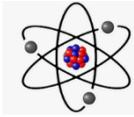


Rinnovamento cellulare e composizione del corpo umano

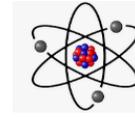
a cura di Giancarlo Buccella



Composizione del corpo umano



Numero di Atomi: $7 \cdot 10^{27}$



Questa stima è considerata ragionevole, sebbene sia quasi impossibile fornire un numero esatto. Diverse fonti scientifiche collocano il numero di atomi in un essere umano adulto di circa 70 kg in un ordine di grandezza compreso tra $7 \cdot 10^{27}$ e 10^{28} atomi. La stragrande maggioranza di questi atomi è costituita da idrogeno, ossigeno e carbonio, che insieme compongono oltre il 95% della massa corporea.



Numero di Cellule: $4 \cdot 10^{13}$



Le stime sul numero di cellule sono state riviste nel tempo. Studi più recenti e dettagliati, come quello pubblicato sulla rivista PLOS Biology, convergono su una stima di circa $4 \cdot 10^{13}$ per un individuo di riferimento.

Per molto tempo si è creduto che i batteri nel nostro corpo superassero le cellule umane con un rapporto di 10 a 1. Ricerche più recenti hanno drasticamente ridimensionato questa stima, suggerendo che il rapporto sia molto più vicino a 1 a 1. Si stima quindi che il numero sia dello stesso ordine di grandezza delle nostre cellule. Insieme a virus, funghi e altri microrganismi, formano il microbiota, una componente essenziale per la nostra salute.

Il numero di cellule del nostro cervello è intorno ai 90 miliardi, è suggestivo pensare che (fino a poco tempo fa) il numero di stelle della nostra Galassia era stimato intorno ai 100 miliardi, quindi dello stesso ordine di grandezza delle cellule del nostro cervello (attualmente le stime per le stelle sono al rialzo del doppio o del triplo).



Lunghezza del DNA: $8 \cdot 10^{13}$ m



All'interno del nucleo di quasi ogni singola cellula del nostro corpo si trova un'incredibile impresa di compattazione. Il genoma umano, se srotolato, formerebbe un filamento di DNA lungo circa 2 metri. Se ora moltiplichiamo questa lunghezza per il numero totale di cellule nel corpo (circa 40 trilioni), otteniamo una lunghezza complessiva sbalorditiva: $8 \cdot 10^{13}$ metri, ovvero 80 miliardi di chilometri.

Per mettere questo dato in prospettiva considerando che la distanza media tra la Terra e il Sole è di circa 150 milioni di km, la lunghezza totale del nostro DNA sarà sufficiente per coprire questa distanza più di 500 volte.

In pratica, il DNA contenuto in un singolo corpo umano potrebbe estendersi ben oltre i confini del nostro sistema solare, un'illustrazione potente della straordinaria densità di informazione e complessità biologica che ci costituisce."



Composizione chimica



Composizione rispetto alla massa

Il corpo umano è composto da oltre 60 elementi chimici, ma quattro elementi costituiscono circa il 96% della massa corporea totale:

1. Ossigeno (O) – circa 65%
 - È l'elemento più abbondante, presente principalmente nell'acqua (H_2O) e nelle molecole organiche come proteine, carboidrati, lipidi e acidi nucleici.
 - È essenziale per la respirazione cellulare.
2. Carbonio (C) – circa 20%

- Forma la "spina dorsale" di tutte le molecole organiche.
 - È presente in proteine, grassi, carboidrati, DNA, RNA e altre biomolecole.
3. Idrogeno (H) – circa 10%
- Presente in acqua e in quasi tutte le molecole organiche.
 - Gioca un ruolo chiave nel mantenimento del pH e nei legami idrogeno.
4. Azoto (N) – circa 3%
- Fondamentale per la sintesi di proteine e acidi nucleici (DNA e RNA).
 - Presente negli amminoacidi e nelle basi azotate.

