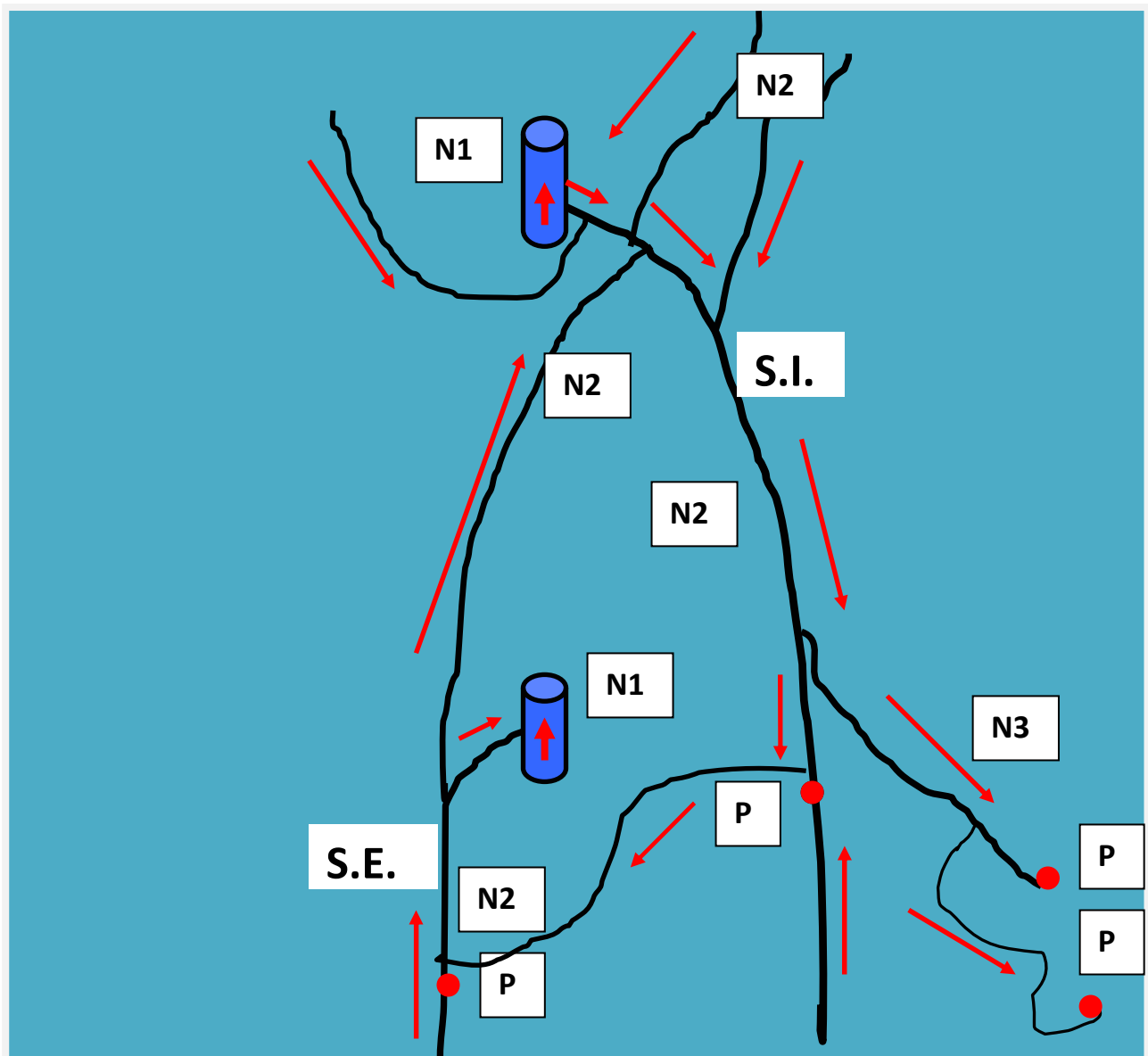


CLAUDE FRANCESCHI

DOMENICO RICCI

# CHIRURGIA EMODINAMICA CONSERVATIVA DELLE VARICI DEGLI ARTI INFERIORI PRINCIPI E FONDAMENTI ANATOMO DIAGNOSTICI

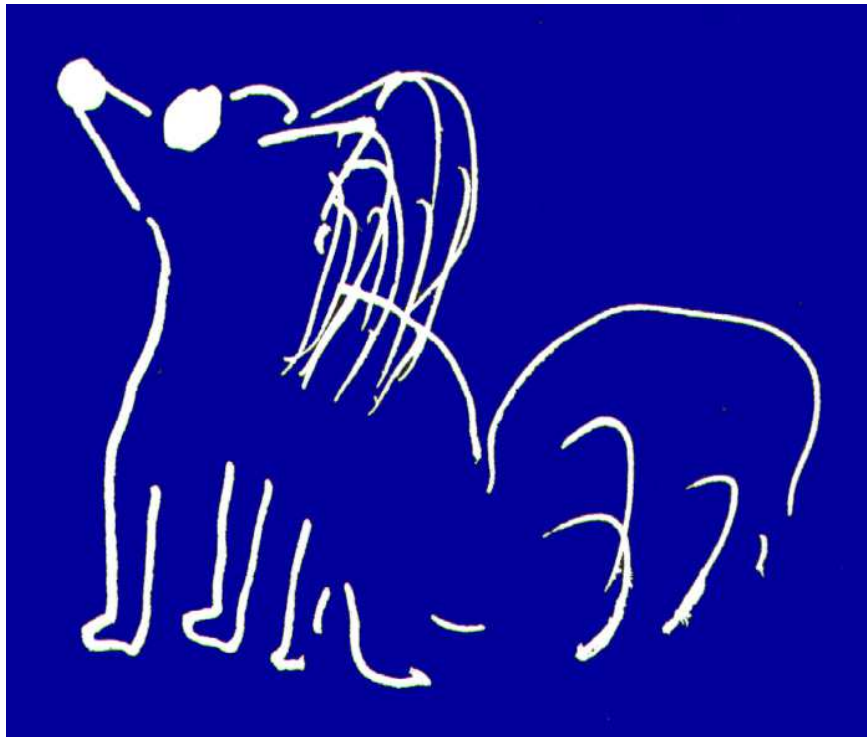


**CHIRURGIA EMODINAMICA CONSERVATIVA  
DELLE VARICI DEGLI ARTI INFERIORI**

**PRINCIPI E FONDAMENTI ANATOMO  
DIAGNOSTICI**

**CLAUDE FRANCESCHI**

**DOMENICO RICCI**



**Prefazione a cura del Prof. Carlo Sabbà**

## **Autori**

### **Dott. Claude Franceschi**

Chirurgo Vascolare

Emodinamica venosa e inventore della tecnica C.H.I.V.A. Parigi

Consulente di Angiologia Hopital Saint Joseph Parigi

Direttore del Diploma Universitario di EcocolorDoppler Vascolare dell'anno 2011-2012 al Centro Ospedaliero Universitario Pitie-Salpetriere di Parigi

### **Dott. Domenico Ricci**

Allievo di Claude Franceschi

Specialista in Ematologia Generale

Perfezionato in Chirurgia Emodinamica Conservativa Università di Perugia

Flebologia

Medicina Generale ASL/BA/04

Tel. 0805621003 Cell. 3393828399

Via Messenape 24/A Bari

[www.varici.bari.it](http://www.varici.bari.it)

## **Prefazione**

La conoscenza dell'emodinamica venosa è fondamentale nella pratica clinica quotidiana di chi utilizza a fini diagnostici l'eco-color doppler.

Fino ad oggi sono pochi i reparti di medicina e chirurgia vascolare, sia universitari che ospedalieri, che svolgono compiti di insegnamento teorico e pratico nel campo delle malattie vascolari, così come è ancora esigua la letteratura specialistica in proposito.

Lo scopo di questo manuale è fornire contenuti di base sull'emodinamica venosa, di utilità pratica in angiologia: è fondamentale acquisire un bagaglio teorico "solido" per chi decida di accostarsi alla metodica eco-color doppler ed approfondire le sue applicazioni cliniche.

Ho avuto la soddisfazione in questi anni di aver visto "crescere" molti giovani Colleghi che hanno consolidato l'attività diagnostica ultrasonografica sia in ambito vascolare che internistico in senso lato: per questa ragione sono particolarmente grato agli autori per la realizzazione di questo manuale pratico ed agile che permette di poter attingere ad alcuni suggerimenti metodologici derivanti da molti anni della loro esperienza e dedizione alla metodica.

**Prof. Carlo Sabbà**

**Università degli Studi di Bari**

**Facoltà di Medicina e Chirurgia**

## **Introduzione**

Le varici, insieme ad altri disturbi trofici locali quali la dermo-ipodermite, l'edema e l'ulcera cutanea, rappresentano il segno più caratteristico dell'insufficienza venosa degli arti inferiori. Sono la prova della presenza, quindi, di un circolo vizioso che si determina a causa dell'aumento della Pressione trans-murale (Ptm). I primi studi sulla circolazione venosa risalgono a metà del XVI sec., e proseguono fino alla fine del XIX sec. con Trendelenburg e Perthes, che rappresentano i precursori dell'emodinamica venosa conservativa. Solo a partire dagli anni ottanta del XX sec. un medico francese, Claude Franceschi, effettuando studi sulla fisiopatologia dell'insufficienza venosa degli arti inferiori, dimostra che il flusso del sangue venoso è regolato dalle leggi della dinamica dei fluidi. Tali studi sono stati possibili anche grazie all'utilizzo di un'indagine diagnostica innovativa, che in seguito si rivelerà insostituibile: l'esame eco-Doppler.

La chirurgia delle vene degli arti inferiori, benché sia molto praticata nella chirurgia vascolare, è già da diverso tempo il cugino povero della chirurgia vascolare. Mal insegnata e un po' disprezzata, a lungo considerata facente parte del campo della chirurgia generale, a causa della sua fama di benignità e della poca esperienza che si doveva possedere, la si è vista spesso affidata ai membri più giovani delle équipes chirurgiche. Eppure, sebbene benigna, la chirurgia delle vene superficiali non è esente da complicazioni, talvolta gravi, spesso dovute all'inesperienza o alla disattenzione dell'operatore o ancora all'assenza d'esplorazione pre-operatoria ben condotta. La chirurgia d'exeresi delle vene safene e delle loro ramificazioni non ha risolto il problema delle recidive che sono frequenti e i cui molteplici meccanismi non sono chiariti che parzialmente.

La chirurgia dell'insufficienza venosa profonda si è sviluppata in modo rilevante in questi ultimi anni all'interno di équipes specializzate. Attualmente offre una scelta ampia di tecniche che richiedono, tra l'altro, procedimenti endoscopici preceduti da un'esauriente mappa emodinamica, che permetta di orientare la scelta

terapeutica. Esiste, inoltre, un ampio ventaglio di lesioni rare, non sempre riconosciute e ben curate, che possono mettere in gioco la prognosi funzionale o vitale dei pazienti.

Il sistema venoso partecipa a tre funzioni fisiologiche principali: il drenaggio dei tessuti vascolarizzati, la regolazione dell'emodinamica cardiaca e la termoregolazione. L'insufficienza venosa mette in evidenza un'anomalia, più o meno accentuata, di queste funzioni. Ciò accade quando il sistema venoso non riesce ad assicurare un drenaggio unidirezionale e cardiopete a portata e pressione idonee alle necessità, qualunque sia la postura o l'attività muscolare. Al livello degli arti inferiori questa insufficienza si manifesta essenzialmente tramite disturbi secondari dovuti ad un'ostruzione acuta o cronica delle vie di drenaggio, oppure ad un difettoso funzionamento dei fattori di regolazione delle portate e delle pressioni in ortostatismo.

### **Emodinamica della rete venosa**

Dal punto di vista emodinamico la rete venosa degli arti inferiori è un insieme di vasi interposti tra il sistema micro-circolatorio, che essa drena, e il cuore destro, che essa riempie (Fig. 1). La rete venosa è costituita da condotti confluenti in numero decrescente e di calibro crescente a partire dalla microcircolazione fino al cuore. La rete profonda è complessivamente arborescente. La rete superficiale è reticolata ed è collegata alla rete profonda che la drena. Il volume, la portata, la pressione nonché la direzione del flusso sanguigno venoso dipendono dalle caratteristiche fisiche delle pareti del sistema venoso, dai gradienti della pressione venosa generati dalle pompe Cardiaca, Toraco-Addominale e Valvolo-Muscolare nonché dalla forza di Gravità.

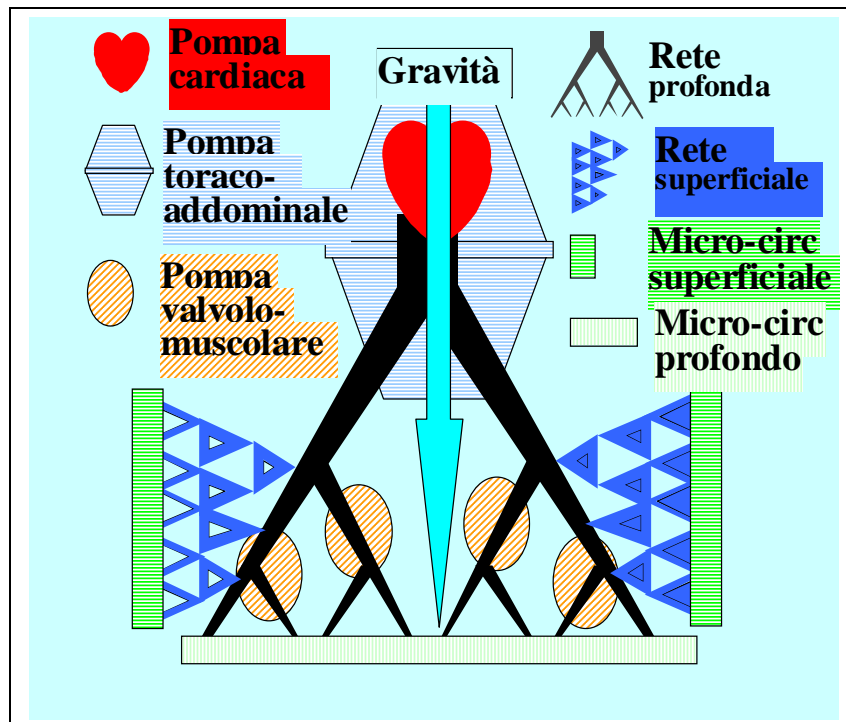


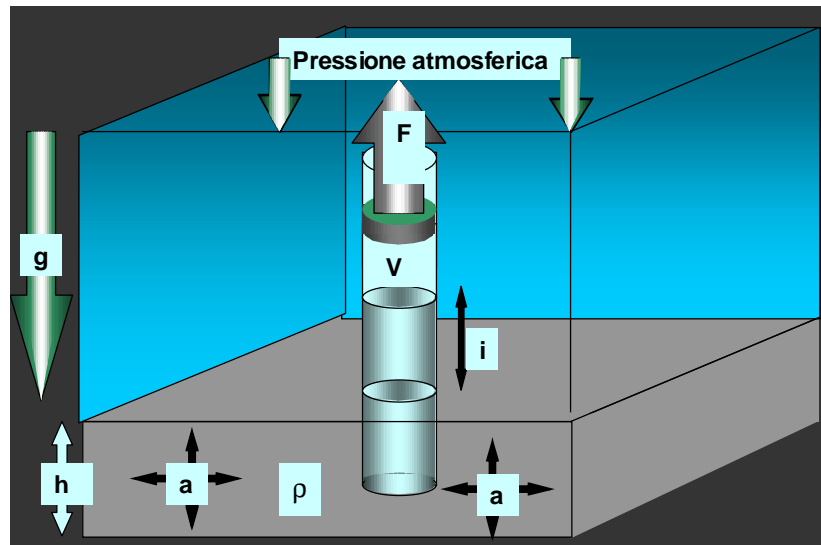
Fig. 1 – Schema generale del sistema venoso e dei fattori emodinamici.

### Concetti di forza, di pressione, di energia e di carico

E' indispensabile chiarire alcuni concetti di dinamica dei fluidi non solo dal punto di vista teorico, ma soprattutto per la comprensione e l'applicazione pratica della tecnica chirurgica emodinamica conservativa venosa (Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7).

La forza è l'unica causa o azione capace di far variare la velocità ( $v$ ) di spostamento di una massa ( $m$ ) secondo un'accelerazione ( $\gamma$ ) ossia  $\gamma F = m\gamma$  per una data direzione (vettore) quindi l'Accelerazione sarà  $\gamma = v/t$ . La massa ( $m$ ) è un oggetto il cui peso è uguale a  $mg$  quando è sottoposto alla gravità terrestre dove  $g$  rappresenta l'accelerazione di gravità pari a 9,81 metri/secondo, e corrisponde alla forza d'attrazione della terra sulla massa ( $m$ ) ed è sempre orientata dall'alto verso il basso, secondo un vettore situato su di una retta che passa per il centro della terra. Il peso si esprime in grammo-forza o più comunemente in grammo. Quindi, la massa non rappresenta il peso, ma il peso diviso l'accelerazione di gravità ( $g$ ). La massa varia a seconda della sostanza di cui è composta. E' chiamata massa specifica  $\rho$  il valore

dell'unità di volume per questa sostanza. Le forze si applicano seguendo direzioni rettilinee o vettori e determinano o subiscono gli effetti sulla massa secondo una forza



**Fig. 2 - Pressione atmosferica ed idrostatica.**

**g** = accelerazione della forza di gravità

**a** = pressione idrostatica  $P_{hs}$  + pressione atmosferica  $P_{atm}$ , =  $\rho gh + p_{gi}$

**i** = altezza della colonna liquida aspirata,  $p_{gi}$  = pressione atmosferica.

**v** = vuoto = zero assoluto di pressione = - 76 cmHg = -1 atm = -10 mH<sub>2</sub>O

**ρ** = massa volumetrica del liquido

**F** = forza necessaria ad aspirare il liquido verso l'alto fino al manifestarsi del vuoto =  $p_{gi} \cdot V$ .

**V** = volume d'altezza **i**.

cosiddetta forza risultante. La resistenza è una qualsiasi causa capace di ridurre la velocità di spostamento di una massa o di opporsi all'aumento di tale velocità. In emodinamica, la forza che ostacola il flusso è essenzialmente la viscosità del sangue, gli effetti della quale sono proporzionali sia al calibro sia alla lunghezza dei vasi e sia alla velocità circolatoria (**legge di Poiseuille**). È l'insieme delle forze applicate alla massa sanguigna che crea la circolazione del sangue venoso e che ne determina la direzione, la velocità e la portata.

Una Pressione (**P**) è la Forza (**F**) applicata per unità di superficie o di Volume (**S**).

