso tutto il corpo senza mai intrecciarsi, scambiando un enorme volume di informazioni di diverso tipo tra il sistema nervoso centrale e quello periferico.

LO SAPEVI?

Quando i nervi spinali partono dal midollo spinale, si separano oppure convergono con i nervi spinali sotto e sopra di essi a creare una struttura a maglia chiamata *plesso nervoso*.



IL SISTEMA NERVOSO AUTONOMO



La parola autonomo significa involontario e automatico. Molte funzioni corporee sono controllate dal sistema nervoso autonomo senza che ce ne rendiamo conto. Il sistema nervoso autonomo ha due componenti principali: il sistema nervoso simpatico (SNS), che ha a che fare con l'eccitamento e l'azione, e il sistema nervoso parasimpatico (PNS), che ha a che fare con la calma e il rilassamento. A seconda della situazione reagiscono diverse parti del sistema nervoso autonomo.

Supponiamo che un branco di erbivori stia divorando piante nella savana. Sono

rilassati e non hanno predatori nelle vicinanze. In questo stato di rilassamento (soprannominato "rest and digest", riposa e digerisci), è prevalentemente al lavoro il sistema nervoso parasimpatico (vedi figura 6.11) che rilascia il neurotrasmettore acetilcolina.

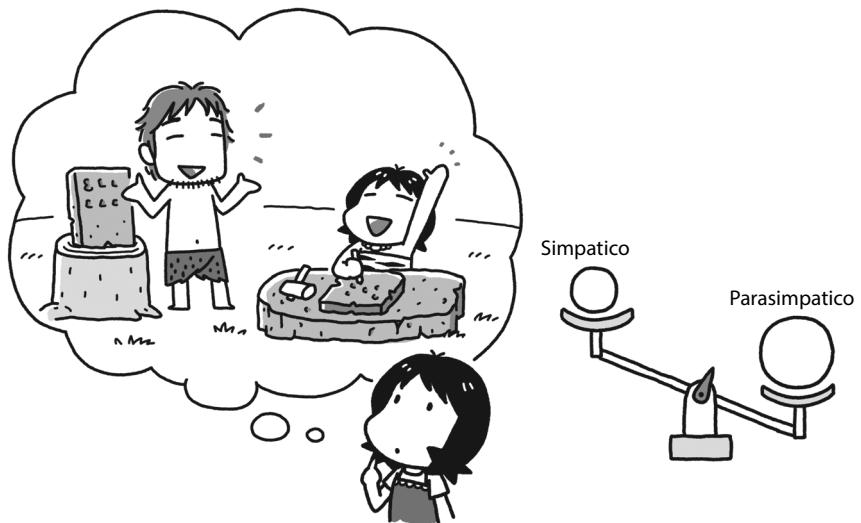


Figura 6.11: Quando si è rilassati, è prevalentemente in controllo il sistema nervoso parasympatico.

Quando ecco che appaiono sulla scena dei predatori. Gli erbivori diventano improvvisamente nervosi, e o scappano via o combattono per proteggere loro stessi. In questo stato di agitazione (soprannominato "fight or flight", combatti o fuggi), è prevalentemente al lavoro il sistema nervoso simpatico (vedi figura 6.12).

Quando viene eccitato un nervo del sistema simpatico, vengono secrete, dal midollo spinale, noradrenalina e adrenalina, che mantengono il corpo in uno stato vigile.

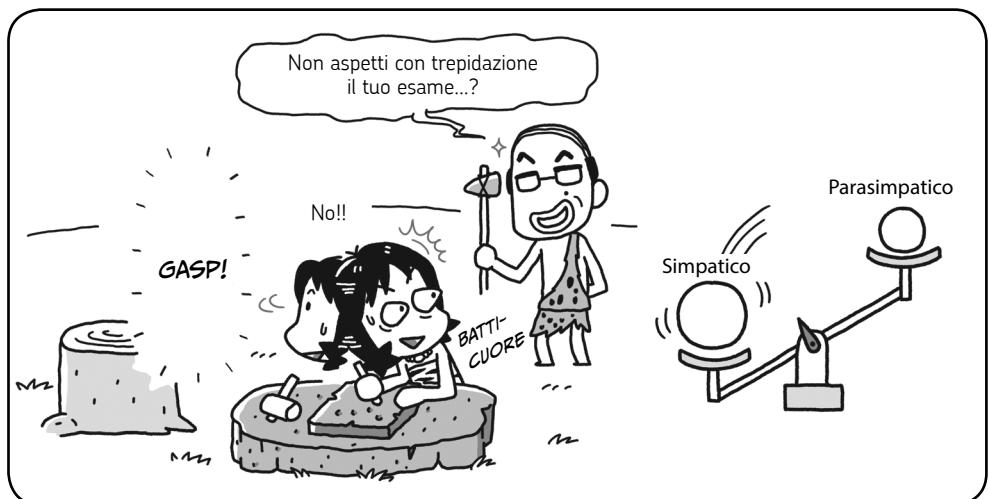


Figura 6.12: Quando si è impauriti o agitati, subentra il sistema nervoso simpatico.



Quando il sistema nervoso simpatico diventa predominante, il mio cuore comincia a battere e la pressione sanguigna aumenta.



Giusto. Gli erbivori che credono che un predatore stia per attaccarli devono sfruttare tutta la loro energia per scappare via o difendersi.

Quando questo succede, il battito cardiaco e la pressione sanguigna aumentano.

La trachea si espande così da accogliere una maggiore quantità di ossigeno, il glicogeno che era stato immagazzinato nel fegato viene scomposto, ed una gran quantità di glucosio viene rilasciato nel sangue. In questi momenti, di solito non si mangia e non si espellono materiali di scarto. Il sangue che fluisce verso gli organi digestivi diminuisce, e la secrezione dei fluidi digestivi e il movimento dei tuoi canali alimentari si abbassano.



E anche se non è probabile che io venga attaccata da un predatore, mi sento "minacciata" dal mio esame, giusto? E mi sento sotto stress!



Esattamente. Per quanto gli uomini non siano attaccati dai predatori di frequente, rispondono nello stesso modo alle situazioni inattese e indesiderate. Inoltre, se lo stress continua per lungo tempo, la mente e il corpo dell'uomo si affaticano, come mostrato in figura 6.13.

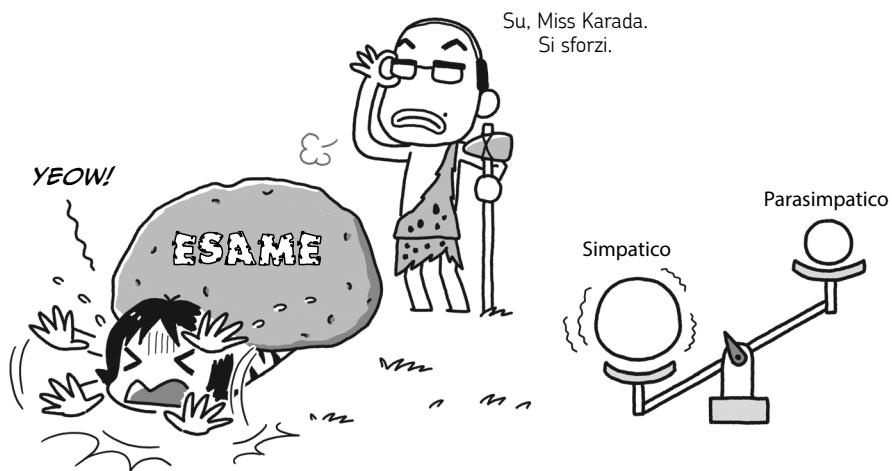


Figura 6.13: Se il sistema nervoso simpatico è attivo per lungo tempo, la fatica si fa sentire.

È essenziale sia per il sistema nervoso parasimpatico che per il sistema nervoso simpatico operare in modo ben bilanciato (figura 6.14). I nervi del sistema nervoso autonomo sono distribuiti in tutti gli organi interni, come il cuore o il fegato, negli organi secretori interni, come il pancreas e le ghiandole surrenali, e poi lungo la trachea e i bronchi, il sistema digerente, l'apparato urinario e le arterie, attraverso tutto il corpo, insomma. In molti casi, i nervi del sistema simpatico e del parasimpatico sono distribuiti in modo da esercitare effetti contrari e complementari su tutti questi sistemi.

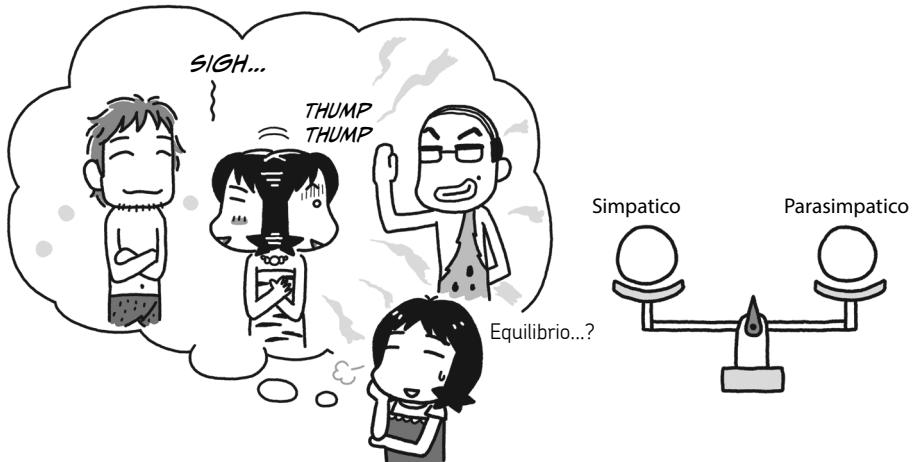


Figura 6.14: Bilanciamento tra i nervi del parasimpatico e i nervi del simpatico.



C'è qualcosa che non va?



No... affatto!

IL SISTEMA NERVOSO ENTERICO

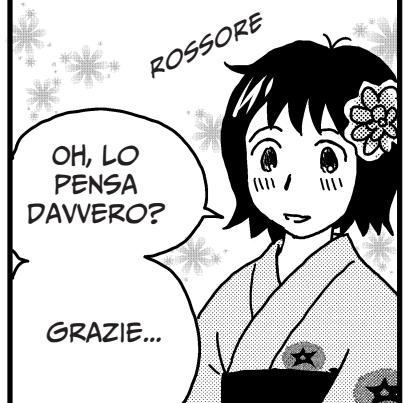
La terza parte del sistema nervoso autonomo, chiamato *sistema nervoso enterico*, aiuta a coordinare le azioni del sistema gastrointestinale. È spesso chiamato il “secondo cervello” perché contiene circa 100 milioni di neuroni, più del midollo spinale o del sistema nervoso periferico.

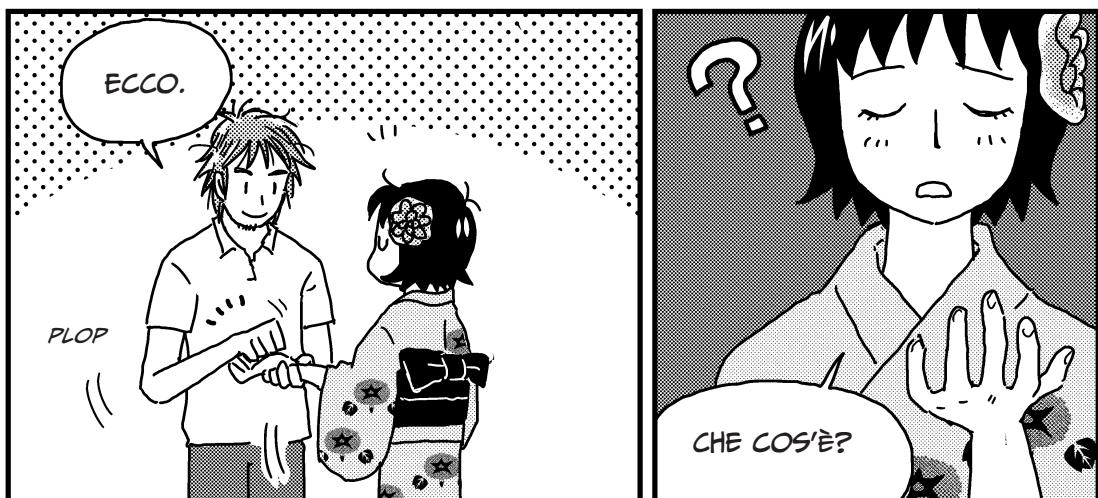
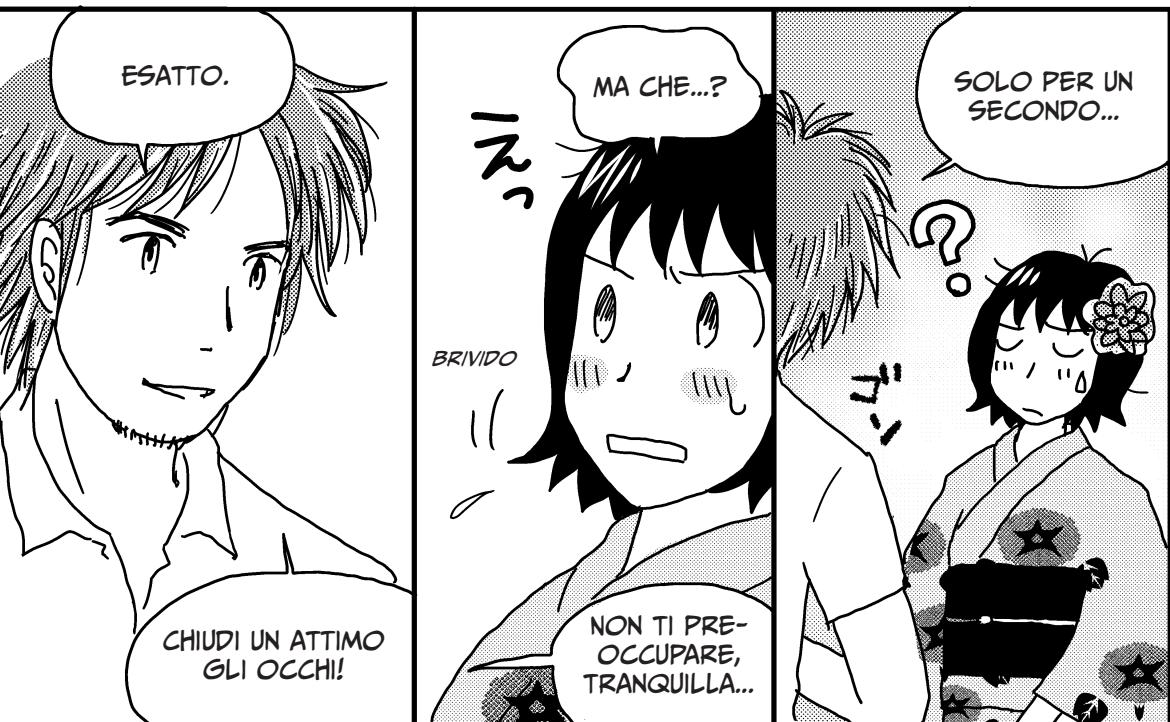
Il sistema nervoso enterico usa più di 30 neurotrasmettitori, e più del 90% delle serotonina del corpo si trova nell'intestino.

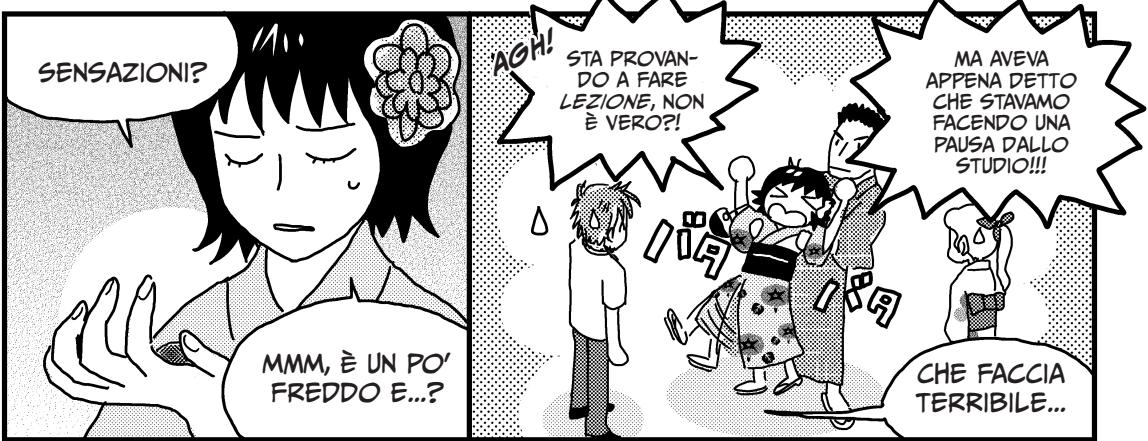
7

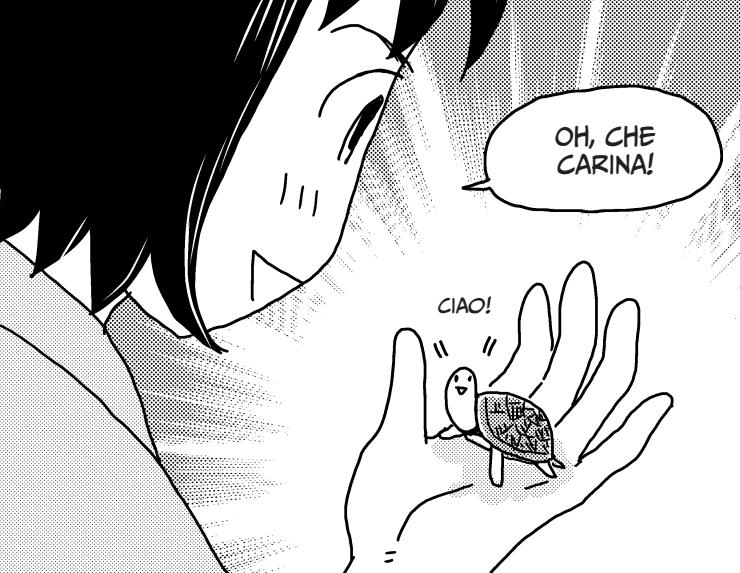
IL SISTEMA NERVOSEN SENSORIALE

IL DOLORE, LE ALTRE SENSAZIONI
E I NOSTRI SENSI SPECIALI









VEDI QUANTE INFORMAZIONI HAI OTTENUTO SEMPLICEMENTE TENENDO IN MANO QUESTO ANIMALETTO? TUTTE QUELLE INFORMAZIONI SONO STATE PERCEPITE DAI RECETTORI SENSORIALI SUPERFICIALI DELLA PELLE.



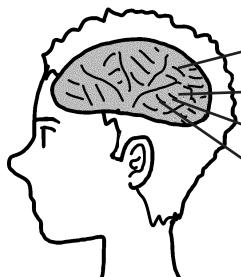
* LA PESCA DELLA TARTARUGHINA E LA PESCA DEL PESCE ROSSO (KINGYO-SUKUI) SONO GIOCHI MOLTO DIFFUSI NELLE FIERE ESTIVE GIAPPONESI.



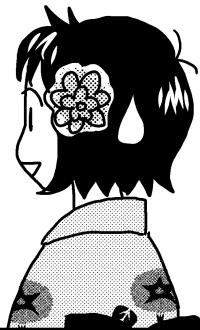
TIPI DI SENSAZIONI

LE SENSAZIONI SUPERFICIALI INCLUDONO LA PRESSIONE, IL CALORE, IL FREDDO E IL DOLORE.

DEI RICETTORI POSTI SULLE TERMINAZIONI DEI NERVI SENSORIALI DELLA PELLE PERCEPISCONO QUESTE SENSAZIONI E MANDANO INFORMAZIONI CHE LE RIGUARDANO AL CERVELLO.



Pressione
Calore
Freddo
Dolore



QUINDI COME FACCIO A SAPERE SE STO TOCCANDO QUALCOSA DI RUVIDO O DI LISCIO?

PER IL TATTO CI SONO QUATTRO TIPI DI RECETTORI, E CIASCUNO COMUNICA QUALCOSA DI DIVERSO AL CERVELLO.

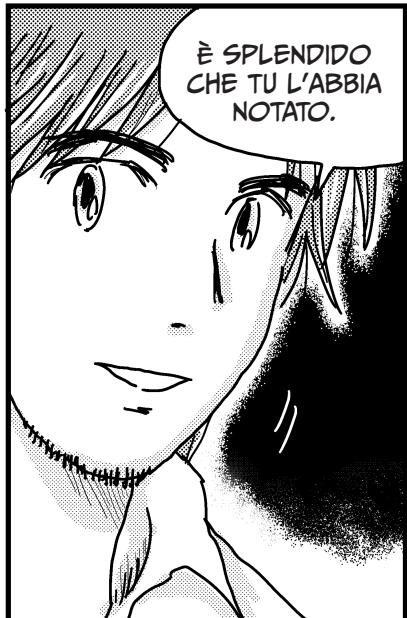


IL TUO CERVELLO METTE INSIEME TUTTE LE INFORMAZIONI PER COMPRENDERE CON ESATTEZZA LE FATTEZZE DELLA SUPERFICIE.

MA PROFESSORE...

E QUANDO SENTIAMO IL PESO DI QUALCOSA? SEMBRA ESSERE MOLTO DIVERSO DAL SENTIRE DOLORE O CALORE.

È SPLENDIDO CHE TU L'ABbia NOTATO.



QUANDO QUALCOSA
CI SEMBRA PESANTE O
LEGGERO, SI TRATTA
DI UN DIVERSO TIPO DI
SENSAZIONE.

CHIUDI GLI
OCCHI PER UN
MOMENTO.

MI TOCCA DI
NUOVO FARE
LA CAVIA DA
LABORATORIO?

BE'...

CHE STA
SUCCEDEN-
DO ORA?

SEMBREBBE
STIA PROVANDO
A PRENDERMI LA
MELA CANDITA...

NON LA
STO PREN-
DENDO.

MA PUOI
SENTIRE CHE TI
HO ALZATO LA
MANO, VERO?

CERTO CHE
LO SENTO.
D'ALTRONDE È
LA MIA MANO.

MA COSA
ACCADE QUANDO
PERCEPISCI LA
POSIZIONE DEL
TUO STESSO
BRACCIO?

OH!

SUPPONGO
SIA UNA SENSA-
ZIONE A PARTE:
QUELLA IN CUI
PERCEPISCO LA
POSIZIONE DEL
MIO STESSO
CORPO?

ESATTO!

SENZA BISOGNO DI GUARDARE DOVE SONO LE MIE MANI E I MIEI PIEDI, SO PERFETTAMENTE COSA STANNO FACENDO IN QUESTA POSA.

Propriocezione
(Senso della posizione)



E SE MI MUOVO DA QUESTA PARTE, PERCEPISCO IL TIPO DI MOVIMENTO COMPIUTO DAL MIO CORPO.

Cinestesia (Senso del movimento corporeo)



QUESTE SENSAZIONI DIPENDONO DA RECETTORI POSTI NEI MUSCOLI E NEI LEGAMENTI, DIVERSI DAI RECETTORI POSTI SULLA PELLE.

Posizione o movimento



PER QUESTO MOTIVO, QUESTE SENSAZIONI SONO SPESO CHIAMATE SENSAZIONI PROFONDE.

Vibrazione



UN ALTRO TIPO DI SENSAZIONE PROFONDA È LA VIBRAZIONE, I TUOI MUSCOLI USANO QUESTA SENSAZIONE PER OPPORSI E MANTENERTI DRTTA SU UN TERRENO IRREGOLARE.

Sensazione profonda

FINORA ABBIAMO PARLATO DI DUE TIPI DI SENSAZIONI...

Sensazioni superficiali

Sensazioni profonde



INSIEME, LE SENSAZIONI SUPERFICIALI CITATE PRIMA E LE SENSAZIONI PROFONDE SI CHIAMANO SENSAZIONI SOMATICHE.

CAPISCO.

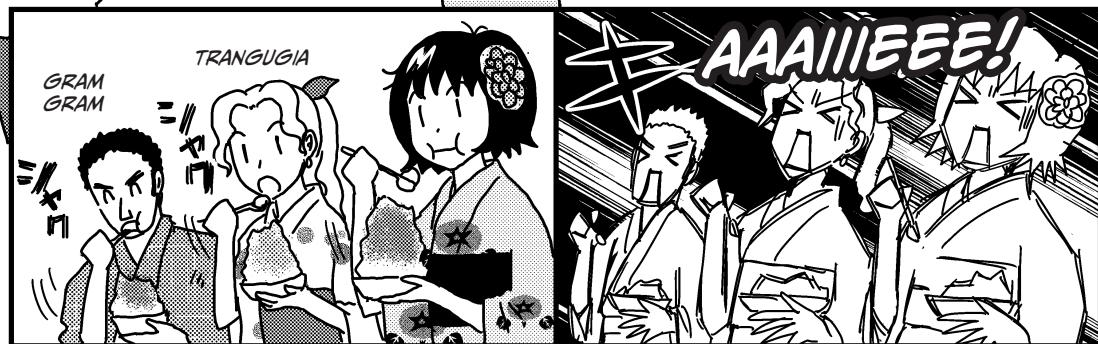
Sensazioni somatiche

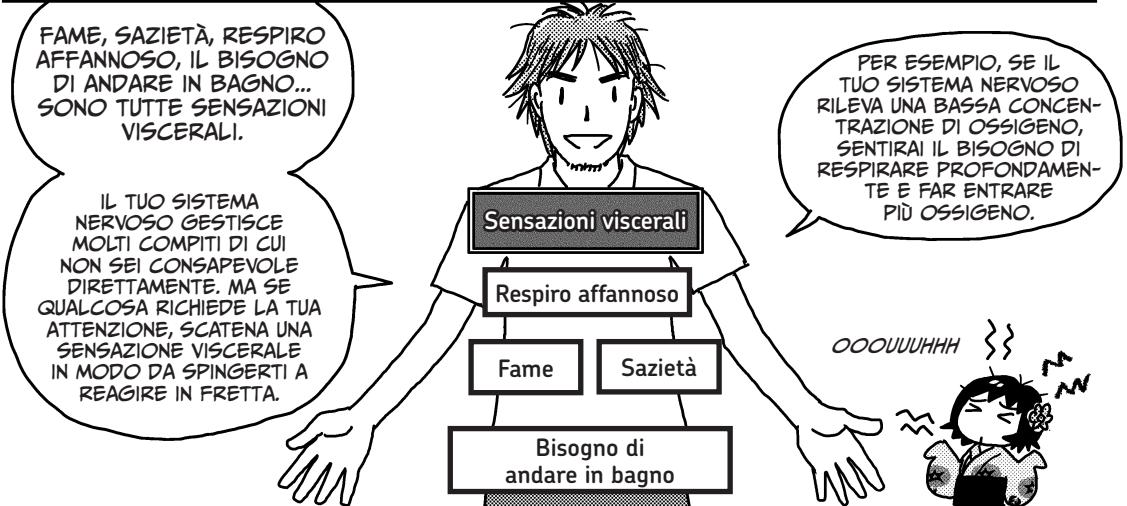
Sensazioni superficiali

Sensazioni profonde

BENE, CREDO TU ABBA CAPITO.





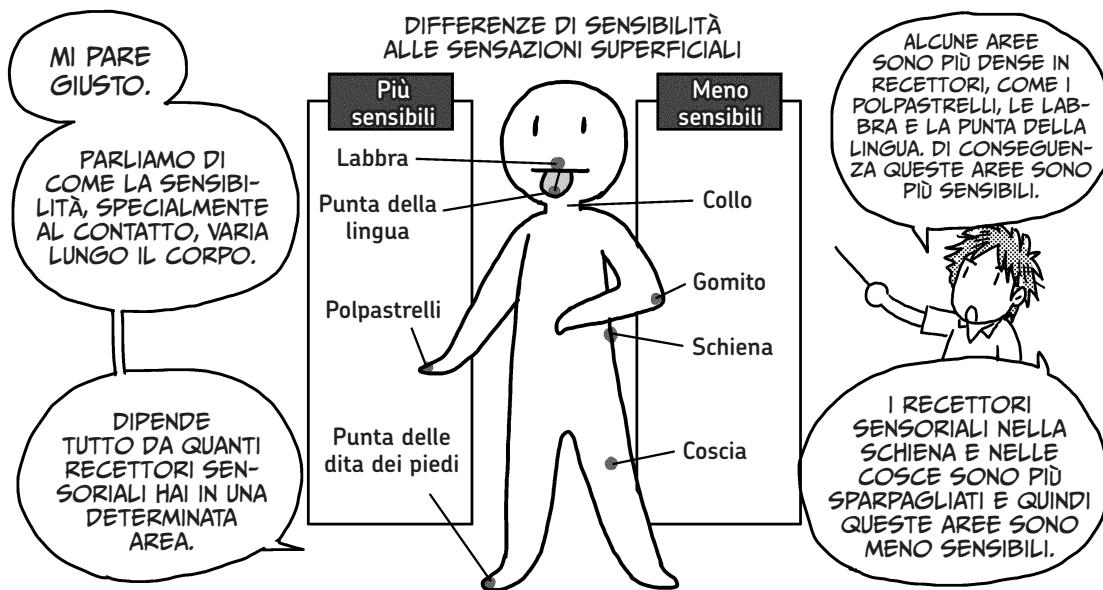


* IL DOLORE RIFERITO CHE VIENE PERCEPITO CON UNA LOCALIZZAZIONE DIVERSA DALL'ORIGINE DEL DOLORE STESO SI CHIAMA NELLO SPECIFICO DOLORE IRRADIATO.