Altri elementi importanti (circa 4% del totale)

Questi elementi sono presenti in quantità minori ma sono essenziali per il funzionamento del corpo:

Calcio ~1,5% Importante per ossa e denti, contrazione muscolare, trasmissione nervosa e coagulazione del sangue.

Fosforo ~1% Componente del DNA, RNA, ATP (molecola energetica) e fosfolipidi delle membrane cellulari.

Potassio ~0,25% Elettrolita chiave per il potenziale di membrana e la funzione nervosa e muscolare.

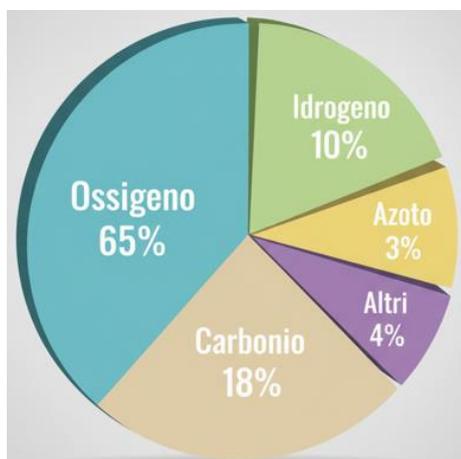
Zolfo ~0,25% Presente in alcuni amminoacidi (come la cisteina e la metionina) e nelle proteine.

Sodio ~0,15% Importante per il bilancio idrico, la trasmissione nervosa e la pressione osmotica.

Cloro ~0,15% Elettrolita presente nei fluidi extracellulari, importante per il pH e l'equilibrio ionico.

Magnesio ~0,05% Cofattore enzimatico, coinvolto nella produzione di ATP e nella sintesi del DNA.

Grafico a torta della composizione del corpo umano in peso.



Quando parliamo della composizione del corpo umano rispetto alle sostanze, ci riferiamo non tanto agli elementi chimici (come ossigeno, carbonio, ecc.), ma alle molecole e categorie di sostanze che compongono i tessuti e i fluidi del corpo. Queste sostanze possono essere suddivise in composti organici e composti inorganici, ciascuno con ruoli fondamentali nel mantenimento della vita.

Ecco una panoramica dettagliata della composizione del corpo umano in termini di sostanze principali:

Acqua ~50-75% del peso corporeo

- Tipo: Composto inorganico.
- Ruolo:
 - Solvente universale per reazioni biochimiche, trasporto di nutrienti e scorie. regolazione della temperatura corporea (sudorazione). Lubrificazione (es. articolazioni, membrane mucose).
- Distribuzione:
 - 2/3 nell'acqua intracellulare.
 - 1/3 nell'acqua extracellulare (plasma, linfa, liquido interstiziale).

Nei neonati può arrivare al 75%, negli anziani scende al 45-50%.

Sostanze organiche ~35-40% del peso corporeo

Sono molecole basate sul carbonio, sintetizzate dagli organismi viventi. Si dividono in quattro grandi categorie:

Proteine – ~15-20% del peso corporeo

- Dove si trovano:
 - Muscoli, enzimi, ormoni (es. insulina), anticorpi, emoglobina, collagene, cheratina.
- Funzioni:
 - Strutturali (tessuti), catalitiche (enzimi), difensive (anticorpi), di trasporto, segnali cellulari.
- Composizione:
 - Polimeri di amminoacidi (20 tipi diversi).

Lipidi (grassi) ~10-20% (variabile)

- Dove si trovano:
 - Tessuto adiposo, membrane cellulari (fosfolipidi), ormoni steroidei (cortisolo, testosterone), vitamine liposolubili.
- Funzioni:
 - Riserva energetica a lungo termine.
 - Isolamento termico e protezione meccanica.
 - Componenti strutturali delle membrane cellulari.
- Tipi principali:

- Trigliceridi, fosfolipidi, colesterolo.

La percentuale varia molto: può essere <10% in persone magre, >30% in soggetti con obesità.