**P=F/S**. La pressione si manifesta in modo diverso secondo i tipi d'applicazione e di trasmissione delle forze. Nei liquidi e nei gas, il tipo di trasmissione è diverso da



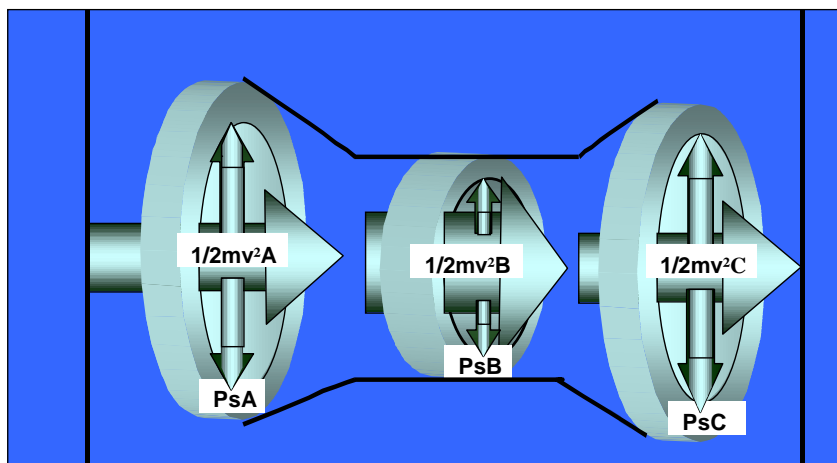
quello dei solidi. La forza di gravità si esercita in ogni punto del volume con lo stesso valore  $\rho g$ . Il peso della massa =  $mg = \rho gV$  ( $V$  = volume).

La **pressione**, ossia la forza applicata per unità di volume, è pari alla somma delle forze allineate sulla stessa verticale (altezza  $h$ ), e quindi è indipendente dalla massa che non può tuttavia essere nulla. In altre parole, due tubi riempiti di liquido, della stessa altezza ( $h$ ) ma di sezione diversa hanno un peso differente ma la stessa pressione. Tutti i punti di un liquido che si trovano alla stessa altezza subiscono la medesima pressione. Questa pressione aumenta proporzionalmente con l'altezza del liquido che divide questi punti dalla superficie. Una forza non gravitazionale  $m\gamma$  (quella che potrebbe muovere un pistone per esempio), applicata ad una massa liquida, si esercita egualmente su ogni punto secondo  $\rho\gamma$ , ma senza un effetto di sommazione. Invece la trasmissione delle forze nei liquidi avviene allo stesso modo indipendentemente che la forza sia o non sia gravitazionale. Essa si ripercuote in tutte le direzioni dello spazio.

Chiameremo **Pressione idrostatica** ( $P_h$ ) quella pressione che dipende dalla forza di gravità e **Pressione statica** ( $P_s$ ) quella pressione che, nei liquidi immobili, dipende da forze diverse dalla gravità. La Pressione idrostatica ( $P_h$ ) e la Pressione statica ( $P_s$ ) possono esprimersi attraverso diverse unità secondo il metodo di misura. Di solito si usa come valore equivalente la massa volumetrica e l'altezza della colonna di un liquido o di un gas: 1 atmosfera (atm) = 101300 Pascal (Pa), 1Kgf /cm<sup>2</sup> = 980 000 Pa = una colonna d'acqua alta 10 metri = una colonna di mercurio alta 76 cm. La Pressione atmosferica ( $P_{atm}$ ) ubbidisce anche alle leggi di Pascal. Per convenzione, si dà il valore 0 (zero) alla pressione misurata nei liquidi quando essa è pari alla Pressione atmosferica ( $P_{atm}$ ). Le si dà un valore negativo quando essa è inferiore alla Pressione atmosferica ( $P_{atm}$ ). La pressione negativa non esiste però in valore assoluto. In altre parole, una pressione negativa non può essere inferiore a - 76 cm di mercurio ossia ad 1 atm. Creare una pressione negativa in un liquido non significa aspirarlo (ovvero portarlo verso se stesso) ma creare una pressione inferiore alla

pressione atmosferica. Il valore zero assoluto di pressione corrisponde a - 1 atm, vale a dire al vuoto. La pressione misurata in un contenitore aperto o morbido è uguale alla Pressione idrostatica ( $P_{hs}$ ) più la Pressione atmosferica ( $P_{atm}$ ) ossia  $P_{hs} + P_{atm}$ . Quando il contenitore è chiuso ermeticamente ed è rigido, cioè resistente alla Pressione atmosferica ( $P_{atm}$ ), la pressione che si misura è soltanto la Pressione Idrostatica ( $P_{hs}$ ).

Il flusso del sangue non dipende direttamente dalle pressioni, ma dalla risultante delle forze applicate. Le pressioni sono soltanto un modo di espressione delle forze applicate.

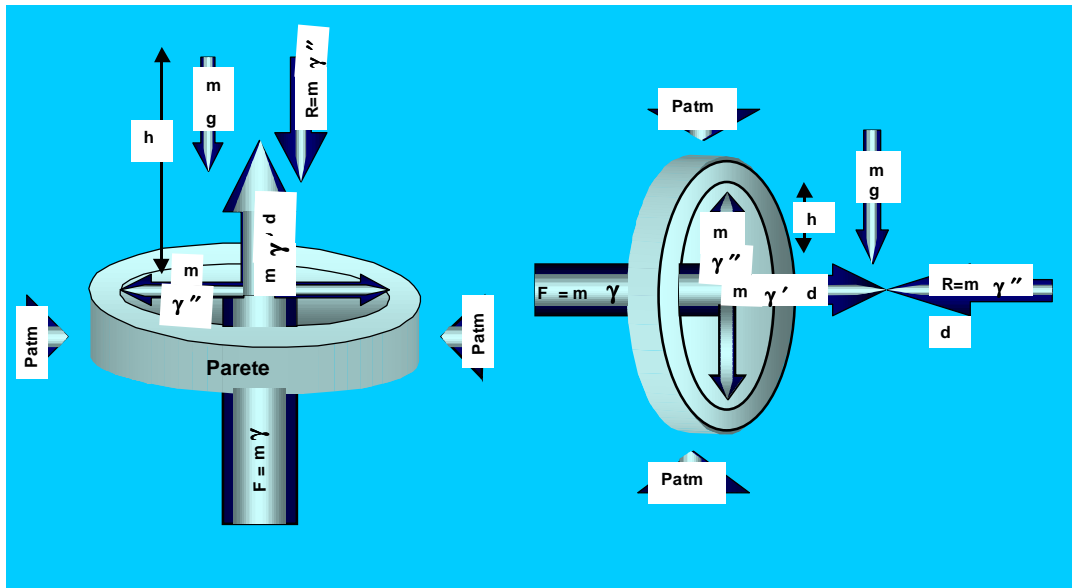


**Fig. 3- Variazione della pressione statica secondo le modificazioni del calibro per una portata costante (legge di Bernoulli). La stenosi provoca un aumento dell'energia cinetica ( $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ ) a causa dell'aumento della velocità  $v$ , in modo che la pressione statica in B diventi inferiore a quella che si ha in A ma anche in C. Questo significa che non sono importanti i gradienti di pressione statica (di solito misurati per mezzo di strumenti), ma la direzione e i gradienti di carico.**

Un'energia ( $E$ ) è una quantità che indica l'azione di qualsiasi tipo di forza. Sotto forma di Energia cinetica ( $E_c$ ) essa si esprime come un lavoro  $T = Fd$ , o ancora  $m\gamma d$ , in altre parole la forza moltiplicata lo spostamento ( $d$ ). Se sappiamo che l'accelerazione  $\gamma = v/t$ , essendo  $v$  la velocità acquisita, e sapendo che attraverso un calcolo semplice si deduce che  $v^2 = 2\gamma d$ , possiamo affermare che  $T = m\gamma d = \frac{1}{2}mv^2$

=  $E_c$ . Quest'energia cinetica produce una Pressione dinamica ( $P_d$ ) pari a  $1/2\rho v^2$ . L'energia si definisce Energia potenziale ( $E_p$ ) quando essa indica il lavoro che ne scaturirebbe se le forze presenti fossero liberate. Nel caso dei liquidi l'energia potenziale ( $E_p$ ) è uguale alla Pressione statica ( $P_s$ ) per il volume ( $V$ ) e produce una Pressione statica ( $P_s$ ) ossia  $P_s = \rho\gamma$ . L'Energia dei pesi ( $E_g$ ) ubbidisce alle stesse leggi, ma secondo un'accelerazione di direzione e di valori costanti.

Un'energia non si perde mai, essa si trasforma pur conservando il suo valore. E' la legge della conservazione dell'energia. La legge di Bernoulli costituisce un'applicazione alla dinamica dei fluidi.



**Fig. 4 - Forze, energie, carichi e pressioni a seconda della direzione della forza motrice hanno direzioni opposte, simile o perpendicolari.**

$F = m\gamma$  = Forza motrice (pompe).

$R = m\gamma''$  = resistenze (Forze).

$m\gamma''$  = energia potenziale che genera la pressione statica.

$m\gamma'd$  = energia cinetica = massa in movimento =  $m(\gamma - \gamma')$  d.

$mg$  = Forza di gravità (peso della massa liquida m).

$h$  = altezza del liquido.

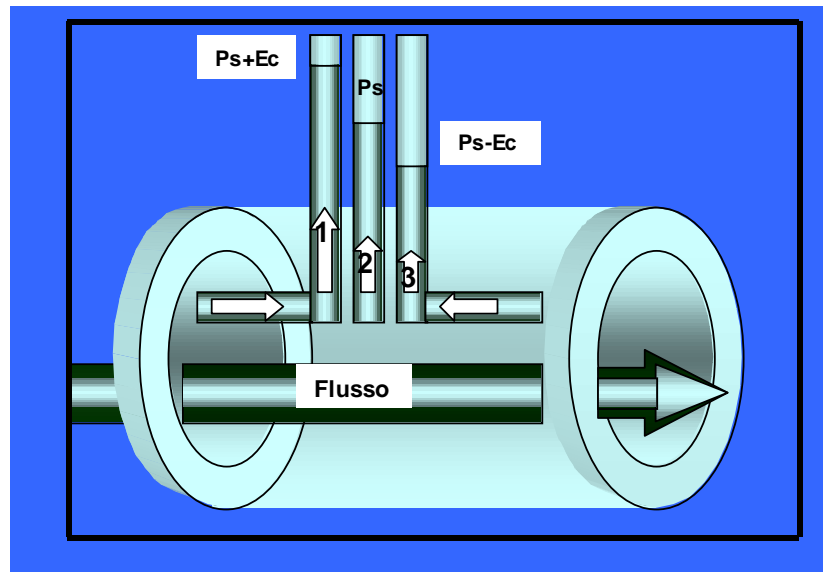
$Patm$  = pressione atmosferica.

$$\text{Energia totale (Et)} = \text{Ep} + \text{Ec} + \text{Eg} = \rho V \gamma + 1/2 \rho V v^2 + \rho V g V = r V g + 1/2 \rho V^2 \gamma' + \rho V \gamma V$$

**Energia motrice (Em)** è la parte d'energia indipendente dal proprio peso = **Eg + Ec.**

$$\text{Pressione totale (Pt)} = \text{Ps} + \text{Pd} + \text{Phs} = \rho \gamma + 1/2 \rho v^2 + \rho g h = \rho g + 2r \gamma' d + \rho g h$$

$$\text{Pressione motrice} = \text{Ps} + \text{Pd}$$



**Fig. 5 - Tubi di Pitot.** Variazione delle pressioni in funzione della direzione dell'indice rilevatore degli strumenti di misura rispetto alla direzione del flusso. Applicazioni schematiche alle vene collaterali e comunicanti.

**1:** lo strumento rilevatore, la vena collaterale o comunicante riceve il flusso frontalmente; la pressione trasmessa è massima = Pressione statica (Ps) + Energia cinetica (Ec).

**2:** lo strumento rilevatore, la vena collaterale o comunicante ha un'incidenza perpendicolare al flusso: è trasmessa soltanto la pressione statica.

**3:** lo strumento rilevatore, la vena collaterale o comunicante ha un'incidenza nulla rispetto al flusso e sono orientate a valle. La pressione trasmessa è pari alla Pressione statica (Ps) diminuita dell'Energia cinetica (Ec).

Si comprende, così, il possibile effetto aspirante nei tubi 2 e 3, quando la velocità aumenta (effetto Venturi) e la distribuzione del carico in energia cinetica può essere tale che la Pressione statica (Ps) sia inferiore alla Pressione atmosferica (Patm).

E' importante ricordare come l'accelerazione della forza trasformata in Energia motrice (**E**) si compone di un valore potenziale (**Ep**) e di uno cinetico (**Ec**). Inoltre, anche in assenza di resistenza al flusso, tutta l'Energia motrice (**E**) si trasforma in Energia cinetica (**Ec**) e l'Energia potenziale (**Ep**) diventa nulla. In altre parole, l'Energia potenziale (**Ep**) è pari alla forza di resistenza. D'altronde, se la resistenza è uguale all'Energia motrice (**E**), quest'ultima si trasforma interamente in Energia potenziale (**Ep**) visto che la velocità è zero. Lo stesso ragionamento vale per le pressioni.

Si può, quindi, affermare secondo la **legge di Bernoulli**, che un liquido che si versa con una portata costante in un tubo di calibro irregolare vedrà la sua Pressione statica (**Ps**) aumentare secondo il suo calibro e/o le forze resistenti a valle, mentre la sua Pressione idrostatica (**Phs**) aumentare con l'altezza (**h**) della colonna di liquido. Si verifica il contrario per la pressione dinamica e questo è vero soltanto per i liquidi ideali, cioè non viscosi. Essendo il sangue viscoso, questa legge si applica nelle condizioni in cui gli effetti della viscosità diventano insignificanti. Possiamo notare, quindi, che sono sempre i gradienti di energia e i vettori di forze a determinare i flussi più che i gradienti di pressione: per esempio, la Pressione laterale (**PL**) è meno alta in una stenosi che al di sotto della stessa, ma il rapporto è inverso per l'energia, l'unica che è determinante per la direzione del flusso. (Fig. 3 e 5). E' chiaro, quindi, che sono sempre i gradienti di energia e i vettori di forze a determinare i flussi, più che i gradienti di pressione. (Fig. 3 e 4)

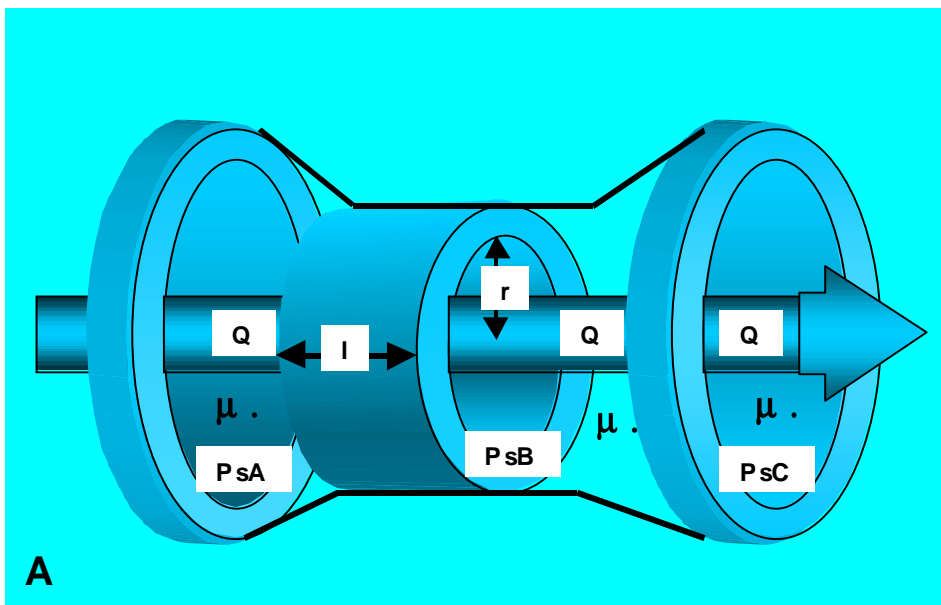
### **Concetti di carico**

In condizioni ideali, l'energia si conserva interamente sotto forma d'energia idrostatica ed idrodinamica. In realtà, una parte di questa energia può trasformarsi in altre forme di energia e il più delle volte in energia termica. E' una perdita per l'energia idrostatica e idrodinamica, ma non è una perdita reale d'energia. E' una perdita di carico se indichiamo come carico l'energia di flusso idrodinamica e

idrostatica, responsabili della circolazione. Queste perdite di carico avvengono quando le condizioni non sono favorevoli. Esse dipendono dalla natura del liquido, dalla configurazione del condotto e dalle velocità.

### Resistenze al flusso

Abbiamo visto che la resistenza al flusso a valle ci permetteva di applicare la **legge di Bernoulli**. Non accade la stessa cosa quando la resistenza si esercita lungo lo stesso condotto. E' questa la **legge di Poiseuille** (Fig. 6).

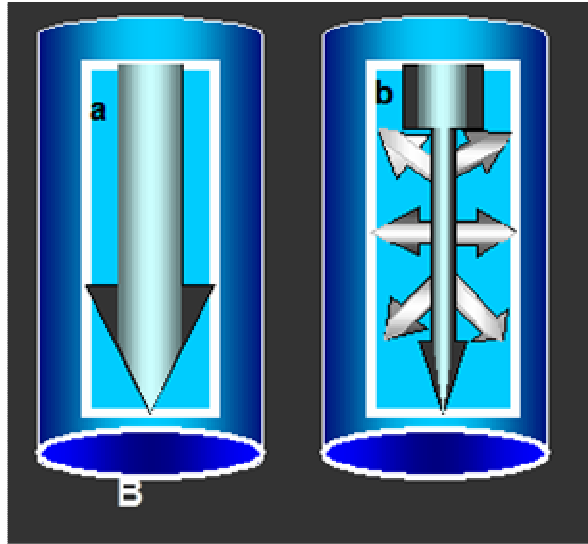


**Fig. 6-** Effetti della resistenza al flusso a secondo della viscosità e della velocità (legge di Poiseuille). Vediamo qui che la stenosi che agiva soltanto sulla velocità e la distribuzione del carico in energia statica e cinetica secondo la legge di Bernoulli, è soltanto valida per i fluidi perfetti (senza viscosità); questa legge si "modifica" quando il fluido è viscoso.

Resistenza =  $8 l\mu/\pi r$  dove  $l$  = lunghezza del vaso,  $\mu$  la viscosità,  $r$  il raggio del vaso. Inoltre, occorre osservare che la viscosità aumenta come la velocità  $v$  in regime laminare e come  $v^2$  in regime turbolento. Si vede così l'importanza del raggio  $r$  che interviene alla quarta potenza, ma anche della lunghezza e della velocità. Questa resistenza provoca una redistribuzione del carico: da una parte si ha una sua perdita

sotto forma di energia termica e meccanica (vibrazioni), dall'altra si ha un aumento della Pressione statica ( $P_s$ ) per riduzione delle velocità. La presenza di un flusso turbolento provoca una dispersione nelle direzioni dei vettori di velocità, trasformando in Pressione laterale (PL) l'Energia cinetica ( $E_c$ ) dei flussi così sfasati e orientati verso le pareti (Fig. 7).

Come possiamo notare, gli effetti della **legge di Bernoulli** e quelli della **legge di Poiseuille** sono agli antipodi nel caso dei liquidi viscosi. In effetti, per un uguale carico, più il calibro del vaso diminuisce, più la velocità aumenta e la Pressione statica ( $P_s$ ) diminuisce, ma nello stesso tempo aumenta la resistenza, poiché diminuisce la portata e aumenta la Pressione statica ( $P_s$ ). In altre parole, la **legge di Bernoulli** si applica soprattutto e paradossalmente ai vasi piuttosto corti e di calibro abbastanza grosso all'interno dei quali la velocità, aumentando senza cambiamento della massa, avrà tendenza a ridurre il calibro. La **legge di Poiseuille**, invece, si applica per i vasi piuttosto piccoli e abbastanza lunghi, nei quali la resistenza dovuta alla viscosità durante il flusso sarà predominante, provocando così, per un'eguale massa, un aumento della velocità che avrà come conseguenza un aumento proporzionale della Pressione statica ( $P_s$ ), con la conseguenza di favorire la dilatazione del vaso.



