

Struttura del rene

La superficie esterna del rene è costituita da un sottile strato di connettivo fibroso, la **capsula** renale.

Nel parenchima sottostante possiamo distinguere due parti: una più esterna, la **corticale**, e una più interna, la **midollare**.

Nella corticale si possono notare dei piccoli puntolini rossastri, costituiti da gomitoli di capillari sanguigni, detti **glomeruli**; nella midollare il parenchima si raccoglie in 8-12 masserelle di forma piramidale, le **piramidi del Malpighi**, ciascuna delle quali termina sporgendo nel **seno renale** (cavità irregolare situata a livello dell'ilo) con un apice arrotondato, la **papilla renale**.

Ogni papilla presenta dei forellini, dai quali fuoriesce l'urina, che si raccoglie nei **calici renali**, i quali confluiscono in un organo a forma di imbuto irregolare, il **bacinetto** o **pelvi renale**.

Il bacinetto renale, infine, si restringe e, piegando verso il basso, dà origine all'**uretere**.

Al microscopio possiamo notare nella **corticale**, accanto ai numerosissimi gomitoli di capillari sanguigni (circa 1 milione per rene), altrettanti tubuli tortuosi, i quali, portandosi verso la midollare, si fanno più rettilinei.

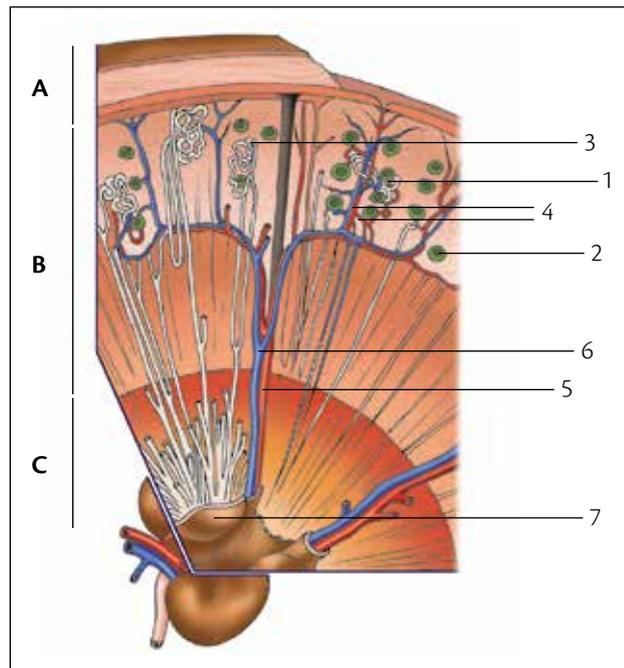
Questi tubuli, detti **tubuli renali**, sono connessi ai glomeruli. Un tubulo forma, insieme al glomerulo cui è collegato, un **nefrone**, che rappresenta l'**unità funzionale** del rene.

Irrorazione sanguigna del rene

Il parenchima renale è sorretto da un'esile trama connettivale di sostegno, nella quale troviamo le ramificazioni dei vasi sanguigni renali, che irrorano i nefroni.