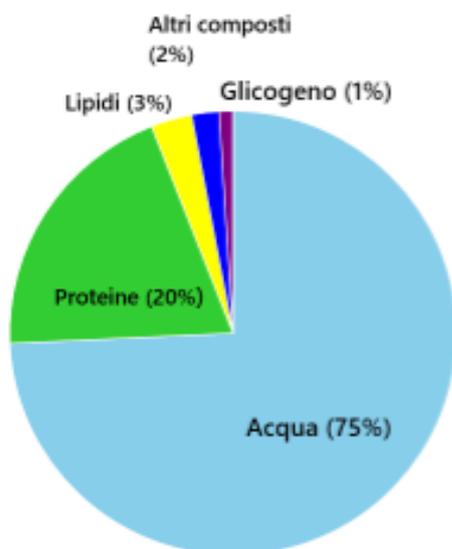
Carboidrati ~1-2% del peso corporeo

- Dove si trovano:
 - Glucosio (nel sangue), glicogeno (riserva nel fegato e muscoli), glicoproteine (membrane cellulari).
- Funzioni:
 - Fonte primaria di energia rapida (glucosio).
 - Riserva energetica a breve termine (glicogeno).
 - Riconoscimento cellulare (glicoproteine e glicolipidi).
- Forme principali:
 - Monosaccaridi (es. glucosio), disaccaridi (es. saccarosio), polisaccaridi (es. amido, glicogeno).

Acidi nucleici <1%

- Tipi:
 - DNA (acido desossiribonucleico) – contiene il patrimonio genetico.
 - RNA (acido ribonucleico) – coinvolto nella sintesi proteica.
- Dove si trovano:
 - Nucleo delle cellule, mitocondri, citoplasma.
- Funzione:
 - Conservazione, trasmissione e espressione dell'informazione genetica.

Grafico a torta della composizione del corpo umano rispetto alle sostanze.





Rinnovamento cellulare

Sarebbe un pensiero fallace l'idea che le cellule del nostro organismo; del cuore, del fegato, delle ossa rimangano le stesse nel corso della nostra vita. Invece non è così: le cellule di organi e tessuti vivono una vita propria, più o meno lunga e si rinnovano ripetutamente nel corso della vita di una persona.

L'idea che le cellule del corpo si rinnovino è nota da molto tempo. Lo studio delle colture cellulari e della divisione cellulare risale ai primi del '900, mentre un metodo innovativo per misurare con precisione la velocità di rinnovamento delle cellule nei diversi organi umani è stato sviluppato dal ricercatore svedese Jonas Frisén nel 2005, portando a scoperte fondamentali sull'età reale dei nostri tessuti, in particolare egli scoprì:

- ✓ che la maggior parte delle cellule del corpo ha in media meno di 10 anni;
- ✓ che anche nel cervello adulto continua la formazione di nuovi neuroni (neurogenesi) in aree specifiche come l'ippocampo.

Occorre aggiungere che vi sono alcuni settori del corpo che invece non si rinnovano mai, tali cellule rimangono inalterate dalla nascita alla morte, e sono:

1. **Neuroni della Corteccia Cerebrale:** la stragrande maggioranza dei neuroni che compongono la corteccia cerebrale, la sede del pensiero, della coscienza, della memoria e della personalità, si forma durante lo sviluppo fetale e non viene mai più sostituita. La stabilità delle loro connessioni (sinapsi) è la base fisica dei nostri ricordi e delle nostre capacità. La loro perdita, a causa di malattie o traumi, è permanente.
 - *(Nota: Esistono piccole nicchie nel cervello, come l'ippocampo, dove una limitata produzione di nuovi neuroni, chiamata neurogenesi, continua anche in età adulta, ma è un'eccezione alla regola generale).*
2. **Cellule dell'Occhio (specifiche):**
 - **Cellule del Cristallino:** le cellule al centro della lente dell'occhio sono vecchie quanto te. Si formano durante lo sviluppo embrionale e la loro perfetta e stabile disposizione è essenziale per garantire la trasparenza necessaria a mettere a fuoco la luce.