**Fig.7 – In regime laminare, la direzione dei vettori di velocità è assiale ed omogenea (a). In regime turbolento, la direzione dei vettori di velocità è multidirezionale, il che rallenta la parte di velocità totale e crea forze laterali che tendono a dilatare il condotto (b).**

La Pressione laterale (PL) (anche chiamata Pressione parietale  $P_p$ ) è costituita dalla Pressione statica ( $P_s$ ) più la Pressione idrostatica ( $P_{hs}$ ) ossia  $PL = P_s + P_{hs}$  e si esercita in tutte le direzioni, ed anche contro la faccia interna della parete del vaso, che tende a dilatarlo (Fig. 8). La Pressione transmurale ( $P_{tm}$ ) è la tensione parietale ( $P_p$ ) risultante dalle pressioni di direzione opposta. Essa infatti è pari alla Pressione laterale (PL) meno la Pressione tissutale ( $P_{tiss}$ ) ed atmosferica ( $P_{atm}$ ) che le sono opposte:  $P_{tm} = PL - (P_{tiss} + P_{atm})$ . Questa è determinante per la Tensione parietale ( $T_p$ ), e di conseguenza per il calibro del vaso, ma anche per gli scambi tra i compartimenti liquidi (Fig. 8).

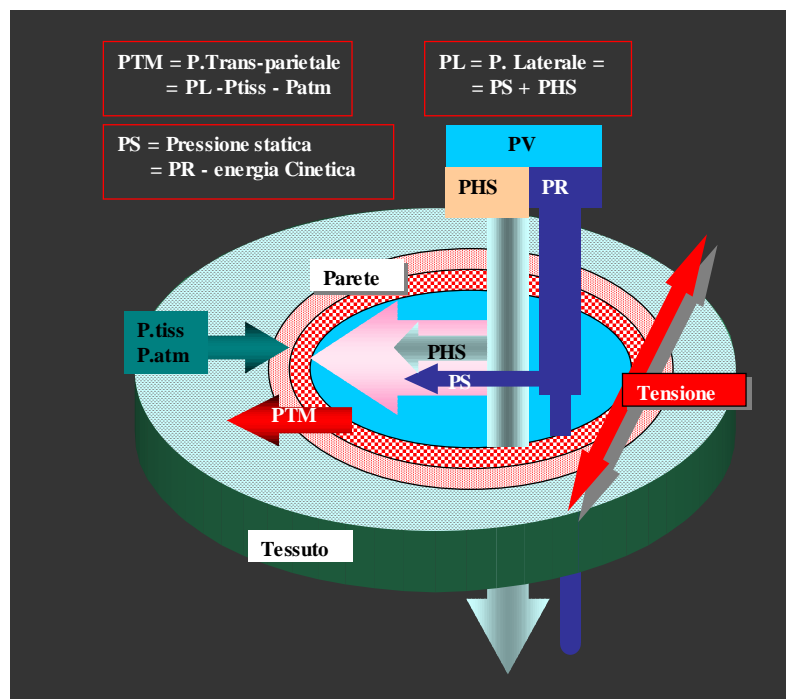
Le pressioni sistoliche dipendono unicamente dalla forza di compressione del motore della pompa e non hanno quindi limiti teorici. Le pressioni diastoliche provocano un calo di pressione che non può essere inferiore allo zero assoluto, ossia a Pressione atmosferica negativa ( $-P_{atm}$ ). In altre parole, quando la pompa "aspira" con pressioni negative, in realtà è la Pressione atmosferica ( $P_{atm}$ ) che "spinge" la massa verso la pompa. Aspirare significa ridurre la resistenza alla sola Pressione atmosferica ( $P_{atm}$ ).



La Pressione residua (Pr) è la pressione venosa motrice che si ottiene dalla pressione arteriosa (PA) dopo la perdita di carico dovuta alle resistenze arteriolo-capillari, quindi la relazione è **Pr = PA - Resistenze arteriolo-capillari**.

Si evince che la pressione residua dipende quindi soprattutto dalle resistenze arteriolo-capillari. Lo stato della circolazione venosa dipende dunque dal valore relativo dei carichi per il deflusso e dalle pressioni per i calibri.

La pressione venosa distale è compresa tra 2 a 5 mmHg in posizione di decubito; risulta di 90 mmHg in ortostatismo immobile e di 40 mmHg nella deambulazione.



**Fig. 8 - Schematizzazione dei parametri importanti per il calibro dei vasi.**

**P.tiss = Pressione tissutale.**

**P.atm = Pressione atmosferica.**

**T = tessuti circostanti.**

**Ptm = pressione transmurale.**

**PL = pressione laterale = Ps + Phs = Pressione statica + Pressione idrostatica.**

**Ec = energia cinetica. Te = Tensione.**

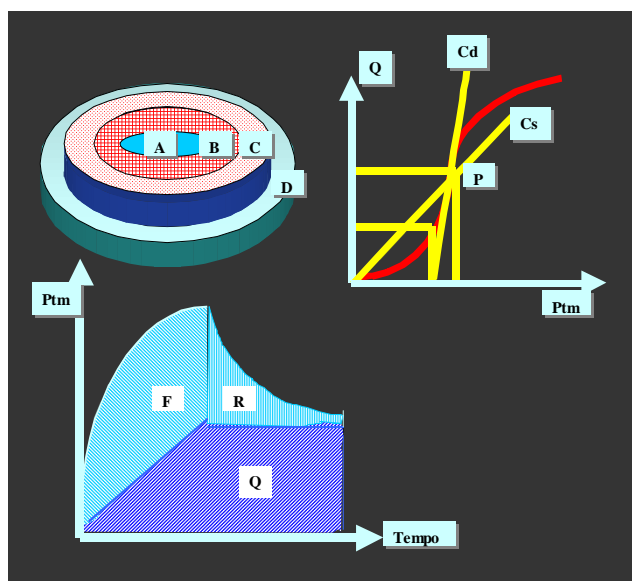
## **Le velocità circolatorie**

La superficie totale delle venule è nell'ordine di 60 volte quella delle vene grosse, e ciò spiega come, visto che la portata rimane la stessa, le velocità circolatorie sono inversamente proporzionali. Inoltre, l'aumento dei calibri durante l'ortostatismo riduce di conseguenza le velocità, senza che intervenga una variazione della portata.

## **I volumi e i calibri**

Le variazioni di volume sono direttamente collegate alle variazioni di calibro e viceversa (Fig. 6 e 7), e dipendono esclusivamente dal valore della Pressione trasmurale ( $P_{tm}$ ) e dalla resistenza attiva o passiva delle pareti alla tensione parietale ( $T_p$ ). I fattori parietali, che determinano la distensibilità o compliance ( $C$ ), sono costituiti dalle strutture passive da una parte (elastina e collagene) e dalle quelle attive dall'altra (fibre muscolari lisce della media). Le fibre muscolari della media sono sottoposte ad un controllo neuro-umorale, che assicura un tono permanente, una vasocostrizione o, ancora, una vasodilatazione secondo i bisogni della termoregolazione e dell'emodinamica cardiaca.

La Tensione parietale ( $T_p$ ) è la forza che si esercita tangenzialmente sulla parete, è proporzionale al raggio e alla Pressione trasmurale ( $P_{tm}$ ), ossia  $T_p = P_{tm} r$ , essendo  $r$  il raggio del vaso. In conclusione, tra due vasi con la stessa Pressione trasmurale ( $P_{tm}$ ) e compliance ( $C$ ), quello che avrà in partenza il più grosso calibro sarà quello che si dilaterà maggiormente.



**Fig. 9 – Compliance e viscoelasticità parietale.** A = lume del vaso. B = media (compliance attiva). C = limitante elastica e avventizia (compliance passiva). Ptm = Pressione trans-parietale. Q = volume del vaso, F = scorrimento viscoso. R = distensione. Cd = compliance dinamica =  $dq/dt$ . Cs = compliance statica = Ptm.

La **Compliance (C)** rappresenta il rapporto di stiramento dl della parete secondo la **tensione T**, ossia  $C=\delta l/\delta T$ . La Compliance (C) non è costante, ma varia secondo il grado di stiramento descrivendo una curva approssimativamente a forma di **S**, che mostra una minore distensibilità sia per i valori estremi del calibro sia per quelli intermedi. La viscoelasticità e l'isteresi si traduce in una specie d'inerzia, cioè in un rallentamento nella risposta della parete alla sollecitazione delle forze che sono favorevoli ad aumentarla o a ridurla. Compliance e viscoelasticità sono fattori importantissimi nelle funzioni del sistema venoso.

Il volume venoso è circa 4 volte superiore al volume arterioso e rappresenta più dei 2/3 del volume del letto vascolare. Le notevoli variazioni di volume, senza gran variazione di pressione del letto venoso, assicurano una funzione di serbatoio necessaria ai bisogni di adattamento dell'emodinamica cardiaca.

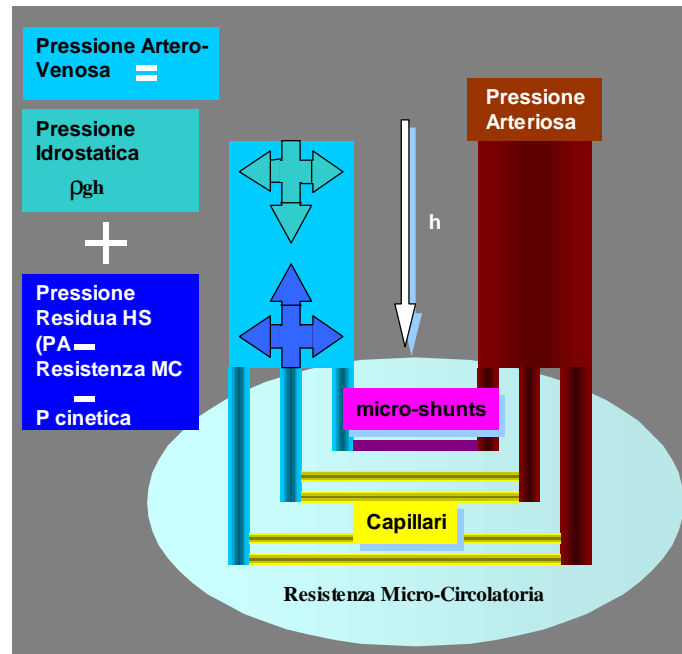
Le portate: la Compliance (C) conferisce al letto venoso un potere capacitivo attivo e passivo tale che il rapporto portata-pressione-volume rimane stabile anche quando uno di questi tre parametri viene a variare.

#### **Conseguenze pratiche: interazione dinamica pressioni-portate-calibri (Fig. 4)**

Durante la sistole, una data massa  $m$  viene messa in movimento nel vaso da una forza  $F = m\gamma$  prodotta dalla pompa, essendo  $\gamma$  l'accelerazione che le dà un'Energia cinetica ( $E_c = 2 m \gamma' d$  ossia  $1/2 m v^2$ ), e un'Energia potenziale ( $E_p$ ) che esercita una Pressione statica ( $P_s = m\gamma'$ ); essendo  $S$  la superficie di contatto con la parete,  $v$  la velocità acquisita dalla massa  $m$  e  $d$  la distanza dello spostamento (Fig. 8). Se non esiste nessuna forza resistente  $R$  (viscosità e/o contropressione meccanica, e/o forza gravitazionale),  $\gamma' = \gamma$  e  $\gamma'' = 0$  e quindi Pressione statica uguale a zero ( $P_s = 0$ ). Essendo, quindi, la Pressione Atmosferica ( $P_{atm}$ ) superiore alla Pressione statica ( $P_s$ ) il vaso si appiattirà. Se la forza resistente  $R$  è pari alla forza motrice  $m\gamma$ , essendo  $\gamma' = 0$  e  $\gamma'' = \gamma$  la Pressione statica ( $P_s$ ) sarà al massimo e tenderà a dilatare il vaso. La forza resistente relativa alla viscosità dipende dalla legge di **Poiseuille**. Anche qui, più il raggio  $r$  sarà piccolo, più la lunghezza  $l$  e la portata  $Q$  saranno grandi, e più la proporzione di forza motrice convertita in Pressione statica ( $P_s$ ) ossia in Energia potenziale ( $E_p$ ) sarà grande. Ciò avrà, quindi, l'effetto di aumentare la Pressione transmurale ( $P_{tm}$ ) direttamente a monte e di dilatare progressivamente il vaso da monte verso valle proporzionalmente alla sua compliance (C). Quest'ultima avrà tendenza ad aumentare la Pressione transmurale ( $P_{tm}$ ) a causa delle vibrazioni che spezzano il collagene e l'elastina, e poiché il raggio aumenta, la tensione aumenterà secondo la **legge di Laplace**. Questo rende conto della dilatazione dei vasi sottoposti a forti carichi di flusso. La dilatazione smette di progredire quando il raggio e/o la lunghezza ( $h$ ) ha dei valori tali, che gli effetti della **legge di Poiseuille** diventano insignificanti. La forza di gravità  $mg$  crea una resistenza quando la sua direzione si oppone a quella della forza motrice  $m\gamma$ ; non oppone nessuna resistenza quando sono

perpendicolari tra loro; si aggiunge alla forza motrice quando sono orientate nella stessa direzione e nello stesso senso. La forza motrice necessaria per far tornare il sangue venoso verso il cuore è in teoria indipendente dalla postura, poiché la rete arteriosa e venosa realizzano un equilibrio di vasi comunicanti, funzionante anche in ortostatismo. La Pressione idrostatica ( $P_h$ ) è più alta distalmente; la pressione misurata alla caviglia in ortostatismo immobile è quindi di 90 mmHg, ciò corrisponde essenzialmente all'altezza della colonna liquida  $h$ . Questa pressione non dovrebbe diminuire in movimento, a patto che le condizioni di tubo ad U non vengano modificate. Quello che cambia è l'azione delle pompe, con valvole che svuotano verso l'alto, e in modo intermittente, il contenuto venoso più velocemente di quanto non si possa riempire, grazie al suo apporto arterioso dovuto alle resistenze microcircolatorie, riducendo così la massa e dunque il carico a monte. Finché il carico a valle rimane superiore al carico a monte, la valvola a valle rimane chiusa, e ciò ha per conseguenza il frazionamento della colonna di pressione idrostatica e dunque la riduzione dell'altezza ( $h$ ).

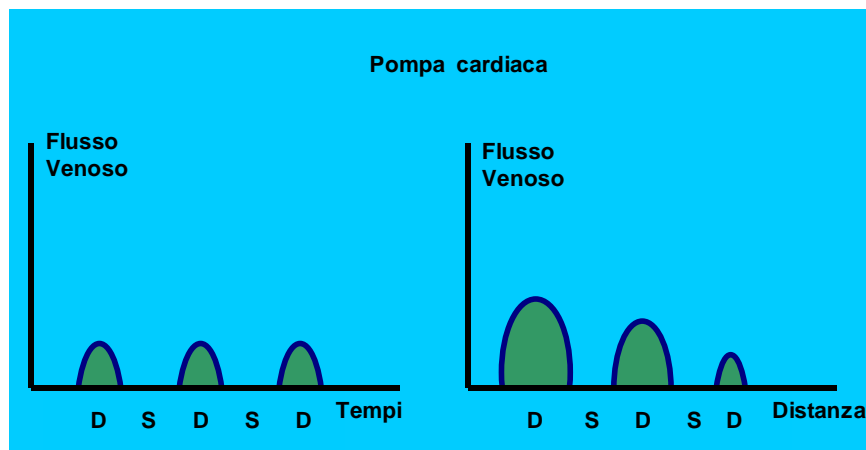
I metodi di misura si avvicinano in modo diverso, secondo i loro principi, ai diversi parametri emodinamici descritti. Soltanto una conoscenza precisa dei parametri misurati permette di conoscerne il significato fisiopatologico, consentendo in questo modo una diagnosi più accurata e un trattamento più idoneo.



**Fig. 10 – Microcircolazione: la Pressione residua (Pr) nella venula dipende dalla pressione arteriosa, dalle resistenze totali micro-circolatorie che sono modulate dalle variazioni del calibro arteriolare e dall’apertura dei micro-shunts.**

## La microcircolazione

I rapporti anatomici e soprattutto funzionali tra la microcircolazione e il sistema venoso sono particolarmente stretti. La microcircolazione alimenta e regola in gran parte le portate e le pressioni venose (Fig. 10). Questa interfaccia tra il sistema arterioso e il sistema venoso alimenta e drena le cellule e il mezzo intercellulare ad opera dei capillari, modulando le portate e le pressioni da valle a monte grazie alla vasomotilità arteriolare. Agisce come una resistenza variabile alla pressione arteriosa, determinando così una pressione venosa detta Pressione residua (Pr). Corto-circuitando i capillari, l'apertura di shunts consente la termoregolazione per effetto “radiatore” facendo variare la circolazione venosa superficiale secondo le diverse necessità, e quindi partecipa al mantenimento dell'equilibrio tra i compartimenti liquidi. In seguito vedremo come può aumentare la Pressione residua (Pr) per superare eventuali ostacoli al flusso.



**Fig. 11 – Effetti della pompa cardiaca sulle variazioni di velocità dei flussi venosi. La velocità aumenta durante la diastole e in modo ancora più netto (meno smorzata) quanto più ci si avvicina al cuore.**

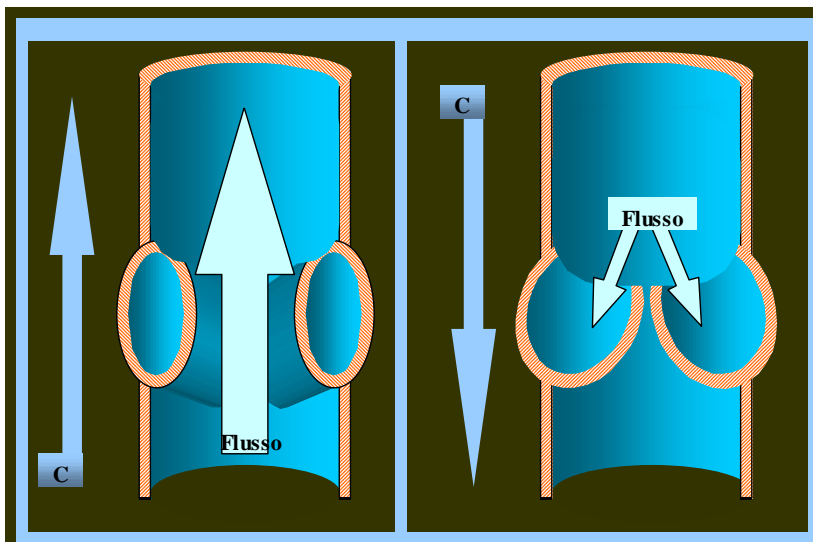
**Le pompe**

Le pompe del sistema circolatorio venoso sono costituite da camere a doppia uscita con volume variabile, dovuto all'effetto delle contrazioni e dei rilassamenti alternati dei muscoli circostanti, che imprimono delle pressioni (sistole) e delle depressioni (diastole) successive al volume sanguigno che esse contengono; creano, quindi, un flusso unidirezionale orientato secondo la disposizione dei lembi valvolari da entrambe le uscite (Fig. 11, 12, 13, 14). Il cuore è la pompa principale del sistema: essa aumenta i volumi, le portate e le pressioni venose attraverso il ventricolo sinistro in sistole, e li riducono tramite il ventricolo destro in diastole. Invece, il sistema venoso con il suo importante potere capacitivo attivo e passivo consente di riempire il cuore secondo le sue necessità (Fig. 11).