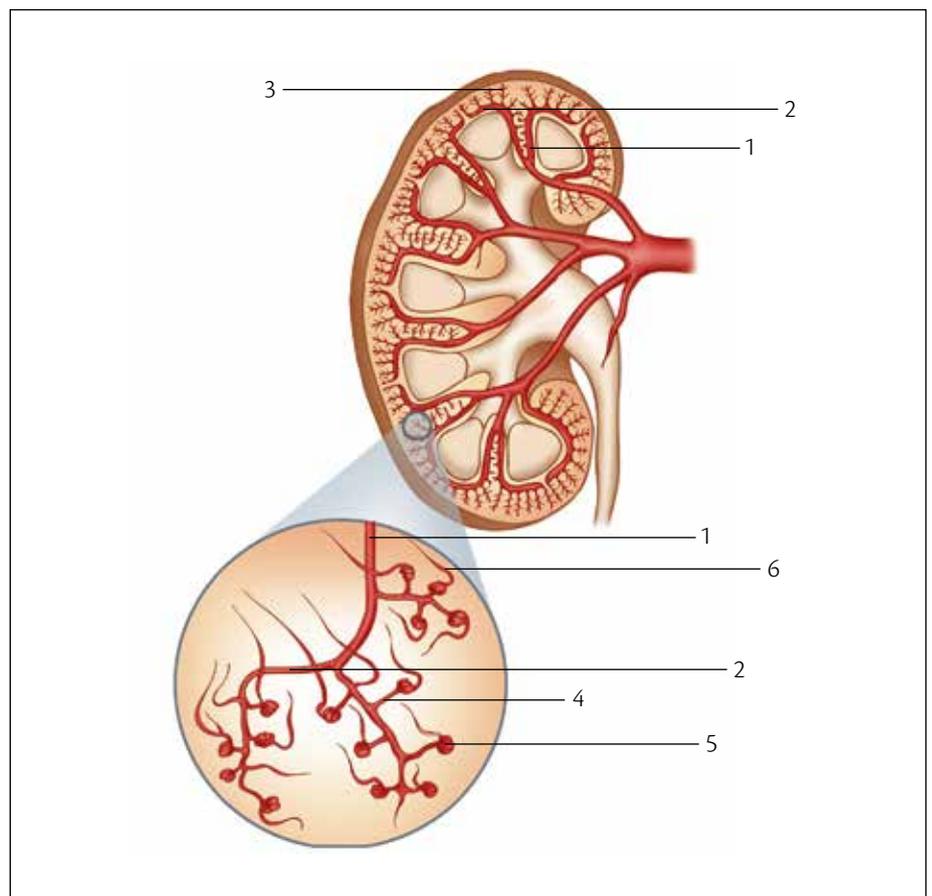
Il sangue giunge al rene con l'**arteria renale**, che penetra nell'organo a livello dell'ilo. Nell'organo questa arteria dà origine a ramificazioni sempre più sottili: dapprima le **arterie interlobari** che decorrono tra una piramide renale e l'altra, risalendo dalla midollare verso la corticale; al limite tra midollare e corticale esse danno origine alle **arterie arciformi**, dalle quali si staccano verso l'esterno le **arterie interlobulari**. Da queste ultime originano delle arteriole, dette **arteriole afferenti**, che formano (ramificandosi) un gomitolo di capillari sanguigni, detto **glomerulo**. I capillari si raccolgono poi a formare l'**arteriola efferente**.

L'arteriola efferente si ramifica anch'essa in capillari, che entrano in rapporto con i tubuli renali. Il sangue si raccoglie poi nelle **vene interlobulari** poi le **interlobari** e infine nella **vena renale**, che emerge dall'ilo e sbocca nella **vena cava inferiore**.



Particolare ingrandito della sezione del rene per mostrare la struttura delle piramidi renali.

- A)** Capsula;
B) corticale;
C) midollare;
 1) capsula di Bowman;
 2) glomeruli;
 3) tubuli contorti;
 4) arterie e vene interlobulari;
 5) arteria interlobare;
 6) vena interlobare;
 7) papilla renale.



Irrorazione arteriosa del rene. 1) Arteria interlobare; 2) arteria arciforme; 3) arteria interlobulare; 4) arteriola afferente; 5) glomerulo; 6) arteriola efferente.

Struttura del rene**Struttura dei glomeruli e dei tubuli renali**

Ogni nefrone è costituito da un **glomerulo** e dal **tubulo renale** a esso collegato.

I capillari che costituiscono il glomerulo sono tenuti insieme da tessuto connettivo (mesangio che letteralmente dal greco significa "in mezzo ai vasi") e sono rivestiti esternamente da un sottile **epitelio**, costituito da cellule particolari, i **podociti**, dotate di espansioni laminari (pedicelli), che avvolgono i capillari. Questo epitelio, a livello del **polo vascolare**, si collega direttamente con l'epitelio che costituisce la capsula di Bowman.

Il glomerulo è un gomitolino di capillari avvolto da una capsula epiteliale (la **capsula di Bowman**); questi capillari sono disposti tra due arteriole: originano dall'**arteriola afferente** e si raccolgono poi nell'**arteriola efferente**. Questa disposizione è molto particolare, poiché, negli altri organi, i capillari si raccolgono nelle venule e non nuovamente in una arteriola.