- Fotorecettori della Retina (Coni e Bastoncelli): questi neuroni specializzati che catturano la luce non vengono sostituiti. Il complesso "cablaggio" che li collega al nervo ottico deve rimanere stabile per garantire una visione coerente per tutta la vita.
- 3. Cardiomiociti (Cellule Muscolari del Cuore): per molto tempo si è creduto che il cuore fosse completamente statico. Le ricerche più moderne (anche quelle di Jonas Frisé) hanno dimostrato che esiste un lentissimo rinnovamento (meno dell'1% all'anno), ma ciò significa che la maggior parte delle cellule muscolari del tuo cuore ha la tua stessa età. La loro struttura e funzione coordinata sono così vitali che una sostituzione su larga scala sarebbe impossibile.
- 4. Oociti (Cellule uovo, nelle donne): le donne nascono con l'intero patrimonio di ovuli che avranno a disposizione per tutta la vita. Queste cellule non si rigenerano né vengono prodotte di nuove dopo la nascita. Invecchiano insieme all'individuo.

Il "ringiovanimento" non riguarda la singola cellula che torna giovane, ma che il tessuto mantiene un aspetto o una funzione giovane grazie al turnover cellulare.

Ecco come funziona più nello specifico:

1. Morte cellulare programmata (apoptosi): alcune cellule hanno "vita breve" e muoiono secondo un programma naturale.
2. Divisione di cellule staminali o progenitrici: queste cellule si dividono per dare origine a cellule nuove. Non è la cellula vecchia che "si rigenera", ma una nuova cellula derivata dalla divisione.
3. Differenziazione: la nuova cellula può specializzarsi per diventare parte del tessuto specifico (es. pelle, intestino, sangue).

Un aspetto da aver ben chiaro è che la divisione cellulare è un processo universale: ogni cellula "normale" del corpo (epiteliale, del fegato, del sangue, ecc.) ad un certo punto della sua vita si divide, se l'ambiente lo permette e se non è già "specializzata al massimo" (come i neuroni).

Ma come fa la cellula a sapere che è giunto il momento di dividersi? Una cellula infatti non decide di dividersi "a caso". Il comando è il risultato di una complessa rete di segnali, sia esterni che interni, che funzionano come un rigoroso sistema di controllo e autorizzazione.

Chi dà il comando? La decisione di dividersi?

Una cellula non decide di dividersi "a caso". Il comando è il risultato di una complessa rete di segnali, sia esterni che interni, che funzionano come un rigoroso sistema di controllo e autorizzazione.

1. Segnali Esterni ("i permessi" del vicinato)

Le cellule del nostro corpo vivono in una comunità e comunicano costantemente tra loro. La decisione di dividersi dipende spesso da messaggi che arrivano dall'esterno.

- Fattori di Crescita (Growth Factors): Sono le molecole-messaggere più importanti. Quando un tessuto viene danneggiato (es. un taglio sulla pelle), le cellule circostanti rilasciano fattori di crescita. Queste proteine si legano a specifici recettori sulla superficie di altre cellule, come una chiave che entra in una serratura. Questo legame innesca una cascata di reazioni all'interno della cellula, che culmina con l'ordine: "Prepara i motori, dobbiamo dividerci!".
- Ormoni: Anche alcuni ormoni, come quelli della crescita, possono stimolare la divisione cellulare in tessuti specifici.
- Contatto Fisico: Le cellule sono anche sensibili al contatto. Quando crescono in uno spazio limitato e "sentono" di aver riempito tutto lo spazio disponibile (inibizione da contatto),

smettono di dividersi. Se si crea uno spazio vuoto, ricevono il segnale per ricominciare a crescere.

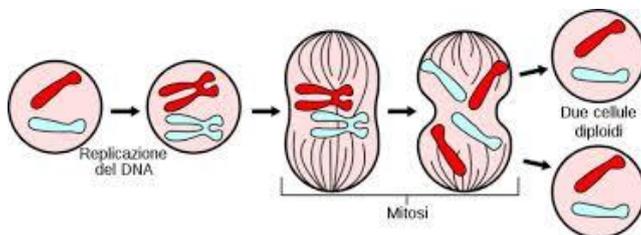
2. Segnali Interni (i"Check-Point" di Controllo Qualità)

Una volta ricevuto il via libera dall'esterno, la cellula non parte subito. Deve prima superare una serie di controlli di qualità interni, chiamati check-point del ciclo cellulare. Immaginali come i controlli pre-volo di un aereo: tutto deve essere perfetto prima del decollo.