La pompa toraco-addominale agisce con variazioni di volume e di pressione nella cavità toracica e addominale, e con la trasmissione alle vene che esse racchiudono. I lembi valvolari si trovano sul percorso dei flussi ma a distanza (valvole delle vene degli arti, del collo e del ventricolo destro). Il motore di questa pompa è costituito dal

diaframma e dai muscoli dell'addome. Le variazioni emodinamiche che esse generano sono modificate secondo l'atto respiratorio (normopnea, apnea, iperpnea, manovra di Valsalva), secondo gli sforzi (tosse, defecazione, sollevamento di pesi) e secondo la posizione che assume il contenuto viscerale dell'addome, che agisce direttamente col suo peso sulle vene che lo attraversano e in particolare in posizione di decubito dorsale.

La pompa valvolo-muscolare agisce, attraverso variazioni di volume e di pressione, sul sangue contenuto nelle vene grazie alla contrazione e al rilassamento dei muscoli scheletrici che le circondano, mentre la direzione del flusso è assicurata dalla disposizione dei lembi valvolari.



**Fig. 12 – Meccanismo di funzionamento delle valvole. L'inversione del flusso non è obbligatorio se le pressioni statiche a monte e a valle non s'invertono. E' l'inversione dei carichi che è determinante (un flusso opposto rapido, a bassa pressione statica chiuderà più facilmente la valvola di un flusso a pressione statica alta ma a velocità più bassa). C = Gradiente di pressione.**

La disposizione di ogni segmento venoso profondo, provvisto di valvole, nell'ambito dei muscoli determinerà, quindi, il rendimento della pompa. Quelli che sono extra-muscolari, ma la cui disposizione consente ai muscoli vicini di comprimerli contro un piano resistente (osseo o aponevrotico), hanno un'efficienza minore ma in

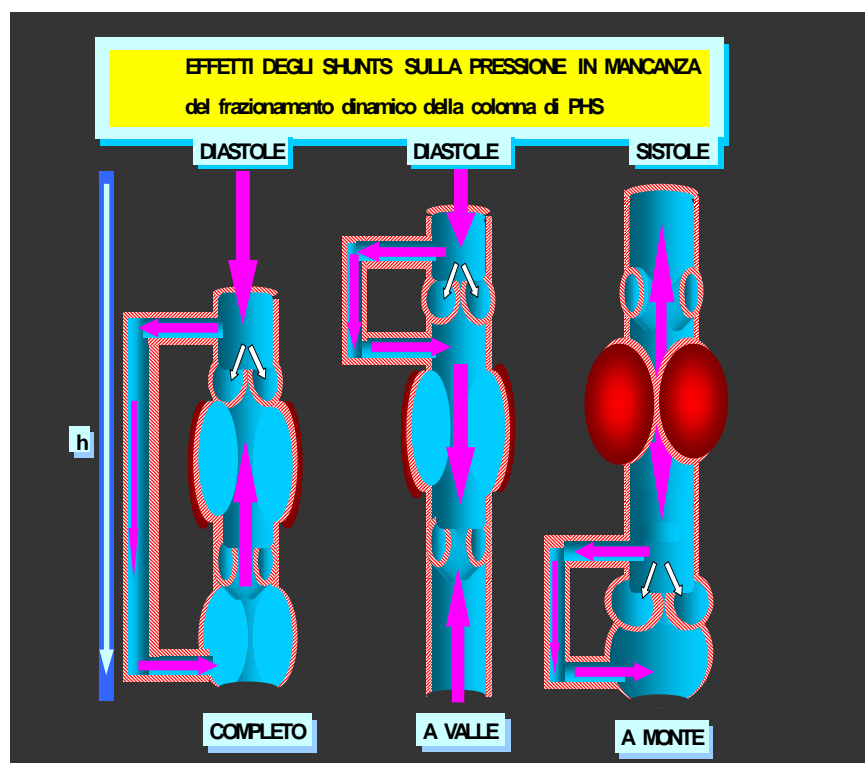


ogni caso soddisfacente. Invece quelli che, sebbene situati in una loggia muscolare, non sono correttamente sistemati per subire la compressione muscolare possono essere inefficienti. Infine, la rete venosa superficiale sopra, sotto o intra-aponevrotica o fasciale non subisce effetti diretti della pompa valvolo-muscolare, che agisce sul suo flusso per aspirazione soltanto al momento della diastole (Fig. 12, 13, 14). La pompa di Lejars, costituita da vene profonde della pianta del piede, non rappresenta un vero motore muscolare, ma la sistole e la diastole sono assicurate dai movimenti di appoggio e di sollevamento del piede nella deambulazione.

### **Anatomia fisiologica funzionale**

Abbiamo visto che il calibro delle vene è dipendente dalla Pressione transmurale ( $P_{tm}$ ) e dalla Compliance ( $C$ ) delle pareti. Per questi motivi, è stata proposta una sistematizzazione anatomo-funzionale della rete venosa (Figure 17 e 18). La rete **R1** corrisponde alla rete profonda con una configurazione arborescente e contiene due sottogruppi:

- la rete **R1 (+)** è costituita dalle vene profonde che si comportano come camere di scarico efficaci, e sono rappresentate dalle vene profonde della gamba (vene tibiali, peronee, gemelle e solee), della coscia (vena femorale profonda) e del gluteo.
- la rete **R1 (-)** è costituita da vene profonde che non costituiscono camere di scarico efficaci e sono rappresentate dalla vena poplitea, femorale superficiale, femorale comune ed iliaca.



**Fig. 13 - Funzionamento della pompa valvolo-muscolare normale in condizioni efficaci (senza shunts) e poco o inefficaci (con shunts).  
PHS =Pressione Idrostatica**

## Le reti

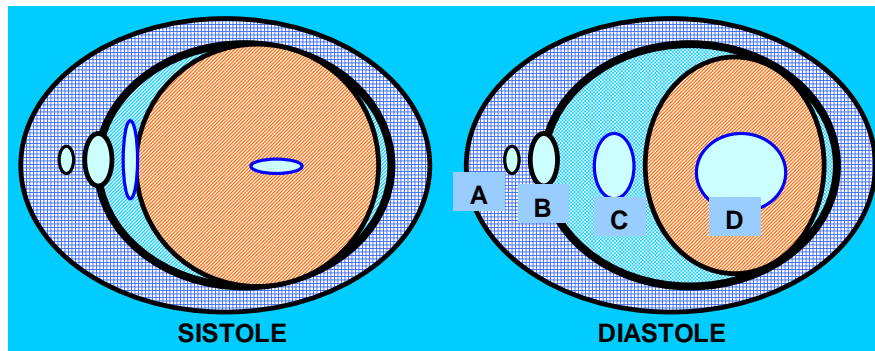
La rete **R2** è costituita dai tronchi collettori principali della rete superficiale, dotati di una parete muscolare spessa molto vasoreattiva che è inserita in un ambiente aponevrotico o fasciale resistente. Questi tronchi sono rappresentati dalla safena interna (grande safena) nonché dalla safena esterna (piccola safena).

La rete **R3** è costituita dai rami superficiali che confluiscono verso i tronchi R2, di solito sottocutanei, sub-aponevrotici o sopra fasciali, di piccolo calibro con una parete sottile e povera in fibre muscolari, e quindi con una debole compliance e vasoreattività. La sua configurazione è contemporaneamente arborescente e reticolata; tuttavia ogni ramo drena un territorio cutaneo preferenziale.

La rete **R4** è costituita da vene che fanno comunicare tra loro le reti R2 e/o R3. La sua struttura e la sua disposizione appartengono al tipo R3 ad eccezione della vena di

Giacomini la cui struttura e posizione sono assimilabili allo stesso tipo di quella della rete R2.

Nel consensus del 2006 le reti **R1** vengono indicate come **N1**, le reti **R2** come **N2** e le reti **R3** e **R4** come **N3**.



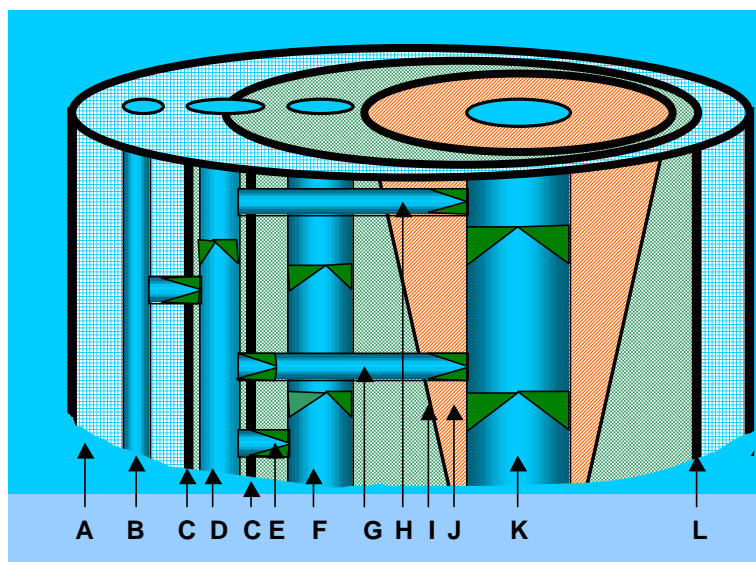
**Fig. 14 - Effetti variabili della contrazione muscolare sulla camera di scarico venosa secondo la sua disposizione. A) Vena sottocutanea (R3). B) Vena intrafasciale o intra-aponevrotica (R2). C) Vena situata sotto un'aonevrosi ed extra-muscolare (R1). D) Vena intra-muscolare (R1).**

### **Le comunicazioni fra le reti**

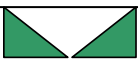
Le reti superficiali comunicano con la rete profonda per mezzo di archi e perforanti o vene comunicanti, che permettono alle prime di drenarsi verso la seconda. Queste vene comunicanti si trovano sia sulla rete R2 sia sulla rete R3 e R4.

Le vene comunicanti troncolari (CT) collegano la rete R2 alla rete R1. Sono le crosses delle safene nonché l'insieme delle perforanti incostanti e variabili per numero, fra le quali le classiche perforanti di Boyd, Dodd e Cokett.

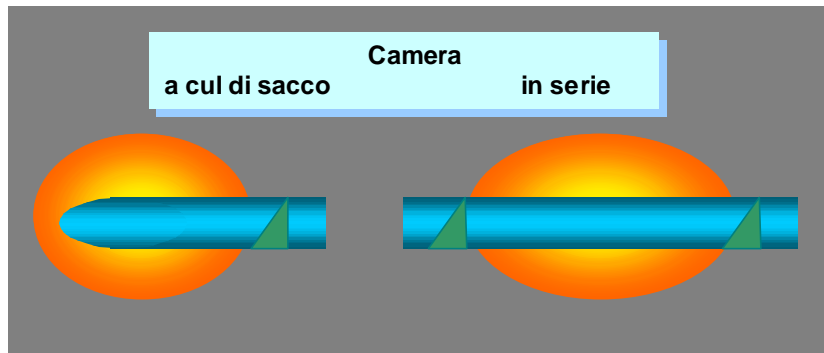
Le vene comunicanti extra-troncolari (CET) collegano segmenti delle reti R3 e R4 alla rete R1.



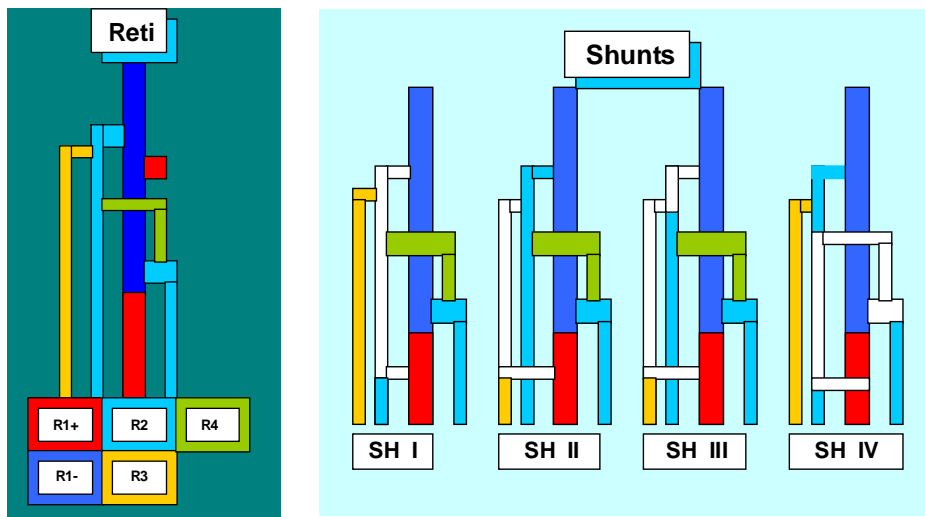
**Fig. 15–** Disposizione delle vene secondo le loro connessioni e i loro rapporti con i tessuti.

<b>Valvole</b>	
<b>A=spazio sottocutaneo. B=vene superficiali sotto e intracutanee.</b>	
<b>C, L, I=aponevrosi e fasce sdoppiate. D=vene superficiali sotto e intrafasciali</b>	
<b>E, G, H=Vene perforanti e crosses. F=Vene profonde extramuscolari.</b>	
<b>J=Muscoli scheletrici. K=Vene profonde intramuscolari.</b>	

Le vene comunicanti valvolo-muscolari (CVM) sono le CT e CET che sono collegate direttamente ad una camera di scarico efficace. Contrariamente alle altre (ivi comprese le crosses delle safene che sono drenate solo dalla pompa cardiaca e toraco-addominale sia a riposo e sia nella deambulazione), esse sono drenate in diastole ed esclusivamente nella deambulazione (ad eccezione della suola di Lejars dove sono fisicamente incontinenti e sono drenate in sistole durante la deambulazione).



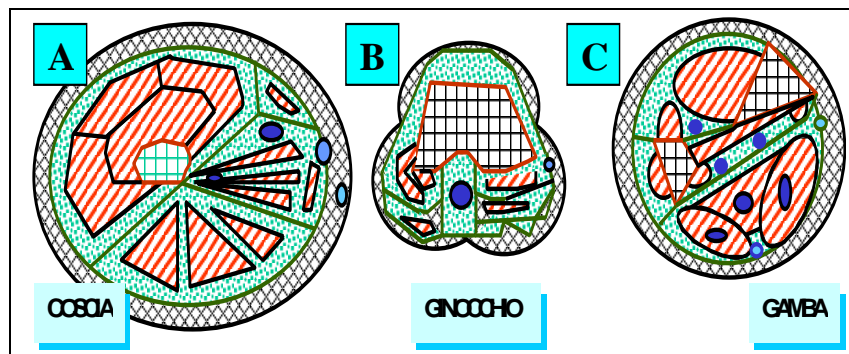
**Fig. 16 - Conformazione della pompa valvolo-muscolare, a cul di sacco, o in serie su di un tratto venoso profondo.**



**Fig. 17 - Le reti e gli shunts. Denominazione delle reti e degli shunts. R1=Rete venosa profonda. R2=Rete venosa superficiale intra-fasciale (safene e vena di Giacomini). R3=Rete venosa superficiale extra-fasciale. R4=Vene che permettono di far comunicare R2 e/o R3. Gli shunts sono quelle vene rappresentate in bianco.**

### **Gli shunts**

Gli shunts sono vie di drenaggio che cortocircuitano una via principale, e infatti esistono degli shunts fisiologici, il più evidente dei quali si trova al piede. Inoltre, il drenaggio della pianta del piede (suola di Lejars) si ottiene sia con la rete profonda, sia con la rete superficiale a causa di un'assenza fisiologica delle valvole nelle vene perforanti.



**Fig. 18 – Disposizione delle vene profonde e superficiali degli arti inferiori rispetto ai muscoli che sono in grado di imprimere loro un valido scarico.**

**A : Coscia. Vena femorale superficiale extra-muscolare e profonda intra-muscolare e safena interna intra-fasciale.**

**B : Cavo popliteo . Vena poplitea extra-muscolare e safena interna sotto-aponevrotica.**

**C : Gamba . Vene extra-muscolari e sotto-aponevrotiche: Vene tibiali e peronee. Intra-aponevrotica: Safena esterna. Intra-muscolari : Vene Gemelle e Solee.**

### **Variazioni emodinamiche fisiologiche (Fig. 19)**

Le posture, l'attività muscolare e la temperatura modificano lo stato dei calibri, delle portate e della pressione nel sistema venoso. Una regolazione è necessaria per mantenere i flussi a pressione, a portata e a direzione che possano soddisfare sia le funzioni di drenaggio dei tessuti, sia di termoregolazione e sia di attività cardiaca.

Il drenaggio si realizza per una portata pari alla portata arteriosa corrispondente, per una massa variabile piuttosto importante e per delle variazioni di velocità sicuramente più alte. Questo consente di mantenere una pressione stabile che soddisfa la necessità di eliminazione dei cataboliti cellulari e dell'equilibrio idroelettrolitico dei vari compartimenti, nonché le variazioni dovute alla necessità di riempimento cardiaco.

### **Le posture**

***In decubito:*** il carico del flusso supportato dalla pompa cardiaca e, secondariamente, dalla pompa Toraco-Addominale, è sufficiente per assicurare un drenaggio soddisfacente. La Pressione idrostatica o di gravità ( $P_h$ ) è trascurabile

(cuore e arti inferiori sono su un piano orizzontale molto vicino), e quindi la pompa Valvolo-Muscolare non è necessaria. In tale condizione il funzionamento delle valvole venose è poco utile per assicurare l'unidirezionalità dei flussi, poiché il gradiente di carico non s'inverte. Il funzionamento delle valvole venose è poco sollecitato, tranne che in condizioni particolari d'inversione dei gradienti dei carichi portanti (manovra di Valsalva e a fine inspirazione).

***In posizione declive:*** quando gli arti inferiori sono situati su di un piano più alto rispetto a quello del cuore, il gradiente di gravità si esercita nello stesso senso del flusso fisiologico, e ciò porta ad un aumento del drenaggio con una diminuzione della Pressione transmurale (P<sub>tm</sub>).

***In ortostatismo immobile:*** il carico venoso totale alla caviglia è costituito sia dalla forza di gravità (mg) che esercita una Pressione idrostatica (P<sub>hs</sub>), sia dalla forza motrice composta da un'Energia potenziale (E<sub>p</sub>) che esercita una Pressione statica (P<sub>s</sub>) e sia da un'Energia cinetica (E<sub>c</sub>) che si manifesta attraverso la velocità di flusso. La Pressione transmurale (P<sub>tm</sub>) è pari alla Pressione laterale (o ancora Pressione parietale P<sub>p</sub>), ossia Pressione idrostatica (P<sub>hs</sub>) più Pressione statica (P<sub>s</sub>) diminuita della Pressione tissulare (P<sub>tiss</sub>) e della Pressione atmosferica (P<sub>atm</sub>).

$$\mathbf{P_{tm} = (P_{hs} + P_s) - (P_{tiss} + P_{atm})}$$

ovvero

$$\mathbf{P_{tm} = (P_{hs} + P_r) - (P_{tiss} + P_{atm})}$$

Dove P<sub>r</sub> (Pressione residua) = Pressione arteriosa meno resistenze arteriolo-capillari e quindi dipende strettamente non solo dalla pressione arteriosa ma soprattutto dalle resistenze arteriose-capillari.