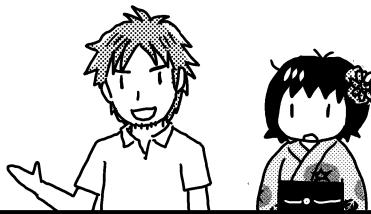


SOGLIE E ADATTAMENTO SENSORIALE





ALCUNE AREE SONO PIÙ SENSIBILI DI ALTRE, E INOLTRE alcune sensazioni hanno priorità maggiore... SPECIALMENTE IL DOLORE. HAI PIÙ RECETTORI PER IL TATTO E PER IL DOLORE DI QUANTI TU NE ABBIA PER TEMPERATURE MITI COME IL TIEPIDO E IL FRESCO.



Recettore del dolore

Recettore della pressione

Recettore del freddo

Recettore del caldo

1cm
1cm

Distribuzione dei recettori del dolore

CI SONO MOLTE VIE GRAZIE ALLE QUALI VIENE PRIVILEGIATO IL DOLORE. PER ESEMPIO, UNA FERITA PUÒ CAUSARE IL RILASCIAMENTO DI SOSTANZE CHIMICHE CHE RENDONO L'AREA CIRCONDANTE PIÙ SENSIBILE AL DOLORE. QUESTA È SI CHIAMA IPERALGESIA.

Distribuzione dei recettori del calore

IN ALTRE PAROLE, L'IPERALGESIA ABBASSA LA SOGLIA DEL DOLORE. IL LIVELLO DI STIMOLAZIONE MINIMO CHE RENDE POSSIBILE PERCEPIRE UNA SENSAZIONE DI DOLORE O DI CALORE È CHIAMATO VALORE SOGLIA.

Valore soglia	Basso	Viene avvertito anche con uno stimolo debole (sensibili)
	Alto	Sentito solo con uno stimolo forte (insensibile)

UN VALORE SOGLIA BASSO IMPLICA CHE LA SENSAZIONE È PERCEPITA ANCHE SE LO STIMOLO È DEBOLE.

UNA SOGLIA ALTA IMPLICA CHE LA SENSAZIONE NON VIENE PERCEPITA A MENO CHE LO STIMOLO NON SIA FORTE.

IMMAGINA DI APPLICARE UNO STIMOLO, COME UNA SPINTA, ALL'INIZIO DELICATA E GENTILE. DOPÒ DI CHE SEMPRE PIÙ FORTE.

↑
Forza dello stimolo
↓ Debole

Non fa male

Non fa male

Non fa male

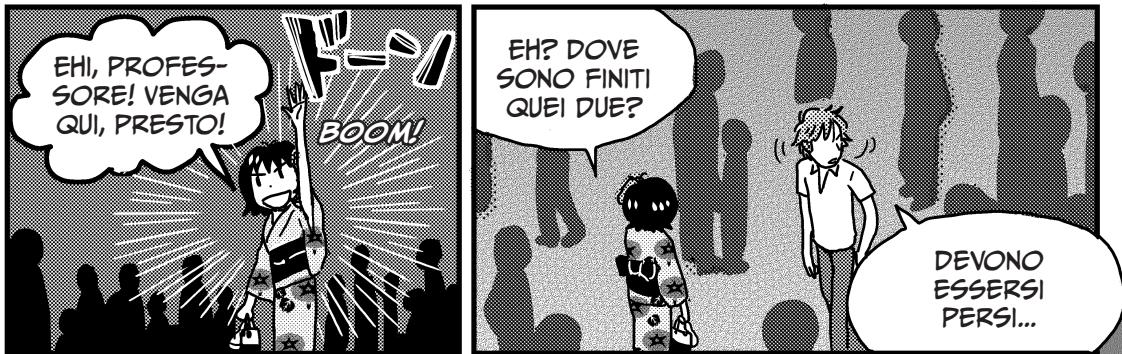
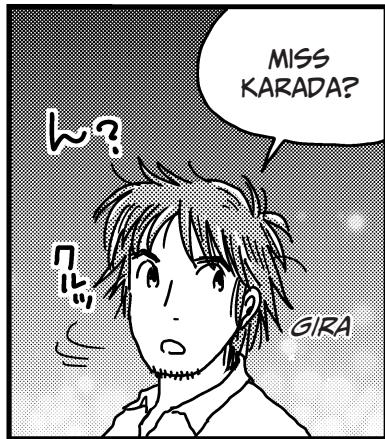
Livello soglia

AHIA!

ALL'INIZIO LO STIMOLO È COSÌ BASSO CHE NON VIENE REGISTRATO COME SENSAZIONE.

QUANDO COMINCI A PERCEPIRE LA SPINTA, SEI AL VALORE SOGLIA DEI TUOI RECETTORI DI CONTATTO. QUANDO COMINCIÀ A FAR MALE SEI AL VALORE SOGLIA DEI TUOI RECETTORI DEL DOLORE.

= CAPISCO.



SCOPRIAMO QUALCOSA IN PIÙ SUL SISTEMA NERVOSEN SENSORIALE!

Finora abbiamo parlato delle sensazioni superficiali, profonde e viscerali. Ma c'è una quarta categoria di sensazioni: i sensi speciali, che includono la vista, l'udito, il tatto, il gusto e l'olfatto. Tutti questi sono associati ad organi speciali, come gli occhi, le orecchie e il naso. Vediamo di esaminare ognuno di questi sensi speciali.

LA VISTA E GLI OCCHI



Cominciamo con la vista. La struttura fondamentale dell'occhio è molto simile a quella di una macchina fotografica (vedi figura 7.1). Il *cristallino* dell'occhio infatti è come la lente di una macchina fotografica, l'*iride* è il diaframma mentre la *retina* è la pellicola.

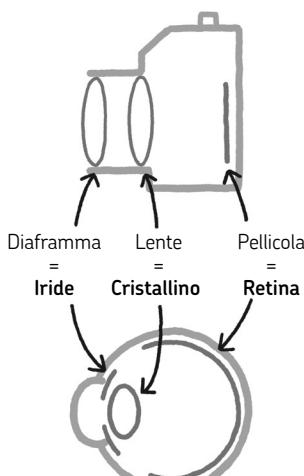


Figura 7.1: L'occhio è come una fotocamera.

La figura 7.2 mostra più in dettaglio la struttura dell'occhio. La luce che entra nell'occhio è rifratta (o deviata) dalla cornea e dal cristallino, ed è proiettata sulla retina sotto forma di immagine, che è rimpicciolita e capovolta. Due tipi di cellule, chiamati coni e bastoncelli, sono sistemati molto strettamente sulla retina. Queste cellule possono percepire quando la luce le colpisce e inviare segnali alla corteccia cerebrale tramite il nervo ottico. Il cervello quindi interpreta questi segnali come luce mettendoli insieme in una immagine, e rovesciandola per correggerne l'orientamento.



C'è qualche ragione particolare perché gli uomini, come tanti altri animali, hanno due occhi?



Hai mai dovuto mettere una benda su un occhio? Probabilmente ti sei accorto di aver perso la percezione della profondità, ovvero il senso della distanza. Quando metti a fuoco un oggetto con entrambi gli occhi, l'immagine percepita da ciascun occhio è leggermente

diversa, perché sfasata orizzontalmente rispetto a quella dell'altro. Quanto queste immagini siano sfocate dipende da quanto l'oggetto è vicino o lontano. Il tuo cervello analizza anche alcuni altri indizi (come la dimensione, la consistenza e così via) per determinare l'informazione sulla profondità in modo da darti una visione tridimensionale dell'oggetto.

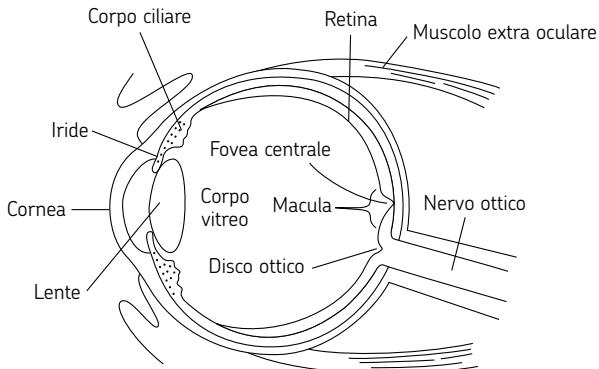


Figura 7.2: Struttura dell'occhio.

Le informazioni luminose sono inviate alla corteccia visiva (che è una parte della corteccia cerebrale), dove le due immagini di ciascun occhio sono messe assieme, e l'oggetto è "visto". Ma la luce captata va dalla retina alla corteccia visiva attraverso cammini diversi, a seconda di quale occhio e quale parte dell'occhio abbia ricevuto l'informazione. L'immagine proiettata sulla metà esterna della retina (quella più vicina alle orecchie) è inviata alla corteccia visiva dello stesso lato dell'occhio che l'ha percepita. Invece, l'immagine proiettata sulla metà della retina più interna (quella più vicina al naso) viene inviata alla corteccia visiva del lato opposto. La parte del cervello dove questi due percorsi si incrociano è chiamata *chiasma ottico* (figura 7.3).

Questo significa che se alzi tutte e due le mani di fronte a te, l'immagine della tua mano destra è inviata all'emisfero sinistro del tuo cervello (che controlla quella mano!), e l'immagine della tua mano sinistra viene inviata all'emisfero destro (che controlla quella stessa mano!). In altre parole quando afferri una palla proveniente dalla tua sinistra con la tua mano sinistra, è la parte destra del tuo cervello che vede la palla e dirige la tua mano sinistra per afferrarla. In questo modo, vengono messi assieme entrambi i lati del campo visivo in un'unica immagine, mentre le parti del cervello necessarie a vedere e rispondere a ciò che si ha di fronte sono molto vicine tra loro.

LO SAPEVI?

Quando guardi qualcosa, non ti limiti a girare il viso: si muovono anche i tuoi globi oculari. La rotazione dei globi oculari è controllata da un totale di sei muscoli, chiamati muscoli extra oculari.

La pupilla è un buco nell'iride che lascia passare la luce. Si contrae quando c'è molta luce e diventa più grande al buio. Le pupille sono controllate dai nervi autonomi, e in assenza di malattie sono delle stesse dimensioni in entrambi gli occhi.



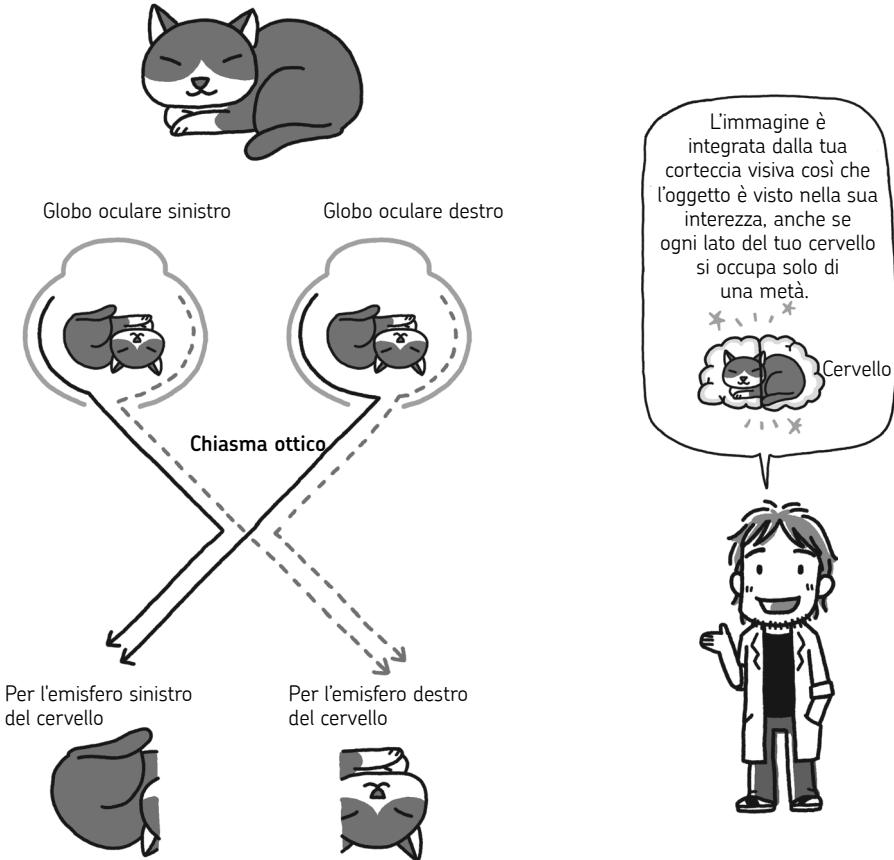


Figura 7.3: Come le informazioni attraversano il chiasma ottico e come viaggiano.

MIopia E ALTRI DIFETTI COMUNI



Ma non sempre gli occhi funzionano perfettamente. La miopia si ha quando le lenti non possono regolare il loro spessore per mettere a fuoco come dovrebbero, giusto?



Sì, questa può essere una delle cause della miopia. La *miopia* ("visione corta") si ha quando non si è in grado di mettere a fuoco gli oggetti lontani; il suo significato letterale è "vedere come una talpa". L'*ipermetropia* ("visione lunga") si ha quando non si è in grado di proiettare un'immagine chiara sulla retina, e non si riesce a mettere a fuoco un oggetto vicino.

Entrambe queste condizioni dipendono spesso da un cambiamento nelle dimensioni dei globi oculari. Se il globo oculare si allunga, la distanza fra la lente e la retina aumenta, e diventa più difficile vedere gli oggetti lontani (causando la miopia). Invece, se il globo oculare è troppo corto, la distanza fra la lente e la retina diminuisce, e diventa difficile vedere gli oggetti più vicini (causando ipermetropia).

Giacché parliamo di disfunzioni comuni degli occhi, l'*astigmatismo* è una condizione per cui l'indice di rifrazione della cornea differisce nei due sensi orizzontale e verticale; perciò, la lente curva la luce lungo un ovale, invece che lungo un cerchio perfetto, distorcendo l'immagine.

Infine, la presbiopia (chiamata anche ipermetropia dovuta all'età) è una condizione nella quale lo spessore della lente del cristallino non può più essere regolata stringendo o rilassando. Questo è causato dall'età, ma può accadere anche per altri motivi.

COLORI E LUCI NEGLI OCCHI



Come facciamo a distinguere i colori?



Questo è il compito dei coni e dei bastoncelli nella retina. Le *cellule dei coni* distinguono i colori. Ci sono tre tipi di cellule dei coni, ed ognuna corrisponde a uno dei colori primari della luce: rosso, verde e blu. Le *cellule dei bastoncelli*, invece, distinguono solo la luminosità o l'oscurità, senza badare al colore. Ad ogni modo, i bastoncelli sono più sensibili, e si segnalano l'uno con l'altro se sta entrando pochissima luce nell'occhio. Come risultato, in situazioni più buie, i coni non possono rilevare la luce, e possiamo vedere per lo più grazie ai bastoncelli, dando la sensazione che gli oggetti siano meno colorati o più in "bianco e nero". I coni e i bastoncelli sono distribuiti su tutta la retina, ma sono particolarmente addensati attorno e dentro la *macula*, la posizione centrale della retina dove le lenti proiettano il punto centrale dell'immagine. Il centro della macula, la fovea centrale, è dove è focalizzato il centro del campo visivo.

ACUITÀ VISIVA

L'*acuità visiva* descrive la chiarezza e l'accuratezza della visione di una persona. Misura l'abilità di riconoscere il chiaro e lo scuro, il colore, la distanza e gli oggetti in movimento.

L'*acuità visiva* è spesso testata usando un cartellone di lettere e simboli disposti dal più grande al più piccolo, che valutano ad una certa distanza fin dove l'occhio è in grado di distinguere i dettagli. Altri test possono misurare la capacità di riconoscere i colori, la distanza e gli oggetti in movimento, così come la presenza nel campo visivo di "punti ciechi" problematici, o regioni nelle quali l'occhio di una persona non è in grado di captare luce.

L'UDITO E LE ORECCHIE



Le tue orecchie sono responsabili non solo del tuo senso dell'udito, ma anche del tuo senso dell'equilibrio. Diamo un'occhiata alla struttura dell'orecchio (figura 7.4).

L'orecchio è suddiviso in orecchio esterno, orecchio medio e orecchio interno. L'orecchio esterno è formato dal padiglione auricolare (la parte principale di cartilagine attaccata al lato della tua testa) e dal canale uditivo. Il timpano (membrana timpanica) e gli ossicini uditivi davanti ad esso formano l'orecchio medio. La catena degli ossicini è un piccolo gruppo di ossa chiamate martello, incudine e staffa (dal latino). L'orecchio interno è posto in profondità nel cranio, ed è formato dai canali semicircolari e dal vestibolo, che costituiscono il sistema vestibolare, e dalla coclea a forma di chiocciola. Per quanto tutte queste parti aiutino a percepire i suoni, solo l'orecchio interno (in modo specifico il sistema vestibolare) è coinvolto nella percezione dell'equilibrio del tuo corpo.

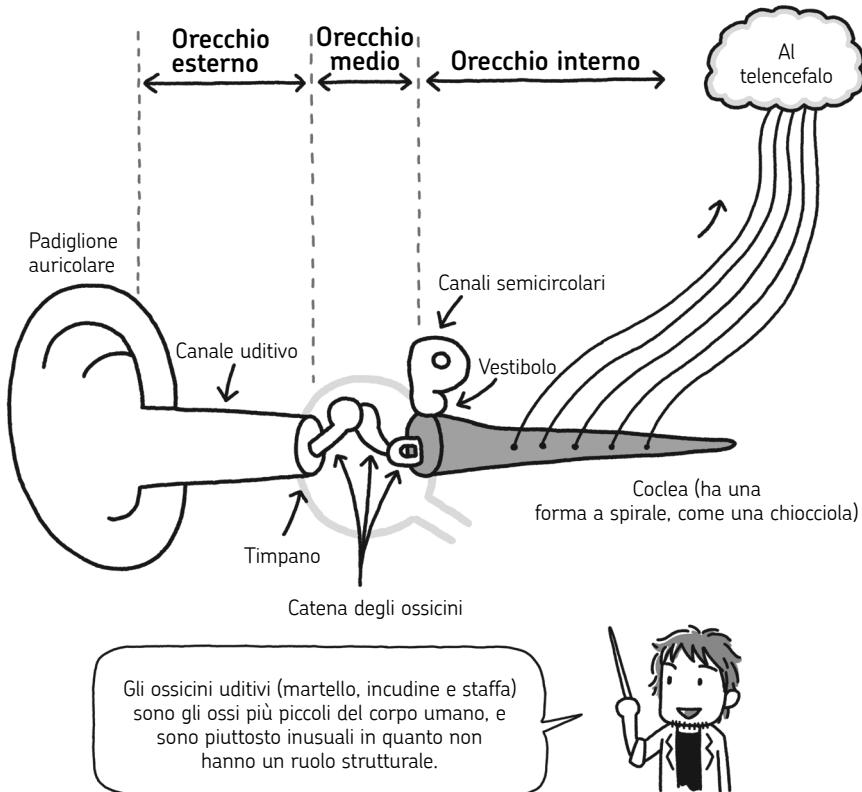


Figura 7.4: Struttura dell'orecchio.

Il suono non è che una vibrazione dell'aria. L'orecchio è un apparato che amplifica queste vibrazioni convertendole poi in impulsi nervosi. La forma dei padiglioni auricolari aiuta a riflettere il suono all'interno dell'orecchio, dove il canale tubolare uditorio dirige queste vibrazioni verso il timpano, che per tutta risposta inizia a vibrare. La catena degli ossicini nell'orecchio medio converte queste piccole vibrazioni in movimenti più ampi e li trasmette all'orecchio interno. La coclea nell'orecchio interno è riempita di un fluido linfatico, e quando questo fluido vibra, le cellule recettive al suo interno sono capaci di distinguere la frequenza e convertirla in impulsi nervosi.



Cosa provoca la perdita dell'udito?



Ci sono diversi modi di perdere l'udito, a seconda del punto dell'orecchio in cui subentra il problema.

Poiché l'orecchio esterno e l'orecchio medio trasmettono il suono, essi sono spesso indicati come sistema di conduzione del suono. Un problema in queste parti dell'orecchio è chiamato perdita dell'udito per conduzione.

La perdita dell'udito per conduzione può essere alleviata con prodotti che aiutano la conduzione ossea. La conduzione ossea è il risultato della vibrazione dell'orecchio interno attraverso il cranio (invece che attraverso l'orecchio esterno e l'orecchio medio), come

mostrato in figura 7.5. Di conseguenza, finché l'orecchio interno rimane intatto, il suono può ancora essere percepito. Recentemente, sono apparsi sul mercato auricolari che usano questa tecnica.

Poiché è l'orecchio interno che "percepisce i suoni", ci si riferisce ad esso come sistema di percezione del suono. L'incapacità di riconoscere i suoni a causa di problemi ai nervi nell'orecchio interno oppure nel telencefalo viene chiamata *perdita neurosensoriale dell'udito*.

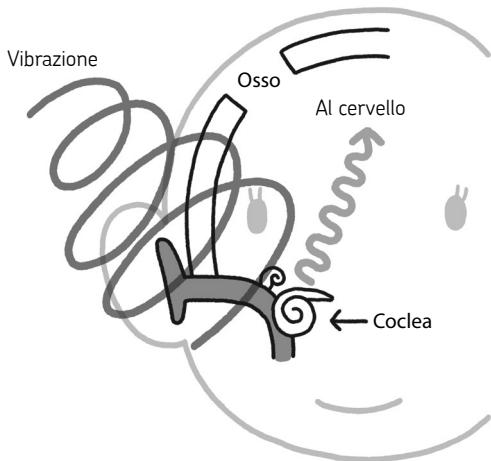


Figura 7.5: Conduzione ossea.

EQUILIBRIO E ORECCHIO INTERNO



Dimmi di più sul sistema vestibolare. Come fa a percepire l'essere in equilibrio?



L'orecchio interno percepisce due tipi di moto: il moto rotatorio e l'inclinazione della testa. Il moto rotatorio è percepito dal sistema del *canale semicircolare*, mentre l'inclinazione della testa è percepita dal *vestibolo*, che è al di sotto dei canali semicircolari.

LE ORECCHIE AIUTANO A REGOLARE LA PRESSIONE!

Affinché il timpano si muova liberamente, la pressione nell'orecchio esterno (la pressione atmosferica) e la pressione nell'orecchio medio devono essere simili. La tromba di Eustachio, che collega l'orecchio medio alla parte posteriore delle tue cavità nasali, drena i liquidi o sposta l'aria in avanti o in indietro per pareggiare la pressione. Ma se la pressione dell'aria attorno a te cambia rapidamente, come durante il decollo di un aereo o quando fai immersioni subacquee, la differenza di pressione può provocare un ronzio. Qualcuno a volte prova a forzare l'aria soffiando il naso con le narici chiuse, e l'aria viene spinta verso le trombe di Eustachio, "stappandole" ed egualando le due pressioni, fermando il ronzio.

I canali semicircolari sono tre anelli perpendicolari l'uno con l'altro. Quando la tua testa gira in una direzione qualunque, il fluido linfatico dentro i canali semicircolari spinge e curva cellule nervose specializzate poste alla base di ogni anello. Questi nervi, a loro volta, inviano segnali al cervello che si accorge quindi del moto in quella particolare direzione. Lo puoi vedere nella figura 7.6.

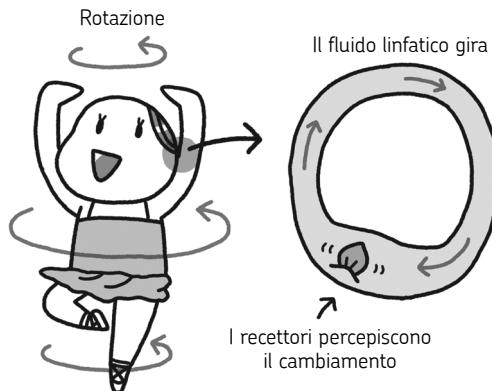


Figura 7.6: Al muoversi del liquido linfatico, cellule nervose specializzate rilevano la rotazione.

Nel frattempo, il vestibolo contiene un apparato capace di riconoscere l'alto dal basso (vedi figura 7.7). Nel vestibolo, ci sono piccole particelle che si muovono in un fluido tale che, quando abbassi la testa piegando il collo, il fluido è mosso dalla gravità, e le cellule nervose ne percepiscono la direzione, ovvero il "basso". Con questa informazione, il tuo cervello può anche capire quale direzione sia l'"alto" e, per confronto, l'inclinazione della testa.

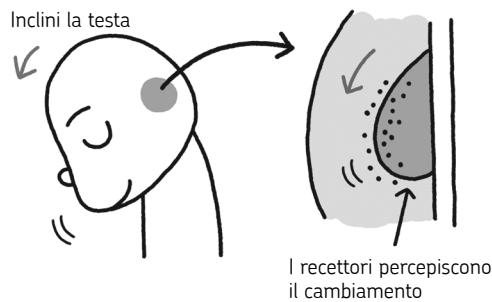


Figura 7.7: Le particelle scorrono nel fluido e i recettori percepiscono i cambi di direzione della forza di gravità provocati dalla testa che si inclina.

L'OLFATTO E IL NASO



L'olfatto è percepito dall'epitelio olfattivo, un'area grande all'incirca quanto un'impronta digitale, collocata nella parte superiore della cavità nasale (vedi figura 7.8). Quest'area è piena di recettori chimici.

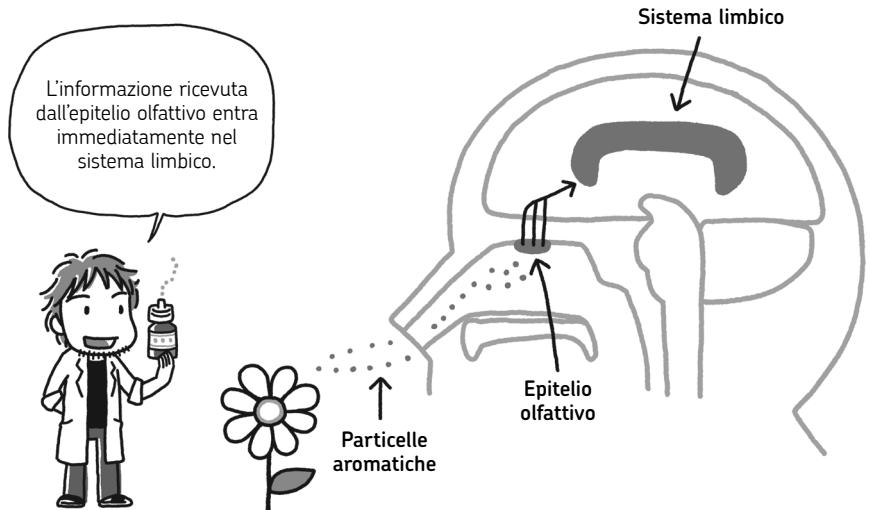


Figura 7.8: Il meccanismo del senso dell'olfatto.

Quando una sostanza odorosa (qualsiasi composto chimico rilevato da questi recettori) entra nella cavità nasale e viene a contatto con l'epitelio olfattivo, queste cellule inviano le informazioni sensoriali al cervello.

Le informazioni sensoriali passano attraverso il tetto della cavità nasale ed entrano nel sistema limbico (vedi "Parti del cervello" a pagina 130), dove vengono processate dai bulbi olfattivi. Il sistema limbico contiene anche delle strutture responsabili di alcune emozioni ed impulsi basilari, come l'appetito o il desiderio sessuale, la motivazione e il piacere o il malcontento. Poiché il senso dell'olfatto viene elaborato molto vicino a questo centro emozionale, alcuni odori sono spesso collegati a specifiche emozioni.

L'odore può anche essere profondamente legato a dei ricordi. Ti è mai capitato di sentire l'odore di una fragranza familiare e istantaneamente ricordare scene vivide del tuo passato? Anche in questo caso è dovuto alla vicinanza fisica dei bulbi olfattivi e delle altre strutture del sistema limbico che gestiscono la memoria (vedi figura 7.9).



Figura 7.9: Gli odori possono rievocare memorie importanti.

Quando il tuo naso è tappato a causa del raffreddore o delle allergie, non si possono assaporare bene i cibi. Questo perché la maggior parte delle sensazioni che noi pensiamo come "gusto" sono in realtà olfattive. Nonostante il nostro senso del gusto sia percepito ovviamente dalla lingua, non siamo in grado di riconoscere appieno il "sapore" dei cibi senza il nostro senso dell'olfatto, come mostrato in figura 7.10.



Figura 7.10: Quando non puoi sentire gli odori il tuo senso del gusto è attenuato.

Per quanto il nostro olfatto non sia paragonabile a quello di un cane, è comunque impressionante. L'uomo ha la capacità di distinguere 10.000 odori diversi.

Per il nostro senso dell'olfatto l'adattamento sensoriale sopravviene rapidamente. Vale a dire, se sei circondato da un certo odore, ti puoi abituare velocemente ad esso e diventare temporaneamente incapace di percepirllo. Però, anche dopo l'adattamento a un odore, sei ancora sensibile ai cambi d'intensità di quell'odore e alla percezione di tutti gli odori rimanenti.

IL GUSTO E LA LINGUA



Gli uomini sono in grado di distinguere cinque gusti: salato, dolce, amaro, aspro e l'umami (un gusto "saporito", come quello degli amminoacidi glutammato e aspartato). Un tempo si pensava che ciascun gusto fosse percepito solo da una particolare area della lingua (per esempio, che la sapidità fosse percepita solo dalla punta della lingua e l'amarezza dalla sua parte posteriore), ma questa teoria è stata rivista. Il tuo senso del gusto è importante perché ti fornisce la possibilità di distinguere nel cibo le sostanze nutritive dalle tossine o dai veleni.

Il senso del gusto è principalmente percepito dai bottoni gustativi sulla superficie della lingua. Ogni bottone è come una piccola tasca che contiene cellule che rilevano i sapori. Quando i componenti di un certo sapore come il sale o lo zucchero si mischiano con la saliva e si diffondono all'interno della bocca, vengono rilevati dai bottoni gustativi che inviano le informazioni sensoriali al cervello.