- **Check-point G1 (Il punto di non ritorno):** La cellula controlla di essere abbastanza grande, di avere abbastanza nutrienti e, soprattutto, che il suo DNA sia integro e non danneggiato. Se tutto è a posto, riceve il via libera definitivo per duplicare il proprio DNA e procedere con la divisione. Se c'è un problema, il processo si ferma per le riparazioni o, nei casi più gravi, la cellula può essere indotta al suicidio programmato (apoptosi) per evitare di trasmettere errori.
- **Check-point G2:** Dopo aver duplicato il DNA, la cellula fa un ultimo controllo: la copia del DNA è avvenuta correttamente e senza errori? Ci sono tutte le proteine necessarie per la divisione?
- **Check-point della Metafase:** Durante la divisione vera e propria, la cellula si assicura che tutti i cromosomi siano allineati correttamente prima di separarli.

Il comando, quindi, è una decisione collettiva: una combinazione di "permessi" esterni e "controlli di qualità" interni.

Come Avviene? Le Fasi della Divisione (La Mitosi)



Il tipo più comune di divisione cellulare nel nostro corpo si chiama Mitosi. Il suo obiettivo è creare due cellule figlie geneticamente identiche alla cellula madre. È il processo alla base della crescita, della riparazione dei tessuti e del mantenimento del corpo.

Il processo si può suddividere in queste fasi principali:

Fase 1: Interfase (La Preparazione)

È il periodo più lungo della vita di una cellula. Anche se non si sta dividendo attivamente, è tutt'altro che a riposo. È qui che avviene il lavoro preparatorio cruciale:

- **Crescita:** La cellula aumenta le sue dimensioni.
- **Duplicazione del DNA:** L'evento più importante. La cellula crea una copia esatta di tutto il suo patrimonio genetico. Immagina di fare una fotocopia perfetta di un'enorme enciclopedia. Alla fine di questa fase, ogni cromosoma è composto da due copie identiche, chiamate cromatidi fratelli, unite al centro.

Fase 2: Mitosi (La Divisione del Nucleo)

Questa è la divisione vera e propria, suddivisa in quattro sotto-fasi:

1. **Profase:** il DNA, che era sparso nel nucleo, si condensa e si avvolge su se stesso, diventando visibile al microscopio come i classici cromosomi a forma di X. La membrana che racchiude il nucleo si dissolve.
2. **Metafase:** I cromosomi vengono allineati perfettamente in fila indiana al centro della cellula (la "piastra metafase"). Questa è una fase cruciale, controllata da un check-point per assicurarsi che la divisione avvenga in modo equo.
3. **Anafase:** I cromatidi fratelli di ogni cromosoma vengono tirati con forza verso i poli opposti della cellula da una struttura a forma di fuso (il fuso mitotico). Ora ogni metà della cellula ha un set completo di cromosomi.
4. **Telofase:** ai due poli della cellula, i cromosomi si "srotolano" e tornano a essere meno compatti. Attorno a ciascun gruppo di cromosomi si riforma una nuova membrana nucleare. Ora ci sono due nuclei distinti all'interno della stessa cellula.

Fase 3: Citodieresi (la divisione fisica)

È l'atto finale. La membrana cellulare inizia a stringersi al centro, come una cintura che viene tirata, fino a dividere completamente il citoplasma e a formare due nuove cellule figlie, più piccole ma geneticamente identiche alla cellula di partenza, pronte a ricominciare il ciclo.

Quando il sistema si rompe: Il cancro è l'esempio più drammatico di cosa succede quando questo sistema di controllo si guasta. Le cellule tumorali ignorano i segnali esterni e i check-point interni, dividendosi in modo incontrollato e senza sosta.