Considerando che le reti arteriose e venose comunicano tra loro attraverso la microcircolazione creando due vasi comunicanti ad U, si può dire che la sola legge dell'idrostatica pascaliana è sufficiente a far progredire verso il cuore il sangue venoso.

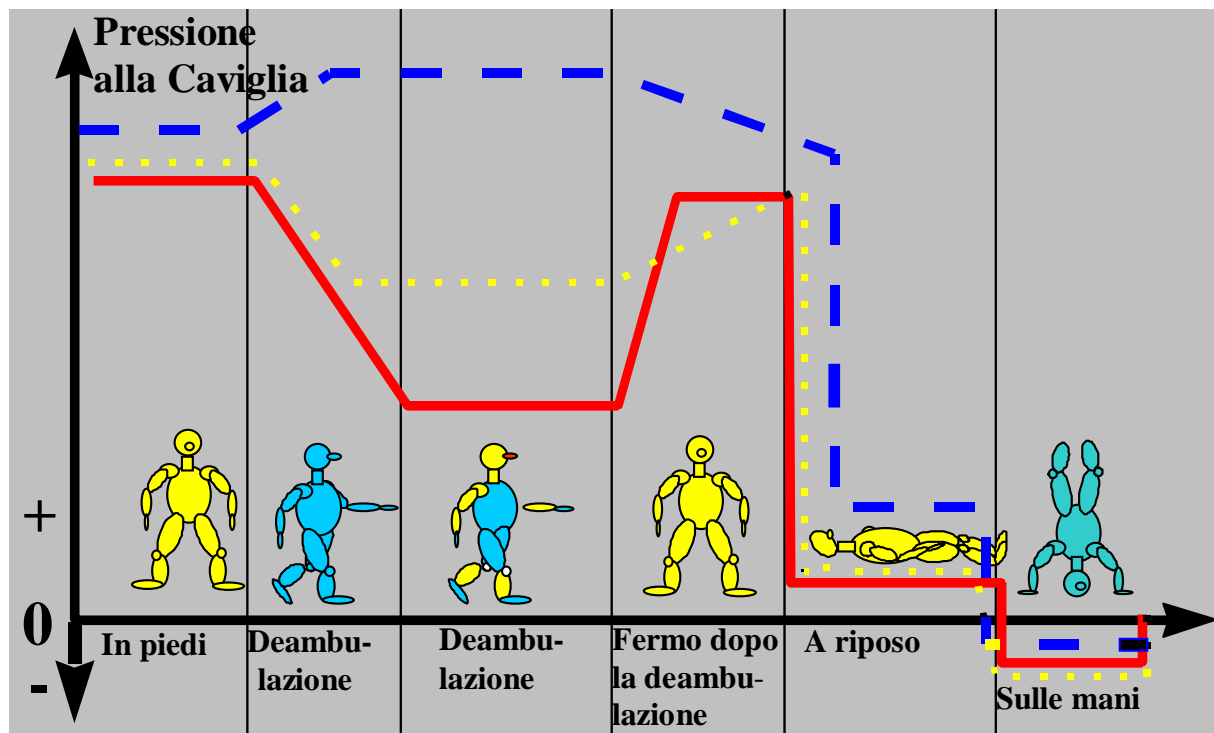


Fig. 19 - Variazione della pressione alla caviglia secondo le posture.

- Soggetto normale
- ⋯ Insufficienza venosa da ostacolo funzionale
- - - Insufficienza venosa da ostacolo anatomico

La circolazione del sangue in ortostatismo immobile non consuma più energia di quanta ne consumi in posizione di decubito. L'energia utilizzata è quella necessaria per mantenere una portata costante, e pari alla perdita di carico, legata alle resistenze fisiologiche allo scorrimento del flusso (sfregamento, resistenze microcircolatorie). L'energia è anche necessaria all'aumento delle portate, che rappresentano il secondo dei bisogni fisiologici, e che corrispondono all'aumento di velocità della massa sanguigna messa in movimento. Così, qualunque sia la portata della pompa cardiaca, anche in posizione di ortostatismo immobile, la pressione idrostatica non cambia, poiché dipende soltanto dall'altezza  $h$  della colonna di liquido, e non dipende nemmeno dal loro volume, ossia è indipendente dal calibro delle vene, grosse o piccole che siano. Invece, benché non incida sulla Pressione trasmurale ( $P_{tm}$ ), e quindi sulla pressione misurata alla caviglia, il calibro incide sul carico di gravità ( $mg$ ) e sulla Tensione parietale ( $T_p$ ) che aumenta con la massa, dunque col volume e



di conseguenza col calibro. Il calibro sottoposto alla Tensione parietale ( $T_p$ ), aumenterà progressivamente secondo la compliance e la viscoelasticità parietale, aumentando il volume venoso a discapito del riempimento cardiaco, con possibile disattivazione. Inoltre, il mantenimento prolungato di una Pressione trasmurale ( $P_{tm}$ ) ortostatica immobile favorirà la formazione di edemi. E' per questo motivo che il rigoroso ortostatismo immobile prolungato è fisiologicamente insopportabile. Un aumento della Pressione trasmurale ( $P_{tm}$ ) e una Compliance ( $C$ ) maggiore creano un insieme di circostanze normali che rendono ancora più difficoltoso resistere in questa posizione; quindi diventano fattori importanti la compressione addomopelvica (come la gravidanza e il sollevamento di pesi che provocano una lunga contrazione dei muscoli addominali), la Pressione atmosferica ( $P_{atm}$ ) bassa (come l'altitudine), un'alta carica motrice per apertura dei micro-shunts (come il calore e la gravidanza), la Compliance ( $C$ ) alta (come in gravidanza).

Al contrario, i mezzi per ridurre la Pressione trasmurale ( $P_{tm}$ ) sono i seguenti: senza modificare la Pressione idrostatica ( $P_{hs}$ ), si può ridurre la Pressione trasmurale ( $P_{tm}$ ) contemporaneamente alla massa grazie ad una contropressione (ad esempio in piedi nell'acqua, persino in un recipiente riempito di mercurio, o con una contenzione per mezzo di un bendaggio elastico o per mezzo di una calza elastica); o ancora modificando la Pressione idrostatica ( $P_{hs}$ ), cioè riducendo l'altezza della colonna  $h$ , ossia sedendosi, o meglio, sdraiandosi o alzando i piedi al di sopra del piano del cuore, o camminando. In che modo il movimento può ridurre la Pressione trasmurale ( $P_{tm}$ )? Frazionando la colonna di pressione grazie alla pompa Valvolo-Muscolare. Le condizioni d'immobilità assoluta sono, in effetti, piuttosto rare poiché la posizione in piedi immobile per essere considerata senza caduta, richiede un tono muscolare permanente con contrazioni isometriche propriocettive continue. Tuttavia, anche in queste condizioni d'immobilità relativa, la posizione non può essere prolungata a lungo, poiché l'attività delle pompe Valvolo-Muscolari rimane insufficiente. Le condizioni d'immobilità assoluta possono essere realizzate

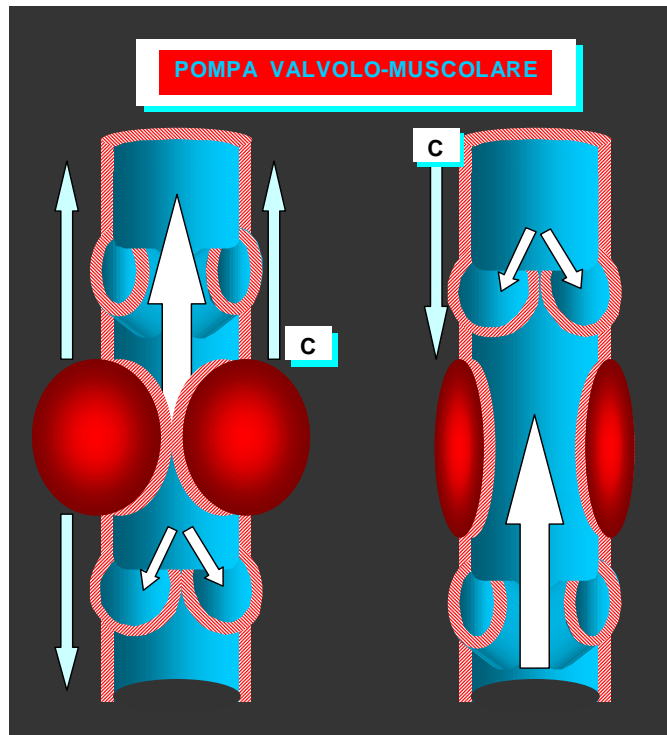
sperimentalmente con una sospensione del corpo in verticale, i cui effetti sul drenaggio e sulla pompa cardiaca sono notevoli e sono comprovati sperimentalmente da molto tempo. In altre parole, i meccanismi di drenaggio sufficienti in posizione di decubito e clinostatismo non possono bastare in posizione ortostatica. Il funzionamento delle valvole venose è poco sollecitato, tranne che in condizioni particolari d'inversione dei gradienti di pressione motrice (manovra di Valsava e al termine di un'inspirazione profonda).

***In posizione seduta su una sedia di tipo occidentale:*** le condizioni realizzate dalla posizione seduta sono più vicine all'immobilità assoluta della posizione in piedi a causa dell'evidente rilassamento muscolare degli arti inferiori, ma la Pressione idrostatica (Phs) è meno elevata distalmente (altezza della colonna in posizione verticale diminuita dell'altezza della coscia). Infine la conformazione della sedia aumenta la difficoltà del drenaggio quando provoca una compressione della vena poplitea. Questa considerazione potrebbe spiegare, almeno in parte, l'incidenza del modo di vita occidentale sull'insufficienza venosa, se si considera che in altre culture meno colpite da questo fenomeno, la posizione seduta avviene più vicina al suolo e senza compressione poplitea.

***Nella deambulazione:*** ed ecco infine la deambulazione, che con la sua attività muscolare mette in funzione le pompe Valvolo-Muscolari riducendo così gli effetti negativi della Pressione idrostatica (Phs), rendendo possibile la posizione verticale prolungata senza inconveniente, sia per il drenaggio che per l'attività cardiaca. E' l'azione delle pompe provviste di valvole che, in modo intermittente, svuota verso l'alto il contenuto venoso più velocemente di quanto non possa riempirsi per mezzo del suo apporto arterioso a causa delle resistenze microcircolatorie, e riduce la massa e dunque il carico a monte.

Finché il carico a valle rimane superiore al carico a monte, la valvola a valle rimane chiusa, e ciò fraziona la colonna di Pressione idrostatica (Phs). In questa maniera, il frazionamento della colonna di Pressione idrostatica (Phs) è quasi permanente

durante la deambulazione. La valvola a monte si chiude durante la sistole e la valvola a valle durante la diastole (Fig. 20).



**Fig. 20 – Frazionamento quasi permanente della colonna di pressione idrostatica al momento del funzionamento della pompa valvolo-muscolare in seguito alla chiusura della valvola a monte in sistole (a sinistra) e della valvola a valle in diastole (a destra).**

La deambulazione aumenta la carica motrice e dunque la Pressione residua ( $P_r$ ) a causa della diminuzione delle resistenze arteriolo-capillari e della portata, che risulta aumentata dalle necessità energetiche. Questo sovraccarico è compensato dalla pompa Valvolo-Muscolare (VM) che lo trasferisce a valle. Il drenaggio profondo è direttamente assicurato dalle pompe Valvolo-Muscolari (VM) che sono costituite dalle vene profonde e i muscoli circostanti. Funziona dunque in sistole come in diastole.

Le vene superficiali non sono in continuità (cioè in serie) con i gradienti delle pompe ma collaterali (ossia in parallelo). Pertanto, i gradienti non possono trasmettersi in sistole a causa delle valvole, ma soltanto e per lo stesso motivo in diastole. Così il

drenaggio superficiale è assicurato essenzialmente durante la diastole dalla pompa Valvolo-Muscolare (VM). Tuttavia, eccezionalmente, il drenaggio delle vene superficiali può essere discretamente assicurato in sistole per l'effetto Venturi quando la geometria delle vene perforanti rispetto alle vene profonde lo consente (tubi di Pitot, Fig.3). Oppure ancora dalla pompa della suola di Lejars.

Il drenaggio in diastole della pompa Valvolo-Muscolare (VM) si farà naturalmente attraverso le vene Comunicanti Valvolo-Muscolari (CVM) seguendo la nostra classificazione anatomico-funzionale, cioè soprattutto attraverso le vene Comunicanti Troncolari (CT) ed Extratroncolari (CET) della gamba e delle logge muscolari posteriori e anteriori della coscia. Le crosses delle safene e delle vene comunicanti che confluiscono verso la vena femorale superficiale sono drenate quasi esclusivamente dalla pompa Cardiaca e Toraco-Addominale e, quindi, poco o per niente drenate dalla pompa Valvolo-Muscolare (VM).

### **La temperatura**

Per la produzione eccessiva di calorie, sia endogene che esogene, la risposta termoregolatrice si manifesta con un abbassamento della resistenza arteriolo-capillare nei tessuti superficiali (essenzialmente cutanei), provocando un aumento della portata e della Pressione residua (Pr) nella rete venosa superficiale, quindi un aumento della Pressione trasmurale (Ptm) che associata ad un rilassamento vasale attivo della media aumenta il calibro e il volume delle vene superficiali.

### **L'attività cardiaca**

Se l'attività cardiaca diastolica e sistolica è, come abbiamo visto, necessaria all'alimentazione come al drenaggio dei tessuti, il sistema venoso, con il suo effetto serbatoio (con volume variabile passivo o attivo a seconda della posizione e della stimolazione delle fibre muscolari lisce della media), interviene sul funzionamento

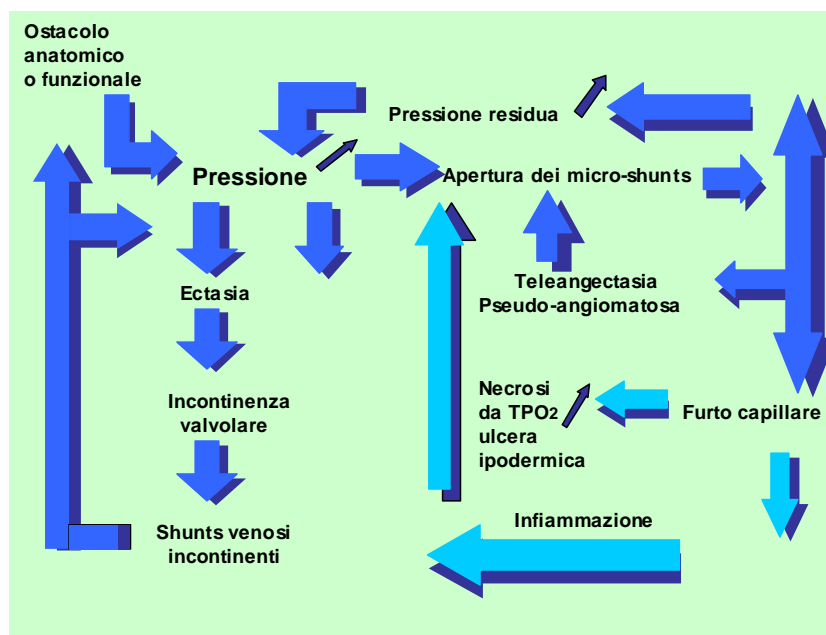
della pompa cardiaca facendo variare il carico del ventricolo destro, sia in volume e sia in pressione.

### **Fisiopatologia del drenaggio venoso**

La disfunzione emodinamica del sistema venoso degli arti inferiori concerne essenzialmente gli ostacoli anatomici e/o funzionali al drenaggio nonché i sovraccarichi di flusso (fistole e shunts artero-venosi), i cui effetti si manifestano a gradi e in proporzioni diverse: edema, turbe trofiche e dilatazioni venose che si manifestano in modo variabile secondo la postura. La semeiotica clinica e le indagini strumentali di questi ultimi anni ci inducono a riconsiderare i concetti classici secondo un modello emodinamico più coerente, e ad utilizzare una terminologia più appropriata alle conoscenze attuali. Così le manifestazioni cliniche paradossali possono essere meglio comprese.

### **Effetti comuni degli ostacoli al drenaggio**

Qualunque sia la causa, gli ostacoli anatomici o funzionali provocano effetti comuni che sono collegati all'aumento di pressione. Contrariamente agli ostacoli funzionali, gli ostacoli anatomici persistono anche in decubito e l'ortostatismo e la deambulazione non fanno altro che aumentarne gli effetti.



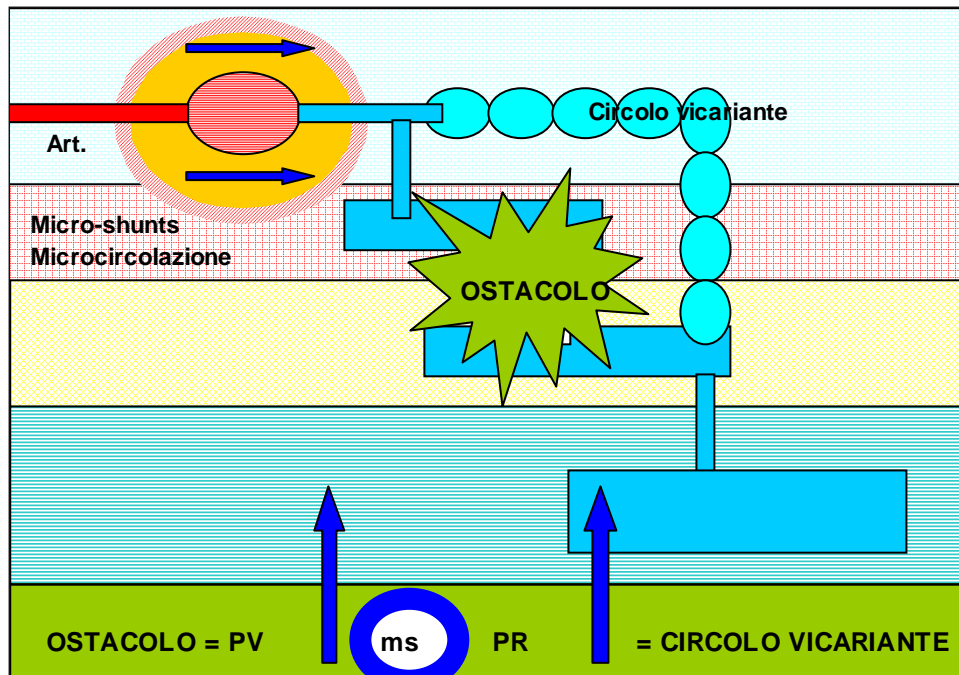
**Fig. 21 – Effetti degli ostacoli al drenaggio.**

### **La microcircolazione (Fig. 21, 22, 23)**

L'aumento di pressione sul versante venoso dell'interfaccia microcircolatoria determina:

- un rallentamento della circolazione capillare (stasi capillare);
- un'apertura secondaria dei micro-shunts che hanno una duplice funzione: da una parte un aumento della Pressione residua (Pr), che a sua volta accentua in modo retroattivo l'apertura dei micro-shunts realizzando così un circolo vizioso; dall'altra parte i micro-shunts aggravano l'ischemia capillare per effetto del furto. Tutto ciò spiega la coesistenza, paradossale a prima vista, della necrosi (arresto della circolazione capillare) e dell'iper-vascularizzazione (shunts che arterializzano il sangue venoso con una PO<sub>2</sub> elevata) a livello delle ulcere venose;

- un aumento della Pressione transparietale ( $P_{tm}$ ) a livello dell'ansa di Starling, che porta allo stravasamento dei liquidi che costituiscono gli edemi. Si può schematizzare il sistema arterioso-capillare-venule con una U; in un sistema del genere le pressioni arteriolari, capillari e venulari permettono la fuoriuscita di sostanze o il drenaggio di alte sostanze il cui meccanismo è regolato dall'ipotesi di Starling.