Dato che un bottone gustativo è un apparato piccolo (vedi figura 7.11), le grandi molecole di cibo, come i carboidrati del riso o del pane, devono essere ripartite in molecole più piccole per poter essere gustate. La masticazione e gli enzimi della tua saliva, come l'amilasi, aiutano a scomporre il cibo per i bottoni gustativi.



Figura 7.11: Struttura di un bottone gustativo.



Dove sono collocati nella lingua i bottoni gustativi?



I bottoni gustativi sono particolarmente abbondanti in quei piccoli agglomerati sulla superficie della lingua che si chiamano papille. Ad ogni modo, sono stati trovati bottoni gustativi anche nella membrana mucosa della bocca e della gola.

CURIOSITÀ SULLA BOCCA

Ci sono quattro tipi di papille sulla lingua. Le papille filiformi sono quelle più numerose, e sono principalmente responsabili della ruvidità della superficie della lingua. Però, diversamente dagli altri tipi di papilla, non contengono alcun bottone gustativo. Sono lì unicamente per trattenere e scomporre il cibo!

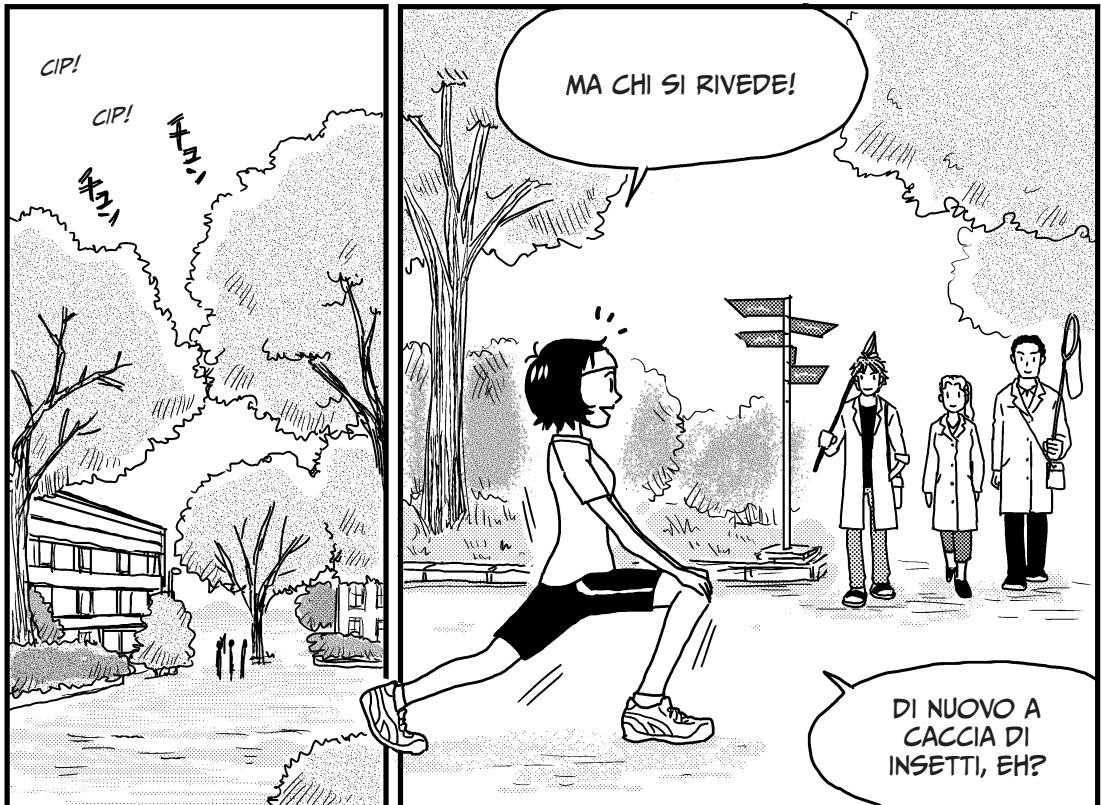
La temperatura del cibo influenza su come i bottoni gustativi percepiscono i sapori. Più il cibo è caldo quando viene servito, tanto più sei sensibile alla sua dolcezza o all'amarezza. Questo è il motivo per il quale il gelato sciolto sembra ancora più dolce e la birra tiepida sembra più amara.



8

L'APPARATO MUSCOLO-SCHELETTRICO

MUSCOLI, OSSA E LEGAMENTI



CI PUOI
SCOMMET-
TERE!

TU TI STARAI
ALLENANDO
INTENSAMENTE.

VEDO CHE
STAI FACENDO
UN PO' DI
STRETCHING.

SÌ...

VOGLIO AUMENTARE
L'ELASTICITÀ DEI MIEI
MUSCOLI PER NON
FARMI MALE!

BUON PER
TE!

SCOMMETTO CHE
SAI TUTTO SULLE
FIBRE MUSCOLARI
E SU COME USANO
L'ENERGIA,
GIUSTO?

BE', EHM... PIÙ
O meno.

NON
POTREBBE
AIUTARMI A
RIPASSARE?
SONO UN PO'
ARRUGGINITA.

FIBRE MUSCOLARI

MA CERTO!

SAI COSA
SUCCIDE
QUANDO SI
CONTRAGGONO
I MUSCOLI?

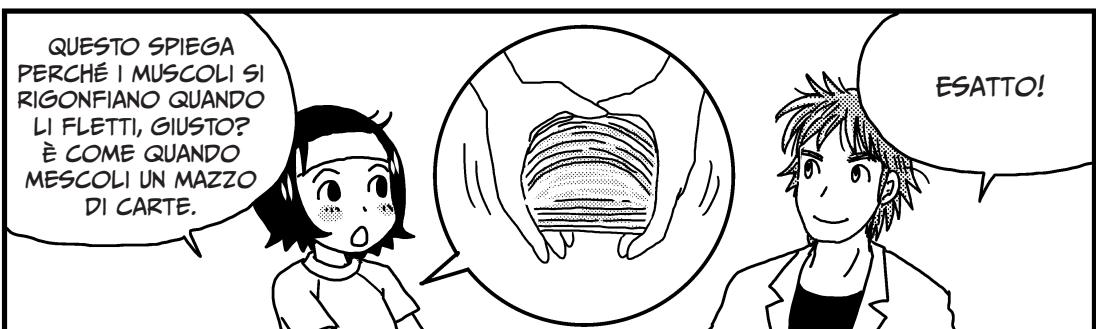
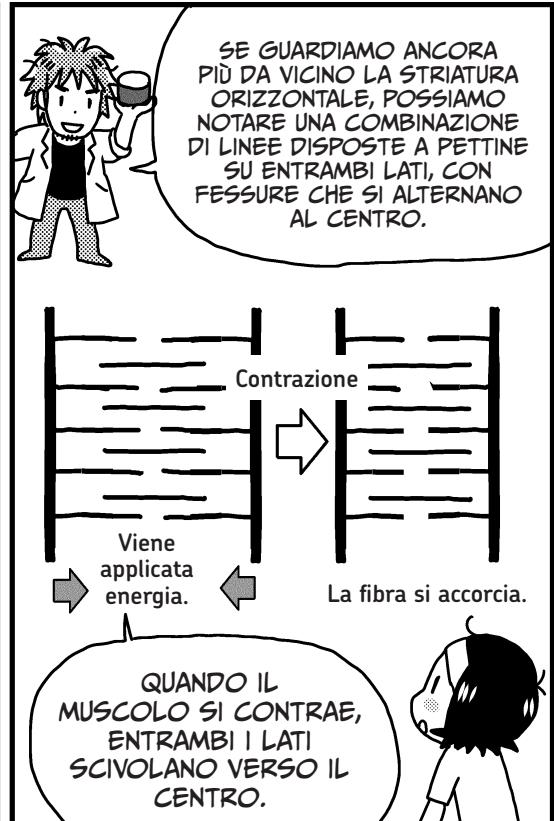
EH?

BE', QUANDO
FLETTI MOLTO
IL MUSCOLO,
DIVENTA DUR
COME UNA
ROCCIA.



* CI SONO TRE TIPI DI MUSCOLO, MOSTRATI NELLA TABELLA SEGUENTE

Muscoli scheletrici	Questi muscoli sono attaccati alle ossa. Si chiamano anche <i>muscoli volontari</i> poiché possono essere mossi coscientemente.
Muscoli lisci	Questi muscoli si trovano nei vasi sanguigni e in vari organi interni. Si chiamano <i>muscoli involontari</i> perché non possono essere controllati coscientemente. A differenza dei muscoli scheletrici e cardiaci, non hanno striatura.
Muscoli cardiaci	Questi sono i muscoli del cuore. Si contraggono ed espandono continuamente e ritmicamente senza alcun controllo cosciente.



E DA DOVE CREDI
CHE ARRIVI L'ENERGIA
PER CONTRARRE I
MUSCOLI?

LO SO!

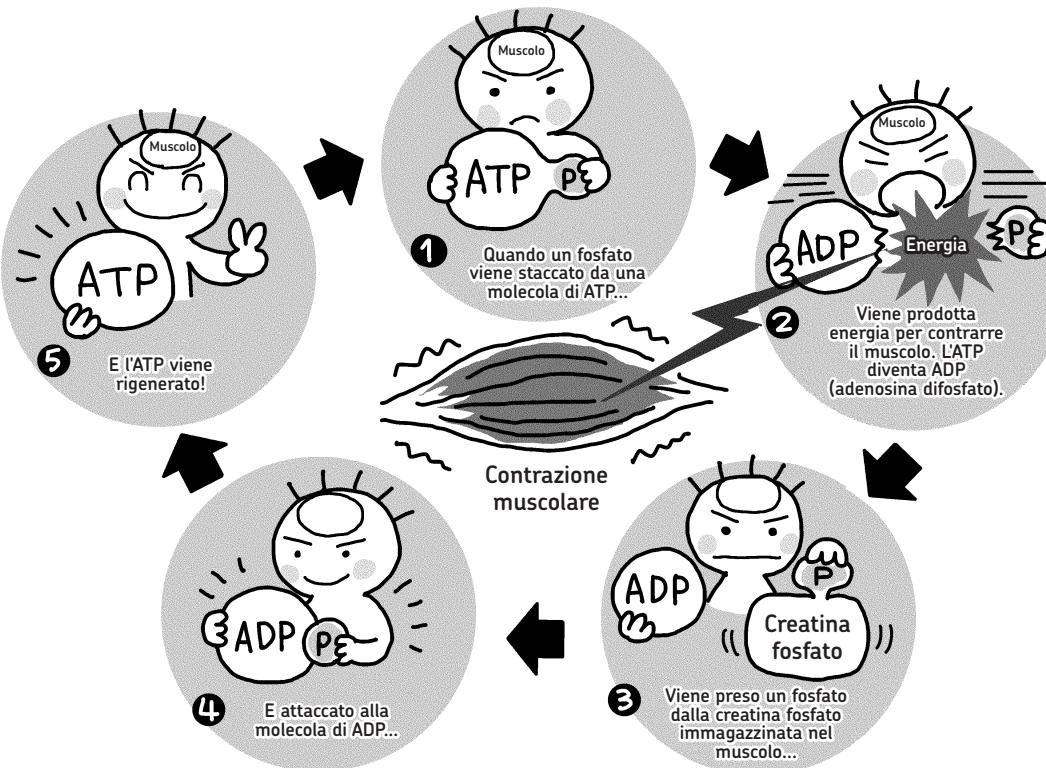
L'ENERGIA È
PRODOTTA
DALLA SCISSIONE
DELL'ATP.

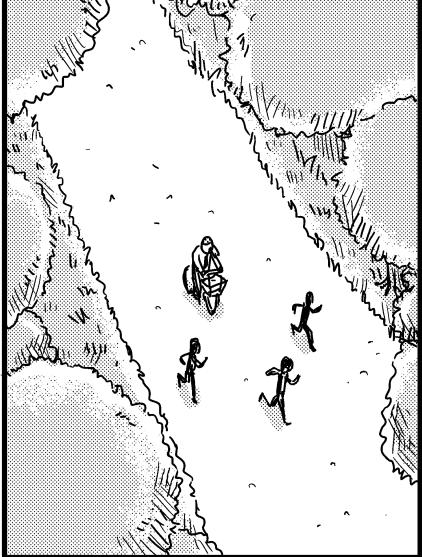
SPLENDIDO! E
RICORDA, L'ATP È
PRODOTTO DAL CICLO
DELL'ACIDO CITRICO*.

ATP STA PER ADENOSINA
TRIFOSFATO, UNA MOLECOLA
CHE CONTIENE TRE GRUPPI
FOSFATO. QUANDO UN
FOSFATO VIENE STACCATO,
RILASCE ENERGIA CHE PUÒ
ATTIVARE LA CONTRAZIONE
MUSCOLARE.

I MUSCOLI
POSSENO USARE
ANCHE LA CREATINA
PER RIGENERARE
ATP VELOCEMENTE.

I muscoli sono alimentati dall'ATP



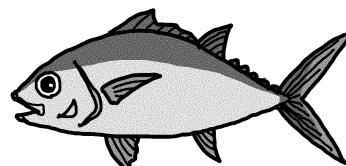


GIUSTO! IO RIESCO A RICORDARLO SEMPRE SE PENSO AI PESCI.

LE FIBRE MUSCOLARI ROSSE (CHIAMATE ANCHE A CONTRAzione LENTA) CONTENGONO MOLTA MIOGLOBINA*, CHE RICEVE E IMMAGAZZINA OSSIGENO. IL MUSCOLO ROSSO UTILIZZA QUELL' OSSIGENO PER CREARE ENERGIA.

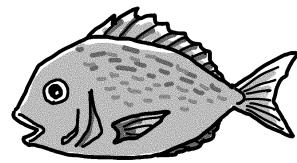
LE FIBRE MUSCOLARI BIANCHE (CHIAMATE ANCHE A CONTRAzione RAPIDA) CONTENGONO MOLTA MENO MIOGLOBINA, MA RIESCONO A CONTRARSI IN SCATTI BREVI E POTENTI UTILIZZANDO ENERGIA ANAEROBICA (ENERGIA PRODOTTA SENZA OSSIGENO).

Muscolo rosso



- Pesci migratori come il tonno hanno più muscoli rossi, per nuotare a lungo.
- I muscoli rossi hanno molta mioglobina.

Muscolo bianco



- I pesci con muscoli bianchi, ad esempio l'orata, nuotano per lo più a scatti veloci.
- I muscoli bianchi hanno poca mioglobina.

* LA MIOGLOBINA È UNA CROMOPROTEINA CHE SI LEGA A OSSIGENO E FERRO. CONFERISCE UNA PIGMENTAZIONE ROSSA, COME L'EMOGLOBINA FA COL SANGUE.

I SUOI AMICI LÌ DIETRO NON HANNO MOLTA RESISTENZA.

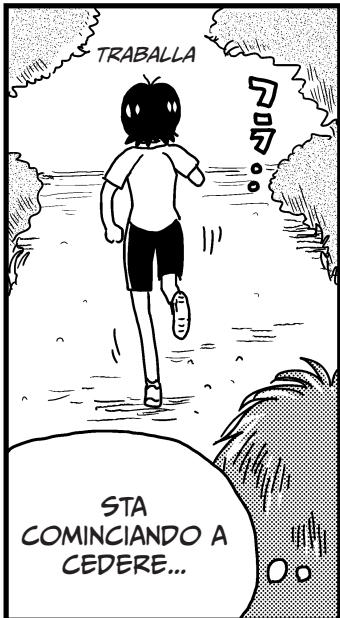
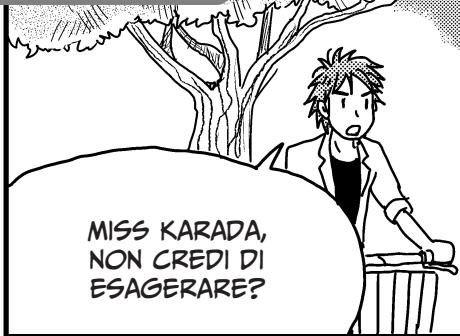
DEVONO AVERE PER LO PIÙ MUSCOLI BIANCHI, NON TROVA?

AH! NEGLI ESSERI UMANI, IL MUSCOLO SCHELETICO HA UN ASSORTIMENTO DI FIBRE ROSSE, CON MOLTA MIOGLOBINA, E DI FIBRE BIANCHE, CON POCO MIOGLOBINA.

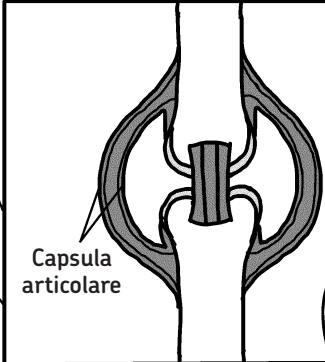
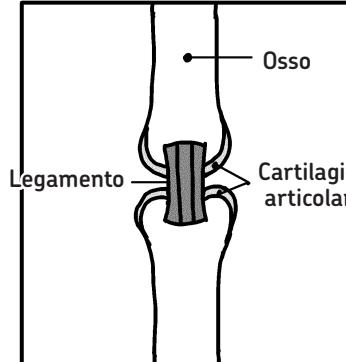
LA PROPORZIONE È DIVERSA DA PERSONA A PERSONA.

EHI... RALLENTATE!

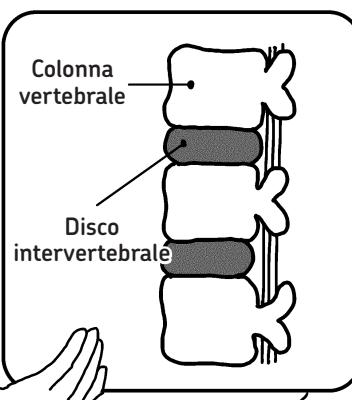
ARTICOLAZIONI



UN'ARTICOLAZIONE SI TROVA DOVE DUE O PIÙ OSSA VENGONO IN CONTATTO. LE OSSA SONO CONNESSE DAI LEGAMENTI E HANNO DELLA CARTILAGINE IN MEZZO PER RIDURRE LO SFREGAMENTO.



ALCUNE ARTICOLAZIONI HANNO ANCHE DEI CUSCINETTI EXTRA. PER ESEMPIO, I DISCHI INTERVERTEBRALI AGISCONO DA AMMORTIZZATORI TRA LE ARTICOLAZIONI DELLA COLONNA VERTEBRALE.



LA COLONNA VERTEBRALE È DAVVERO INCREDIBILE! È SORPRENDENTEMENTE FLESSIBILE E FORTE, E PROTEGGE IL MIDOLLO SPINALE ALLO STESSO TEMPO.



OK, LO TERRÒ A RIPOSO. ARTICOLAZIONI DI TIPO DIVERSO SI MUOVONO IN MODI DIVERSI, GIUSTO?

LA SPALLA PUÒ RUOTARE TUTTO ATTORNO, MENTRE IL GINOCCHIO PUÒ PIEGARSI E DISTENDERSI.

GIRA GIRA

PIEGA E STIRÀ

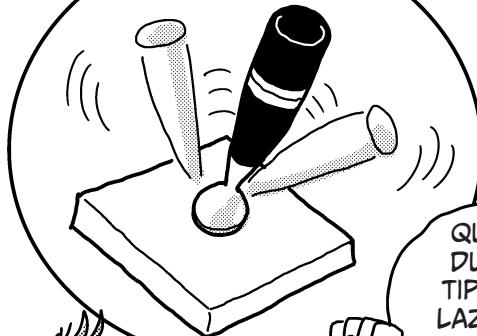
CON TANTI SALUTI AL RIPOSO...

GIUSTO. LA GAMMA DI MOVIMENTI DI UN'ARTICOLOAZIONE DIPENDE DALLA FORMA DELLE OSSA.

LA SPALLA HA UNA PALLINA DENTRO A UNA CAVITÀ SFERICA, IN MODO DA POTER RUOTARE TUTT'ATTORNO.

QUESTO TIPO DI ARTICOLAZIONE SI CHIAMA GIUNTO SFERICO (O ENARTROSI).

Giunto sferico

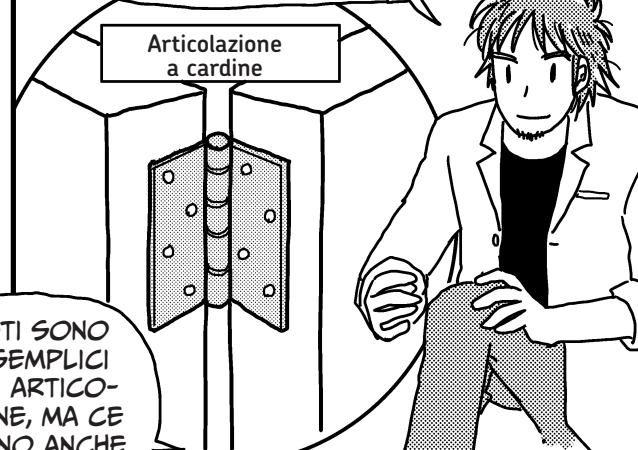


IL GINOCCHIO È PIÙ SIMILE AL CARDINE DI UNA PORTA: PUÒ PIEGARSI ED ESTENDERSI, MA NON PUÒ RUOTARE.

AVVIENE LO STESSO CON LE ARTICOLAZIONI INTERFALANGEE DELLE DITA.

QUESTO TIPO DI ARTICOLAZIONE SI CHIAMA ARTICOLAZIONE A CARDINE (TROCLEARTROSI O GINGLIMO ANGOLARE).

Articolazione a cardine



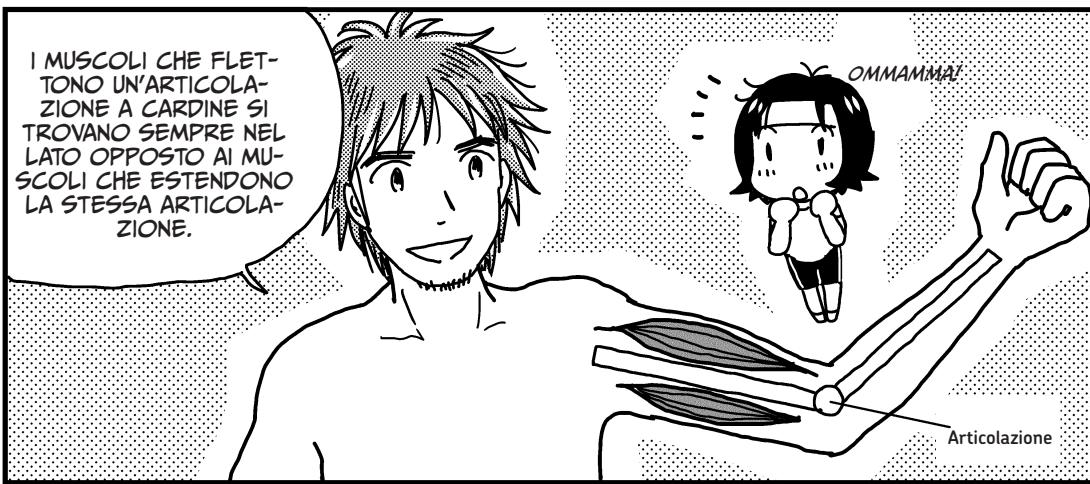
QUESTI SONO DUE SEMPLICI TIPI DI ARTICOLAZIONE, MA CE NE SONO ANCHE ALTRI.

ALMENO COSÌ SI CAPISCONO MEGLIO.

PREFERISCO I TERMINI CARINI E INTUITIVI.



I MUSCOLI CHE FLETTONO UN'ARTICOLAZIONE A CARDINE SI TROVANO SEMPRE NEL LATO OPPOSTO AI MUSCOLI CHE ESTENDONO LA STESSA ARTICOLAZIONE.



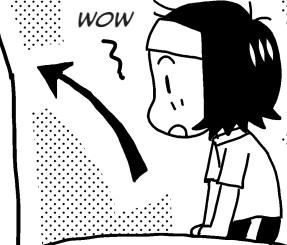
PER ESEMPIO, IL MUSCOLO CHE PIEGA IL GOMITO È ATTACCATO ALLA PARTE ANTERIORE DEL BRACCIO, E QUELLO CHE LO ESTENDE È ATTACCATO ALLA PARTE POSTERIORE.

QUESTI SI CHIAMANO RISPECTTIVAMENTE MUSCOLI FLESSORI ED ESTENSORI.

Muscoli antagonisti

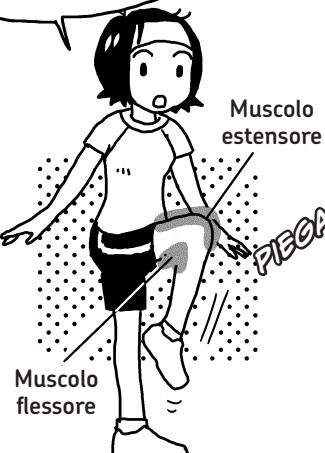
Muscolo flessore

Muscolo estensore



I MUSCOLI COME QUESTO CHE LAVORANO IN DIREZIONI OPPoste SONO CHIAMATI MUSCOLI MUTUAMENTE ANTAGONISTI. ANCHE IL TUO GINOCCHIO CE LI HA.

I MUSCOLI FLESSORI PIEGANO LA GAMBA DESTRA VERSO L'INTERNO...

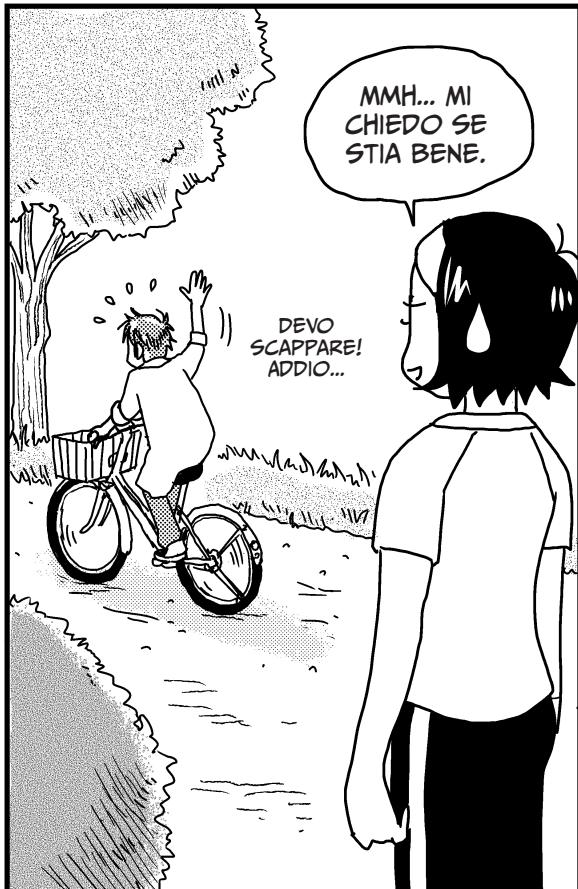
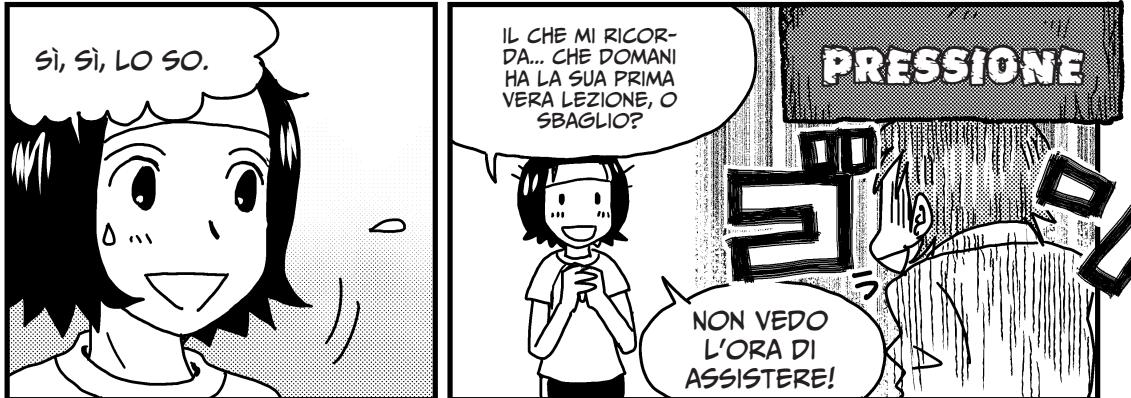


E I MUSCOLI ESTENSORI LA DISTENDONO...



MI SEMBRA DI BALLARE IL CAN-CAN!





SCOPRIAMO QUALCOSA IN PIÙ SU MUSCOLI E OSSA!



Parliamo un po' di come il corpo genera calore. Il corpo estrae continuamente energia dall'ossigeno e dal cibo; bruciando questa energia, emette calore. Il corpo produce e irradia calore anche quando stai dormendo o stai seduta alla tua scrivania a studiare per un esame. Più energia usi, più calore viene generato, così che il tuo corpo diventa più caldo quando cominci a fare esercizio fisico, come illustrato in figura 8.1.

Dormire



Stare seduti



Fare esercizio fisico



Figura 8.1: Il tuo corpo genera calore anche quando stai dormendo, e più attività fai, più calore verrà generato.

REGOLAZIONE DELLA TEMPERATURA CORPOREA



Avrai probabilmente notato che quando fai esercizio fisico il tuo corpo si scalda. Questo avviene perché quando i muscoli scheletrici si contraggono si genera calore. Quando fa freddo, i tuoi muscoli si contraggono rapidamente e tu tremi (vedi figura 8.2). Questo produce calore che il sangue trasporta attraverso tutto il corpo per mantenerne costante la temperatura.

I muscoli scheletrici sono la principale fonte di calore all'interno del corpo, ma non è l'unica. Anche l'apparato digerente, il cuore, il cervello e il fegato generano tutti calore: di fatto, ogni cellula attiva produce calore in qualche modo. Il corpo diventa più caldo dopo un pasto, non solo se il cibo è caldo, ma anche perché aumenta l'attività dell'apparato digerente.