Notiamo, per concludere questo paragrafo, che le cellule staminali, invece, sono un caso particolare: hanno la capacità unica di dividersi e generare sia una nuova cellula staminale (per mantenere la "riserva"), sia una cellula che si differenzia e diventa un tipo cellulare specifico (per esempio una cellula della pelle o del sangue).

Un metodo “archeologico”

Jonas Frisen, biologo molecolare che presta attività presso il Karolinska Institute di Stoccolma, per scoprire quanto sono vecchie le cellule di organi e tessuti si è avvalso di un sistema utilizzato da tempo nell'archeologia e nella paleontologia: il metodo del carbonio 14.

Si tratta di un metodo di datazione di materiali di origine organica, messo a punto tra il 1945 e il 1955 dal chimico statunitense Willard Libby.

Il carbonio è un elemento che fa parte di tutta la materia vivente e si trova in natura sotto forma di vari isotopi (cioè atomi), come, per esempio il carbonio 12 e il carbonio 13 e lo stesso carbonio 14.

Ogni essere vegetale respira anidride carbonica, che è composta da ossigeno e carbonio. Una parte di carbonio è radioattiva (C^{14}), mentre la maggior gran parte (come avviene per il C^{12}) non lo è.

Tutti i vegetali, quindi, incorporano carbonio radioattivo.

Gli animali, compreso quindi l'uomo, cibandosi di vegetali o di altri esseri animali che hanno mangiato vegetali, assumono il C^{14} . Con la morte della pianta o dell'animale, il carbonio radioattivo che lo impregna diminuisce, sempre di più col passare del tempo.

Occorrono in media 5730 anni affinché il C^{14} presente in una creatura morta o in un oggetto da questa ricavato si dimezzi, 11.460 perché si riduca ad un quarto, 17.200 a un ottavo. Stabilendo, con una serie di calcoli matematici, quanto C^{14} si trova in un corpo al momento dell'esperimento, si può individuare l'anzianità del campione sottoposto a radiodating.

Lo studioso Frisen ha analizzato la quantità di carbonio radioattivo nei tessuti delle persone che ha preso in considerazione nel corso della sua ricerca, partendo dal presupposto che tra gli anni Cinquanta e Sessanta le persone respirarono carbonio radioattivo in una certa quantità, dal momento che questo era presente nell'atmosfera in seguito agli esperimenti nucleari effettuati in quegli anni.

Analizzando quindi, la quantità di C^{14} in tutti i tessuti, il ricercatore ha potuto stabilire che alcune cellule si rinnovano più in fretta, altre più lentamente.



Il calendario del corpo

Ecco con quale velocità si rinnovano i vari organi del corpo.

Alcuni giorni: l'epitelio intestinale

Lo strato di cellule superficiali che riveste l'interno dell'intestino tenue e crasso è costantemente esposto ad acidi digestivi, attrito meccanico con il cibo e miliardi di batteri. Per resistere a questo ambiente ostile, si rinnovano a una velocità incredibile: 3- 5 giorni.

Due settimane: la pelle

In questo arco di tempo si rinnovano le cellule della pelle, il tessuto che ricopre tutto il corpo e ha la funzione di difendere l'organismo dalle aggressioni esterne. Le cellule cutanee sono tra quelle di cui si conosce meglio il ciclo vitale.

Esse sono prodotte dallo strato basale, cioè dalla zona più profonda dell'epidermide e affiorano poco alla volta, sostituendo le cellule vecchie che muoiono e cadono.

Tre mesi: i globuli rossi

Vivono più a lungo i globuli rossi, cellule del sangue ricche di emoglobina, la sostanza che serve per formare il ferro e alla quale devono la loro particolare colorazione.

I globuli rossi sono prodotti dal midollo osseo, entrano nel circolo sanguigno e vi restano circa 120 giorni, quindi muoiono. La quantità di emoglobina che contengono viene trasformata dal fegato in bilirubina, che è poi eliminata attraverso le urine.