**Fig. 22 – Effetti degli ostacoli al drenaggio: circolazione vicariante con pressione residua elevata, apertura dei micro-shunts e stasi capillare.**

### **Rete profonda e superficiale**

L'eccesso di carico per la Pressione statica ( $P_s$ ) provoca un aumento della Pressione transmurale ( $P_{tm}$ ) che a sua volta determina un aumento di calibro e di lunghezza dei vasi proporzionale alla loro Compliance ( $C$ ). L'aumento del volume venoso e, di conseguenza, della massa sanguigna inerziale richiede sempre molta energia per essere mobilizzate, compromettendo così, ancor più, il funzionamento del drenaggio. La pressione esercita una tale tensione sulle valvole tanto da farle diventare incontinenti per rottura; il calibro della vena può aumentare tanto da

diventare superiore a quello della piccola valvola che essa racchiude, conducendo ad un'incontinenza funzionale. La dilatazione delle venule così come le teleangectasie (dilatazioni dette capillari, senza dubbio per eccesso d'espressione, che interessano piuttosto dei piccoli vasi di colore rosso, in quanto alimentati direttamente dai micro-shunts) possono assumere un aspetto pseudo-angiomatoso quando la resistenza al drenaggio è abbastanza elevata da aprire in modo massiccio i micro-shunts.

## **Gli ostacoli anatomici al drenaggio**

### ***Meccanismo dell'aumento della pressione***

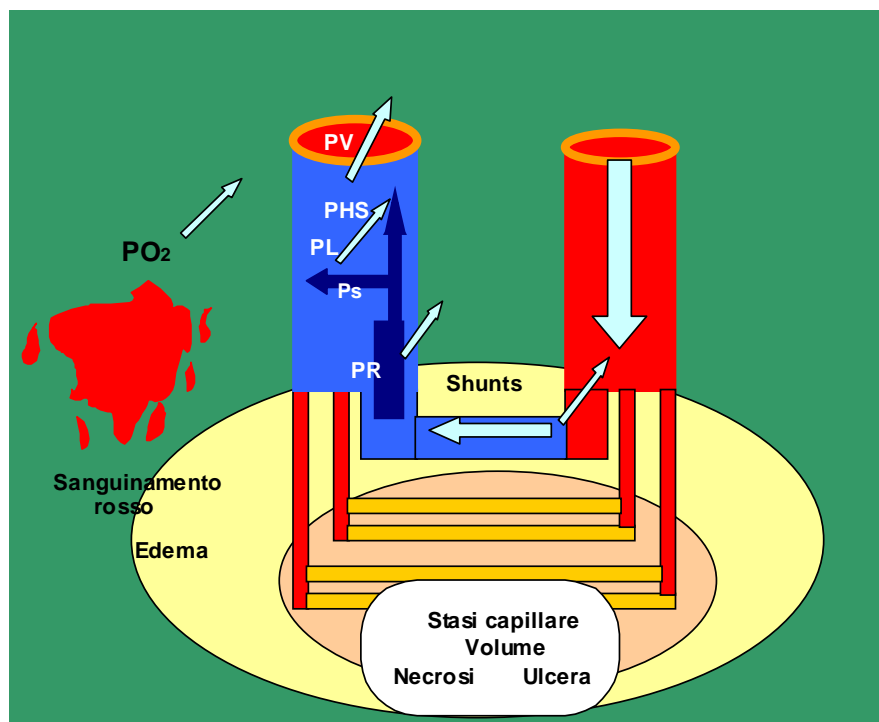
L'ostacolo provoca una resistenza al flusso in modo che la forza motrice, non potendo convertirsi in sufficiente energia cinetica, si converte in Pressione statica ( $P_s$ ) con un aumento della Pressione trasmurale ( $P_{tm}$ ) e, di conseguenza, dei volumi. In più, come si è detto, l'apertura secondaria dei micro-shunts dovuta all'elevata pressione venosa aumenta a sua volta la Pressione residua ( $P_r$ ). Infine, la postura in piedi fa aumentare ancor più la Pressione trasmurale ( $P_{tm}$ ) innalzando così il valore della Pressione idrostatica ( $P_{hs}$ ). Comunque, soprattutto nella deambulazione, la Pressione statica ( $P_s$ ) aumenta ancora di più a causa dell'attività muscolare che innalza la portata, con la riduzione delle resistenze arteriolo-capillari per l'attivazione della pompa Valvolo-Muscolare (VM). Questi effetti saranno ancora più marcati quando la resistenza a valle dello scarico sarà più elevata, spiegando le claudicatio venose.

### **Ostacoli costanti**

Ostacoli costanti possono essere la compressione intrinseca, la legatura, la distruzione e la trombosi non regressiva. Quando sono acuti, sono rappresentati in modo spettacolare dalla *Phlegmatia cerulea*, cui si associa l'ischemia arteriosa a causa della resistenza al flusso superiore alla Pressione residua ( $P_r$ ), che blocca



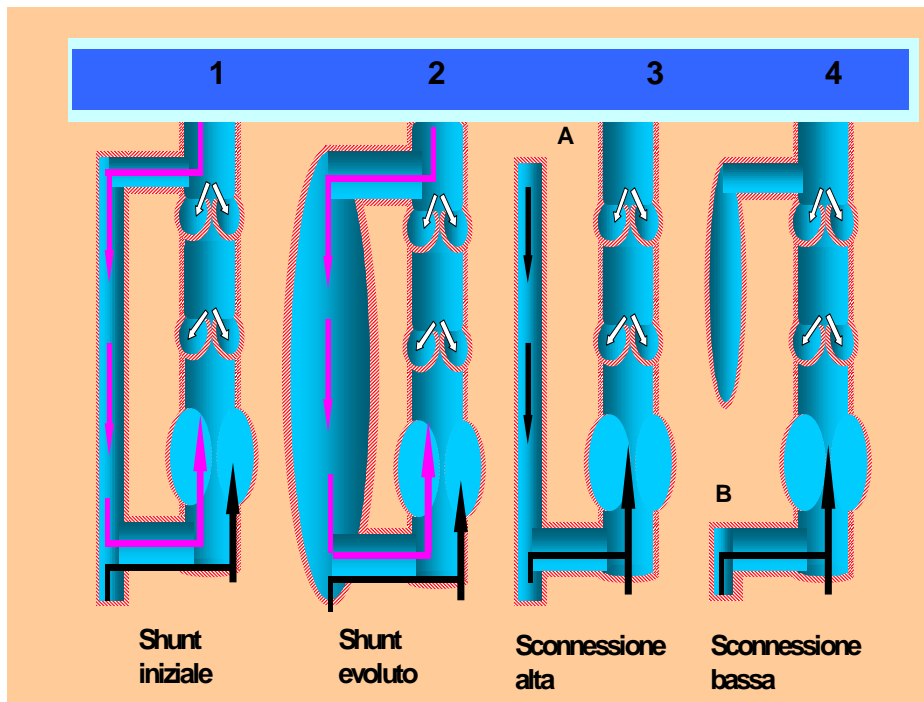
totalmente la circolazione arteriosa. Questi possono essere transitori per risoluzione spontanea o terapeutica, oppure possono essere cronici. Un tipo di ostacolo, non fondamentale ma particolare per la sua gran frequenza, è quello che s'interpone tra la microcircolazione cutanea e le vie di drenaggio superficiali sottostanti, che può essere iatrogeno (come le sclerosi), o in rapporto con un derma o un ipoderma povero in vie venose o sottoposto ad un processo spontaneo di sclerosi. Poi segue il processo, già visto e limitato alla cute (come le teleangectasie e le varicosità), senza gran ripercussione funzionale, ma solo estetica, psicologica e culturale.



**Fig. 23 – Ulcere venose. Meccanismo per iper-pressione statica nelle vene di drenaggio cutaneo con apertura dei micro-shunts: necrosi + iper-termia. Ostacolo meccanico o funzionale, profondo o superficiale. Situazione favorita dalla povertà delle vie di drenaggio (pelle a contatto diretto delle ossa, ecc.). PHS = Pressione Idrostatica; PL = Pressione Laterale; PR = pressione Residua; PS = Pressione Statica.**

## **Ostacoli di postura**

L'esempio più classico si realizza nella sindrome di Cockett dove la vena iliaca comune sinistra è più o meno compressa, dall'arteria iliaca comune destra, contro il rachide e segue l'atteggiamento della lordosi lombare (è classico notare con l'angiografia la scomparsa di una sindrome di Cockett in posizione semi-seduta mentre era evidente in decubito dorsale). La classica compressione dinamica della vena poplitea bassa ad opera dell'anello del muscolo soleo merita una conferma più convincente, dato che in ecografia si nota una compressione fisiologica della vena poplitea bassa durante la contrazione muscolare. La compressione permanente della vena poplitea, a causa del muscolo popliteo in ortostatismo immobile, è al contrario facile da documentare nei soggetti portatori di un genu recurvatum; accade la stessa cosa per la posizione seduta quando questa si accompagna ad un appoggio popliteo.

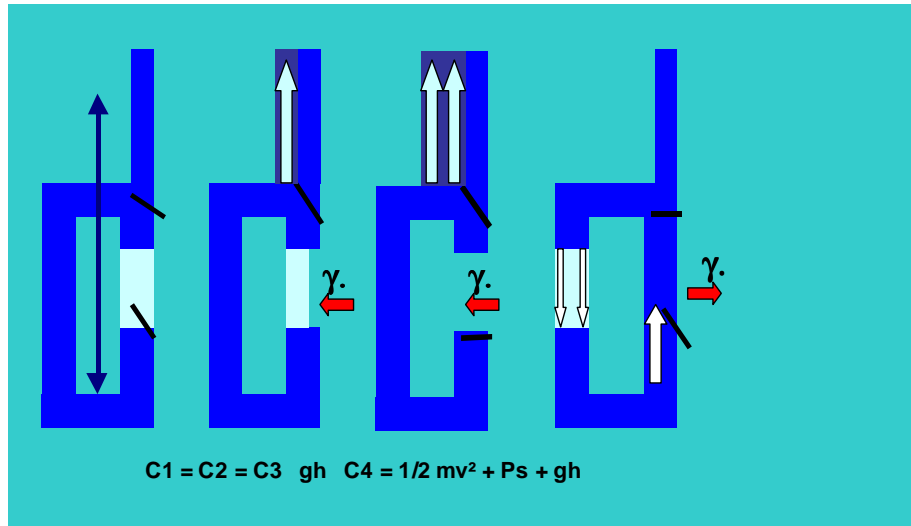


**Fig. 24 – Effetti degli shunts sui calibri. Evoluzione dei calibri secondo le condizioni del carico. 1: stadio precoce d’incontinenza. 2: stadio avanzato d’incontinenza con la dilatazione della safena. 3: effetto a medio termine della rivalvolazione della crosse della safena: riduzione del calibro per deconnessione dello shunt (tipo I o tipo III) ma incompleto a causa della persistenza degli shunts del tipo II che sovraccaricano la vena safena della gamba. 4: effetti a medio termine della rivalvolazione della safena iniziando dalla parte mediana. Il calibro della safena diminuisce anche a valle della valvola e, in assenza della rivalvolazione della crosse attraverso la deconnessione dello shunt e con la riduzione del carico diastolico e, quindi, la nuova crosse che non è più sottomessa ad altra variazione di carico statico moderato.**

Inoltre sono stati sospettati, durante la deambulazione, altri siti di compressione senza che sino ad oggi sia stato possibile dimostrarlo. Le cause potrebbero essere sia delle compressioni venose inopportune simultanee alla sistole della pompa Valvolomuscolare (VM) a monte, sia l'inadeguatezza dei calibri a valle della portata delle pompe.

## Meccanismi di compenso

L'eccesso di pressione, provocato dall'ostacolo a valle sull'asse principale, aumenta il carico di pressione nelle collaterali che possono creare degli shunts,



**Fig. 25 – Trasferimento di carico sotto l'azione della pompa valvolino-muscolare in presenza di uno shunt incontinenza verticale. Camera di scarico contenuta tra due valvole, che svuota verso l'alto con una forza  $mg$  ( $C1, C2, C3$ ). La presenza di uno shunt incontinenza non si manifesta che durante la diastole. Il sovraccarico  $C$  dello shunt persiste solamente durante la diastole ( $C4$ ) ed è proporzionale al carico sistolico  $mgh$ . Questo sovraccarico si convertirà nelle sue diverse componenti, statica e cinetica, secondo le resistenze dello shunt.**

provocando una dilatazione che può raggiungere un livello sufficiente per ridurre la resistenza alla portata e compensare perfettamente l'ostacolo. Tutti i gradi di compensazione sono possibili dalla non compensazione assoluta per l'assenza di collaterali, fino alla compensazione totale attraverso collaterali preesistenti. Purtroppo la compensazione, anche se sufficiente a corto-circuitare l'ostacolo meccanico, può trasformarsi in ostacolo funzionale quando la necessaria dilatazione delle collaterali ha interessato delle vene non valvolate, o ha distrutto e/o danneggiato le valvole, fonte di mal funzionamento della pompa Valvolino-Muscolare (VM). E' la stessa cosa per quanto riguarda la scomparsa dell'ostacolo meccanico, quando si ottiene in cambio di una distruzione valvolare.

Tuttavia, l'equivalenza tra ostacolo anatomico e funzionale non è completa in quanto l'ostacolo emodinamico per cedimento della pompa Valvolo-Muscolare (VM) si manifesta soltanto in posizione di ortostatismo mentre il primo, come si è visto, si manifesta indipendentemente dalla posizione, anche se l'ortostatismo ne aggrava gli effetti. L'esempio più comune è rappresentato dalla trombosi venosa che inizia come ostacolo anatomico e può convertirsi in secondo luogo in ostacolo a predominanza funzionale (malattia post-flebitica).

### **Gli ostacoli funzionali al drenaggio**

Gli ostacoli funzionali al drenaggio sono costituiti da condizioni emodinamiche sfavorevoli che non sono legate ad un ostacolo anatomico.

### **Pompa cardiaca**

L'insufficienza cardiaca destra o totale, d'origine miocardica o valvolare, influisce sui volumi e sulle pressioni venose a monte, a causa dell'incapacità a trasferire completamente a valle il carico presente nel sistema venoso.

### **La pompa Toraco-Addominale**

La pompa Toraco-Addominale rappresenta un modesto ausilio della pompa cardiaca. Essa può tuttavia essere responsabile dell'aumento di pressione nel sistema venoso per ostacoli frequenti o permanenti come, per esempio, accade nei suonatori professionisti di strumenti a fiato, nei soggetti che sollevano pesanti carichi, negli stitici e nei bronchitici cronici con tosse cronica, che effettuano degli sforzi assimilabili alla manovra di Valsalva.

### **La pompa Valvolo-Muscolare**

*In decubito:* nel soggetto normale la pompa Valvolo-Muscolare (VM) degli arti inferiori non è necessaria in decubito per assicurare un drenaggio

microcircolatorio soddisfacente. Tuttavia è utile per attivare la velocità circolatoria e ridurre il volume venoso onde evitare una stasi relativa che, a breve o lungo termine, favorisca o possa provocare la trombosi soprattutto se si associano deficienze della pompa Cardiaca e Toraco-Addominale, che possono in alcuni casi essere aggravate da condizioni endogene a rischio trombogeno. Per evitare un coinvolgimento emodinamico nella trombosi e per correggere questo volume troppo elevato e questa velocità troppo bassa sono possibili tre soluzioni:

1) Aumentare il flusso e la velocità, abbassando la pressione distale per attivazione della pompa Valvolo-Muscolare (VM) per mezzo delle contrazioni muscolari.

2) Ridurre il volume e quindi aumentare la velocità (con flusso costante) riducendo la Pressione transmurale (Ptm) e aumentando la contropressione esterna come il gambaletto elastico.

3) Si può anche invertire il gradiente di carico di gravità rispetto agli arti inferiori sollevando gli arti sopra il piano del cuore.

***In ortostatismo immobile:*** le condizioni di pressione sono teoricamente identiche a quelle di un soggetto sano. In realtà, l'immobilità assoluta in ortostatismo immobile non è mai totalmente realizzata a causa delle contrazioni isometriche posturali riflesse, quindi la pompa Valvolo-Muscolare (VM) è discretamente ma sensibilmente attiva. Questa, funzionando bene in un soggetto sano, favorirà il mantenimento assai prolungato di questa postura; nel soggetto patologico, la sua disfunzione non permetterà la stessa compensazione. E' a causa di questa imperfetta immobilità che l'insufficienza venosa deve essere corretta, anche nelle condizioni teoricamente sovrapponibili a quelle di un soggetto sano.

***Nella deambulazione:*** è durante la deambulazione che il soggetto normale riduce la Pressione transmurale (Ptm) distale, che rimane troppo elevata in posizione d'immobilità per essere tollerata per lungo tempo, grazie all'azione della pompa

Valvolo-Muscolare (VM), l'unica a poter agire sulla Pressione idrostatica (Phs) e quindi sulla Pressione transmurale (Ptm).

E' l'incapacità del sistema della pompa Valvolo-Muscolare (VM) nel correggere gli effetti dovuti all'ortostatismo che, più frequentemente, determina l'insufficienza venosa cronica. Questa malattia, che si può manifestare soltanto in ortostatismo, scompare con il decubito.

La pompa Valvolo-Muscolare (VM) può mal funzionare a causa di una parte o di tutti gli elementi che la costituiscono: il motore, cioè i muscoli che possono essere distrutti o paralizzati; le valvole della pompa della camera di scarico che possono essere congenitamente assenti o distrutte. Le valvole delle vie collaterali profonde o superficiali, se assenti o distrutte, possono ostacolare il drenaggio determinando un cortocircuito della pompa Valvolo-Muscolare (VM), rendendola inefficiente o addirittura aggravante nella sua funzione di riduzione della Pressione transmurale (Ptm).

## **Disfunzione diretta della pompa**

### ***L'incontinenza isolata delle valvole della pompa***

Schematicamente, l'incontinenza della valvola a monte provoca un'anomalia sistolica con uno scarico bidirezionale sia a monte e sia a valle, ma senza reflusso diastolico. Al contrario l'incontinenza della valvola a valle provoca un reflusso diastolico con una sistole normale. Infatti, l'incontinenza o l'assenza di valvole a monte è pregiudizievole quando la pompa è situata su un segmento intermedio di una vena. E' il caso di quelle vene che costituiscono delle camere di scarico extramuscolari, come le vene peronee e tibiali. Invece le vene che realizzano delle camere di scarico intramuscolari sono normalmente distali, in rapporto al loro asse e senza valvola a monte, ma chiuse in questo punto a cul di sacco, e ciò impedisce ogni reflusso sistolico (Fig. 25). L'incontinenza della valvola a valle è sempre patologica

ma variabile per gradi. In altri termini, è la patologia della diastole che meglio definisce l'insufficienza venosa dovuta alla pompa Valvolo-Muscolare (VM).