Gli uomini sono *omeotermici*, il che vuol dire che il corpo umano deve avere una temperatura compresa in un certo intervallo. Se la temperatura del nostro corpo è troppo alta o troppo bassa, il nostro organismo non può funzionare correttamente.

LO SAPEVI?

C'è uno speciale tipo di tessuto grasso chiamato *grasso marrone*, formato da cellule con mitocondri in eccesso, più un particolare tipo di proteina che influisce sulla produzione di ATP. Il risultato è che quando il grasso marrone consuma calorie, produce calore invece di ATP. Questo tipo di tessuto è particolarmente comune nei neonati e negli animali che vanno in letargo.





Figura 8.2: Tremiamo quando fa freddo. Queste rapide contrazioni muscolari producono calore!



I nostri corpi devono anche guardarsi dallo scaldarsi troppo, giusto? Non è a questo che serve la sudorazione, cioè per aiutarci a disperdere calore?



È così. La tua temperatura corporea deve essere mantenuta approssimativamente intorno a 96,8-100,4 °F (36-38 °C). Il corpo si raffredda quando il calore viene disperso. Il calore può abbandonare il corpo attraverso la pelle, tramite la respirazione e tramite la sudorazione (vedi figura 8.3). Quando ti eserciti energicamente e cominci a scaldarti, il tuo corpo comincia a sudare di più per raffreddarlo.



I vasi sanguigni sotto la pelle si espandono per permettere che il calore in eccesso nel sangue possa dissiparsi nell'aria.

Puoi disperdere calore tramite la sudorazione.

Quando il sudore evapora dalla tua pelle, porta via con sé un po' di calore.

Figura 8.3: Metodi per disperdere calore.

Quando fuori fa caldo, la tua pelle arrossisce perché i vasi sanguigni sotto di essa si espandono. Questo porta ad un flusso maggiore di sangue nella parte esterna della pelle e così il calore della tua pelle può essere irradiato nell'ambiente circostante. Anche la sudorazione raffredda il tuo corpo attraverso un processo chiamato *raffreddamento evaporativo*. Infatti, quando la temperatura dell'aria è maggiore di quella del tuo corpo, la sudorazione è l'unico modo per eliminare questo eccesso di calore corporeo. Inoltre, le ghiandole sudoripare, come i muscoli, possono diventare più grandi e più produttive se le usi molto spesso, perciò l'esercizio regolare può aiutare il tuo corpo ad adattarsi meglio al calore estivo! È importante essere sempre idratati quando fuori fa caldo, perché il tuo corpo perde molti liquidi per effetto della sudorazione.



Sai perché il corpo umano non può funzionare a una temperatura maggiore di 107,6 gradi °F (42 °C)?



Mmm... perché?



Se la temperatura corporea supera i 107,6 °F, le proteine nel corpo cominciano a degenerare (i vecchi termometri a mercurio spesso non vanno oltre questa temperatura!).

La temperatura corporea è regolata nell'ipotalamo da un centro termoregolatore.

L'ipotalamo usa vari meccanismi per mantenere costante la temperatura corporea. Quando sei troppo fredda, la porzione posteriore dell'ipotalamo coordina risposte quali il tremito, la quantità di flusso sanguigno diretto alla pelle, e la secrezione di ormoni come adrenalina e noradrenalina. Quando invece sei troppo accaldata, la parte anteriore dell'ipotalamo coordina le risposte opposte.

LO SAPEVI?

L'arteria carotide, l'arteria ascellare e l'arteria femorale sono tre spesse arterie che scorrono sotto la superficie del corpo, rispettivamente nel collo, nell'ascella e nell'inguine. Raffreddando o riscaldando queste aree si può avere un forte impatto sulla temperatura corporea perché cambia la temperatura del sangue che fluisce nell'organismo.



OSSA E METABOLISMO OSSEO



Il ruolo principale delle circa 206 ossa del corpo umano è il supporto strutturale. Se non ci fossero le ossa, il corpo collasserebbe e non sarebbe in grado di muoversi. Ma questa non è la loro unica funzione. Sono anche magazzini di calcio e contengono il midollo osseo che crea le nuove cellule del sangue.

MIDOLLO OSSEO

Il midollo osseo si trova all'interno delle ossa. Se si mettesse insieme tutto il midollo osseo presente nel corpo umano, avrebbe le dimensioni del fegato. Il midollo è pieno di *cellule progenitrici*, che finiscono per trasformarsi in specifici tipi di cellule del sangue, come globuli rossi, globuli bianchi e piastrine. L'abilità delle cellule progenitrici di assumere la forma di qualunque specifica cellula richiesta dal corpo è oggetto di ricerca per la cura di malattie tramite cellule non specializzate totipotenti, capaci di rigenerare gli organi danneggiati.

Le cellule del sangue sono create continuamente nel midollo delle ossa piatte (tipo quelle del bacino e dello sterno), ma le ossa lunghe e sottili, (come quelle di gambe e braccia) non producono molte cellule del sangue. Infatti, nelle ossa lunghe la produzione di sangue si interrompe all'età di 20 anni, circa. Dopodiché, il midollo osseo diventa inattivo, perde la sua colorazione rossa, e diventa giallo.

Quando un feto si sviluppa nel grembo materno, le sue cellule del sangue vengono create nel fegato e nella milza. Se il midollo osseo non è più in grado di produrre abbastanza sangue, col passare degli anni, questi organi possono riacquistare la capacità di produrre cellule sanguigne.

Le ossa devono essere allo stesso tempo forti e leggere. Alcune ossa usano una struttura interna a maglia chiamata *osso trabecolare*, che assomiglia ad una spugna. L'osso trabecolare (chiamato anche *osso spugnoso*) si trova spesso alla fine delle ossa lunghe e nelle ossa dalla forma complicata come la scapola, le vertebre e il bacino. La parte esterna e forte delle ossa è fatta di *osso corticale*, che è molto più compatto. Nel caso delle ossa lunghe, come il femore, l'asta dell'osso è osso corticale ed ha un vuoto al centro (chiamato *cavità midollare*). L'osso corticale e quello trabecolare lavorano assieme per dare alle ossa la loro incredibile resistenza. I tipi di osso sono illustrati in figura 8.4.

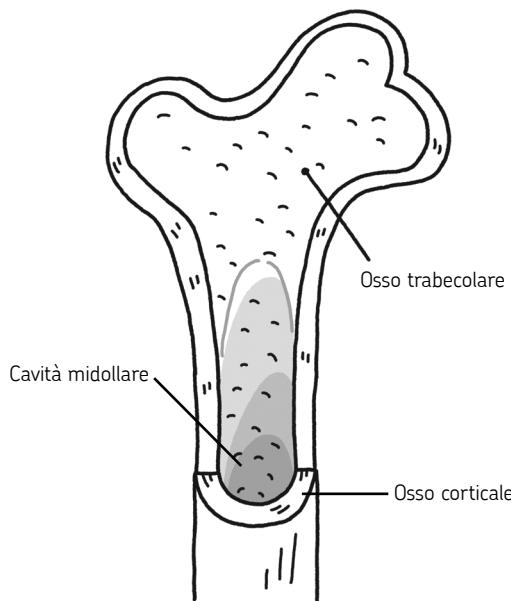


Figura 8.4: Struttura basilare delle ossa.

A livello microscopico, il midollo è fatto di una struttura proteica chiamata *collagene* (a parità di peso, è più resistente dell'acciaio). Il collagene è calcificato in modo tale da diventare flessibile piuttosto che essere completamente rigido. Questa capacità a piegarsi senza rompersi aiuta le nostre ossa a sopportare forze esterne anche molto potenti.



Chi immaginava che le ossa fossero così complesse! Le ossa sono anche capaci di rigenerare se stesse, non è così?



Esatto. Anche quando hai finito di crescere le tue ossa si dissolvono di continuo e un po' per volta (*riassorbimento*), e nello stesso posto viene riformato un nuovo osso (*ossificazione*). Si calcola che, all'incirca ai 2 anni di età, tutte le ossa presenti nel corpo dall'inizio, siano già state rimpiazzate.

Le ossa si consumano e vengono rigenerate da cellule specifiche: gli osteoclasti e gli osteoblasti. Gli *osteoclasti* dissolvono e scompongono la struttura dell'osso poco a poco. Gli *osteoblasti* lo rigenerano fornendo il calcio. L'intero processo è chiamato metabolismo osseo. Da un lato stimola e dall'altro inibisce la crescita dell'osso, tenendo sempre in equilibrio la struttura generale (vedi figura 8.5).

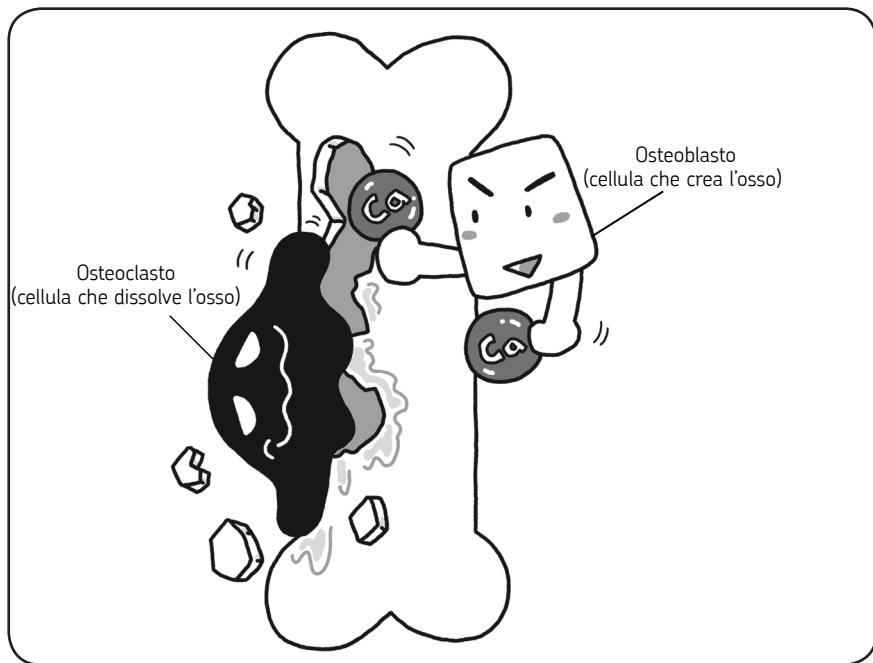


Figura 8.5: Osteoclasti e osteoblasti al lavoro.

LO SAPEVI?

Le ossa contengono il 99% del calcio presente nel corpo umano. Il loro metabolismo ha una stretta relazione con gli estrogeni, che rallentano il riassorbimento delle ossa. Con l'arrivo della menopausa, che comporta una significativa perdita di estrogeni, le donne sono più suscettibili di osteoporosi, pericolosa degenerazione che in casi estremi può portare anche alla fragilità delle ossa.

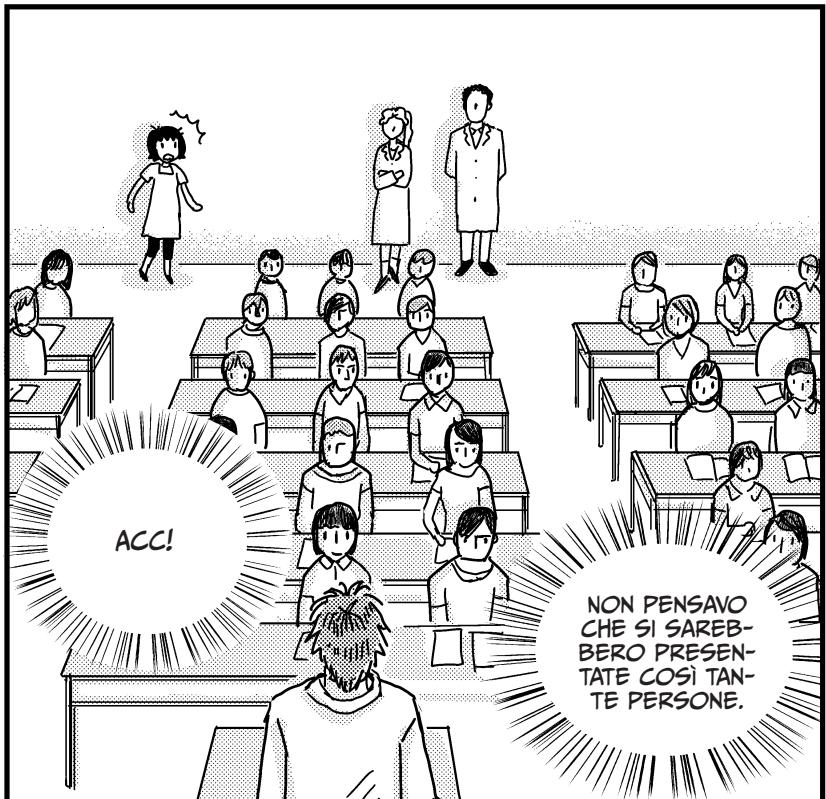
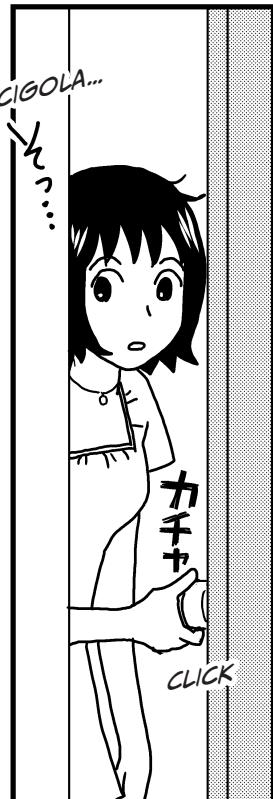


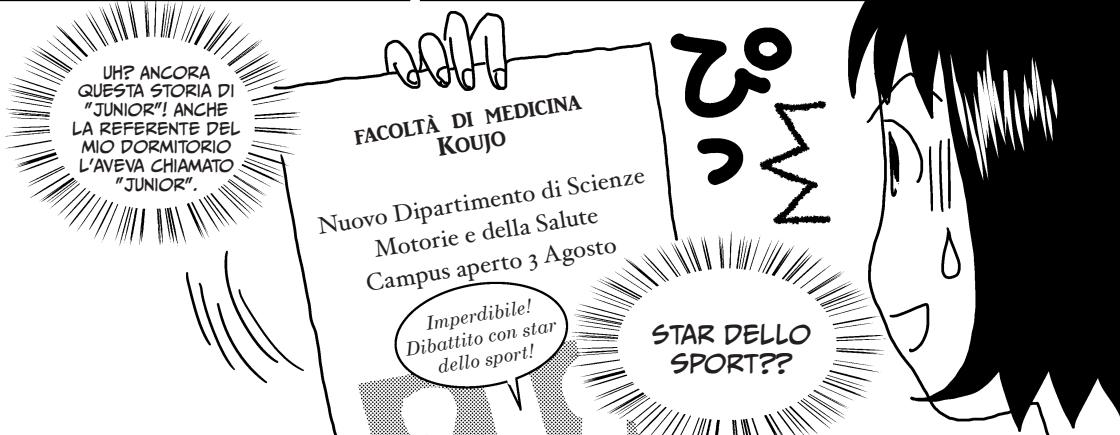
Naturalmente, quando gli osteoclasti scompongono l'osso, non stanno facendo solo i guastafeste. Essi rimuovono ossa vecchie che nel tempo avevano sviluppato microfratture. Inoltre estraggono il calcio dall'osso per mantenerlo nella giusta concentrazione nel sangue.

9

CELLULE, GENI E RIPRODUZIONE

CONSERVAZIONE E REPLICAZIONE
DEI CODICI BIOLOGICI





LE CELLULE SONO LE PIÙ PICCOLE UNITÀ BIOLOGICHE E SONO SPESO CHIAMATE I MATTONI DEL CORPO UMANO.

I NOSTRI CORPI CONTENGONO MILIARDI DI CELLULE.

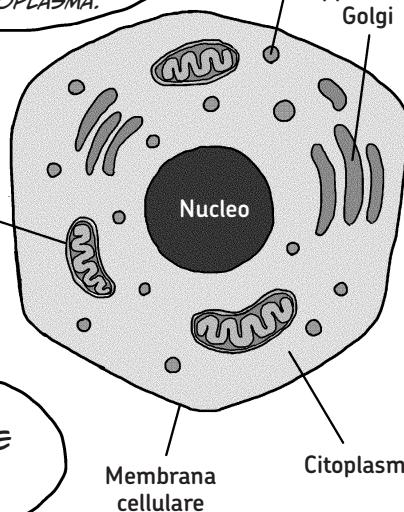
TIPI DI CELLULE DIVERSE HANNO FUNZIONI SPECIALISTICHE DIVERSE, MA IN LINEA DI MASSIMA CONDIVIDONO UNA STRUTTURA E DELLE FUNZIONI DI BASE, COME PER ESEMPIO LA CONVERSIONE DI SOSTANZE NUTRITIVE IN ENERGIA.



STRUTTURA BASE DELLA CELLULA



LA MEMBRANA CELLULARE È UN MURO SEMIPERMEABILE CHE AVOLGE LA CELLULA. IL LIQUIDO CHE RIEMPE LA CELLULA SI CHIAMA CITOPLASMA.

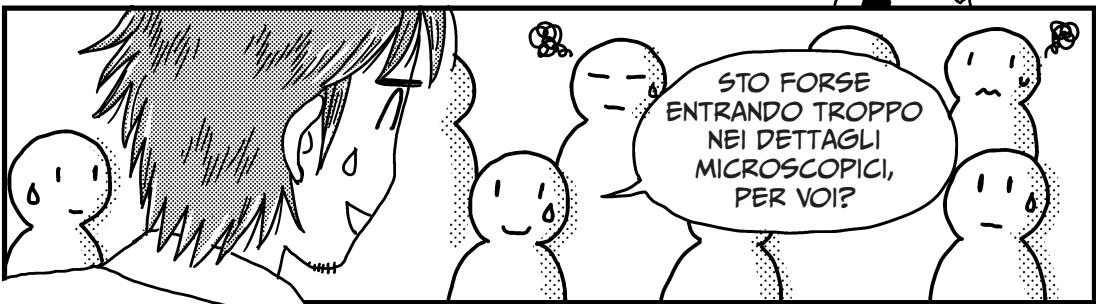


IL NUCLEO IMMAGAZZINA LE INFORMAZIONI GENETICHE.

Ribosoma
Apparato di Golgi

LA CELLULA CONTIENE ANCHE ORGANELLI, CIASCUNO CON UN COMPITO SPECIFICO.

I MITOCONDRI PRODUCONO ATP, I RIBOSOMI AIUTANO AD ASSEMBLARE PROTEINE E L'APPARATO DI GOLGI IMMAGAZZINA E RILASCIÀ PROTEINE.



BE', POTETE PENSARE AD UNA SINGOLA CELLULA COME AD UNA FABBRICA DI AUTOMOBILI.

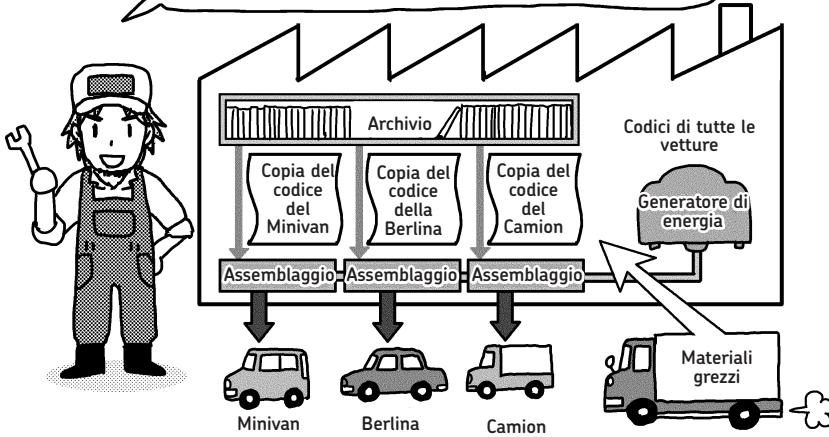
Fabbrica di automobili



IL NUCLEO È COME L'ARCHIVIO CHE IMMAGAZZINA I CODICI PER OGNI TIPO DI VETTURA CHE SI PUÒ COSTRUIRE IN QUESTA FABBRICA.



QUANDO È L'ORA DI COSTRUIRE UN PARTICOLARE TIPO DI VETTURA, IL CODICE VIENE COPIATO DALL'ARCHIVIO E USATO PER ASSEMBLARE QUELLA VETTURA.

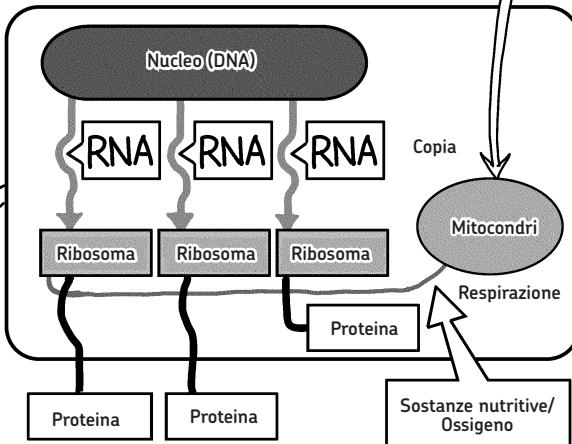


OK, FIN QUI CI ARRIVO...



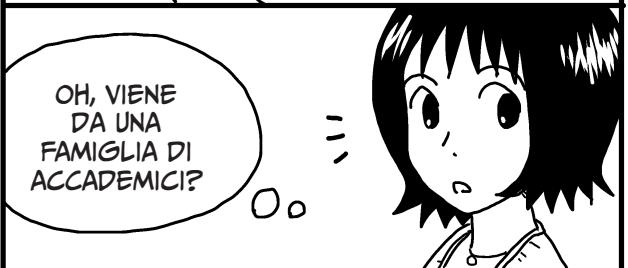
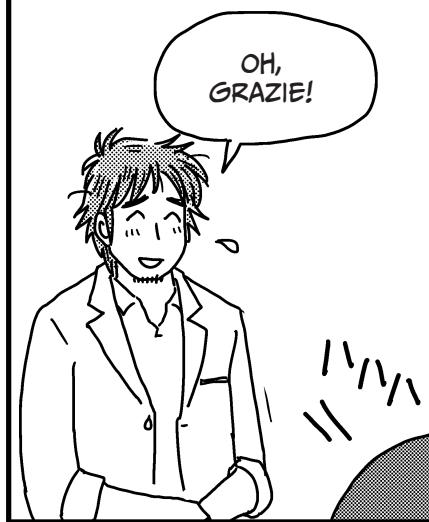
IN UNA CELLULA, UN SEGMENTO DI DNA VIENE COPIATO IN UN ELEMENTO DI RNA, E I RIBOSOMI SINTETIZZANO PROTEINE SEGUENDO QUELLA COPIA DI RNA.

I mitocondri forniscono energia sotto forma di ATP vedi "ATP e il ciclo dell'acido citrico" a pagina 74.

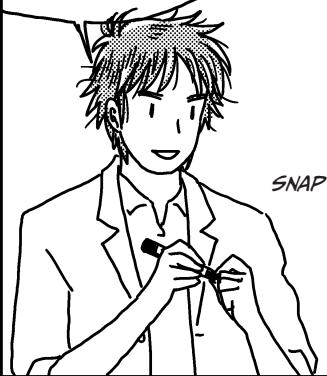


LA STRUTTURA BASE DELLA CELLULA È ESATTAMENTE LA STESSA PER TUTTI, INCLUSI MISTER SATO E MISTER MIZUSHIMA CHE SONO VENUTI A TROVARCI OGGI.



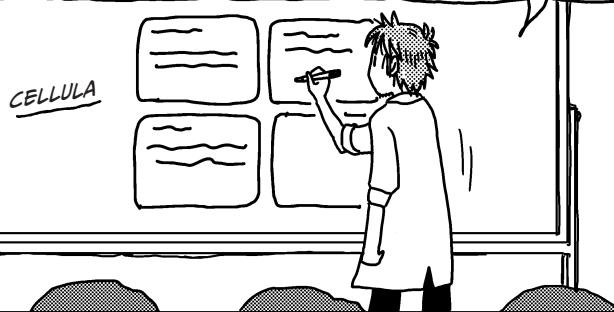


PARLIAMO DI COME LE CELLULE SONO RAGGRUPPATE TRA LORO.

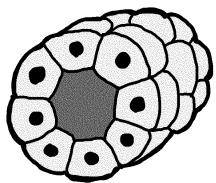
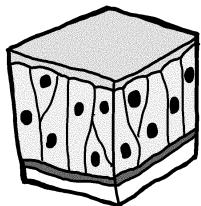


UN INSIEME DI CELLULE È DETTO TESSUTO.

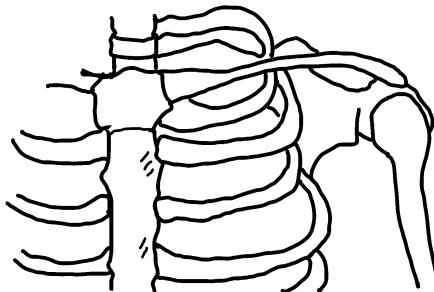
LA FORMA E LA FUNZIONE DI UNA CELLULA SI DIFFERENZIA A SECONDA DEL TESSUTO A CUI APPARTIENE. I TESSUTI VENGONO CLASSIFICATI NEI QUATTRO SEGUENTI TIPI.



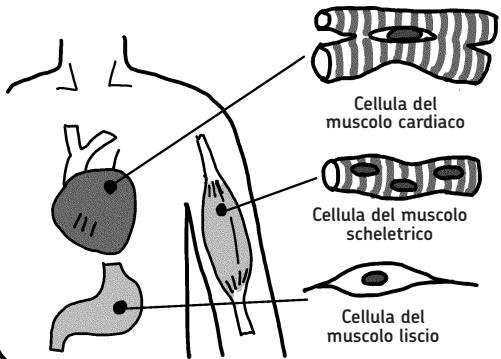
IL TESSUTO EPITELIALE RIVESTE LE SUPERFICI DEL VOSTRO CORPO. FORMA LO STRATO ESTERNO DI PELLE ED IL RIVESTIMENTO DEGLI ORGANI. QUESTE CELLULE FORMANO STRATI PROTETTIVI CHE POSSONO ASSORBIRE E SECERNERE FLUIDI.



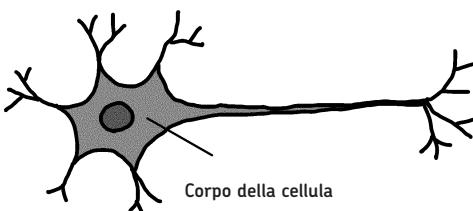
IL TESSUTO CONNETTIVO HA FUNZIONE STRUTTURALE. SI TROVA PRINCIPALMENTE NELLA CARTILAGINE, NELLE OSSA E NELL'GRASSO.



IL TESSUTO MUSCOLARE È PROGETTATO PER CONTRARSI. CE NE SONO DI TRE TIPI:



IL TESSUTO NERVOSO COMPRENDE NON SOLO I NEURONI, MA ANCHE LE CELLULE GLIALI, CHE SOSTENGONO E FORNISCONO SOSTANZE NUTRITIVE AI NEURONI.



QUINDI DELLE CELLULE RAGGRUPPATE ASSIEME FORMANO IL TESSUTO, E DIVERSI TIPI DI TESSUTO COMBINATI ASSIEME FORMANO GLI ORGANI....

E TUTTI QUESTI ORGANI FORMANO IL CORPO UMANO NELLA SUA INTEREZIA.

OOOHHH

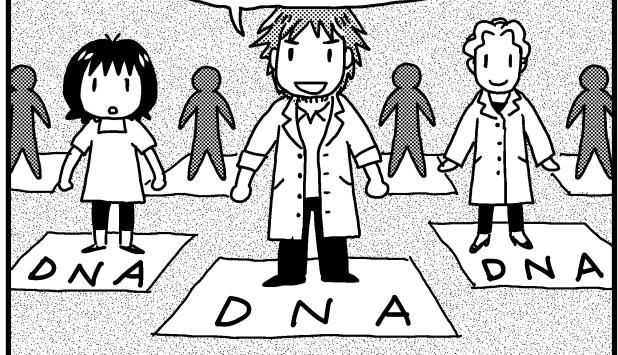


GENI E DNA

PASSIAMO
ORA ALL'ACIDO
DEOSSIRIBONUCLEICO,
MEGLIO NOTO COME DNA.

DNA

IL DNA È CONTENUTO NEL
NUCLEO DELLA CELLULA,
E FUNZIONA DA CODICE
COMPLETO PER UN ESSERE
UMANO.



IL CODICE DICE
ALLE CELLULE
COME ASSEMBLARE
PROTEINE.

LE PROTEINE
SONO MATTONI
DA COSTRUZIONE
ESTREMAMENTE
VERSATILI.

ENZIMI, ANTICORPI
E COLLAGENE, PER
ESEMPIO, SONO TUTTI
COSTRUITI A PARTIRE
DA PROTEINE.

UNA PROTEINA
CONSISTE DI
UNA CATENA DI
AMMINOACIDI.