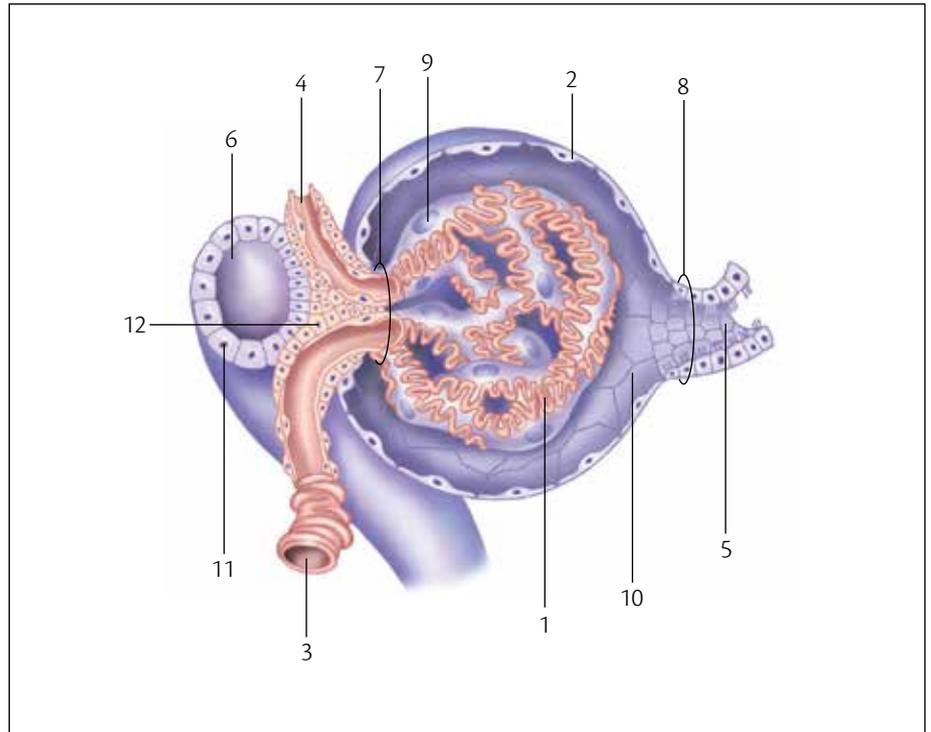
L'arteriola afferente penetra nella capsula di Bowman (che avvolge il glomerulo) nello stesso punto in cui fuoriesce l'arteriola efferente; questa apertura di ingresso e uscita dei vasi sanguigni della capsula è detta **polo vascolare**; al polo opposto della capsula, detto **polo urinifero**, vi è un'altra apertura, che si continua direttamente con il lume del tubulo renale.

Nello spazio compreso tra il glomerulo e la capsula di Bowman che lo circonda, si raccoglie l'**urina primitiva**, filtrata dal glomerulo (perciò detta anche **filtrato glomerulare**). Al polo urinifero, l'epitelio della capsula di Bowman si continua direttamente con l'epitelio del tubulo renale e l'urina primitiva passa dal glomerulo al tubulo.

Come abbiamo già visto, il tubulo renale è molto lungo e può essere suddiviso in tre porzioni:

1) il **tubulo contorto prossimale**, piuttosto tortuoso, contenuto nella corticale; inizia dalla capsula di Bowman e si continua con la seconda porzione;

2) l'**ansa di Henle**, che si porta rettilinea nella midollare e ripiega poi a U per riportarsi nuovamente rettilinea verso la corticale: distinguiamo un **tratto discendente**, più sottile (perché dotato di un epitelio piatto) e un **tratto ascendente** (dotato di un epitelio più alto, cilindrico) che si porta nella corticale, vicino al glomerulo da cui era originato.



Glomerulo renale. 1) Capillari glomerulari; 2) capsula di Bowman; 3) arteriola afferente; 4) arteriola efferente; 5) tubulo contorto prossimale; 6) tubulo contorto distale; 7) polo vascolare; 8) polo urinifero; 9) podociti (cellule che rivestono i capillari del glomerulo); 10) spazio peri-capsulare (in cui si raccoglie l'urina primitiva o filtrato glomerulare); 11) macula densa (porzione del tubulo contorto distale vicina all'arteriola afferente: fa parte dell'apparato iuxtaglomerulare, che produce la renina); 12) cellule muscolari della parete dell'arteriola afferente, produttrici di renina).

Qui il tubulo entra in contatto con la parete dell'arteriola afferente (che entra nel glomerulo), costituendo l'**apparato iuxtaglomerulare**.