### ***L'insufficienza muscolare***

L'insufficienza muscolare si traduce in una deficienza di contrazione del motore della pompa Valvolo-Muscolare (VM) che esclude ogni sistole o diastole efficace, nonostante la normalità delle camere delle valvole.

### **Disfunzione indiretta della pompa**

Le collaterali di un asse Valvolo-Muscolare corretto possono più frequentemente causare una disfunzione indiretta della pompa Valvolo-Muscolare (VM) con la creazione di shunts incontinenti che aumentano il lavoro della pompa Valvolo-Muscolare (VM) mentre compromettono la sua funzione di svuotamento e di regolazione della Pressione transmurale (Ptm). Quindi, non basta l'incontinenza di una collaterale ma si deve associare un effetto di shunt, cioè che l'asse incontinente deve fare comunicare le uscite a monte e a valle della pompa, realizzando uno shunt incontinente completo, con un ingresso per la prima ed un'uscita per la seconda, oppure corto-circuitare la valvola della pompa a monte o a valle, realizzando uno shunt della valvola a monte od uno shunt della valvola a valle. La collaterale che realizza uno shunt incontinente può essere profonda o superficiale.

### **L'incontinenza isolata delle valvole delle collaterali profonde .**

L'incontinenza isolata delle valvole delle collaterali profonde realizza molto spesso degli shunts di valvola a valle dei quali il più frequente è costituito da uno dei rami della vena femorale superficiale sdoppiata.

### **L'incontinenza isolata delle valvole delle collaterali superficiali (Fig. 24, 25, 26)**

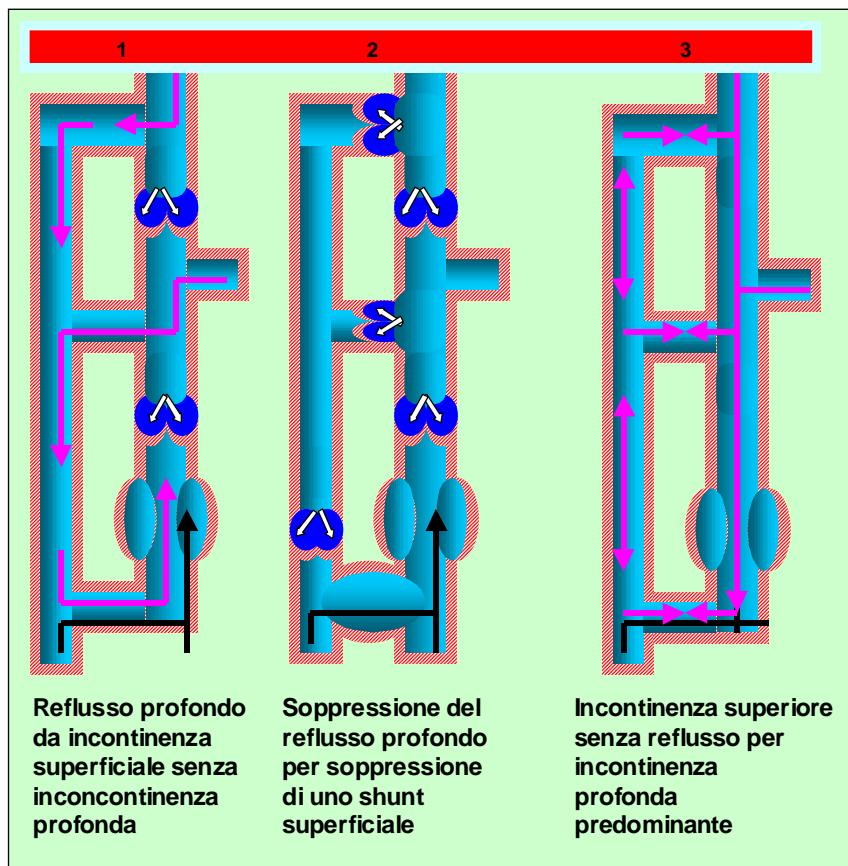
L'incontinenza isolata di una valvola superficiale può creare uno shunt incontinente della pompa solo se è associata ad un'assenza o ad un'incontinenza delle altre valvole situate sulla stessa via che comunica con almeno due estremità con la



pompa, sotto forma di shunt incontimente completo o di shunt di valvola a monte o a valle. Prendiamo per esempio la safena interna o grande safena in ortostatismo (Fig.24, 25). La pompa Valvolo-Muscolare (VM) è normale e la safena interna è avalvolata per una qualsiasi causa: a questo stadio precoce il calibro è ancora nella norma.

***Che cosa succede in ortostatismo immobile?***

La Pressione laterale (PL) è uguale alla Pressione idrostatica (Phs) + la Pressione statica (Ps) ( $P_i + P_s = \rho gh + P_s$ ) con dei picchi di aumento della Pressione statica (Ps) nella pompa Toraco-Addominale non protetta dalle valvole (come nella tosse, negli sforzi per la defecazione, ecc.). I tragitti avalvolati avranno dunque tendenza a dilatarsi progressivamente ma in piccola proporzione, essendo moderati i picchi della Pressione statica (Ps) (tranne per casi particolari come ad esempio per i suonatori di strumenti a fiato).



**Fig. 26 – Effetti degli shunts sui reflussi.**

### ***Che cosa succede nella deambulazione?***

Durante la sistole della pompa Valvolo-Muscolare (VM) si produce un lavoro o un carico a doppio effetto, ossia da una parte chiude la valvola a monte e quindi equilibra il carico a monte costituito dalla forza motrice e dalla forza di gravità, corrispondente alla massa liquida di altezza  $h$ ; dall'altra parte sospinge verso l'alto la massa di volume  $m$  producendo un carico supplementare pari a  $m(g+\gamma)h$ , essendo  $h$  l'altezza della distanza percorsa.

### ***Durante la diastole VM***

La camera della pompa Valvolo-Muscolare (VM) si dilata, creando una pressione tanto bassa, o addirittura negativa, quanto più il volume sarà grande e ciò corrisponde ad una caduta di resistenza che può essere inferiore alla Pressione atmosferica ( $P_{atm}$ ). La forza motrice idrostatica a monte potrà liberarsi con la spinta della Pressione atmosferica ( $P_{atm}$ ) proporzionalmente a questa caduta di resistenza. Cioè più la pompa Valvolo-Muscolare (VM) sarà potente più la liberazione della forza di gravità (Pressione idrostatica e Pressione atmosferica) sarà importante.

### ***Che cosa succede col tempo?***

All'inizio, il normale calibro della safena è troppo piccolo ( $r$ ) perché il trasferimento dell'energia della massa  $m$  possa realizzarsi senza perdita di carico (legge di Poiseuille). Questo deficit in energia cinetica si converte in parte in calore, in parte in vibrazioni e in parte in Pressione parietale  $P_p$  (o  $PL$ ): quest'ultima dilaterà tanto più la vena quanto più è grande la sua compliance e quanto più la pressione tissulare e atmosferica è lieve, finché il calibro sarà abbastanza grande ( $r$ ) da far diventare irrilevante la resistenza. Ciò sta ad indicare che la deambulazione aggrava la dilatazione varicosa in caso di shunt incontinente e questo ancor più se la pompa Valvolo-Muscolare (VM) è normale, potente ed efficace (Fig.6B).

### ***Che cosa succede se si riposiziona una valvola sul tronco safenico nel suo tratto medio?***

Il trasferimento di energia diventa impossibile, e quindi la contrazione parietale nella safena legata a questo fenomeno scompare. Col tempo il tronco safenico diminuirà progressivamente di calibro secondo le sue capacità d'elasticità attiva e passiva, fino ad un valore d'equilibrio con la Pressione idrostatica (Phs) secondo l'altezza  $h$  e le inversioni di gradiente di pressione della pompa Toraco-Addominale. Il calibro quindi rimarrà, benché ridotto, superiore allo stato normale anteriormente allo svalvolamento. Il tronco safenico di gamba, a sua volta, potrà ulteriormente diminuire di calibro, permettendo alla sua valvola di restituirgli la propria normalità. Quest'analisi teorica è confermata dalla tecnica di CHIVA II, la quale non rivalvola il tronco ma vi realizza un'interruzione.

### ***Che cosa succede se si rivalvola la crosse?***

Anche qui ogni reflusso della massa  $m$  diventa impossibile. Per le ragioni già esposte, il calibro della safena dovrà ritornare alla normalità (ad esclusione del caso in cui, nel frattempo, non abbia perso la sua elasticità), poiché non sarà più condizionato non solo dal trasferimento d'energia della massa  $m$ , ma anche dalle inversioni dei gradienti della pompa Toraco-Addominale. La riduzione di calibro sarà meno importante al livello della gamba a causa della persistenza inevitabile di shunts di tipo II, che condiziona un drenaggio di tutta la safena e dei suoi rami attraverso la sola perforante di gamba. La chiusura degli shunts di tipo II completerà la riduzione di calibro della safena di gamba. Quest'analisi è confermata dai risultati della cura CHIVA che interrompe la crosse invece di rivalvolarla. Si nota, tuttavia, che questa interruzione ha un effetto supplementare, ossia fraziona anche la colonna di Pressione idrostatica (Phs) in modo permanente (o più esattamente con un tempo di latenza assai lungo per il ritorno all'equilibrio).

## Classificazione degli shunts incontinenti

L'importanza di questi shunts ci induce a proporre una classificazione come quella che segue (Fig. 16):

- *Shunts di tipo I*: shunt della rete R1 con la rete R2 incontinente.
- *Shunts di tipo II*: shunt delle reti R2 con dei rami incontinenti delle reti R3.
- *Shunts di tipo III*: shunt della rete R1 con rami incontinenti delle reti R2 e R3 in continuità.
- *Shunts di tipo IV*: shunt della rete R1 con rami delle reti R2, R3 e R4 in continuità.

Gli shunts superficiali possono provocare reflussi profondi senza incontinenza valvolare della rete R1 (rete profonda) (Fig. 25). In effetti, un reflusso profondo segmentato si manifesta necessariamente in caso di shunt venoso superficiale incontinente. E' sempre presente sopra una valvola profonda continente non appena esiste una perdita (reflusso) sopra questa stessa valvola. Il sangue del segmento profondo refluyente è, in effetti, aspirato naturalmente in diastole dalla pompa Valvolo-Muscolare (VM) per mezzo di una vena superficiale incontinente, la cui crosse si situa a valle della pompa Valvolo-Muscolare (VM) (più spesso nel polpaccio), e la perforante distale (perforante di rientro) si situa a monte della medesima pompa. Il tutto realizza uno shunt veno-venoso completo. Lo schema 1 della Fig. 25 mostra il reflusso profondo segmentale in diastole con lo shunt. Lo schema 2 mostra la soppressione del reflusso profondo con la semplice interruzione alta dello shunt, senza che tuttavia sia necessaria la soppressione di tutta la rete superficiale.

Così possono incontrarsi tutte le situazioni apparentemente diverse ma concettualmente equivalenti: reflusso segmentale della femorale comune in caso di incontinenza della crosse della safena interna, con un rientro a monte della pompa Valvolo-Muscolare (VM); reflusso segmentale della femorale superficiale in caso di incontinenza della perforante di Dodd; reflusso segmentale della poplitea in caso di

incontinenza della crosse della safena esterna. Tutte le varianti sono possibili secondo il livello ed il numero delle comunicazioni incontinenti profondo-superficiale. Ciò può portare a situazioni nelle quali un reflusso profondo segmentale può simulare un reflusso profondo totale, mentre tutte le valvole profonde principali sono continenti. È, tuttavia, l'attività corretta della pompa Valvolo-Muscolare (VM) profonda che permette questo reflusso superficiale ed anche il reflusso profondo! Per questa stessa ragione, infatti, le incontinenze valvolari profonde totali, con un notevole reflusso profondo, non si accompagnano ad un reflusso superficiale (Fig. 26, schema 3). La pompa, in cui le valvole sono assenti o distrutte, diventa inefficace e non permette più l'aspirazione diastolica del sangue superficiale attraverso le vie di rientro, anche se le vene superficiali sono varicose con delle valvole incontinenti.

Così l'ipotesi di reflussi profondi segmentali, per incontinenza valvolare funzionale profonda secondaria ad un sovraccarico emodinamico per incontinenza venosa superficiale, sembra più difficile da dimostrare rispetto a quella che abbiamo appena descritto. Tuttavia il sovraccarico emodinamico può provocare una dilatazione delle vene profonde con incontinenza funzionale delle valvole, ma solo quando i flussi sono mantenuti elevati, in pratica quando si deambula a lungo.

## **Disfunzioni dirette e indirette della pompa**

### ***Incontinenza associata delle valvole della pompa e delle collaterali profonde.***

Gli effetti sul drenaggio sono equivalenti a quelli descritti nel caso dell'incontinenza isolata della pompa Valvolo-Muscolare (VM), ma senza shunts profondi.

### ***Incontinenza associata delle valvole della pompa e delle collaterali superficiali.***

L'incontinenza associata, profonda e superficiale, può portare alla scomparsa dei reflussi superficiali. Abbiamo già detto in precedenza che la rete profonda incontinente è di calibro più grosso rispetto alla rete superficiale incontinente: per

questo motivo durante la diastole Valvolo-Muscolare (VM) le resistenze sono minime, in maniera che tutta l'energia della massa **m** accumulata a valle durante la sistole si ritrova senza perdita di carico. Questa viene ritrasmessa nella rete profonda distale, creando una pressione superiore a quella generata dallo stesso fenomeno nella rete superficiale, che è più resistente. Queste resistenze, quindi, ostacolano il gradiente di pressione necessario allo scarico della rete superficiale nella rete profonda. In altri termini, l'assenza del reflusso diastolico superficiale nelle grosse vene varicose che presentano delle valvole incontinenti dimostra paradossalmente un maggiore gioco valvolare profondo.

### ***Conseguenze sulle strategie terapeutiche***

Rivalvolare un asse profondo o superficiale lasciando almeno uno shunt incontinente non serve a niente.

### ***Patologia emodinamica delle comunicanti: crosses e perforanti***

Quando normalmente valvolate, le comunicanti si oppongono al passaggio del flusso dalla rete profonda verso la rete superficiale, nel momento dell'inversione del gradiente di pressione, ad eccezione delle perforanti del piede che sono fisiologicamente incontinenti. I gradienti di carico sono orientati dal profondo verso la superficie al momento della sistole della pompa Valvolo-Muscolare (VM), cardiaca e toraco-addominale a diversi stadi secondo la forza sistolica. Essi sono orientati al contrario al momento della diastole. Hanno quindi una funzione di rientro nel sistema profondo. Esse possono essere modificate essenzialmente in due situazioni: sia per incontinenza, non opponendosi più al trasferimento dei carichi dalla rete profonda verso la rete superficiale (reflusso sistolico e/o diastolico); sia per carichi eccessivi di rientro di uno shunt incontinente o ancora con un rientro a carico importante quando esse drenano una fistola artero-venosa.

### ***I reflussi delle comunicanti in sistole***

S'incontrano a monte di un ostacolo anatomico nella via profonda, di cui assicurano la compensazione con uno shunt vicariante. S'incontrano anche a monte di una valvola incontinente d'immissione della pompa Valvolo-Muscolare (VM). Saranno tanto più avvantaggiate quanto più sarà chiuso il loro angolo d'incidenza in rapporto al flusso profondo (tubo di Pitot) (Fig. 5).

### ***I reflussi delle comunicanti in diastole***

S'incontrano a valle delle pompe VM continenti quando esiste uno shunt incontinente completo.

### ***I rientri***

S'incontrano a valle degli ostacoli anatomici delle vie profonde e fanno rientrare lo shunt continente vicariante. Si incontrano anche a monte delle pompe Valvolo-Muscolari (VM) continenti nel caso di uno shunt incontinente. Le valvole delle comunicanti di rientro possono essere o non essere continenti. Quando sono incontinenti non possono provocare un reflusso durante la sistole della pompa Valvolo-Muscolare (VM) continente a valle, ma solo durante la sistole della pompa Valvolo-Muscolare (VM) a monte. Per esempio, non c'è reflusso sistolico in una perforante di rientro della gamba continente o non continente a monte della pompa Valvolo-Muscolare (VM) del polpaccio, ma un possibile reflusso sistolico nella perforante di Hunter incontinente e a valle della pompa Valvolo-Muscolare (VM).

Il calibro delle comunicanti continenti aumenta a seconda dell'importanza del carico trasferito. Un grosso calibro non implica necessariamente la presenza o l'assenza di un reflusso della comunicante, ma solamente la presenza di un carico elevato. Così le grosse perforanti al terzo inferiore di gamba, che talvolta alimentano un'ulcera, non necessariamente sono refluenti. Basta ridurre il carico per deconnessione dello shunt incontinente responsabile, apportando una interruzione solamente al livello dello shunt, se non addirittura direttamente sotto alla comunicante di reflusso situata più in alto (crosse safenica o altra comunicante) in modo da far guarire l'ulcera. Si nota

come l'aumento di carico in una perforante del terzo inferiore di gamba, responsabile di importanti disturbi trofici, nella maggior parte dei casi sia in rapporto unicamente con uno shunt superficiale incontinente, e paradossalmente questo è tanto più elevato quanto più la pompa Valvolo-Muscolare (VM) è efficace. Gli angoli di collegamento delle comunicanti con le vene profonde possono essere, a seconda del loro grado, acuti, aperti o perpendicolari, potendo intervenire sulle pressioni di trasferimento (tubi di Pitot) (Fig. 5).

### **I sovraccarichi di flusso e di pressione negli shunts artero-venosi**

Gli aumenti della temperatura endogena (per esempio un intenso esercizio muscolare) o esogena (per esempio riscaldamento da esposizione al sole, caldo umido) provocano un'apertura riflessa degli shunts della microcircolazione superficiale, aumentando il carico superficiale, sia per la pressione residua sia per la portata. Ciò può portare, col passare del tempo, alla dilatazione e alla degradazione delle pareti e delle valvole, con responsabilità secondaria di shunts incontinenti.

Le malformazioni vascolari sotto forma di micro-shunts (angiomi piani) o fistole artero-venose così come le fistole AV (Artero-Venose) terapeutiche o iatrogene conducono agli stessi risultati. Si ritrova qui l'apparente contrasto con le leggi di Bernoulli e di Poiseuille, dove la forza del flusso tende a ridurre il calibro da una parte, e ad aumentare la resistenza vischiosa dall'altra. Infatti, anche qui, tutto comincia con la legge di Poiseuille finché il vaso è di piccolo calibro, e alla dilatazione dello stesso si cede progressivamente il posto alla legge di Bernoulli; ossia gli effetti dei fattori parietali (liberati per effetto dell'impatto del flusso sulla tonaca intima) che determinano un rilassamento della tonaca media, sono molto probabili, ma non possono giustificare i grossi aumenti di calibro non solo della vena, ma anche dell'arteria che alimenta la fistola artero-venosa.