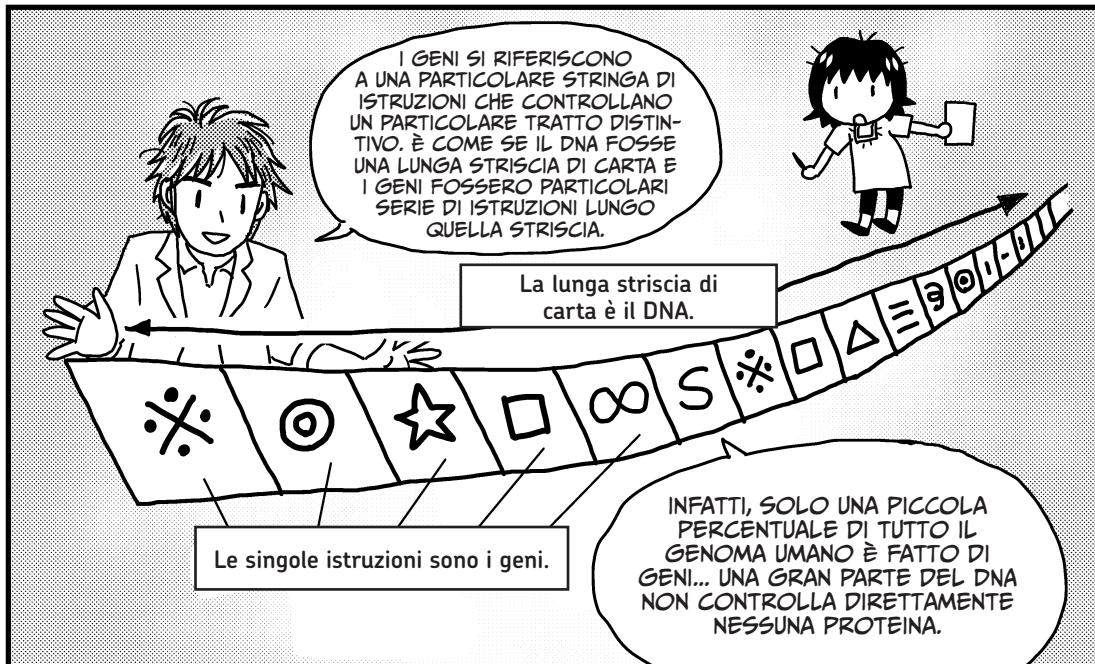
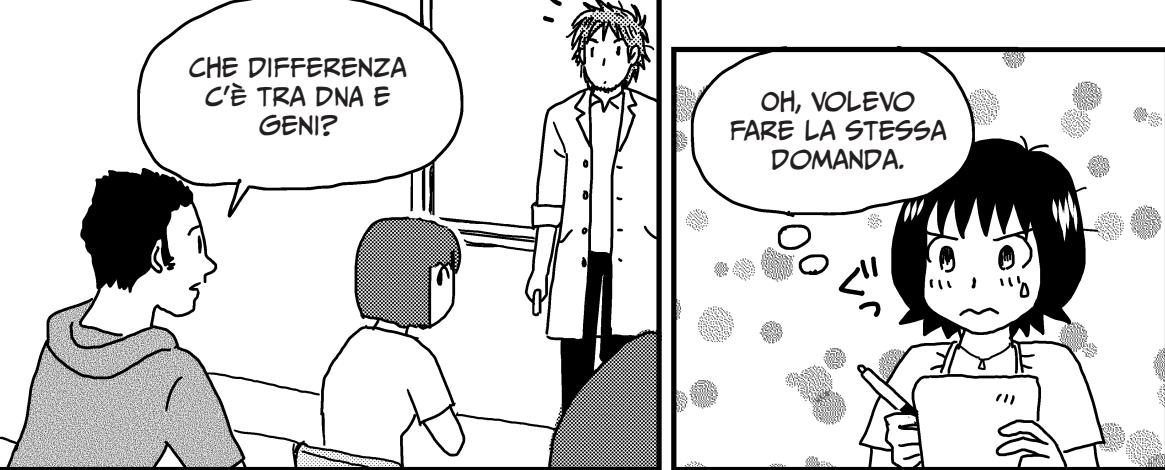
A SECONDA DEL
NUMERO E DELLA
DISPOSIZIONE DEGLI
AMMINOACIDI, SI
FORMANO DIVERSE
PROTEINE.

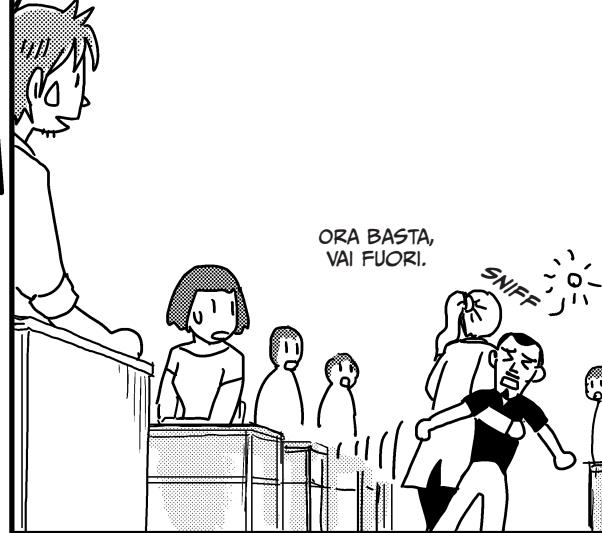
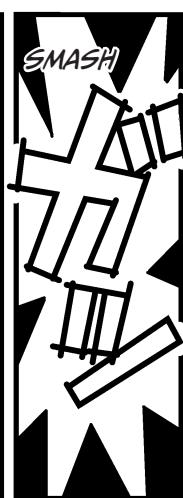
Questo è un anticorpo!

Questo è un enzima!

MI SCUSI,
PROFESSO-
RE.





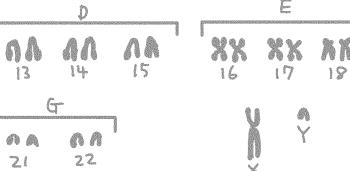


* PROVERBIO GIAPPONESE ANALOGO A
"TALE PADRE, TALE FIGLIO".

AHEM, STAVO DICENDO...

COFF →

ANCHE NEL
DIPARTIMENTO DI
SCIENZE MOTORIE
E DELLA SALUTE
PORTIAMO AVANTI
RICERCA GENETICA.



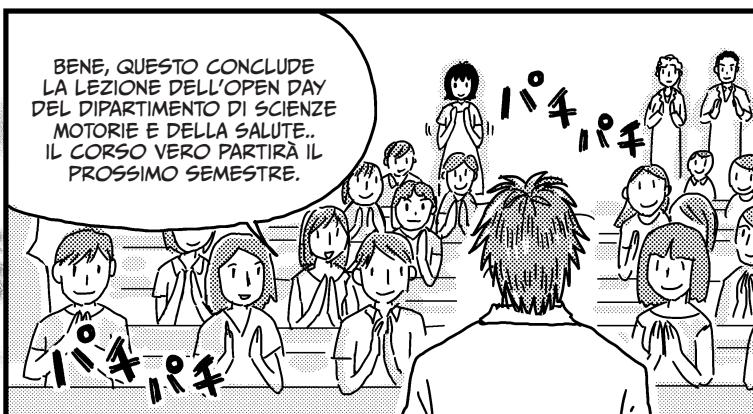
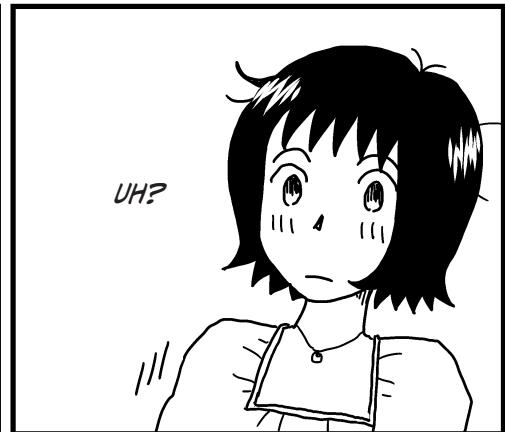
PER ESEMPIO,
FACCIO RICERCA
SUL DNA DI EX-ATLETI
OLIMPIONICI...

PER INDIVIDUARE LE
BASI GENETICHE DI
CARATTERISTICHE COME
L'“ESPLOSIVITÀ” O LA
“RESISTENZA”.

SAREBBE SPLENDIDO
RIUSCIRE A STABILIRE
METODI DI ALLENAMENTO
MIGLIORI O INTEGRATORI
ALIMENTARI MIGLIORI
GRAZIE AI RISULTATI DEL-
LA RICERCA GENETICA.

GUARDA
QUA!

MA NON È SOLO GENETICA.
HO LAVORATO DURAMENTE E
A LUNGO PER DIVENTARE UN
GRANDE LOTTATORE!



SCOPRIAMO QUALCOSA IN PIÙ SU CELLULE, GENI E RIPRODUZIONE!

L'eredità è quel fenomeno per cui le caratteristiche e i tratti particolari sono passati dalla cellula madre alla cellula figlia o da un genitore al figlio. In questa sezione parleremo dei due meccanismi che permettono ai geni di passare alle nuove cellule o ai figli: divisione cellulare e riproduzione.

LA DIVISIONE CELLULARE



Quando le cellule della pelle, delle ossa e di certe altre parti del corpo degenerano, si creano nuove cellule di rimpiazzo tramite il processo della *divisione cellulare*. La divisione cellulare è anche ciò che permette a un singolo ovulo fecondato di trasformarsi in un bambino durante la gravidanza (ne ripareremo tra un po').

I CROMOSOMI

Prima di parlare della divisione cellulare, però, dobbiamo imparare qualcosa sui cromosomi. I *cromosomi* sono catene molto lunghe di DNA avvolte intorno a proteine. Puoi immaginarli come fagotti di DNA impacchettati stretti perché siano più maneggevoli all'interno della cellula. Gli esseri umani hanno 46 cromosomi organizzati in 23 paia. Lavere i cromosomi in coppie ti assicura di avere due copie di tutto il DNA essenziale per il tuo corpo. Le cellule che hanno due copie di ogni cromosoma si chiamano *diploidi*.

Delle 23 paia, una coppia (due cromosomi) è quella dei *cromosomi sessuali* (chiamati anche *allosomi*), mentre le altre 22 paia (44 cromosomi) sono chiamati *autosomi*. Nelle femmine, entrambi i cromosomi sessuali sono cromosomi X, mentre i maschi hanno un cromosoma X e un cromosoma Y.

LO SAPEVI?

Il numero di cromosomi varia a seconda del tipo di organismo. Gli uomini hanno 46 cromosomi, ma i cani ne hanno 78 e i moscerini ne hanno solo 8.



Normalmente il DNA è per lo più srotolato e distribuito in tutto il nucleo, ma quando una cellula si prepara a dividersi impacchetta con cura ogni catena di DNA in cromosomi. A questo punto, si può usare un microscopio per osservare la forma dei 46 cromosomi e dire se la cellula ha due cromosomi X o un cromosoma X e uno Y.

CONGRATULAZIONI, È UN . . .

Il cromosoma sessuale dello spermatozoo può essere sia di tipo Y che di tipo X, ma il cromosoma sessuale dell'ovulo è sempre di tipo X. Questo vuol dire che quando un ovulo viene fecondato, il cromosoma sessuale dello spermatozoo determina il sesso del concepito: se lo spermatozoo ha il cromosoma X, sarà una femminuccia, e se ha un cromosoma Y, sarà un maschietto.

LA MITOSI



Mmm, quindi si può vedere la forma dei cromosomi solo durante la divisione cellulare.



Proprio così. Normalmente il DNA è disposto in una lunga, sottile spirale così che le cellule possano leggere ed usare il codice in esso contenuto. Quando la cellula va incontro alla *mitosi*, un tipo di divisione cellulare, la spirale si impacchetta in cromosomi. Studiamo un po' questo processo.

Per prima cosa, prima che la mitosi cominci, il DNA viene replicato nel nucleo. A quel punto la membrana del nucleo si disintegra, e il DNA si aggriglia in cromosomi a forma di lettera X. Ogni X contiene due catene di codice identico, l'originale e il suo duplucato, che sono fianco a fianco e legate al centro. Queste serie di cromosomi duplicati vengono quindi allineati al centro della cellula, ed ogni set di cromosomi duplicati viene diviso da una struttura filamentosa, i *microtubuli*, così che ogni cellula ne contenga solo una copia. Infine, il centro della cellula si schiaccia fino a che la cellula non si divide in due. Il risultato finale è di due cellule identiche, come mostrato in figura 9.1.

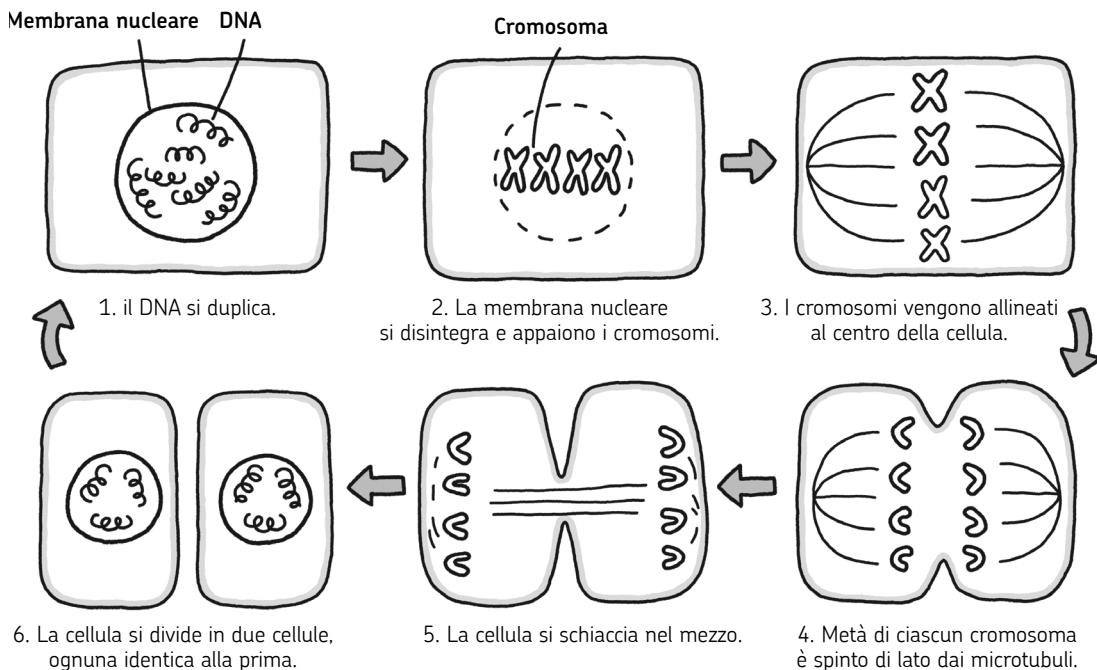


Figura 9.1: Diagramma di flusso della mitosi.

LA MEIOSI



Sai che le cellule riproductive (chiamate anche *cellule germinali* o *gameti*) subiscono una divisione cellulare speciale, giusto?



Giusto, perché gli ovuli e gli spermatozoi hanno bisogno solo della metà dei cromosomi di una cellula normale. La normale divisione cellulare produce cellule con lo stesso numero di cromosomi della cellula originale. Le cellule germinali, invece, hanno la metà dei cromosomi contenuti in una cellula normale e sono prodotte per mezzo di uno speciale tipo di divisione cellulare chiamata *meiosi*.

La meiosi comincia da una cellula che ha duplicato tutto il suo DNA, proprio come nella mitosi. Ma poi, invece di dividersi una sola volta, la cellula si divide due volte. Il risultato è di quattro cellule germinali, ognuna delle quali con 23 cromosomi (invece le normali cellule diploidi hanno 23 paia di cromosomi!). Queste cellule germinali sono chiamate cellule *aploidi*.

INTERFASE

Finora abbiamo parlato di come le cellule si dividono, ma per la maggior parte del tempo le cellule si trovano in uno stadio detto di *interfase* in cui le cellule usano l'informazione contenuta nel DNA per crescere, raccogliere sostanze nutritive, costruire proteine e svolgere le loro funzioni specializzate all'interno del corpo. Quando è necessario, una cellula in interfase può iniziare una fase di divisione per creare due nuove cellule, che poi iniziano il loro ciclo vitale direttamente in interfase. Interfase e fase di divisione costituiscono assieme il ciclo di vita completo di una cellula.

LA RIPRODUZIONE SESSUALE



Per riprodursi, gli organismi formati da una singola cellula (come i batteri o alcune alghe), si dividono semplicemente in due. In questo tipo di riproduzione, chiamata riproduzione *asessuata*, il nuovo organismo indipendente è esattamente identico al suo genitore. Al contrario, molti degli organismi multicellulari (compresi gli esseri umani) dipendono dalla riproduzione sessuata, che produce discendenti diversi dai genitori.



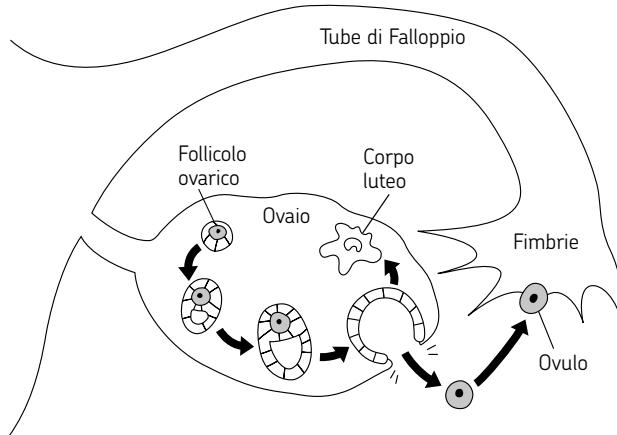
I testicoli producono in continuazione nuovo sperma, ma il numero di ovuli nelle ovaie è limitato, vero?



Le femmine nascono con uno-due milioni di *follicoli ovarici*. Ogni follicolo ovarico è un gruppo di cellule attorno ad un unico ovulo immaturo (chiamato anche *cellula uovo*). All'arrivo della pubertà, ogni mese un singolo follicolo ovarico matura e diventa pronto per la fecondazione, mentre migliaia di altri follicoli ovarici sono regolarmente riassorbiti dal corpo. Alla fine, il rifornimento di follicoli ovarici si esaurisce.

Quando un follicolo ovarico matura, l'ovulo viene rilasciato e spinto fuori dall'ovaio. Questo processo è chiamato *ovulazione* (vedi figura 9.2). L'ovulo viene allora

guidato dalle *fimbrie*, una specie di tessuto terminale, nelle *tube di Falloppio* dove può incontrare lo spermatozoo. Nel frattempo, il follicolo ovarico che ha prodotto l'ovulo cambia forma e diventa un *corpo luteo*. Se l'ovulo incontra uno spermatozoo e viene fecondato allora può inviare un messaggio al corpo luteo, che continuerà a giocare un ruolo cruciale nella gravidanza secernendo importanti ormoni (vedi "Ormoni sessuali" a pagina 219).



Durante l'ovulazione, un follicolo ovarico rilascia un ovulo maturo, che entra nelle tube di Falloppio. Il follicolo che circonda l'ovulo diventa allora un corpo luteo.

Figura 9.2: Il processo di ovulazione.

Adesso torniamo allo sperma. Quando lo sperma entra nella vagina, comincia una potente competizione per raggiungere l'ovulo (vedi figura 9.3).



Solo una cellula spermatica può fecondare l'ovulo, giusto? In quanti competono?



Il numero di cellule spermatiche eiaculate oscilla fra decine di milioni e centinaia di milioni. Durante la competizione, alcune cellule spermatiche scappano avanti mentre altre perdono la loro strada e si arrendono. Il numero stimato di cellule spermatiche che normalmente raggiunge le tube di Falloppio è circa dieci migliaia, e circa 100 riescono ad arrivare in prossimità dell'ovulo. Solo una cellula spermatica però potrà portare a termine la fecondazione, anche se è pure possibile che nessuna ci riesca.

LO SAPEVI?

La vita di un ovulo maturo va da circa mezza giornata ad un giorno, e la vita di una cellula spermatica è di approssimativamente tre giorni.

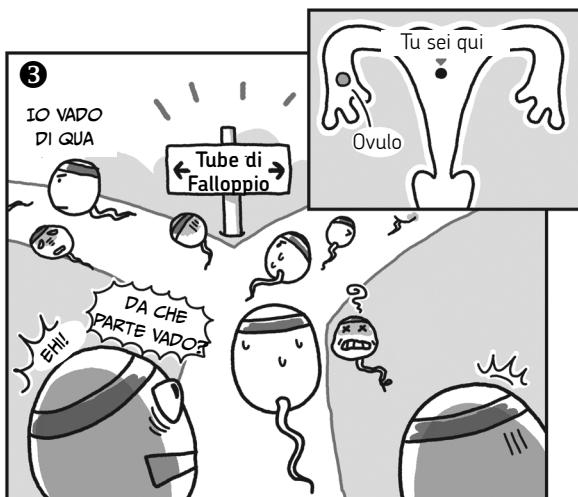




Tra 10 e 100 milioni di cellule spermatiche partono contemporaneamente.



Gli spermatozoi gareggiano diretti verso l'utero. Alcuni si perdono o muoiono per strada.



Gli spermatozoi continuano a portarsi avanti dopo aver deciso se andare a destra o a sinistra all'entrata delle tube di Faloppio.



Solo poche cellule spermatiche giungono in vicinanza dell'ovulo. La primissima cellula spermatica che raggiunge l'ovulo lo feconderà.

Figura 9.3: La corsa per la fecondazione.



Le ciglia presenti lungo la superficie interna delle tube di Faloppio portano l'ovulo nell'utero, e se è stato fecondato, l'ovulo darà inizio a diversi cicli di divisione cellulare e comincerà a crescere. L'ovulo fecondato si impianta nel punto in cui atterra nell'*endometrio* (la parete interna dell'utero), ed è qui che si svilupperà durante la gravidanza, come mostrato in figura 9.4.

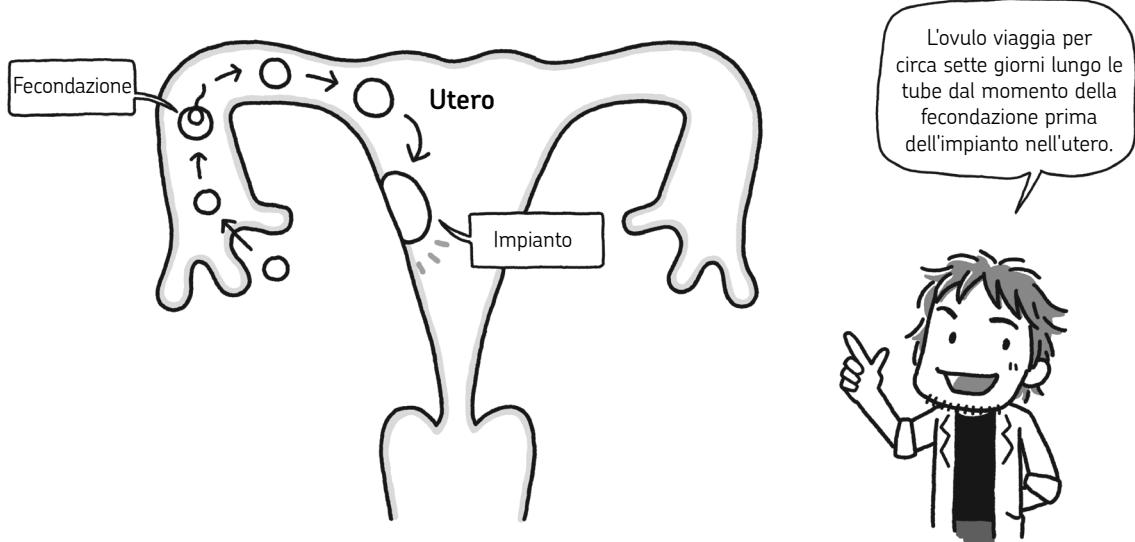


Figura 9.4: Dalla fecondazione all'impianto.



Ma la divisione cellulare incomincia anche prima che l'ovulo fecondato raggiunga l'utero, giusto?



È vero. La divisione cellulare comincia immediatamente dopo la fecondazione, e le cellule cominciano a specializzarsi più o meno nel periodo in cui avviene l'impianto nell'utero.

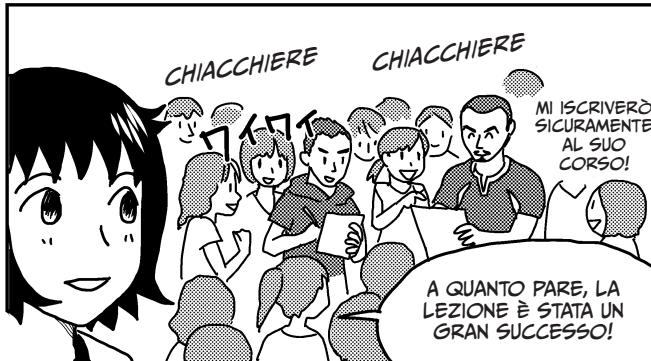
IL PERIODO DI GESTAZIONE

Dal momento della fecondazione, passano circa 38 settimane perché l'ovulo fecondato si sviluppi in un bambino capace di sopravvivere fuori dall'utero. Ma spesso si considera che il periodo di gestazione cominci il primo giorno dell'ultimo ciclo mestruale, che è di solito circa due settimane prima dell'ovulazione e della fecondazione. In totale si tratta di circa 40 settimane.

10

IL SISTEMA ENDOCRINO

SEGNALI IN VIAGGIO ATTRAVERSO
IL FLUSSO SANGUIGNO



NON PROPRIO...
ENTRAMBI GLI
IMPEGNI MI
RENDONO UN PO'
ANSIOSA.

NEL SISTEMA
ENDOCRINO C'È
TANTA ROBA DA
RICORDARE E MOLTI
STUDENTI HANNO
PROBLEMI.

PERÒ POSSO
AIUTARTI!
COMINCIAMO
DA UNA
PANORAMICA
GENERALE.

VORREI AVER AVUTO
PIÙ TEMPO PER
STUDIARE IL SISTEMA
ENDOCRINO.

CHE COS'È IL SISTEMA ENDOCRINO?

GLI ORGANI
ENDOCRINI...
SECERNONO ORMONI
CHE REGOLANO
FUNZIONI IN TUTTO IL
CORPO.

MOLTE DI QUESTE
GHIANDOLE HAN-
NO VARIE FUNZIONI,
ECCO UNA TABELLA
RIASSUNTIVA.

PRINCIPALI ORGANI ENDOCRINI UMANI

Ipotalamo e Ipofisi

L'ipotalamo collega il sistema nervoso e il sistema endocrino, mantiene la temperatura e la chimica corporea in equilibrio. L'ipofisi (o ghiandola pituitaria) è un centro di controllo: segnala alle altre ghiandole di secernere i loro ormoni.

Ghiandole surrenali

Queste ghiandole triangolari poggiano sopra i reni. Si individua al centro la midollare surrenale circondata esternamente dalla corteccia surrenale.

Ovaie (femmine)

Le ovaie secernono estrogeni e progesterone e producono ovuli (ovociti)

Tiroide

Questa ghiandola a forma di farfalla che si trova nel collo secreta ormoni che regolano il metabolismo. Le ghiandole paratiroidei che vi si trovano dietro regolano i livelli di calcio e la struttura ossea.

Pancreas

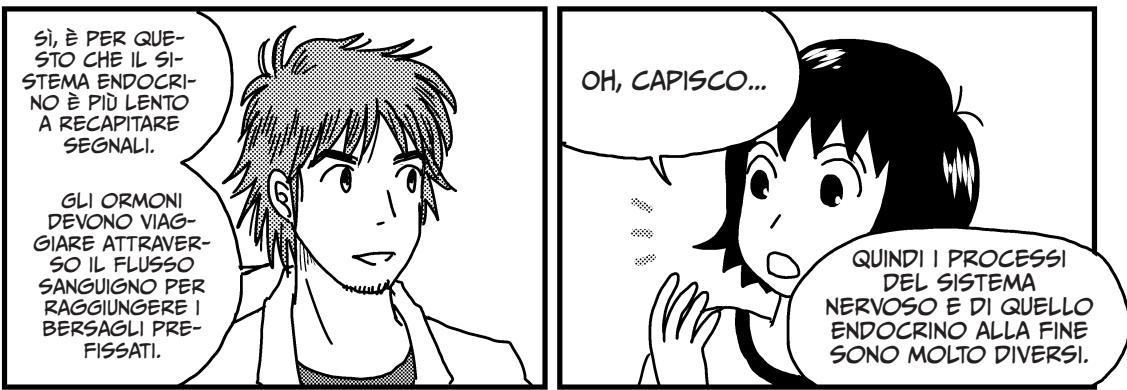
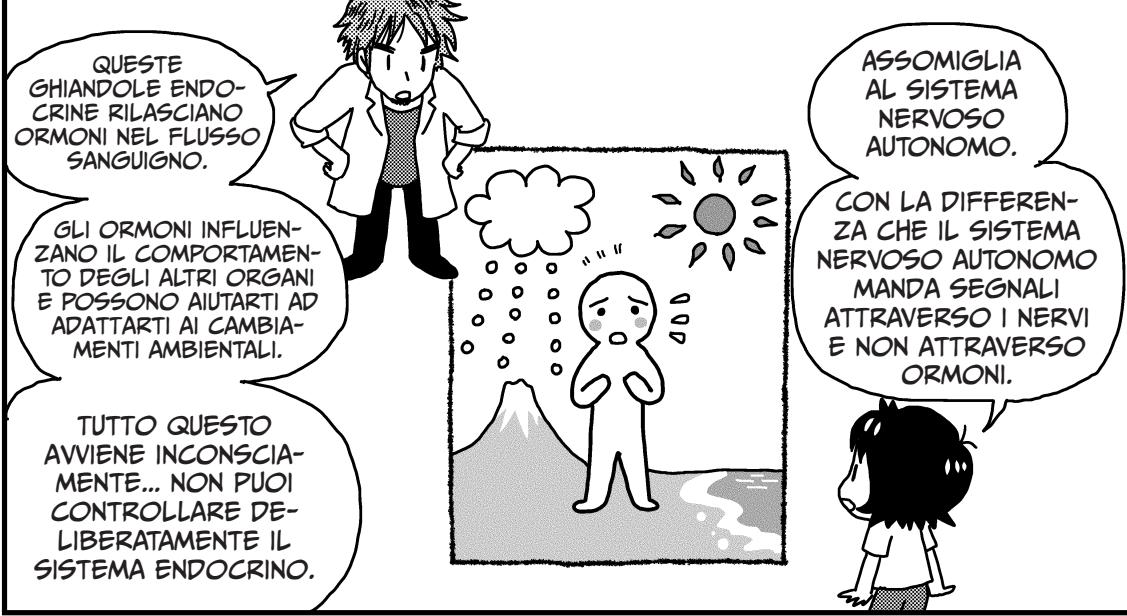
Oltre a secernere il succo pancreatico utile per la digestione, il pancreas produce anche ormoni regolatori dell'assorbimento e della distribuzione delle sostanze nutritive per tutto il corpo.