Le cellule del tubulo a contatto con la parete dell'arteriola afferente sono più scure delle cellule epiteliali che rivestono le restanti parti del tubulo e tale zona è perciò denominata **macula densa**; le cellule muscolari lisce della parete dell'arteriola, in corrispondenza della macula densa, sono più voluminose delle altre e contengono granuli di **renina**; esse vengono dette cellule iuxtaglomerulari.

3) Il **tubulo contorto distale**, diretta continuazione dell'ansa di Henle, sbocca, dopo un decorso tortuoso, in un **dotto collettore**, che raccoglie l'urina prodotta da più nefroni e la convoglia verso la **papilla renale**, all'apice della quale il dotto collettore versa l'urina definitiva nei calici renali.

Ruolo delle diverse porzioni del tubulo renale

Esaminiamo brevemente i processi di riassorbimento e secrezione nelle varie porzioni del tubulo renale.

1) Tubulo contorto prossimale: vengono qui riassorbiti attivamente, tutto il glucosio, tutti gli aminoacidi e i 2/3 degli ioni Na^+ presenti nel filtrato glomerulare; passivamente viene riassorbito Cl^- e per osmosi l'acqua. Le piccole proteine presenti nell'urina primitiva vengono riassorbite per pinocitosi.

Alla fine del tubulo contorto prossimale è stato riassorbito circa l'80% del filtrato glomerulare. L'urina presente ha qui la stessa **concentrazione totale** di soluti (osmolarità) che aveva nel filtrato glomerulare, ma non contiene più glucosio, aminoacidi e altre sostanze e quindi la concentrazione dei **singoli** soluti si è modificata.

Struttura del rene

Ogni carrier proteico è in grado di riassorbire nell'unità di tempo una certa quantità della sostanza che trasporta, ma non può andare oltre quella quantità: ha cioè una **velocità massima di trasporto**. Se la concentrazione plasmatica di quella sostanza aumenta, aumenta anche la sua concentrazione nel filtrato glomerulare e quindi la quantità che il carrier deve trasportare.

Se la concentrazione supera un certo livello (**soglia renale**, dipendente dalla velocità massima di trasporto detta **trasporto massimo** o **TM= tubular maximum**), una parte di quella sostanza non viene più riassorbita e verrà perciò persa con le urine.

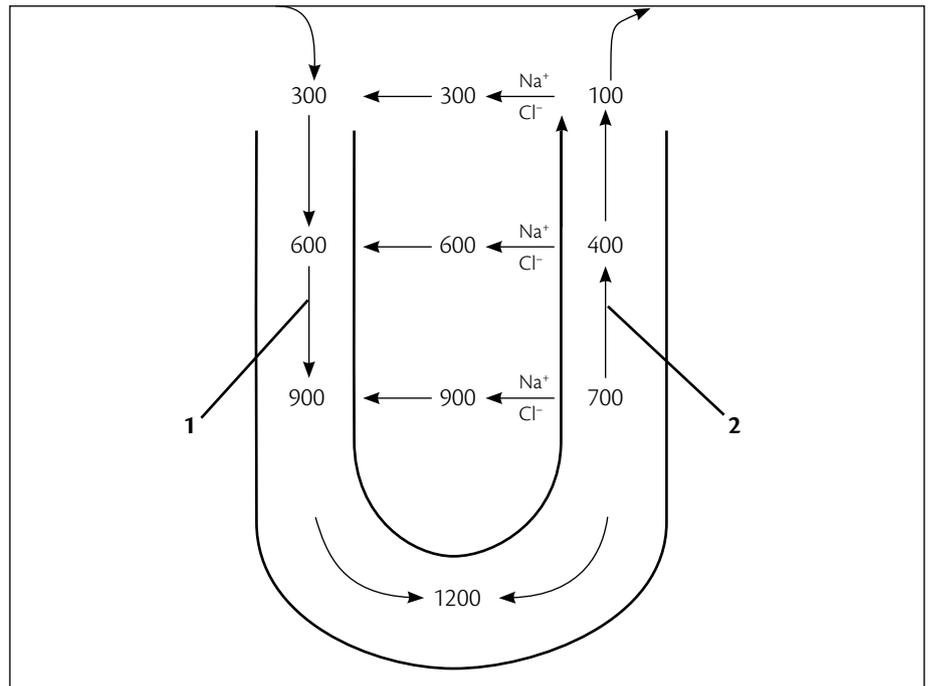
Questo si verifica, ad esempio, per il glucosio, quando si ha una iperglicemia (come nel diabete mellito): non tutto il glucosio riesce a essere riassorbito e, perciò, in parte lo si ritrova nell'urina definitiva (glicosuria).