Un anno-un anno e mezzo: il fegato

È la ghiandola più voluminosa dell'organismo e svolge una serie di funzioni complesse: produce importanti cellule del sangue, come i globuli rossi e crea enzimi fondamentali per lo svolgimento del processo digestivo. In base agli studi svolti, tutto il tessuto che compone il fegato si rinnoverebbe completamente ogni 300-500 giorni circa, quindi nel giro di un anno e mezzo al massimo.

Dieci anni: lo scheletro

Fino ai 18-20 anni circa le ossa del corpo umano sono impegnate soprattutto a crescere e a raggiungere le dimensioni "definitive". In età adulta, lo scheletro resta uguale a se stesso per circa dieci anni, quindi le cellule del tessuto osseo (osteociti e osteoblasti) più vecchie vengono sostituite da cellule nuove.

Quindici anni: i muscoli

Il tessuto muscolare ha la funzione di reggere l'impalcatura ossea e di consentire alle ossa di assumere le varie posizioni. Del tessuto muscolare fanno parte anche i tendini, sottili legamenti che ancorano i muscoli alle ossa stesse.

Il tessuto muscolare andrebbe incontro a una mutazione completa nel giro di quindici anni e un mese, dopodiché le cellule inizierebbero a essere sostituite da altri elementi nuovi.

Sedici anni: l'intestino

Mentre l'epitelio, come abbiamo visto, si rinnova in pochi giorni, le componenti strutturali più profonde dell'intestino, come le cellule muscolari, i nervi e il tessuto connettivo, sono molto più stabili e hanno un ciclo di vita di molti anni.

Per fare un'analogia è come se l'epitelio fosse l'asfalto di una strada, che si usura rapidamente e deve essere ripassato o sostituito ogni pochi anni. Mentre la parte sottostante è la fondazione della strada ed è costruita per durare decenni e non viene toccata durante la manutenzione ordinaria.

La tabella seguente riassume la tempistica del rinnovamento cellulare.

Tessuto / Organo	Tempo medio di rinnovo
Epitelio	3-5 giorni
Pelle	~2 settimane
Globuli rossi	~120 giorni
Fegato	~1-1,5 anni
Scheletro	~10 anni
Muscoli	~15 anni
Intestino (struttura)	~16 anni

Secondo il ricercatore svedese, il segreto di questo rinnovamento continuo sta nella presenza delle cellule staminali, cellule che si trovano in tutti i tessuti e che hanno la capacità di rigenerarsi, andando a costituire nuovi strati del tessuto vecchio.

La capacità delle staminali di dare luogo a nuovi tasselli di tessuto diminuisce.

Ecco perché la grande speranza di molti ricercatori sta proprio nell'utilizzo delle cellule staminali: queste, impiantate in un organo vecchio o malato, potrebbero dare luogo a un nuovo strato di cellule sane.

Come mantenere sane le cellule

Non si sa ancora se adottando certi sistemi alimentari e uno stile di vita più sano sia possibile influire sul ritmo con cui le cellule del corpo nascono, vivono e muoiono. È però assodato che è possibile mantenere, se non più giovani, sicuramente più sani i tessuti, contrastano il processo di ossidazione da parte dei radicali liberi.

I radicali liberi sono sostanze che il corpo produce normalmente durante il processo di respirazione e di utilizzazione dell'energia derivata dai cibi. Nonostante siano "naturali", i radicali liberi sono nocivi, perché hanno la capacità di legarsi alle cellule di tutti i tessuti, danneggiandone la struttura.

Ma...ad un certo punto questo processo di ringiovanimento termina, determinando l'invecchiamento cellulare. Quando pensiamo all'invecchiamento, di solito ci vengono in mente rughe, capelli bianchi o acciacchi vari. Ma in realtà tutto comincia nelle cellule. Ogni cellula ha un suo "orologio interno": non può dividersi all'infinito, a un certo punto entra in uno stato chiamato senescenza cellulare.

Immaginala così: la cellula non muore subito, ma è come se fosse andata in pensione. Non lavora più come prima, non si divide, e in più rilascia segnali chimici che possono influenzare le vicine. Alcuni di questi segnali sono utili, altri invece contribuiscono all'invecchiamento dei tessuti.