Testicoli (maschi)

I testicoli secernono androgeni (ormoni maschili) e producono sperma.

LE BASI
TI SONO
CHIARE,
FINORA?

SÌ!



ASPECTI, MA COME FANNO GLI ORMONI A MANDARE SEGNALI A ORGANI SPECIFICI...

SE SE NE STANNO A GALLEGGIARE SEMPLICEMENTE NEL FLUSSO SANGUIGNO?

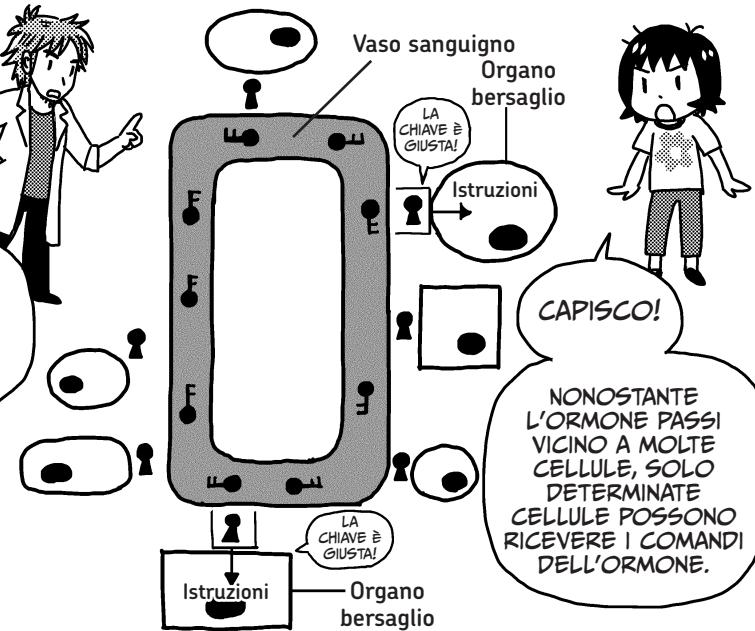
CASPITA, EFFETTIVAMENTE TI MANCA DA STUDIARE UN PEZZO. ANDIAMO PIÙ IN PROFONDITÀ.

UN ORMONE AGISCE SOLO SU CERTI ORGANI INTERNI DESIGNATI.

QUESTO PERCHÉ LE CELLULE DEGLI ORGANI POSSIEDONO RECETTORI CHE RISPONDONO SOLO A DETERMINATI ORMONI.

SONO COME BUCHI DI SERRATURA. UN ORMONE AGISCE SU UN ORGANO SOLO SE LA SUA CHIAVE È GIUSTA PER LA SERRATURA DELL'ORGANO.

UN SINGOLO ORMONE PUÒ AGIRE SU MOLTI ORGANI, INCLUSE ALTRE GHIANDOLE ENDOCRINE. PERSINO PICCOLE TRACCE DI UN ORMONE POSSONO AVERE EFFETTI SIGNIFICATIVI.



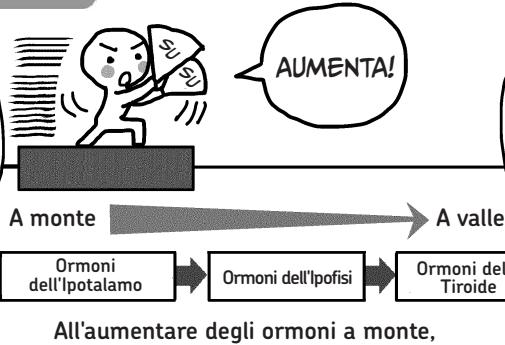
WOW, È DAVVERO UN SISTEMA COMPLESSO.

CHE SUCCIDE SE C'È UNO SQUILIBRIO ORMONALE?

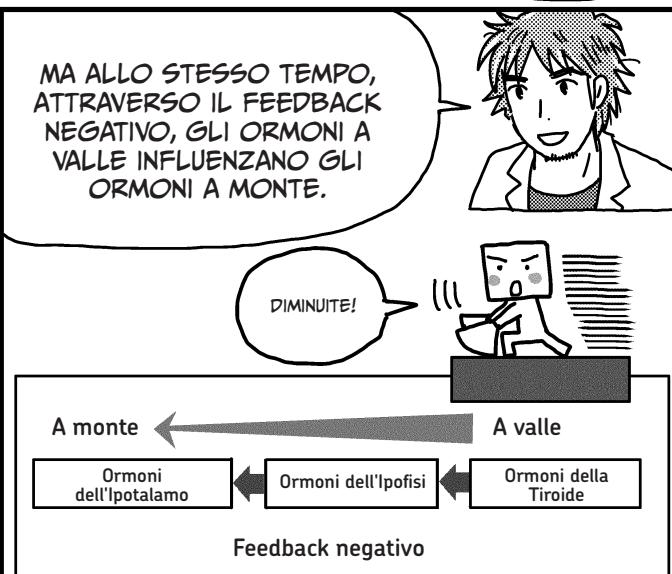
DIPENDE... PUÒ AVERE EFFETTI SU TANTI ASPECTI, DALL'UMORE ALLA CRESCITA OSSEA OPPURE ALL'APPETITO.



BILANCIAMO I LIVELLI ORMONALI



QUESTO FEEDBACK COSTANTE MANTIENE I LIVELLI ORMONALI IN EQUILIBRIO. IL LIVELLO DI ORMONI DELLE SORGENTI A MONTE, COME L'IPOFISI, CONTROLLA LA SECREZIONE DI ORMONI A VALLE, AD ESEMPIO NELLA TIROIDE.



È COME SE LA PRODUZIONE ORMONALE ACCELERASSE E FRENASSE CONTINUAMENTE PER RESTARE A UN LIVELLO QUASI COSTANTE.



Acceleratore

Freno

ESATTO!

È ANCHE VERO CHE MOLTI ORMONI DIFFERENTI POSSO AVERE LO STESSO TIPO DI EFFETTO.

PER ESEMPIO, CI SONO MOLTI ORMONI CHE POSSONO AUMENTARE GLI ZUCCHERI NEL SANGUE (PAGINA 22), INCLUSI I GLUCOCORTICOIDI, L'ADRENALINA E IL GLUCAGONE.

HANNO TUTTI UN EFFETTO SIMILE SUGLI ZUCCHERI NEL SANGUE, MA UTILIZZANO MECCANISMI DIVERSI.

HANNO ANCHE DIVERSE PROVENIENZE: IL GLUCAGONE È SEGRETO DAL PANCREAS, MENTRE L'ADRENALINA E I GLUCOCORTICOIDI SONO SEGRETI DALLE GHIANDOLE SURRENALI.

DO UNA MANO.



LASCiate CHE VI AIUTI!



Glucocorticoide

Adrenalina

QUESTO LATO LO REGGO IO.

Diversi ormoni contribuiscono allo stesso risultato.

ANNUSCO
È UN PO' COME I DIVERSI MODI DI PREPARARSI A UN ESAME! DI SOLITO MI CONCENTRAVO SULLA MEMORIZZAZIONE AUTOMATICA, MA ORA MI STO CONCEDENDO PIÙ TEMPO PER COMPRENDERE I CONCETTI DI CIASCUNA LEZIONE.

ANNUSCO

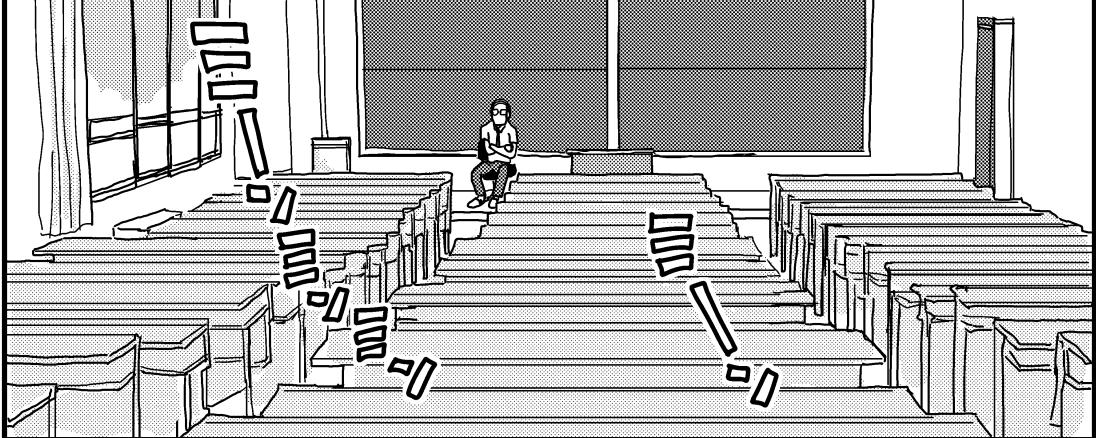
ACCIDENTI!!!

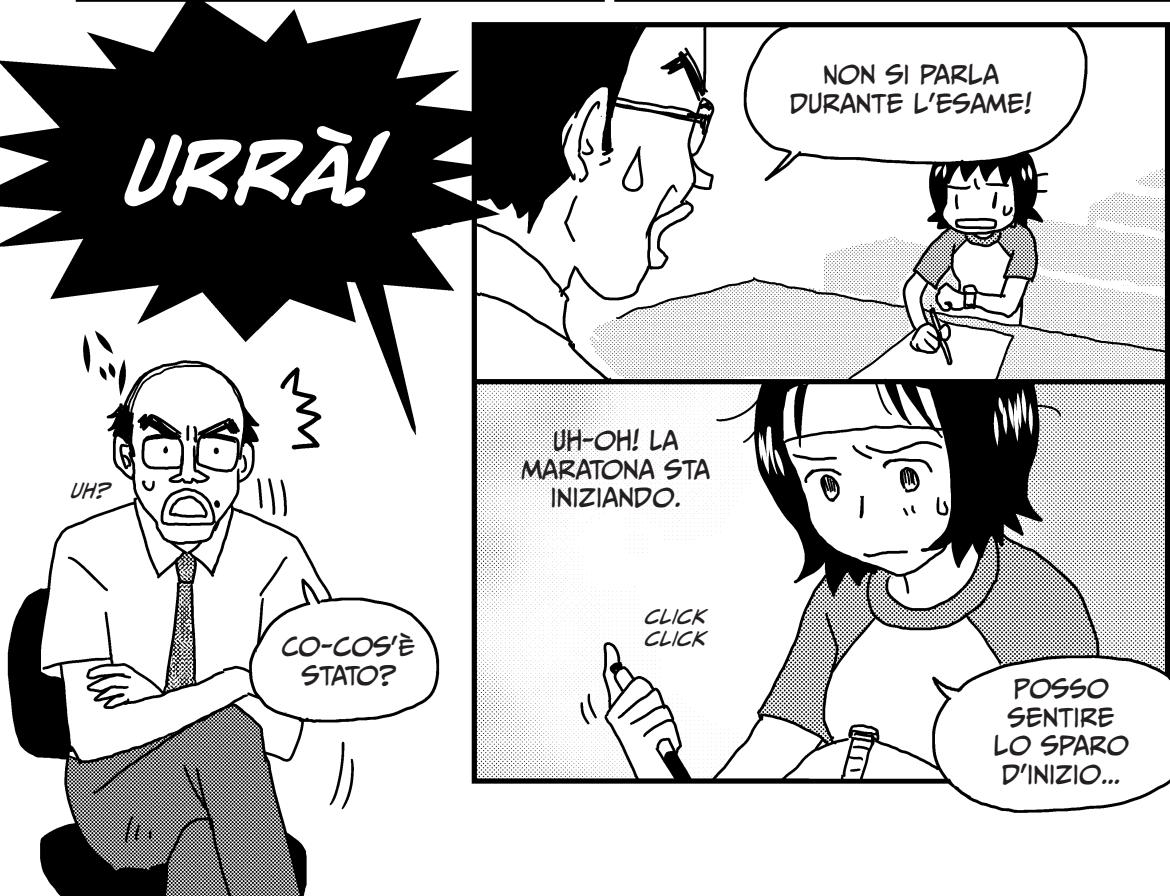
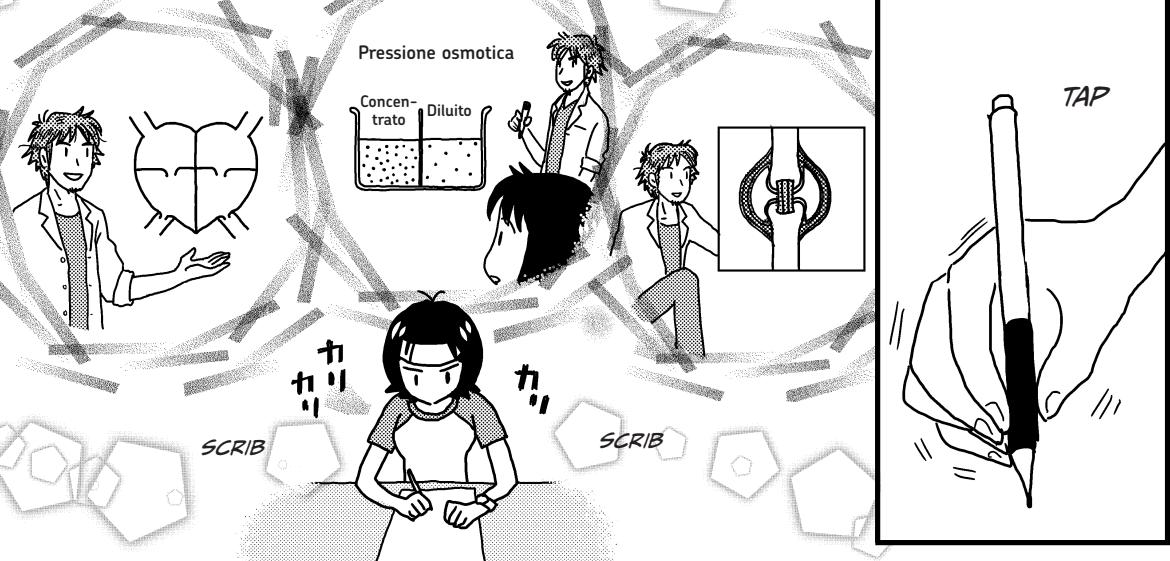
NON PUÒ ESSERE!

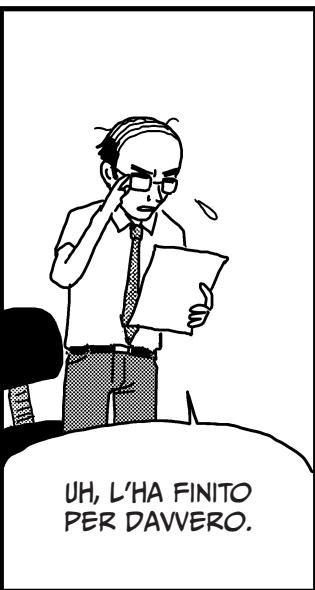
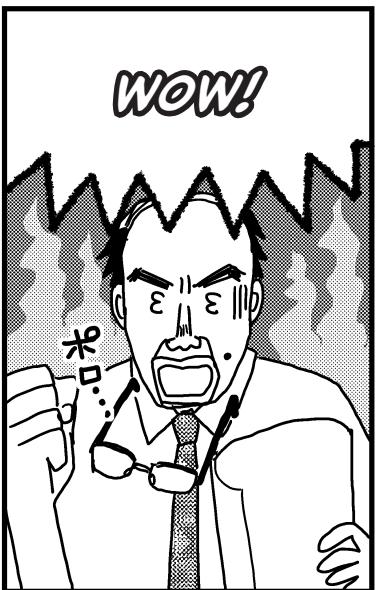
È GIÀ COSÌ TARDI?!



SOGNANTE







SCOPRIAMO QUALCOSA IN PIÙ SUL SISTEMA ENDOCRINO!



Adesso che hai una conoscenza generale del sistema endocrino, possiamo dire qualcosa in più sulle principali ghiandole endocrine, una per volta. Alla fine del capitolo, potrai trovare un utile sommario con i nomi e le azioni degli ormoni secreti da ognuna.

IPOTALAMO E IPOFISI



Partiamo con ipotalamo e ipofisi. Ci può essere d'aiuto pensarli come il quartier generale o il centro di controllo del sistema endocrino. Molti degli ormoni rilasciati dall'ipotalamo e dall'ipofisi agiscono da segnali per le altre ghiandole endocrine, istruendo ciascuna sulla secrezione dei propri ormoni. *L'ipotalamo*, che è collocato sopra l'ipofisi, interagisce sia con il sistema nervoso che con il sistema endocrino (figura 10.1).

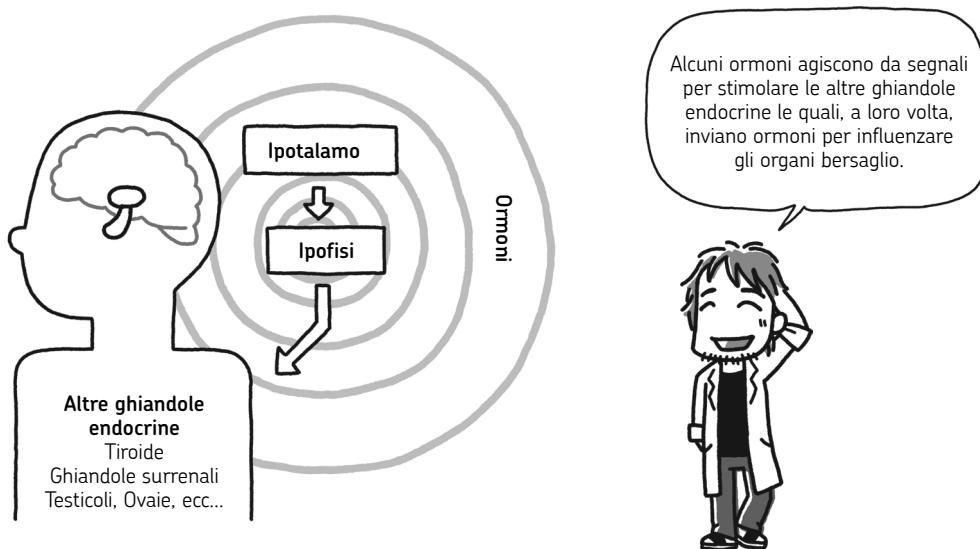


Figura 10.1: Ipotalamo e ipofisi.

L'*ipofisi* è costituita principalmente da un lobo anteriore e un lobo posteriore. Il lobo anteriore produce e rilascia sei ormoni che stimolano altre ghiandole endocrine. Questi ormoni, il cui rilascio viene regolato dall'ipotalamo, sono meccanismi di controllo per il sistema endocrino nel suo complesso.

Il lobo posteriore secerne due tipi di ormoni. Eppure, non è l'ipofisi a produrli. Invece, li producono dei neuroni specializzati che dall'ipotalamo, trasportano, lungo i loro assoni, queste molecole fino all'ipofisi posteriore, dove vengono rilasciate nel sangue. In altre parole, l'ipofisi posteriore è semplicemente un luogo di distribuzione (vedi figura 10.2).

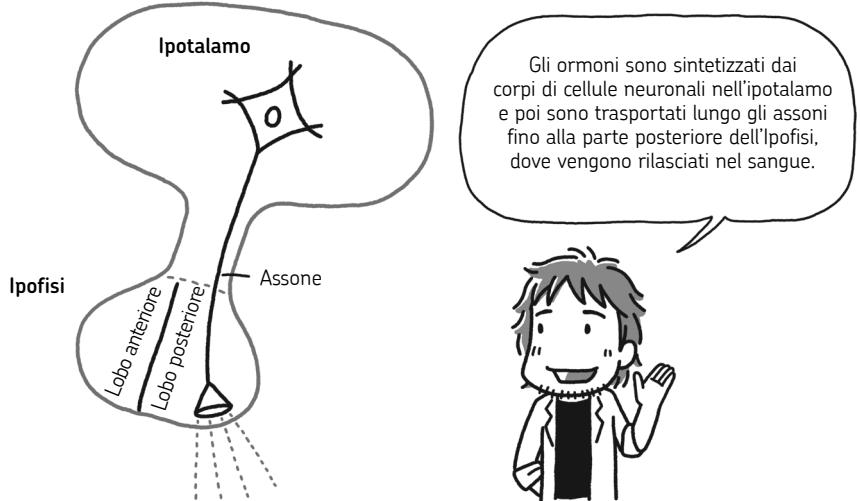


Figura 10.2: L'ipotalamo invia ormoni all'ipofisi.

DISFUNZIONI DELL'ORMONE DELLA CRESCITA

Uno degli ormoni prodotti dall'ipofisi è l'ormone della crescita. Se viene prodotto troppo ormone della crescita durante l'infanzia, le ossa lunghe come quelle degli arti continuano a crescere, facendo diventare una persona straordinariamente alta. Questa condizione è chiamata *gigantismo*. Se invece viene prodotto troppo ormone della crescita in un adulto (ad esempio a causa di un tumore all'ipofisi), sono solo mani, piedi e arti ad allungarsi. Questa condizione è chiamata *acromegalia* ed è trattata principalmente con forme sintetiche di somatostatina, un ormone che inibisce l'ormone della crescita.

TIROIDE E PARATIROIDI



La ghiandola tiroidea (o semplicemente *tiroide*) è collocata nel collo. È regolata dalla tireotropina (TSH), che è secreta dall'ipofisi anteriore.

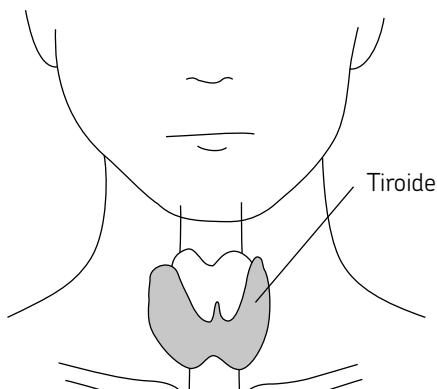


Figura 10.3: Posizione della Tiroide.

Gli ormoni tiroidei includono la *tiroxina* (T4) e la *triiodotironina* (T3): dove i numeri rappresentano la quantità di atomi di iodio per ogni molecola di tali ormoni. Questi ormoni tiroidei accelerano il *metabolismo basale*, cioè la quantità di energia che il corpo usa quando è a riposo. Se c'è un eccesso di questi ormoni, il corpo consumerà più energia, come se fosse attivo anche a riposo, provocando un potenziale affaticamento. Come mostrato in figura 10.4, questo fatto può essere accompagnato da vari sintomi come la tachicardia (battiti cardiaci rapidi anche a riposo), occhi sporgenti ed ingrossamento della tiroide. La *malattia di Graves* (chiamata anche *morbo di Basedow*) è una forma ben nota di ipertiroidismo che può produrre questi sintomi.

Dall'altra parte, se il livello di ormoni tiroidei è troppo basso, una persona può sperimentare un calo nel metabolismo, che a sua volta può provocare fiacchezza, una diminuzione della temperatura corporea, edema (riconfiamento dei tessuti), e una diminuzione della sudorazione (vedi figura 10.4).



Figura 10.4: Sintomi di una tiroide iper o ipoattiva.

Ci sono quattro piccole ghiandole endocrine, chiamate *ghiandole paratiroidi*, legate alla ghiandola tiroidea. Le ghiandole paratiroidi sono così chiamate per la loro vicinanza alla tiroide, ma sono indipendenti e hanno una funzione completamente diversa. Esse secernono il *paratormone* (PTH), responsabile dell'aumento del livello di calcio nel sangue (vedi figura 10.5).

Iperattività delle ghiandole paratiroidi

Se le ghiandole paratiroidi sono troppo attive, verrà distrutto troppo materiale osseo, e le ossa diventeranno fragili. Questo fatto può anche portare a *ipercalcemia* (cioè a un livello di calcio nel sangue troppo alto), che può provocare dolore alle ossa, debolezza e affaticamento, oltre a un aumento del rischio di calcoli renali.

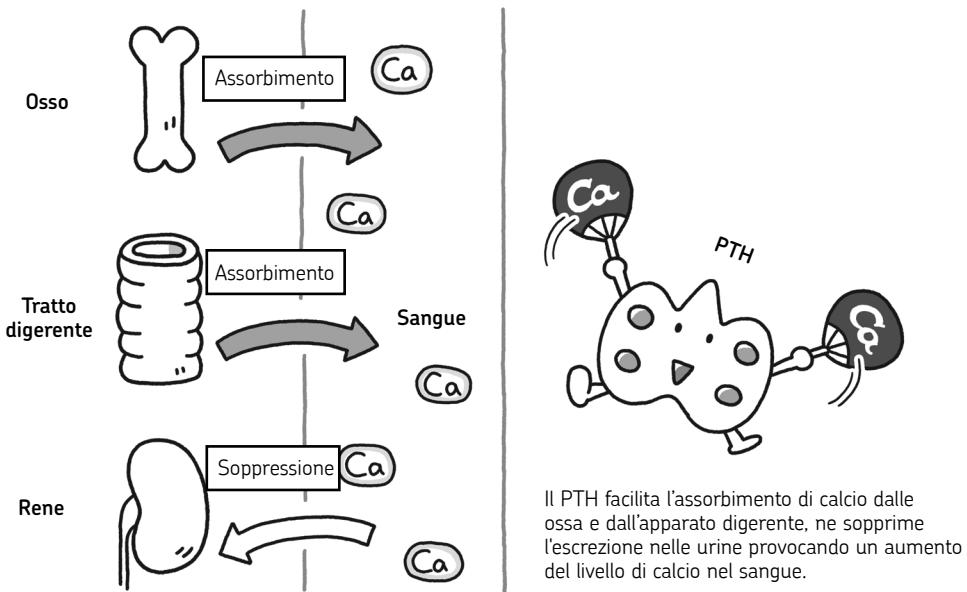


Figura 10.5: Funzioni del paratormone (PTH).



Il livello di calcio nel sangue è estremamente importante, vero?



Sicuramente. Il *calcio* è indispensabile per varie funzioni come la contrazione dei muscoli, la trasmissione nervosa e la coagulazione del sangue. Se c'è troppo poco calcio nel sangue, i muscoli non possono più funzionare opportunamente. Il paratormone fa sì che il livello di calcio nel sangue non diventi troppo basso.

GHIANDOLE SURRENALI



Le ghiandole surrenali, situate sulla parte superiore dei reni, consistono di una *corteccia surrenale* e una *midollare surrenale*, ognuna delle quali secerne ormoni differenti (figura 10.6).

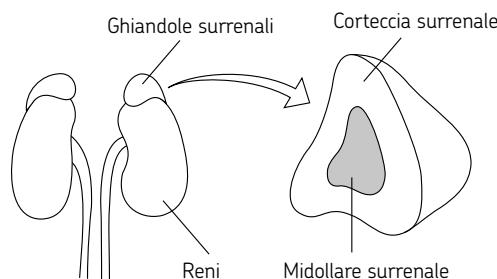


Figura 10.6: Corteccia surrenale e midollare surrenale.

La corteccia surrenale secreta gli *ormoni steroidi*, che sono sintetizzati a partire dal colesterolo. Sebbene il colesterolo non abbia una buona reputazione, è un componente necessario per il corpo umano. I tre tipi di ormoni secreti dalla corteccia surrenale sono i glucocorticoidi, i mineralcorticoidi e gli androgeni, ognuno proveniente da uno strato differente della corteccia (figura 10.7).

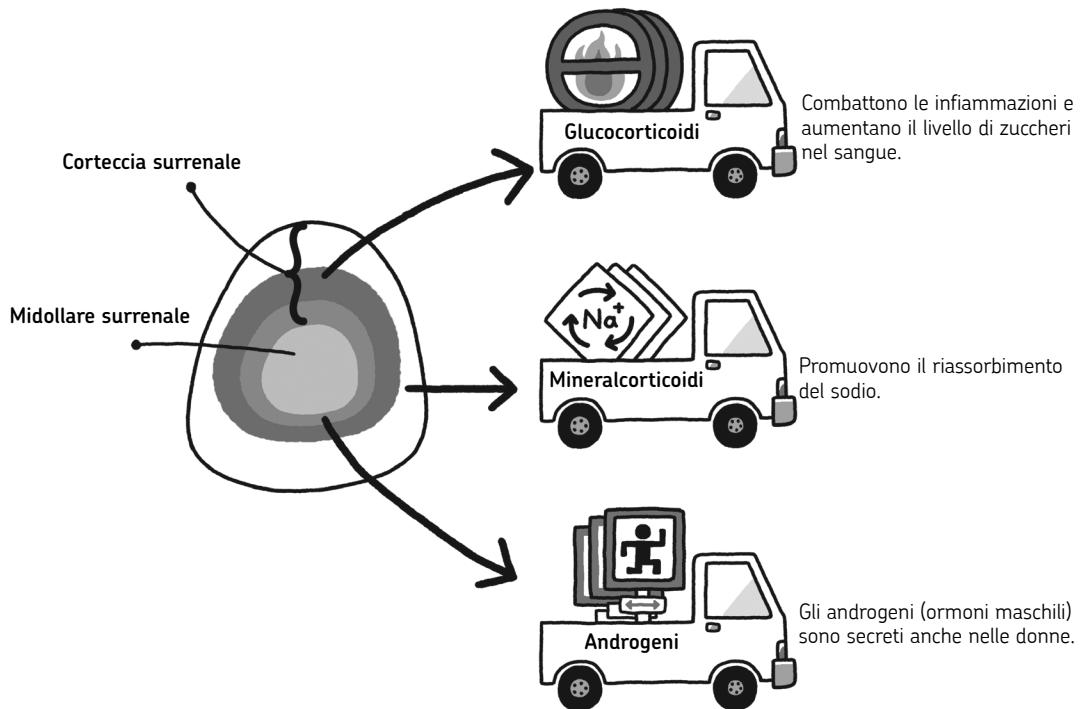


Figura 10.7: Funzioni degli ormoni della corteccia surrenale.