2) Ansa di Henle: il rene è in grado di produrre, a seconda delle necessità dell'organismo, un'urina definitiva avente una concentrazione di soluti variabile. La possibilità di ottenere urine concentrate o diluite dipende da un meccanismo di concentrazione delle urine, detto **meccanismo controcorrente**, che si realizza a livello dell'ansa di Henle e dei capillari sanguigni che la circondano.

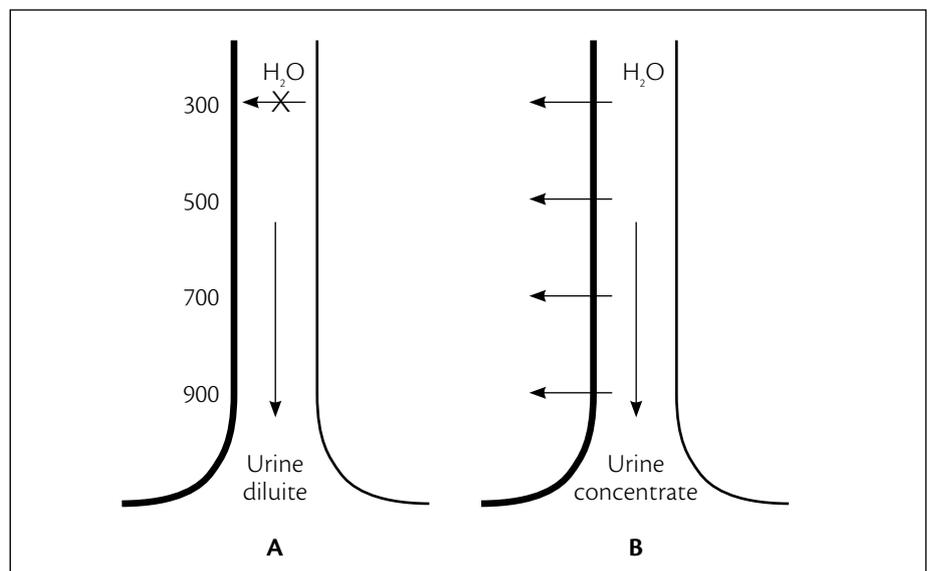
Il meccanismo è detto "controcorrente" perché, mentre l'urina scorre dal braccio discendente al braccio ascendente, il sodio-cloruro espulso attivamente dal braccio ascendente, si porta da questo (attraverso l'interstizio) al braccio discendente. Per questo meccanismo il liquido interstiziale che circonda le anse di Henle diventa progressivamente più ipertonico, andando dalla corticale alla midollare, fino all'apice della papilla (dove si ha una concentrazione dei soluti di 1200 mosm/L contro le 300 del filtrato glomerulare e del sangue).

Il tratto discendente dell'ansa, permeabile a H_2O e soluti, segue le variazioni osmotiche dell'interstizio e l'urina, attraversandolo, diventa sempre più concentrata. Risalendo lungo il braccio ascendente dell'ansa, impermeabile all' H_2O , l'urina si diluisce progressivamente per il riassorbimento attivo di NaCl, fino a diventare, alla fine dell'ansa, addirittura più diluita del filtrato glomerulare (e del plasma): 100 mosm/L.

L'urina, così diluita, passa nel **tubulo contorto distale** e poi al **dotto collettore**. Quest'ultimo attraversa tutta la midollare per raggiungere l'apice della papilla. La sua parete è impermeabile all'acqua in assenza di ADH (ormone antidiuretico).



↑ Meccanismo controcorrente nell'ansa di Henle: mentre il flusso urinario va dal braccio discendente (1) verso quello ascendente (2), il sodio (Na^+) e il cloro (Cl^-) si spostano "controcorrente", dal braccio ascendente verso quello discendente.



↑ Meccanismo d'azione dell'ADH.

In **A**) non c'è ADH e il dotto collettore è impermeabile all'acqua; in **B**) la presenza dell'ADH rende il dotto collettore permeabile all'acqua, che viene riassorbita, aumentando così la concentrazione delle urine e riducendone il volume.