Perché succede? Ci sono diversi motivi:

- I telomeri, cioè i "cappucci" che proteggono i cromosomi, si accorciano a ogni divisione cellulare. Quando diventano troppo corti, la cellula riceve un chiaro messaggio: "Stop, è ora di fermarsi".
- Con il tempo si accumulano danni al DNA, causati da stress ossidativo, radiazioni ionizzanti o semplicemente errori casuali.
- Anche il metabolismo stesso produce scorie che a lungo andare intossicano la cellula.

E qui arriva la parte affascinante: la senescenza non è solo un problema. È anche un meccanismo di difesa: impedisce a cellule potenzialmente pericolose (per esempio con DNA troppo danneggiato) di continuare a dividersi e diventare tumorali. È un po' come un freno di sicurezza. Il rovescio della medaglia è che,

accumulandosi, queste cellule senescenti indeboliscono i tessuti: la pelle perde elasticità, gli organi funzionano meno bene, il sistema immunitario si indebolisce aumentando il rischio di malattie. E' come se l'organismo umano avesse una data di scadenza inscritta dentro di sé. E' il processo ineluttabile della vita: si nasce e poi si muore.

Comunque è ormai accertato che solo un terzo dei fattori che determinano l'invecchiamento è di natura genetica, mentre i restanti due terzi dipendono da fattori esterni e modificabili. Uno stile di vita sano, che includa una dieta equilibrata ricca di antiossidanti (come polifenoli e quercetina), attività fisica regolare e restrizione calorica, può diminuire gli effetti dell'invecchiamento legati anche alla senescenza cellulare.

Dissoluzione finale

*Nasce l'uomo a fatica, ed è rischio di morte il nascimento
Tutto è polvere, e polvere ritorna." (Giacomo Leopardi)*

E' interessante, infine, notare che quando una persona muore, il corpo inizia a decomporsi a causa dell'assenza di ossigeno e della cessazione delle funzioni vitali, che permette ai processi biologici e chimici naturali di prendere il sopravvento. La decomposizione avviene in più fasi, e il risultato finale dipende dall'ambiente (es. sepoltura, esposizione all'aria, cremazione, ecc.). Ecco cosa succede in generale:

Autolisi e putrefazione:

Subito dopo la morte, le cellule iniziano a rompersi (autolisi) a causa della mancanza di ossigeno, rilasciando enzimi che degradano i tessuti.

I batteri presenti nell'intestino e nell'ambiente iniziano la putrefazione, scomponendo i tessuti molli (muscoli, organi, ecc.). Questo processo produce gas come anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄), idrogeno solforato (H₂S) e vapore acqueo, insieme a composti organici volatili che causano l'odore tipico della decomposizione.

Rilascio di gas e liquidi:

Durante la putrefazione, i gas si accumulano nel corpo, causando gonfiore, e vengono poi rilasciati nell'ambiente. Il vapore acqueo è prodotto dalla degradazione dei tessuti, che contengono circa il 60-70% di acqua nel corpo umano.

I liquidi corporei si decompongono o evaporano, contribuendo alla perdita di massa.

Degradazione dei tessuti molli:

I tessuti molli (pelle, muscoli, organi) vengono consumati da batteri, funghi e, in alcuni casi, insetti (come larve di mosche). Questo riduce il corpo a componenti più semplici.

Rimane lo scheletro e i minerali:

Dopo che i tessuti molli sono stati decomposti (in un periodo che varia da settimane a anni, a seconda delle condizioni ambientali), rimangono le ossa, che sono composte principalmente da minerali (come calcio e fosforo, sotto forma di idrossiapatite) e una piccola quantità di materia organica (collagene).

Le ossa possono durare anni o secoli, ma anche queste si degradano lentamente, riducendosi a polvere in ambienti naturali nel corso di tempi molto lunghi.

Alla fine, ciò che rimane sono principalmente minerali dalle ossa, che possono pesare solo pochi etti.