I *glucocorticoidi* sono coinvolti nella mobilitazione del glucosio nei vasi sanguigni, e questo è il motivo per cui *gluco* è parte del loro nome. Inoltre, sopprimono le infiammazioni e le altre risposte del sistema immunitario, e sono spesso usati nei medicinali farmaceutici.

I *mineralcorticoidi* influenzano l'equilibrio di acqua e sodio nel corpo. L'ormone più importante in questa categoria è l'*aldosterone*. Il suo bersaglio sono i tubuli renali per facilitare il riassorbimento del sodio nei vasi sanguigni. Il sodio porta acqua nei vasi sanguigni e di conseguenza ne viene conservata di più nel corpo e il volume delle urine si riduce (vedi "Riassorbimento dell'acqua e delle sostanze nutritive" a pagina 87).

Gli *androgeni* sono secreti dalla corteccia surrenale. Sono spesso chiamati "ormoni maschili", ma sono prodotti sia nei maschi che nelle femmine.



Gli ormoni della corteccia surrenale sono regolati dall'ormone *adrenocorticotropo*, che è secreto dall'ipofisi anteriore, giusto?



Giusto. E se vengono secreti troppi ormoni glucocorticoidi dalla corteccia surrenale, la quantità

L'ANDROSTENEDIONE: UN PRECURSORE DEGLI ORMONI SESSUALI

L'*androstenedione* è un androgeno secreto dalle ghiandole surrenali che viene convertito in testosterone ed estrogeni nei grassi e in altri tessuti sparsi per tutto il corpo. Il livello di estrogeni prodotto dalle ghiandole surrenali è piccolo se confrontato con quello delle ovaie nelle donne più giovani, ma questa piccola quantità è quella necessaria nelle donne dopo la menopausa e negli uomini.

di ormone adrenocorticotropo viene ridotta per bilanciare le cose. Questo è un esempio di feedback negativo (come mostrato in "Bilanciamento dei livelli ormonali" a pagina 207).

Ed ora, parliamo della midollare surrenale, che secerne l'*adrenalina*. La midollare surrenale rilascia più adrenalina quando viene stimolata dal sistema nervoso simpatico (parte di quella che viene spesso chiamata risposta "fight or flight"). In altre parole, i livelli di adrenalina crescono quando si è eccitati, impauriti o nel bel mezzo di un'attività pesante. La



midollare surrenale è quasi un'estensione del sistema nervoso simpatico (vedi figura 10.8).

Figura 10.8: La midollare surrenale e il sistema nervoso simpatico lavorano assieme per rilasciare alte dosi di adrenalina.

PANCREAS



Il *pancreas* ha la duplice funzione di ghiandola *esocrina* e ghiandola *endocrina*. Una ghiandola esocrina secerne il suo prodotto in un condotto che collega un'area del corpo a un'altra, interna o esterna al corpo stesso. In questo caso, il prodotto è il succo digerente pancreatico secreto nel duodeno attraverso il dotto pancreatico. Ma come *ghiandola endocrina*, il pancreas secerne anche ormoni direttamente nel flusso ematico. Questa funzione endocrina è svolta da gruppi di cellule che sono sparse per il pancreas come isole. Tutte insieme sono chiamate *isole di Langerhans* (figura 10.9). Le isole di Langerhans comprendono cellule A (cellule alfa) che secernono il glucagone e cellule B (cellule beta) che secernono insulina.

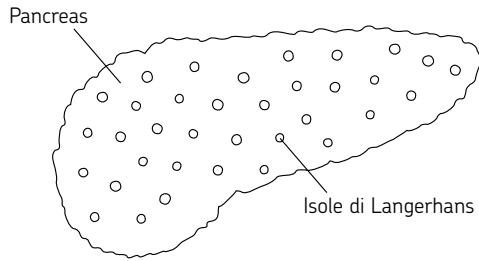


Figura 10.9: Il pancreas contiene più di un milione di isole di Langerhans.

L'insulina regola il livello di zuccheri nel sangue. Se gli zuccheri nel sangue aumentano, il pancreas rilascia più insulina per abbassarli (figura 10.10).



Figura 10.10: L'insulina chiede ai muscoli e alle cellule di grasso di assorbire l'eccesso di glucosio per ridurre il livello di zucchero nel sangue.



L'insulina è l'unico ormone che fa diminuire il livello di zuccheri nel sangue, dico bene?



Esatto. Molti ormoni aumentano il livello di zuccheri nel sangue (inclusi l'adrenalina, l'ormone della crescita, i glucocorticoidi e gli ormoni tiroidei), ma l'insulina è l'unico che lo abbassi (figura 10.11). Questo è il motivo per cui l'insulina è così importante.

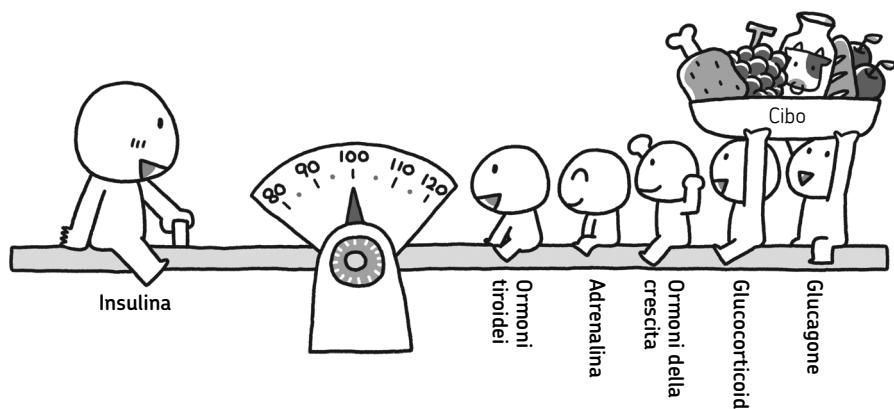


Figura 10.11: L'insulina è l'unico ormone che abbassa il livello di zuccheri nel sangue.

Se non c'è abbastanza insulina o se le cellule non rispondono in modo appropriato alla produzione di insulina, il livello di zuccheri nel sangue può crescere. Questa condizione è chiamata **diabete mellito**. Le persone con questa condizione devono controllare attentamente la loro dieta e possono aver bisogno di prendere medicine o assumere ulteriore insulina tramite iniezioni.

DIABETE DI TIPO 1 E 2

Il diabete mellito è classificato in tipo 1 e tipo 2. Il tipo 1 è causato dalla perdita di capacità di produrre insulina. Si manifesta normalmente durante l'infanzia. Nonostante sia incurabile, può essere gestito tramite la somministrazione di iniezioni di insulina più volte al giorno. Le persone diabetiche misurano il livello di zuccheri nel sangue per sapere quando devono mangiare qualcosa o iniettare insulina.

Il diabete di tipo 2 si ha quando le cellule cessano di rispondere bene all'insulina e quindi assorbono meno glucosio dal flusso del sangue. Questa disfunzione di solito appare per la prima volta tardi nell'arco della vita, ed è associata a fattori di rischio dovuti allo stile di vita e ad altri disordini metabolici come l'obesità. I trattamenti sono mirati ad agire su diverse parti del sistema di regolazione del glucosio: sugli zuccheri introdotti nella dieta, sulle cellule che sono diventate meno sensibili all'insulina, sul fegato (che rilascia il glucosio) e sul pancreas (che continua a produrre insulina).

Il **glucagone** fa il contrario dell'insulina: aumenta il livello di zuccheri nel sangue scomponendo il glicogeno nel fegato, il quale rilascia il glucosio così ottenuto nel flusso sanguigno (figura 10.12).

**IL LIVELLO DI ZUCCHERI NEL SANGUE È SCESO!
È TEMPO DI METTERSI AL LAVORO, FEGATO!**

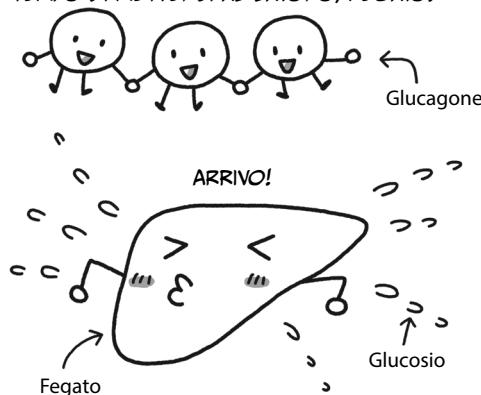


Figura 10.12: Quando il livello di zuccheri nel sangue si abbassa, il glicogeno viene scomposto nel fegato per produrre glucosio che viene rilasciato nel sangue.

ORMONI SESSUALI

Infine, abbiamo gli ormoni sessuali, che sono responsabili dello sviluppo dei *caratteri sessuali primari* e secondari. I caratteri sessuali primari sono quelli già formati e riconoscibili alla nascita, come i genitali. I *caratteri sessuali secondari*, invece, compaiono più tardi nella vita, il più delle volte a partire dalla pubertà. Le caratteristiche secondarie maschili comprendono la voce profonda e la crescita accelerata di peli sul corpo e sul viso;



nelle femmine, la crescita del seno e le mestruazioni.

Gli ormoni maschili (chiamati anche *androgeni*) sono secreti principalmente dai testicoli, ma piccole quantità possono essere secrete anche dalla corteccia surrenale. Gli ormoni femminili comprendono gli *estrogeni* e il *progesterone*. Entrambi sono secreti dalle ovaie e sono regolati dall'ipofisi tramite le *gonadotropine*.



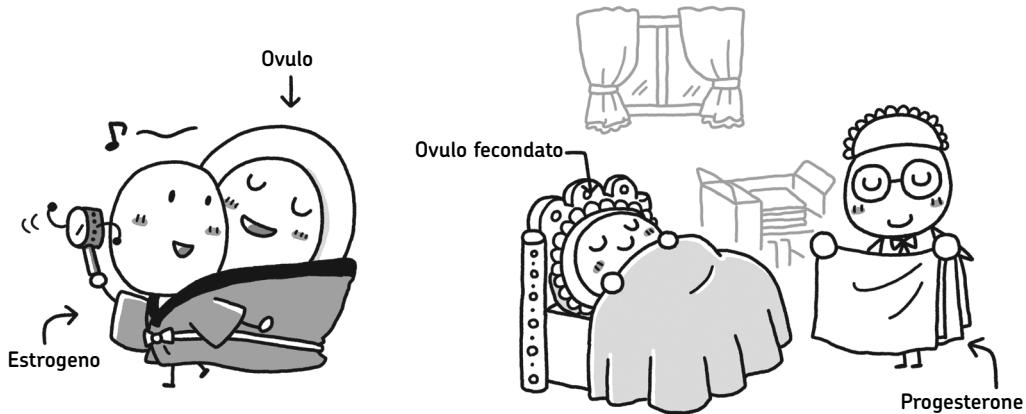
Il ciclo mestruale è causato dagli estrogeni e dal progesterone, giusto?



Sì, il ciclo mestruale è il risultato degli ormoni femminili, la cui funzione principale è quella di aiutare il concepimento e la nascita della prole. Le ovaie e l'utero si preparano alla possibilità del concepimento, ricominciando il ciclo se l'ovulo non è stato fecondato.

Ma parliamo un po' più in dettaglio di estrogeni e progesterone. Come mostrato in figura 10.13), gli estrogeni secreti dalle ovaie provocano la maturazione di un ovulo fino a quando non è pronto per essere rilasciato per il suo viaggio verso l'utero, processo noto come ovulazione. Contemporaneamente, gli estrogeni causano l'ispessimento dell'endometrio, cioè del rivestimento dell'utero, in preparazione del possibile arrivo dell'ovulo fecondato. In altre parole, gli estrogeni lavorano per aiutare il concepimento.

Dopo che è avvenuta l'ovulazione, nell'ovario il follicolo diventa corpo luteo, che secerne progesterone per arricchire l'endometrio (figura 10.13). Questo rende l'impianto dell'ovulo fecondato più facile. Se l'ovulo non è stato fecondato, l'endometrio non è più utile e viene espulso durante la mestruazione.



Gli estrogeni aiutano l'ovulo a maturare fino a che non è pronto per l'ovulazione.

Il progesterone aspira a preparare un letto confortevole e a proteggere l'ovulo fecondato nel suo impianto nell'utero.

Figura 10.13: Estrogeni e progesterone svolgono funzioni differenti.

Abbiamo parlato di molti ormoni differenti. Il diagramma a pagina 221 fornisce un sommario degli effetti principali degli ormoni più importanti. Nota che molti hanno delle abbreviazioni; in un contesto clinico gli ormoni vengono spesso indicati tramite le loro abbreviazioni.

PRINCIPALI ORGANI ENDOCRINI E ORMONI

Ipoftosi anteriore

Ormone	Effetti principali
Ormone della crescita (GH)	Promuove la crescita delle ossa
Tireotropina (TSH)	Provoca la secrezione degli ormoni tiroidei
Ormone adrenocorticotropo (ACTH)	Provoca la secrezione degli ormoni della corteccia surrenale
Ormone follicolo-stimolante (FSH)	Stimola lo sviluppo dei follicoli dell'ovaio
Ormone luteinizzante (LH)	Permette la formazione del corpo luteo
Prolattina	Aumenta la produzione di latte

Ipoftosi posteriore

Ormone	Effetti principali
Vasopressina (ormone antidiuretico)	Promuove il riassorbimento dell'acqua dai tubuli renali
Ossitocina	Provoca le contrazioni dell'utero e la lattazione

Corteccia surrenale

Ormone	Effetti principali
Glucocorticoidi	Inibiscono le infiammazioni e aumentano il livello di zuccheri nel sangue
Mineralocorticoidi	Promuovono il riassorbimento del sodio (Na) nei reni

Midollare surrenale

Ormone	Effetti principali
Adrenalina	Aumenta la pressione sanguigna e stimola il cuore

Tiroide

Ormone	Effetti principali
Triiodotironina (T3)	Aumentano il metabolismo
Tiroxina (T4)	

Paratiroidi

Ormone	Effetti principali
Paratormone (PTH)	Aumenta il livello di calcio nel sangue

Pancreas

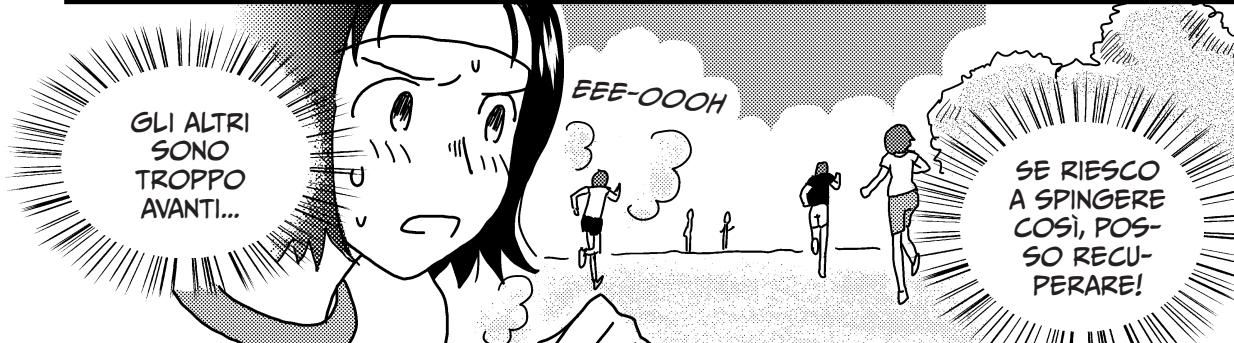
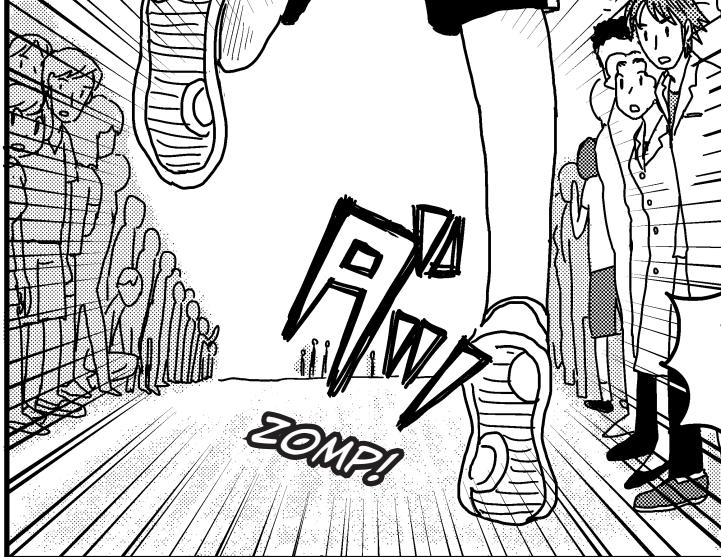
Ormone	Effetti principali
Insulina	Diminuisce il livello di zuccheri nel sangue
Glucagone	Aumenta il livello di zuccheri nel sangue

Ovaie

Ormone	Effetti principali
Estrogeni	Fanno avvenire la gravidanza
Progesterone	Fa progredire la gravidanza

Testicoli

Ormone	Effetti principali
Androgeni	Controllano le caratteristiche maschili



MI SONO
ALLENATA
DURAMENTE, E
HO STUDIATO
ANCHE PIÙ
DURAMENTE.

OUCH

!!

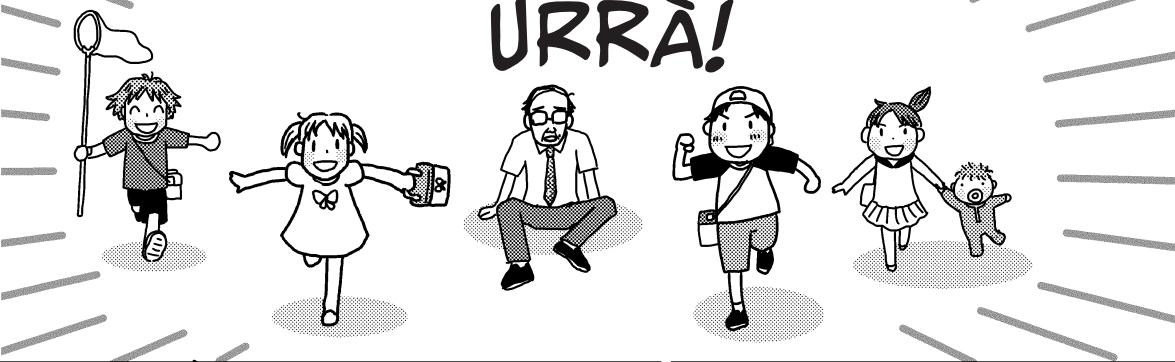
EEE-
OOOH

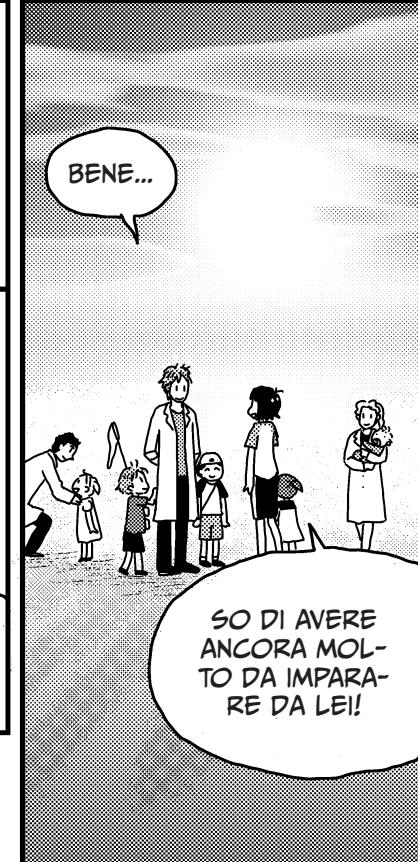
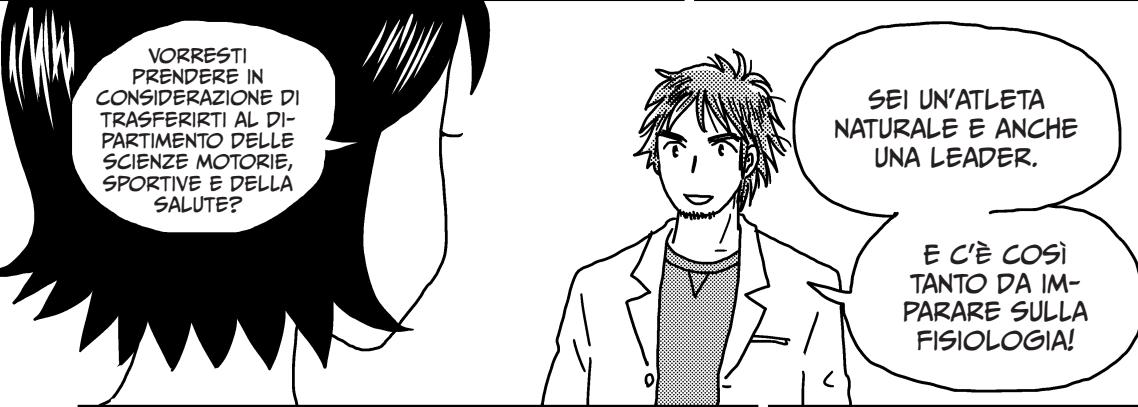
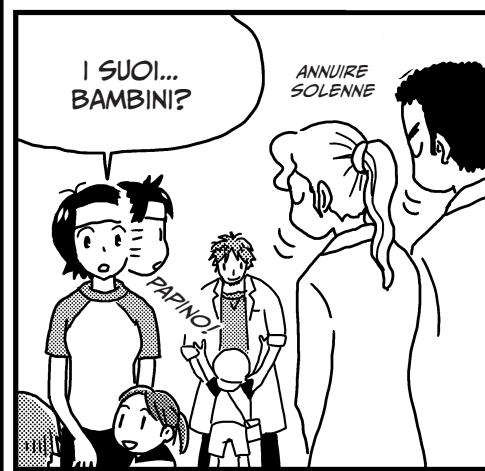
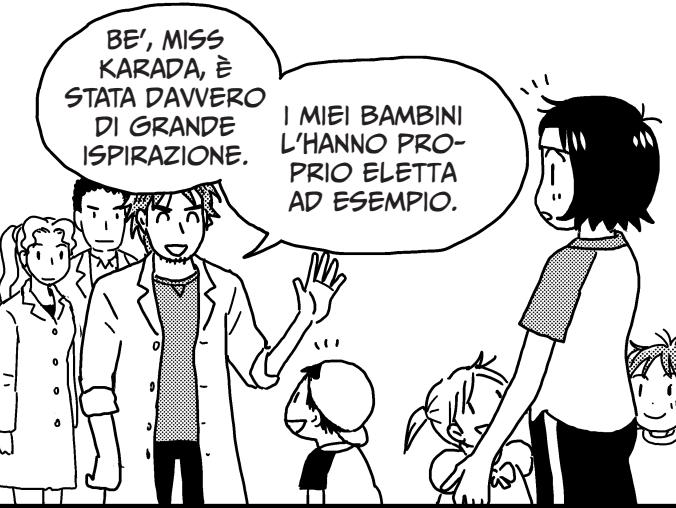
NON MI
ARRENDERÒ
ORA!





URRÀ!





POSTFAZIONE

LA CREAZIONE DI QUESTO LIBRO

Qual'è il miglior modo per imparare l'anatomia? È quello che ci siamo chiesti scrivendo questo libro, e speriamo che Osamu e Kumiko abbiano dimostrato che il modo migliore non passa per la memorizzazione meccanica.

Kumiko scopre presto che la fisiologia è molto più interessante quando te ne interessi a livello personale e ti identifichi con i processi che stai studiando.

Inoltre, anche se richiede memorizzazione, è importante raggiungere una comprensione più ampia di come le singole parti del corpo lavorano assieme. Ogni organo ha la propria funzione, ma gli organi lavorano anche in congiunzione tra loro. In maniera simile, il sangue, l'ossigeno, i nervi, gli ormoni e i fluidi linfatici collaborano per mandare avanti diverse funzioni che fanno parte di un'enorme network. Leggere questo libro vi aiuterà a capire queste relazioni, e quindi a comprendere meglio il corpo umano.

Eravamo consci del fatto che proporre un argomento così vasto in un solo libro sarebbe stato un compito arduo. Per questo motivo abbiamo utilizzato illustrazioni e scene facili da ricordare, piuttosto che tabelle anatomiche e diagrammi complicati, per aiutare i lettori a vedere la fisiologia come un argomento interessante e per conquistare quelli a cui la materia non era andata giù in precedenza.

Questo manga non dovrebbe essere l'unico testo da utilizzare se state preparando un esame di fisiologia, ma saremmo contentissimi se stimolasse interesse e desse un'educazione base di fisiologia, incoraggiando a continuare nello studio.

Infine, non in ordine di importanza, vorremmo cogliere l'occasione per esprimere sinceri ringraziamenti al professor Etsuro Tanaka della Tokyo University of Agriculture, che ci ha fornito la supervisione editoriale per questo volume; a Yasuo Suzuki, scrittrice in ambito medico che ha collaborato con noi; e a tutto lo staff del Development Department di Ohmsha.

BECOM CO., LTD.