In presenza di questo ormone che rende la parete dei dotti collettori permeabile all' H_2O , l'urina, che scorre nel dotto collettore, attraversando la midollare ipertonica, cede H_2O all'interstizio e tende così a di-

venire più concentrata. Se invece manca l'ADH, il dotto collettore, impermeabile all' H_2O , non permette la concentrazione delle urine, che vengono così eliminate diluite.

Struttura del rene

3) Tubulo contorto distale. La composizione dell'urina può essere qui ancora modificata: si ha ancora riassorbimento di Na^+ , scambiato con K^+ o H^+ , che vengono, invece, escreti; si ha inoltre la secrezione di altre sostanze che verranno così a trovarsi nelle urine definitive: acido urico, creatinina ecc.

Influenze ormonali sui tubuli renali

Due ormoni influenzano l'attività dei tubuli renali: l'ADH (ormone antidiuretico) e l'aldosterone (mineralcorticoidi).

L'**ADH** è prodotto dalla neuroipofisi in risposta all'aumento della pressione osmotica del plasma. Esso agisce sui tubuli contorti distali e sui dotti collettori, favorendo il riassorbimento di H_2O e quindi l'eliminazione di urine concentrate. In questo modo l'ADH riduce la pressione osmotica dei liquidi corporei, ristabilendo così una situazione di equilibrio.

L'**aldosterone**, prodotto dalla corteccia surrenale, stimola il riassorbimento di Na^+ , a livello dei tubuli contorti distali e la contemporanea secrezione di K^+ , che viene così eliminato nelle urine. La secrezione di questo ormone è influenzata da un'eccessiva

concentrazione di K^+ o dalla diminuzione della concentrazione del Na^+ ; esso è perciò importante per la regolazione dell'equilibrio di questi elettroliti. Inoltre, interviene indirettamente nella regolazione della pressione arteriosa, in risposta al sistema renina-angiotensina.

Sistema renina-angiotensina

L'apparato iuxtaglomerulare produce, in risposta a una diminuzione della pressione arteriosa, una sostanza, la **renina**, la quale attiva una proteina plasmatica, l'**angiotensinogeno**, trasformandolo in **angiotensina I**; un **enzima convertitore** (presente nel circolo polmonare) trasformerà poi l'angiotensina I in **angiotensina II**. Questa sostanza è in grado di aumentare la pressione sanguigna. L'angiotensina II aumenta la pressione attraverso due meccanismi:

- 1) per azione diretta sulla muscolatura dei vasi: contraendoli, ne restringe il calibro (l'angiotensina ha una forte azione vasocostrittiva).
- 2) Stimolando la produzione di **aldosterone** che, aumentando il riassorbimento di sodio

e (indirettamente, tramite l'ADH) di H_2O , aumenta il volume dei liquidi extracellulari e quindi del plasma, aumentando, anche in questo modo, la pressione del sangue.

L'eritropoietina

Il rene produce una sostanza di tipo ormonale, l'**eritropoietina (EPO)**, in risposta a una diminuzione dell'ossigeno circolante. Questa sostanza raggiunge il suo organo bersaglio, il midollo osseo, ove stimola la produzione di globuli rossi. La produzione di globuli rossi aumenta la capacità del sangue di trasportare l' O_2 . Ciò si verifica, ad esempio, quando si va in alta montagna: l'aria è più rarefatta e, pertanto, la pressione dell' O_2 è più bassa e perciò una quantità minore di O_2 si lega alla emoglobina dei globuli rossi. La carenza di O_2 stimola la liberazione di eritropoietina, che, a sua volta, provoca l'aumento della produzione di globuli rossi.

Dopo alcuni giorni di permanenza in alta montagna, di conseguenza, il numero dei globuli rossi presenti sarà superiore al normale (poliglobulia), proprio per compensare la carenza di O_2 nell'aria.



❗ L'eritropoietina viene purtroppo usata come doping dagli sportivi, soprattutto dai ciclisti, proprio per la sua capacità di stimolare la produzione di globuli rossi e quindi aumentare la capacità del sangue di ossigenare i muscoli. Questo abuso, oltre che essere un illecito sportivo, è anche pericoloso per la salute, perché un sangue troppo ricco di globuli rossi diventa molto viscoso e scorre con maggior difficoltà aumentando il rischio di trombosi vascolare, ipertensione arteriosa, infarto cardiaco e danni cerebrali.