INDICE

A

acetilcolina, 139
acidi grassi, 68–69
- essenziali, 68
acido citrico, ciclo, 74–76, 170
acidosi, 50–51, 98
acqua,
- fluido extracellulare, 102, 104–105
- fluido interstiziale, 102, 103–105
- fluido intracellulare, 102, 104
- fluido intravascolare, 102
- riassorbimento, 89, 93
acromegalia, 213
ACTH (ormone adrenocorticotropo), 216, 221
acuità visiva, 159
adattamento sensoriale, 155, 164
addominale, respirazione, (v. respirazione addominale)
adenosina trifosfato, (v. ATP)
ADH (ormone antidiuretico), 92–93, 221
adrenalina, 139, 208, 217, 221
albumina, 109
alcalosi, 50–51
aldosterone, 92, 93, 96, 216
allergie, 117
allosoni, 196
alveoli polmonari, 37
amidi, 66–67
amilasi, 76
amminoacidi, 70–71, 89
anabolismo, 71
androgeni, 216, 217, 220, 221

androstenedione, 217
anemia, 113
- aplastica, 113
- carenza di ferro, 113
angiotensina, 96
angolo venoso, sistema linfatico, 31–32
anidride carbonica, 37, 43–45, 48–49
ano, 57, 64
antigene, 114
anuria, 97
aorta, 15, 19
aploidi, cellule, 198
apparato circolatorio, 12–17
- branca destra del fascio, 22
- branca sinistra del fascio, 22
- circolazione polmonare, 15
- circolazione sistemica, 15
- cuore destro, 13–15
- cuore sinistro, 13–15
- fibre del Purkinje, 22
- His, fascio, 22
- miocardio, 15, 16–17, 22
- nodo atrioventricolare, 22–23
- nodo senoatriale, 16–17, 22–23
apparato muscolo-scheletrico, 167–183
- ossa, metabolismo delle, 182–183
- ossa, 180–183
- legamento, 173–177
- regolazione della temperatura corporea, 178–180
appendice vermiforme, 57
archicorteccia, 131, 132
aritmia, 24
arteria/e, 28, 180

- coronarie, 15, 25–26
- ossigeno, pressione parziale, 49
- polmonare, 19
- poplitea, 28
- radiale, 28
- temperatura corporea, 180
- temporale, 28
- terminali, 26
- ulnare, 28
articolazioni, 173–177
- articolazione a cardine, 175–176
- capsule articolari, 174
- cartilagine, 174
- dischi intervertebrali, 174
- giunto sferico, 175 -
- ginglimo angolare, 175
- legamenti, 174
- liquido sinoviale, 174
- movimenti, gamma, 175
- muscoli antagonisti, 176
- muscoli estensori, 176
- muscoli flessori, 176
aspirazione polmonare, 58
- trocleoartrosi, 175
assoni, 122
astigmatismo, 158
atmosfera, 48
ATP (adenosina trifosfato),
- acido citrico, ciclo, 74–75
- decomposizione, 74
- contrazione muscolare, 170
- grasso marrone, 178
atrio,
- destro, 13–15, 19
- sinistro, 13–15, 19
autosomi, cromosomi, 196

B

B, cellule di tipo, 115, 116

- basale, metabolismo, 214
Basedow, morbo, 214
basofili, 115
bastoncelli, 156, 159
battito cardiaco, 20
bilanciamento, 161–162
bile, 76, 79, 80
bilirubina, 79, 80, 114
Bowman, capsula, 85–86
brachiale, arteria, 28
brachicardia, 24
Broca, area, 132, 133
- C**
- calcitriolo**, 96–97
calcio,
 - ipercalcemia, 214
 - metabolismo, 97
 - ossa, 183
 - paratormoni, 215
canale alimentare, 56–58
capacità polmonare totale, 53
caratteri sessuali,
 - primari, 219–220
 - secondari, 219–220
carboidrati, 66–67
carotide, arteria, 28, 180
cartilagine, 174
catabolismo, 71
cavità,
 - midollare, 181
 - orale, 57
 - toracica, 38–39
cellule, 105, 185–190. (v.
 anche DNA)
 - aploidi, 198
 - cromosomi, 196
 - connettivo, tessuto, 190
 - citoplasma, 187
 - divisione, 196–198
 - epiteliale, tessuto, 190
 - germinali, 198
 - Golgi, apparato, 187
 - intracellulare, fluido, 102,
 104
- meiosi, 198
 - membrana, 187
 - mitocondri, 187–188
 - mitosi, 197
 - muscolare, tessuto, 190
 - nervoso, tessuto, 190
 - NK (natural killer), 115
 - nucleo, 187–188
 - organelli, 187
 - osmotica, pressione,
 106–109
 - progenitrici, 181
 - ribosomi, 187–188
 - riproduzione sessuale,
 198–201
 - tessuto, 190
centri respiratori, 43
cerebrospinale, fluido, 130
cervelletto, 130, 133
cervello, (v. anche sistema
 nervoso, sistema nervoso
 autonomo), 130, 138–141
 - danni cerebrali, 133–134
 - midollo spinale, 122,
 134–137
 - morte, (v. morte cerebrale)
 - percorsi, 136
 - sistema nervoso somatico,
 137–138
 - stato vegetativo, 133–134
 - struttura, 131–133
chiasma ottico, 157, 158
chimo, 61, 73
cieco, 57
ciglia, 200
cinestesia, 149
circolatorio, sistema, (v.
 sistema circolatorio)
circolazione,
 - polmonare, 13–15, 26–28
 - sistemica, 13–15, 26–28
cistite, 95
citoplasma, 187
cloridrico, acido (HCl), 60,
 72
coagulazione, 118
coagulo sanguigno, 117
- coclea**, 160
colesterolo, 68
collagene, 182
colloidoo-smotica,
 pressione, 109
complesso QRS, 19
conduzione ossea, (v. udito,
 conduzione ossea)
coni, 156, 159
cornea, 156
coronarie, arterie, 15, 25–26
corpo cellulare 122
corpo luteo, 199
corpuscolo renale, 85
corteccia,
 - cerebrale (materia grigia),
 131, 133
 - motoria, 132–133
 - sensoriale, 132–133
 - surrenale, 215–216, 221
 - uditiva, 132
 - visiva, 132, 157
corticale, osso, 181
cranici, nervi, (v. nervi
 cranici)
crasso, intestino, 57, 63–64,
 73
creatina, 170
creatinina, 83
cromosomi, 196
 - autosomi, 196
 - sessuali (allosomi), 196
cuore,
 - bambini/adulti, 24
 - battiti, 20
 - destro, 13–15
 - gittata sistolica, 24
 - insufficienza cardiaca, 98
 - sinistro, 13–15
 - sistema di conduzione ad
 impulsi, 12–17, 22–23
 - ventricolo sinistro, 13–15
- D**
- danni cerebrali, 133–134
defecazione, 63–64

deglutizione, 58, 72
dendriti, 138–141
deossiribonucleico, acido, (v. DNA)
derivazioni toraciche, elettrocardiogramma, 23
dermatite atopica (eczema), 117
diabete, - mellito, 219
- tipo 1, 219
- tipo 2, 219
diaframma, 38–40, 45
dialisi, reni, 98
diastolica, pressione, 30
diencefalo, 130
diffusione, processo, 47, 107
digerente, sistema, (v. sistema digerente)
digluno, 57, 62
diploidi, cellule, 196
disaccaridi, 67
dischi intervertebrali, 174
disidratazione, 111
- extracellulare, 111
disintossicazione, 78, 79
divisione cellulare, - cromosomi, 196
- meiosi, 198
- mitosi, 197
DNA (acido deossiribonucleico), 191–195
- geni, differenza, 192
- proteine, 191
- ricerca genetica, 194–195
dolore, - recettori, 154–156
- irradiato, 151
- riferito, 151
dorsale, - arteria del piede, 28
- radice (radice posteriore), 135
duodeno, 57, 61, 62, 73

E
eczema (dermatite atopica), 117
edema, 98, 109, 214
- polmonare, 98
elettrocardiogramma (ECG), 18–20
- derivazioni toraciche, 23–24
- onde P, 19
- onde T, 20
- QRS, complesso, 19
elettroliti, 108
elettroni, catena di trasporto, 75
ematocrito, 111
eme, 114
emoglobina, 80, 112–113
emolitica, anemia, (v. anemia)
emostasi, 117
endocrino, sistema, (v. sistema endocrino)
endometrio, 200, 220
energia anaerobica, 172
enterico, sistema nervoso, 141
eosinofili, 115
epatica, arteria, 78
epiglottide, 58
epiteliale, tessuto, 190
epitelio olfattivo, 162, 163
eritropoietina, 96
esofago, 57, 59–60
estrogeni, 183, 220, 221
Eustachio, trombe, 161
escrezione, 83–84
esocrina, ghiandola, 217

F
fagocitosi, 115
Fallopio, tube, 199
fascio, branca sinistra, 17, 22
feci, 63–64, 73
fecondazione, 198–201

fegato, - disintossicazione, 78
- apparato digerente, 78–80
- metabolismo, 79
- sangue, cellule, 114
femorale, arteria, 28, 180
fibre muscolari, 168–172
- adenosina trifosfato, 170
- bianche, 171–172
- energia anaerobica, 172
- mioglobina, 172–173
- muscoli lisci, 169
- muscoli scheletrici, 169
- muscolo cardiaco, 15–18, 22, 169
- rosse, 171–172
- striatura, 169
fibrillazione ventricolare, 98
fibrina, 117
fibrinogeno, 117
fibrinolisi, 118
filtrato glomerulare, 86, 90–91
fimbrie, 199
fluidi corporei, 99–118
- acqua, 102–105, 110–111
- disidratazione, 111
- fluido extracellulare, 102, 104–105
- fluido interstiziale, 102, 103–105
- fluido intracellulare, 102, 104
- fluido intravascolare, 102
- idratazione, 110
- pressione osmotica, 106–109
- sangue, 104, 111–118
follicoli ovarici, 198–199, 220
FSH (ormone follicolostimolante), 221

G
gameti, 198
gangli, 124

- geni,
 - DNA, differenze, 192
 - ricerche genetiche, 194–195
 germinali, cellule, 198
 gestazione, 201
 GH (ormone della crescita), 221
 - disfunzioni, 213
 ghiandole surrenali, 204, 215–217
 gigantismo, 213
 giunto,
 - articolazione, 175
 - sferico, 175
 glicerolo, 69
 glicogeno, 219
 glicolisi, 75
 globuli bianchi,
 - cellule di tipo B, 115
 - difese, 116
 - granulociti, 115
 - linfociti, 115
 - monociti, 115
 - tipi, 115
 globuli rossi, 112–114
 - anemia, 113
 - antigeni, 114
 - emoglobina, 112–113
 - riassorbimento da parte di fegato e milza, 114
 glomerulo, 84–85, 89
 glucagone, 208, 219, 221
 glucocorticoide, 208, 216, 221
 glucosio, 66–67
 - cervello, 134
 - fegato, 79
 - pressione osmotica, 108
 - riassorbimento, 89
 Golgi, apparato, 187
 gonadotropina, 220
 granulociti, 115
 grassi/o,
 - acidi, 68–69
 - colesterolo, 68
 - insaturi, 69
- lipidi, 68–69
 - marrone, 178
 - neutri, 68–69
 - saturi, 69
 Graves, malattia, 214
 gravidanza, 196, 199, 200–201, 220. (v. anche riproduzione sessuale)
 gusto,
 - odori, 164
 - bottoni gustativi, 164, 165
- H**
 HCl (acido cloridrico), 60, 72
 His, fascio, 17, 19, 22
- I**
 idratazione, 110
 ileo, 57, 62
 incudine, 159
 insufficienza renale, 97–98
 insulina, 218–219, 221
 interstiziale, fluido, 102–105
 intestino,
 - crasso, 57, 63–64, 73
 - tenue, 57, 62–63, 73
 intracellulare,
 - disidratazione, 111
 - fluido, 102, 104
 intravascolare, fluido, 102
 iperalgesia, 154
 ipercalcemia, 214
 ipermetropia, 158
 ipertiroidismo, 214
 iperventilazione, 51
 ipofisi, 204, 212–213
 - anteriore, 221
 - posteriore, 221
 ipoproteinemia, 109
 ipotalamo, 204, 212–213
 ipotiroidismo, 214
 ipoventilazione, 51
 iride, 156
- K**
 Korotkoff, tono, 30
 Krebs, Hans Adolf, 76
 Krebs, ciclo (acido citrico, ciclo), 74–76, 170
- L**
 Langerhans, isole, 217, 218
 lattosio, 66–67
 legamenti, 174
 LH (luteinizzante, ormone), 221
 linfa, 31
 - flusso, 31
 - sistema, 31–32
 linfociti, 115
 linfoma, 32
 lingua, 164–165
 lipasi, 76
 lipidi, 68–69
 liquido sinoviale, 174
 luteinizzante, ormone (LH), 221
- M**
 macrofagi, 115, 116
 macula, 156, 159
 maltosio, 66–67
 martello, 159
 masticazione, 57, 72
 materia bianca, 131
 materia grigia (corteccia cerebrale), 131, 133
 megacariociti, 117
 meiosi, 198
 membrana,
 - cellulare, 187
 - semipermeabile, 106–109
 - timpanica (timpano), 159
 meningi, 130
 menopausa, 183, 217
 mesencefalo, 130
 metabolismo,
 - adenosina trifosfato, 74–76

- fegato, 78–80
 - ossa, 182–183
 - fegato, 78–80
 - microtubuli, 197
 - midollare surrenale, 215–216, 221
 - midollo,
 - allungato, 130
 - osseo, 181 - midollo spinale, 134–137
 - percorso delle cellule nervose, 136
 - prenatale e postnatale, 135
 - scorciatoia del riflesso spinale, 137
 - millimetri di mercurio (mmHg),
 - pressione sanguigna, 31 - milza, 114
 - minerali, 89
 - mineralcortidi, 216, 221
 - minzione, 93–95
 - miocardio (muscolo cardiaco), 15–18, 22, 169
 - mitocondri, 187–188
 - mitosi, 197
 - monitoraggio del sangue, 95–96
 - monociti, 115, 116
 - monosaccaridi, 67
 - morte cerebrale, 134
 - moto rotatorio, 161, 162
 - movimenti e forme d'onda, cuore,
 - complesso QRS, 19
 - elettrocardiogramma, 18–20
 - onda P, 19
 - onda T, 20 - muco, barriera di, 60
 - muscoli,
 - estensori, 176
 - extraoculari, 157
 - flessori, 176
 - intercostali, 41, 45
 - intercostali esterni, 41, 45
 - lisci (involontari), 169 - mutuamente antagonisti, 176
 - sfintere interno, 94
 - muscoli scheletrici, 169
 - temperatura corporea, e, 178
 - fibre muscolari rosse, 171–172
- N**
- naso, 162–164
 - nefrone, 88
 - NK (natural killer), cellule, 115
 - neocorteccia, 131, 132
 - nervi/o,
 - autonomi, 123–124
 - cranici, 137–138
 - motori, 123–124
 - sensitivi, 123–124
 - spinali, 137–138
 - spinali, radice anteriore, 135
 - spinali, radice posteriore (dorsale) dei, 135
 - ottico, 156
 - vago, 137 - neuroni, 121, 122, 123
 - neurotrasmettitori, 122, 141
 - neutrofili, 115, 116
 - nodo,
 - atrioventricolare, 16–17, 19, 22
 - senoatriale, 16–17, 19, 22, 25 - noradrenalina, 139
 - nucleo, 187–188
 - nutrienti, 65–71
 - carboidrati, 65–67
 - grassi, 65, 68–69
 - proteine, 65, 70–71
- O**
- occhi, 156–159
 - astigmatismo, 158
- bastoncelli, 156, 159
 - chiasma ottico, 157, 158
 - colori e luci, 159
 - coni, 156, 159
 - cornea, 156
 - cristallino, 156
 - extraoculare, muscolo, 157
 - ipermetropia, 158
 - iride, 156
 - macula, 156, 159
 - miopia, 158
 - nervo ottico, 156
 - presbiopia, 158
 - profondità, percezione, 156–157
 - punti ciechi, 159
 - pupilla, 157
 - retina, 156
 - struttura, 157
 - odori, 163
 - olfatto, 162–164
 - oliguria, 97
 - omeostasi, 50, 89, 92–95
 - omeotermico, 178
 - oncotica, pressione, 109
 - onde P (elettrocardiogramma), 19
 - orecchio, 159–161
 - esterno, 159
 - interno, 159, 161–162
 - medio, 159
 - pressione, regolazione, 161
 - struttura 160 - organelli, 187
 - ormone/i, (v. anche, sistema endocrino)
 - adrenalina, 139, 208, 217, 221
 - adrenocorticotropo (ACTH), 216, 221
 - aldosterone, 92, 93, 96, 216
 - androgeno, 216, 217, 220, 221
 - androstenedione, 217
 - angiotensina, 96

- antidiuretico (ADH), 92–93, 221
- bilanciamento, 207–208
- crescita (GH), 221
- eritropoietina, 96
- estrogeni, 183, 220, 221
- follicolostimolante (FSH), 221
- glicogene, 219
- glucagone, 208, 219, 221
- glucocorticoide, 208, 216, 221
- insulina, 218–219, 221
- luteinizzante (LH), 221
- mineralocortide, 216, 221
- ossitocina, 221
- paratormone (PTH), 214, 215, 221
- progesterone, 220, 221
- prolattina, 221
- renina, 96
- sessuale, 219–220
- somatostatina, 213
- steroide, 216
- tireotropina (TSH), 213, 221
- tiroxina (T4), 214, 221
- triiodotironina (T3), 214, 221
- vasopressina, 92–93, 221
- osmosi, 107–108
- ossa/o, 180
 - midollo, 181
 - calcio, 183
 - collagene, 182
 - corticale, 181
 - cavità midollare, 181
 - trabecolare (spugnoso), 181
 - ossa, metabolismo,
 - estrogeni, 183
 - ossificazione, 182
 - osteoblasti, 182
 - osteoclasti, 182–183
 - osteoporosi, 183
 - riassorbimento, 182
 - ossicini uditivi, 159–160
- ossidazione, 74
- ossificazione, 182
- ossigeno. (v. anche sistema respiratorio)
 - ossitocina, 221
 - reni, 96
 - scambio di gas, 37
- osteoblasti, 182
- osteoclasti, 182–183
- osteoporosi, 183
- ovaie, 204, 221
- ovulazione, 198–199, 220
- ovulo, 198–199
- P**
- paleocorteccia, 131, 132
- pancreas, 61, 204, 217–219, 221
- papille gustative, 165
- paratiroidi, ghiandole, 214–215, 221
- pepsina, 60, 70
- peptide, 70–71
- percorso afferente, 136
- perdita neurosensoriale dell'udito, 161
- peristalsi, 59, 62
- pH, 50
- piastrine, 117–118
- plasma, 111, 118
- plesso nervoso, 138
- PNS (sistema nervoso parasimpatico), 24–25, 138–140
- polisaccaridi, 67
- polmoni,
 - capacità vitale, 53
 - circolazione sanguigna, 27
 - circolazione polmonare, 13–15, 26–28
 - funzionalità respiratoria, test, 52–53
 - ventilazione, 37–41
- ponte, 130
- potassio,
 - fluido intracellulare, 105
- riassorbimento, 89
- insufficienza renale and, 98
- presbiopia, 159
- pressione oncotica (o colloidoo-smotica), 109
- pressione osmotica,
 - diffusione, 107
 - elettroliti, 108
 - glucosio, 108
 - membrana semipermeabile, 106–109
 - pressione oncotica, 109
 - proteine, 108, 109
- pressione,
 - parziale, 43–45, 48–49
 - sanguigna, (v. sangue, pressione)
 - sistolica, 30
- proenzima (zimogeno), 60
- profondità, percezione, 156–157
- progesterone, 220, 221
- prolattina, 221
- propriocezione, 148–149
- proteasi, 76–77
- proteine,
 - collagene, 182
 - DNA, 191
 - fonte di energia, 65
 - ipoproteinemia, 109
 - metabolismo, 70–71
 - pressione osmotica, 108, 109
- PTH (paratormone), 214, 215, 221
- punti ciechi, 159
- pupille, 157
- Purkinje, fibre del, 17, 19, 22
- Q**
- QRS, complesso, 19

R

- radice,
 - anteriore, 135
 - ventrale, 135
- reni e sistema renale, 81–98
 - Bowman, capsula, 85–86
 - corpuscoli renali, 85
 - creatinina, 83
 - dialisi, 98
 - escrezione, 83–84
 - glomerulo, 84–85, 89
 - Henle, ansa, 88
 - insufficienza renale, 97–98
 - minzione, 93–95
 - nefrone, 88
 - omeostasi, 89, 92–95
 - riassorbimento, 87–89
 - sangue, filtraggio, 83–86
 - sangue, monitoraggio, 95–96
 - tubulo contorto distale, 88
 - tubulo contorto
- prossimale, 88
 - tubulo, renale, 87–89
 - urea, 83
 - urico, acido, 83
 - urina, 83–84, 90–95
 - urina primaria, 86, 90–91
 - urobilinogeno, 83
 - vitamina D, attivazione, 96–97
- renina, 96
- respirazione,
 - addominale, 40, 42
 - esterna, 46–47
 - interna, 46–47
 - toracica, 40–41
- retina, 156
- retto, 57, 64, 73
- riassorbimento, 182
 - tubulo contorto distale, 88
 - glomerulo, 89
 - omeostasi, 89
 - ansa di Henle, 88
 - nefrone, 88
 - tubulo contorto
- prossimale, 88

S

- tubulo renale, 87–89
- ribosomi, 187–188
- riflessi, 64
- riflesso spinale, 125
- riproduzione asessuata, 198
 - riproduzione sessuale, 198–201
 - cellule aploidi, 198
 - cellule riproduttive, 198
 - cellule uovo, 198–199, 220
 - ciglia, 200
 - corpo luteo, 199
 - endometrio, 200
 - fecondazione, 200–201
 - fimbrie, 199
 - follicoli ovarici, 198–199
 - gestazione, 201
 - gravidanza, 196, 199, 200–201, 220
 - impianto, 201
 - interfase cellulare, 198
 - ovulazione, 198–199
 - riproduzione asessuata, 198
 - spermatozoi, 198
 - tube di Fallopio, 199
- saccarosio, 66–67
- saliva, 57, 72, 76
- sangue,
 - arterioso, 27, 112
 - circolazione polmonare, 13–15, 26–28
 - circolazione sistemica, 13–15, 26–28
 - coagulo, 117
 - componenti, 111, 112
 - fluido extracellulare, 104
 - fluido interstiziale, 104–105
 - globuli bianchi, 115–116
 - globuli rossi, 112–114
 - piastrine, 117–118
 - plasma, 111, 118
 - tipi, 114
- venoso, 27, 112
- venoso periferico, 112
- sangue, pressione, 29
 - diastolica, 30
 - fattori determinanti, 29
 - Korotkoff, tono, 30
 - misurazione, 30–31
 - reni, 96
 - sistolica, 30
 - unità di misura, 31
- sensazione,
 - profonda, 149
 - somatiche, 149–150
 - viscerali, 150–151
- serotonin, 141
- sfintere anale, 64
- sinapsi, 122
- sistema limbico cerebrale, 130, 163
- sistema circolatorio,
 - arterie coronarie, 25–26
 - conduzione elettrica, sistema, 12–17, 22–23
 - cuore, movimenti e forme d'onda, 18–20
 - elettrocardiogramma, 23–24
 - immunitario, 114, 115, 117, 216
 - linfatico, sistema, 31–32
 - polmonare, circolazione, 26–28
 - pressione sanguigna, 29–31
 - sistema nervoso, influenza, 24–25
 - sistemica, circolazione, 26–28
- sistema digerente, 55–80
 - acido citrico, ciclo, 74–76
 - adenosina trifosfato (ATP), 74–75
 - ano, 64
 - canale alimentare, 56–58
 - deglutizione, 72
 - duodeno, 61, 73
 - enzimi, 57–58, 76–77

- esofago, 59–60
- fegato, 78–80
- fluidi, 76
- intestino crasso, 63–64, 73
- intestino tenue, 62–63, 73
- masticazione, 72
- metabolismo, 65–71
- nutrienti, 65–71
- pancreas, 61
- retto, 64, 73
- saliva, 72
- stomaco, 59–60, 72
- sistema endocrino,
 - corteccia surrenale, 221
 - ghiandole surrenali, 204, 215–217
 - ipofisi anteriore, ormoni, 221
 - ipotalamo, 204, 212–213
 - livelli ormonali, bilanciamento, 207–208
 - midollare surrenale, 221
 - ormone della crescita, disfunzioni, 213
 - ormoni, 205–206
 - ormoni sessuali, 219–220
 - ovaie, 204, 221
 - pancreas, 204, 217–219, 221
 - paratiroidi, 214–215, 221
 - pituitaria. ghiandola, 204, 212–213
 - reni, 95–96
 - sistema nervoso autonomo, confronto, 205–206
 - testicoli, 204, 221
 - tiroide, ghiandola, 204, 213–214, 221
 - sistema nervoso, 119, 120, (v. anche sistema nervoso sensoriale)
 - autonomico, 138–141
 - centrale, 130
 - gangli, 124
 - nervi autonomici, 123–124
 - nervi motori, 123–124
 - nervi sensori, 123–124
 - neuroni, 121, 122, 123
 - periferico, 123–128
 - sistema circolatorio, effetti sul, 24–25
 - somatico, 137–138
 - riflesso spinale, 125
 - telencefalo, 125–128
 - sistema nervoso autonomo,
 - apparato circolatorio, relazione, 24–25
 - enterico, 141
 - parasimpatico, 138–141
 - simpatico, 138–141
 - sistema endocrino, raffronto, 205–206
 - sistema nervoso sensoriale, 143–165
 - adattamento sensoriale, 155
 - cinestesia, 149
 - equilibrio e orecchio interno, 161–162
 - gusto e lingua, 164–165
 - olfatto e naso, 162–164
 - propriocezione, 148–149
 - sensazione somatica, 149
 - sensazione viscerale, 150–151
 - sensazioni profonde, 149
 - sensazioni superficiali, 146–148
 - soglie, 151–155
 - udito e orecchio, 159–161
 - vista e occhio, 156–159
 - sistema renale, (vedi reni e sistema renale)
 - sistema respiratorio, 33–53
 - acidosi, 50–51
 - alcalosi, 50–51
 - alveoli, 46
 - diffusione, 47
 - iperventilazione, 51
 - ipoventilazione, 51
 - metabolismo, 36
 - polmoni, 52–53
 - pressioni parziali dei gas nel sangue, 48–49
 - respirazione, controllo, 42–45
 - respirazione esterna, 46–47
 - respirazione interna, 46–47
 - scambio gassoso, 46–47
 - spirogramma, 52
 - ventilazione, 37–41
 - sistema vestibolare, 161–162
 - SNS (sistema nervoso simpatico), 24–25, 138–140
 - soglie, 152–155
 - solco centrale, 132
 - soluto, 107, 111
 - somatostatina, 213
 - spermatozoi, 196, 198
 - spirogramma, 52
 - staffa, 159
 - stomaco, 57, 59–60, 72
 - striatura, 169
 - succhi gastrici, 76
 - succo pancreatico, 61
 - sudorazione, 179–180
 - surnatante, 111

T

- tachicardia, 24, 214
- telencefalo, 130
- prenatale e postnatale, 135
- sistema nervoso, 125–128
- temperatura corporea,
 - arterie, 180
 - raffreddamento evaporativo, 180
 - regolazione, 178
 - sudorazione, 179–180
 - tremore, 179
- tessuto, 190
- connettivo, 190
- muscolare, 190
- nervoso, 190
- testicoli, 204, 221

timpano (membrana timpanica), 159
tireotropina (TSH), 213, 221
tiroide, ghiandola, 204, 213–214, 221
tiroxina (T4), 214, 221
tratto urinario, 94
tremore, 179
triiodotironina (T3), 214, 221
tricuspidie, 15
trigliceridi, 69
tronco encefalico, 43, 45, 130
tubulo,
- collettore, 97–98
- contorto distale, 88
- contorto prossimale, 88
- renale, 87–89

U

udito, 159–161
- conduzione ossea, 161
- perdita, 160–161
uremia, 97
uretra, 95
urico, acido, 83
urina, 83
- anuria, 97
- omeostasi, e, 90–95
- oliguria, 97
- primaria (filtrato glomerulare), 86, 90–91
- residuale, 94
urobilinogeno, 83
UTI (infezione tratto urinario), 95

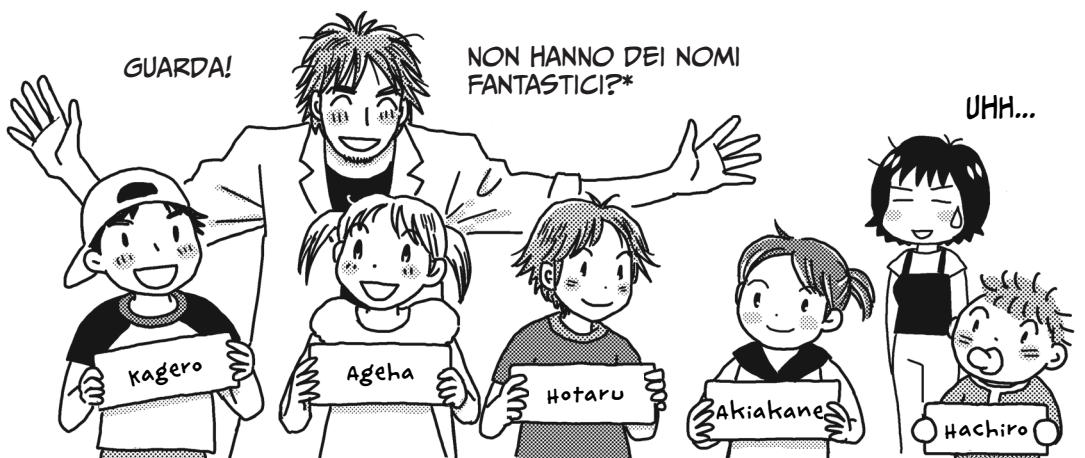
V

valore soglia, 154
valvola cardiaca,
- aortica, 15
- mitrale, 15
- polmonare, 15
- tricuspidie, 15

vasopressina (ormone antidiuretico), 92–93, 221
vena, 28
- cava, 15
- cubitale mediana, 28
- cuore, 15
- giugulare interna destra, 31
- giugulare interna sinistra, 31
- mesenterica, 78
- polmonare, 15
- porta, 78
- suclavia destra, 31
- suclavia sinistra, 31
- superficiale, 28
ventilazione,
- alveoli polmonari, 37
- anidride carbonica, 37
- cavità toracica, 38–39
- diaframma, 38–40
- muscoli intercostali, 41
- ossigeno, 37
- polmoni, 38–39
- respirazione addominale, 40
- respirazione toracica, 40–41
- scambio gassoso, 37
ventricolo,
- destro, 13–15
- sinistro, 13–15
vescica, 93–95
vibrazione, 149
vista, 156–159
vitamina D, 96, 97
vitamine, riassorbimento, 89
volume,
- corrente, respirazione, 42
- residuo, polmoni, 53

W
Wernicke, area, 132, 133

Z
zimogeno (proenzima), 60



DA SINISTRA A DESTRA: KAGERO = EFFEMERA ; AGEHA (CHOU) = PAPILLONIDA;
HOTARU = LUCCIOLA; AKIAKANE = LIBELLULA ; HACHIRO = APE.

L'AUTORE

Etsuro Tanaka è un dottore in medicina che si è specializzato in fisiologia e scienze nutrizionali. È professore nella facoltà di Bio-Scienze Applicate presso la Tokyo University of Agriculture, e ha anche scritto alcuni libri di fisiologia per studenti infermieri, molto popolari.

UN'AFFASCINANTE GUIDA ALL'ALGEBRA LINEARE. A FUMETTI!



L'ASPIRANTE INFERNIERA KUMIKO È APPENA STATA BOCCIATA ALL'ESAME DI ANATOMIA E LE RESTA SOLO UN'ULTIMA POSSIBILITÀ. MA È FORTUNATA, PERCHÉ IL NUOVO DOCENTE DI SCIENZE DELLA SALUTE, PROFESSOR KASEI, HA BISOGNO DI UNA CAVIA PER LE SUE LEZIONI.

UNITEVI A KUMIKO CHE NE **I MANGA DELLE SCIENZE - ANATOMIA** VIENE INIZIATA AI MISTERI DELL'ORGANISMO MENTRE SI PREPARA AD UN'IMPORTANTE MARATONA. IMPARERETE COSÌ A CONOSCERE:

- » IN QUALE MODO IL SISTEMA DIGERENTE E IL CICLO DELL'ACIDO CITRICO ELABORANO IL CIBO PER OTTENERNE NUTRIENTI ED ENERGIA;
- » IN QUALE MODO L'ORGANISMO REGOLA LA PROPRIA TEMPERATURA E I SUOI VARI FLUIDI;
- » IL POTENTE SISTEMA DIFFENSIVO DELL'ORGANISMO, GOVERNATO DALLE CELLULE T E MESSO IN ATTO DAI MACROFAGI;
- » L'ARCHITETTURA DEL SISTEMA NERVOSO CENTRALE;
- » I NUMEROSI TALENTI DEI RENI: FILTRAGGIO DEL SANGUE E OMEOSTASI.

AVRETE INOLTRE UNA PANORAMICA DI ESAMI E PROCEDURE MEDICHE COME ELETTROCARDIOGRAMMI, MISURAZIONE DELLA PRESSIONE SANGUIGNA, SPIROMETRIE E ALTRE ANCORA.

SE COME KUMIKO STATE RIPASSANDO PER UN ESAME, O VOLETE SEMPLICEMENTE RINFRESCARE I VOSTRI STUDI, **I MANGA DELLE SCIENZE - ANATOMIA** SARÀ LA VOSTRA GUIDA AI MISTERI DEL CORPO UMANO.



la Repubblica Le Scienze



600012
Pubblicazione settimanale da vendersi esclusivamente
in abbinamento a la Repubblica oppure a Le Scienze.
Supplemento al numero in edicola.

9,90 euro + il prezzo di Repubblica oppure di Le Scienze.