## **Interpretazione emodinamica dei segni clinici dell'insufficienza venosa**

Se facciamo riferimento alla definizione dell'insufficienza venosa come l'abbiamo proposta, osserviamo che essa esiste fisiologicamente nel soggetto normale quando sono manifeste le condizioni posturali (ortostatismo immobile prolungato e persino posizione seduta all'occidentale), associate o meno a condizioni esterne particolari (come il calore e la pressione atmosferica bassa).

### ***In posizione di decubito***

Tutti i segni emodinamici di insufficienza venosa, a causa dell'influenza insignificante della gravità diminuiscono, ma senza sparire quando la causa è un ostacolo anatomico o una deficienza cardio-toraco-addominale, o ancora un eccesso di portata-pressione per shunts artero-venosi. Spariscono quando la causa è legata a una disfunzione diretta o indiretta della pompa Valvolo-Muscolare (VM).

### ***Le manifestazioni cliniche***

I dolori, gli edemi, il calibro delle vene (ossia le varici) e i disturbi trofici regrediscono in proporzione secondo un arco di tempo variabile.

### ***In ortostatismo***

Tutti i segni emodinamici di insufficienza venosa, a causa dell'influenza decisiva della gravità, aumentano e riappaiono contemporaneamente alle manifestazioni cliniche.

### ***Durante la deambulazione***

Le manifestazioni emodinamiche nonché le manifestazioni cliniche diminuiranno in proporzione inversa alla disfunzione diretta o indiretta della pompa Valvolo-Muscolare (VM). Si accentueranno in caso d'ostacolo anatomico al drenaggio, ed in particolare si manifesteranno con una claudicatio venosa. D'altronde, gli shunts esistenti avranno la tendenza ad aumentare progressivamente il volume delle varici.

## **Le varici**

Sono vene superficiali di grosso calibro, tortuose, le cui valvole sono funzionalmente o anatomicamente inefficienti. La loro presenza clinica non dà indicazioni sul tipo d'insufficienza venosa: anche nel caso di shunts incontinenti, può essere che si tratti di vene vicarianti, oppure di vene alimentate da fistole Artero-Venose (AV) o ancora di vene dilatate a causa di un ostacolo anatomico a valle. Al contrario, una vena di calibro normale può spesso costituire uno shunt incontinente e di conseguenza patologico.

## **Le varicosità**

Possono dipendere da un'anomalia delle reti superficiali e profonde responsabili di un eccesso di carico, ma possono anche dipendere da ostacoli al drenaggio ancora più superficiali, al livello delle venule, per esempio estrinseche per sclerosi e/o edema dei tessuti circostanti.

## **Le teleangectasie**

Possono dipendere dallo stesso fenomeno delle varicosità, salvo che il loro calibro più piccolo e il loro aspetto rosso rivelano un'apertura di micro-shunts a monte, arterializzando questi piccoli vasi. Questi ultimi, peraltro, si drenano male a causa di un ostacolo a valle più o meno vicino, condizione a sua volta favorevole all'apertura di micro-shunts, seguendo il circolo vizioso descritto precedentemente.

## ***Le teleangectasie pseudo-angiomatose***

Non sono che una forma particolare delle precedenti dovuta all'importanza dei micro-shunts attivi. Queste forme particolari s'incontrano più volentieri in due circostanze: durante la gravidanza, a causa dell'incidenza notevole dei fattori ormonali sulla microcircolazione e la parete venosa, e quando il rientro a livello di una vena perforante si traduce in un carico troppo alto per il suo calibro.

## **I disturbi trofici**

Si trovano di solito in zone superficiali dove le pressioni sono più elevate e le condizioni anatomiche di drenaggio sono meno favorevoli, cioè il più vicino possibile alle estremità inferiori e in tessuti dall'esigua trama vascolare (Fig. 21). Queste condizioni si verificano in maniera ottimale al livello delle caviglie, dove la trama vascolare si riduce al piano osseo e dove la pressione di gravità è più forte, mentre le condizioni di trasmissione di pressione tramite le vene perforanti refluenti (reflusso) o continenti (rientro) sono più favorevoli. La stasi nei capillari e l'apertura di micro-shunts bastano a spiegare l'edema, il travaso di emosiderina, la necrosi, l'infiammazione e la presenza di sangue a pressione parziale di ossigeno normale e alcune volte anche elevata.

## **Discordanza emodinamica e clinica**

Il dolore, sotto la forma abituale di sensazione di pesantezza, non è sempre proporzionale all'importanza dell'insufficienza venosa come l'abbiamo definita. La prima ragione è dovuta al fatto che la sensibilità individuale è qui, come in ogni patologia, un fattore di variazione soggettivo della sensazione di disagio. Tuttavia, altri fattori lo possono anche spiegare: la distensione venosa e la tensione tissutale, dovuta ad un edema interstiziale, possono provocare un dolore; il cattivo drenaggio muscolare durante l'ortostatismo può fare accumulare nel muscolo cataboliti, responsabili di dolori muscolari, che possono comparire e persistere secondo un tempo variabile in posizione di decubito.

Non è la stessa cosa per quanto riguarda l'insofferenza al caldo, durante la posizione di decubito assunta di notte, la cui causa non è probabilmente legata all'insufficienza venosa.

D'altronde, i dolori muscolari non sono, per logica, sempre d'origine venosa e possono benissimo dipendere semplicemente dal metabolismo muscolare e da contratture muscolari molto dolorose.

## **Varici e disturbi trofici**

L'importanza clinica di una varice non dà nessuna indicazione sul grado di disfunzionamento indotto della pompa Valvolo-Muscolare (VM). Com'è stato già sottolineato, vene non varicose possono perfettamente essere responsabili di disturbi del drenaggio e dunque di disturbi trofici. Al contrario, vene varicose molto grosse possono provocare pochi o nessun disturbo trofico se gli shunts prendono delle vie di reflusso e/o di rientro lontane dalle zone più favorevoli ai disturbi trofici come sono state descritte.

## **Insufficienza venosa e edemi**

Gli edemi sono legati al travaso dei liquidi, il quale non dipende soltanto dalla pressione transparietale microcircolatoria, ma anche dalla pressione oncotica e dalla porosità delle interfacce. Così, l'insufficienza venosa può manifestarsi sotto forma di edemi soltanto quando gli altri fattori dell'equilibrio dei compartimenti non possono compensarne gli effetti.

## **Insufficienza venosa e terreno**

Occorre anche che, particolarmente nel caso d'insufficienza venosa cronica e superficiale, il funzionamento dei lembi valvolari e le superfici delle pareti venose sottoposti alle costanti pressioni, all'invecchiamento o a circostanze particolari (come la gravidanza e le condizioni di vita a rischio: ortostatismo immobile, sollevamento di carichi pesanti, sedentarietà, etc.) si lascino deteriorare, dilatare o distruggere a causa di una fragilità costituzionale o acquisita. Questi danni favoriscono a loro volta la comparsa di shunts incontinenti la cui apertura tende a renderli permanenti, o addirittura tende alla ripercussione patologica su segmenti di rete non ancora colpite.

## **Analisi emodinamica degli effetti inaspettati dei trattamenti (interventi terapeutici)**

### ***Peggioramento e/o evolutività?***

I trattamenti che mirano a sopprimere vie di drenaggio, piccole o grosse che siano, patologiche o fisiologiche, varicose o non varicose, possono essere responsabili dello sviluppo di vie vicarianti con un aumento della Pressione residua (Pr) e apertura di micro-shunts, responsabili a loro volta di varici, varicosità e telangectasie. I trattamenti che mirano a sopprimere gli effetti degli shunts con semplice deconnessione, lasciando la via di drenaggio permeabile ma orientata verso una vena comunicante di **rientro** poco efficace a causa della sua situazione poco favorevole rispetto alla pompa Valvolo-Muscolare (VM), possono determinare in questa via un'eccessiva dilatazione e/o un aggiramento della vena comunicante. D'altra parte, se la vena comunicante di rientro è ben posizionata, ma di calibro troppo piccolo, un carico eccessivo si eserciterà a questo livello, favorendo lo sviluppo locale di varicosità e telangectasie con o senza deviazione (in particolare è quello che si verifica con effetti equivalenti nelle sclerosi chimiche delle vene perforanti di rientro).

### ***Intolleranza alla contenzione***

La contenzione, con i suoi effetti favorevoli sulla diminuzione della Pressione trasmurale (Ptm) e le conseguenze che ne derivano (come la riduzione del volume venoso e quindi del carico delle masse sanguigne in movimento anormale, aumento della pressione tissutale e quindi riduzione degli edemi), costituisce un trattamento elettivo e logico dell'insufficienza venosa. Tuttavia alcuni soggetti non la sopportano a causa di una sensazione di costrizione intollerabile alla gamba. Si tratta comunemente di pazienti afflitti da un'incontinenza venosa profonda maggiore; in questa situazione i tessuti vengono a trovarsi in una morsa dolorosa tra una pressione profonda altissima (pressione laterale), non corretta dalla pompa Valvolo-Muscolare

(VM) inefficiente durante il movimento (mentre si ha l'aumento della portata sanguigna legata all'esercizio) e una contropressione esercitata dalla contenzione. In assenza di contenzione il rilassamento tissutale diminuisce la pressione della morsa e quindi il dolore.

## **Analisi emodinamica dei criteri paraclinici dell'insufficienza venosa**

### ***Misure delle pressioni***

***La misura diretta delle pressioni:*** la misura della pressione venosa distale è indipendente dall'orientamento del captatore endovenoso in ortostatismo immobile poiché le velocità circolatorie sono troppo deboli per creare un'energia cinetica sufficiente, poiché in questo caso la pressione totale è assimilata alla Pressione laterale (PL). Invece in posizione di decubito, o nella deambulazione, la velocità circolatoria è troppo importante per essere insignificante, e la misura dovrà tenere conto dell'orientamento del captatore rispetto al flusso (Pitot, Fig. 3).

***La misura indiretta delle pressioni:*** la pletismografia al mercurio misura le variazioni di circonferenza, dunque di volume, senza tener conto del valore delle pressioni. La pletismografia ad aria misura le variazioni di pressione-volume del polpaccio durante le varie prove e, quindi, più fedelmente le variazioni di Pressione transparietale (Ptm).

***Doppler:*** la misura della pressione venosa col bracciale della pressione permette di misurare la pressione totale a secondo delle posizioni ma non permette prove dinamiche sotto sforzo.

### ***Misure dei flussi e reflussi***

***Angiografia:*** la flebografia dinamica permette di visualizzare la sequenza di riempimento dei vari settori venosi, e dunque di apprezzare la continenza dei lembi valvolari ma non i flussi reali generati dai carichi. Inoltre, questa sequenza di

riempimento dipende dalla via di introduzione del mezzo di contrasto e la sua dispersione può essere incompleta quando esistono delle fonti di lavaggio.

***L'ecografia Doppler:*** in tutti i suoi modi e configurazioni costituisce un modo di analisi anatomica ed emodinamica non invasivo di interesse primario. Essa ha permesso dei progressi decisivi nella comprensione della fisiopatologia venosa poiché permette di misurare le variazioni di flusso e di riconoscerne le cause. I suoi limiti sono legati alla sua difficoltà d'attuazione e d'interpretazione che richiedono una preparazione specifica dell'operatore. La misura dei reflussi cosiddetti lunghi o corti nel tempo hanno significati diversi a seconda dell'effetto di pompa che li motivano. Un breve reflusso, non prolungabile da qualsiasi manovra, traduce semplicemente il tempo d'inversione del carico necessario per chiudere la valvola. Al contrario, un reflusso prolungato non significa necessariamente un'incontinenza importante; un piccolo reflusso può durare a lungo per una bassa portata.

***La pletismografia a infrarossi:*** permette di misurare il tempo di riempimento della rete profonda superficiale dopo uno sforzo; questo tempo è proporzionale ai gradienti di drenaggio generati dalla pompa Valvolino-Muscolare (VM), e di conseguenza alla sua potenza. Tuttavia, un tempo di riempimento troppo lungo può dipendere altrettanto da una pompa Valvolino-Muscolare (VM) completamente avalvolata.

### ***Le manovre***

Descrizione dell'analisi emodinamica che permette l'interpretazione delle manovre destinate a collaudare il sistema venoso degli arti inferiori.

***Respirazione:*** la modulazione respiratoria della velocità del flusso venoso dipende dalla posizione.

***La manovra di Valsalva:*** è destinata a bloccare il flusso venoso per inversione del gradiente di pressione della pompa Toraco-Addominale (TA). La trasmissione di questo gradiente provoca un reflusso quando è incontinenza tutto o parte del sistema venoso. Essa può provocare un reflusso in una vena profonda senza che ci sia

un'incontinenza valvolare legata alla semplice presenza di shunts, come esposto nella Fig. 6.

**Le compressioni:** le compressioni manuali a monte o a valle dei livelli d'esplorazione consentono di controllare la continenza valvolare. Tuttavia, le compressioni manuali, in particolare quando sono destinate a simulare le sistole e diastole delle pompe Valvolo-Muscolari (VM), non corrispondono fedelmente al comportamento fisiologico o patologico reale delle pompe. In effetti, l'importanza dei flussi e reflussi dipendono dalla sede, dalla durata e dalla forza di compressione manuale, in modo che i tempi possano variare notevolmente nello stesso soggetto, rendendo poco affidabile la quantificazione del flusso. Inoltre, queste compressioni, comprimono direttamente le vene superficiali creando uno pseudo-flusso sistolico, ciò che non avviene durante il funzionamento fisiologico della pompa Valvolo-Muscolare (VM).

**Contrazioni muscolari:** le contrazioni muscolari volontarie (come deambulare o alzarsi sulla punta dei piedi) o i riflessi (come la manovra di Paranà) sono preferibili alle compressioni manuali poiché non presentano gli stessi inconvenienti.

### **Terminologia emodinamica dei flussi venosi**

Sussistono ancora confusioni sulla terminologia dell'emodinamica venosa, provocando incomprensioni nel rapporto comunicativo tra i medici. Da qualche anno, ed in particolare dalla descrizione della cura CHIVA, l'analisi e la terminologia emodinamica dell'insufficienza venosa si è affinata ed è diventata più precisa (Fig. 7).

**Flussi anterogradi:** la direzione dei flussi spontanei e provocati si esercita nel senso fisiologico cioè il più delle volte dalla distalità verso il cuore (centripeto).



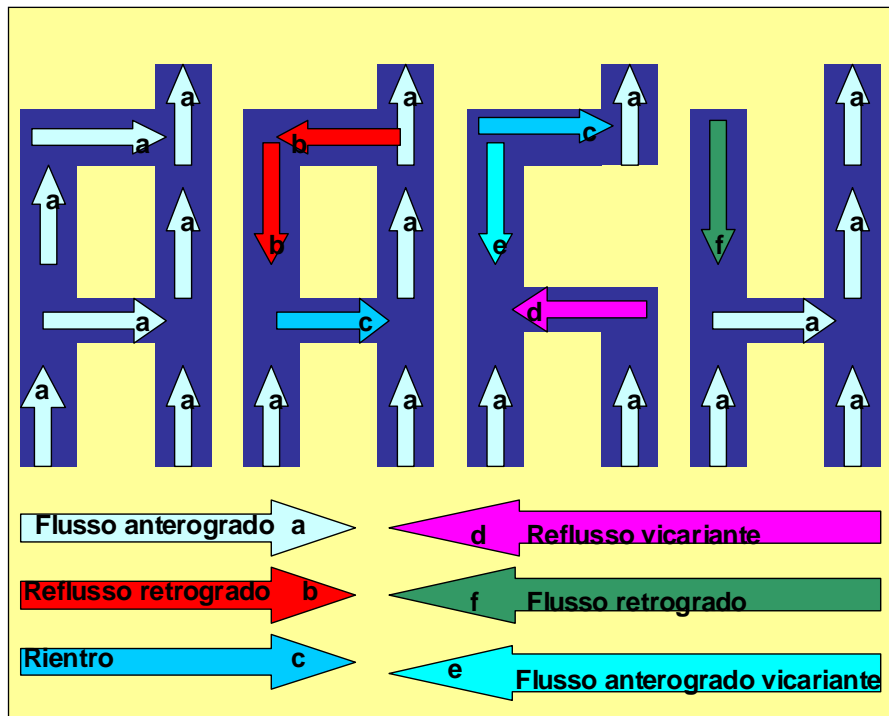


Fig. 27 – Semantica emodinamica riferita alla designazione dei flussi venosi.

**Flussi retrogradi:** la direzione dei flussi spontanei e provocati si esercita nel senso inverso rispetto ai flussi anterogradi, senza prendere in considerazione un eventuale reflusso.

**I reflussi** rivelano un drenaggio del sangue venoso profondo verso le vene superficiali. Può trattarsi di flussi anterogradi superficiali quando il reflusso è vicariante di un ostacolo profondo, o ancora di flussi retrogradi quando si tratta di un reflusso di uno shunt incontinente. Nelle vene profonde si tratta di solito di flussi retrogradi.

**Flussi anterogradi, retrogradi, e reflussi sistolici e diastolici:** i qualificativi di sistolico e diastolico definiscono le due fasi di funzionamento della pompa Valvolo-Muscolare (VM) profonda, attivata o per compressione manuale o per contrazione muscolare. Il tipo di flusso può variare a secondo di queste fasi.

**Flussi e vene di supplenza o vicarianti:** si tratta dei flussi nonché delle vene che li trasportano e che compensano altre vie deficienti.

**Continenza e incontinenza:** sono i qualificativi che definiscono la capacità o l'incapacità di una vena ad impedire qualsiasi inversione di flusso. Questa capacità è legata alla qualità del funzionamento dei lembi valvolari delle vene. Tuttavia una vena, le cui valvole sono assenti o distrutte, può conservare un flusso anterogrado qualunque siano le circostanze posturali e le fasi della contrazione muscolare, quando l'unidirezionalità dei flussi è assicurata e mantenuta grazie ad un gradiente di pressione unidirezionale.

**Varici:** questo termine corrisponde soltanto ad un aspetto dilatato e tortuoso di una vena (come sta ad indicare la sua etimologia) e non dà nessuna indicazione sul suo funzionamento emodinamico. Così, una vena varicosa può benissimo assicurare una funzione corretta e salutare mentre una vena, all'apparenza normale, può funzionare non correttamente.

**Vene perforanti:** sono vene comunicanti che assicurano le comunicazioni tra la rete superficiale e quella profonda. La direzione del flusso di queste comunicazioni è di solito anterograda tranne al livello della suola plantare dove è fisiologicamente a doppio senso a seconda delle variazioni dei gradienti di pressione.

Sono chiamate perforanti di reflusso quando la loro direzione è anterograda e non refluenta dal sistema profondo verso il sistema superficiale. Sono dette perforanti di rientro quando la loro direzione è anterograda e non refluenta. Le vene perforanti di solito drenano una vena superficiale refluenta, che sia o non anterograda.

Le vene perforanti e le crosses sono definite emodinamicamente efficaci quando sboccano su vene profonde sufficientemente circondate da muscoli scheletrici, in modo che l'effetto di pompa aspirante da loro esercitato sulla rete superficiale sia sufficiente. Sono poco efficaci o inefficaci in caso contrario.

**Crosses:** uniche e talvolta multiple, esse sono in realtà soltanto delle vene comunicanti particolari nella misura in cui la loro posizione anatomica, contrariamente alle altre, è abbastanza costante ed hanno lo stesso significato funzionale delle perforanti.

## **Conclusione**

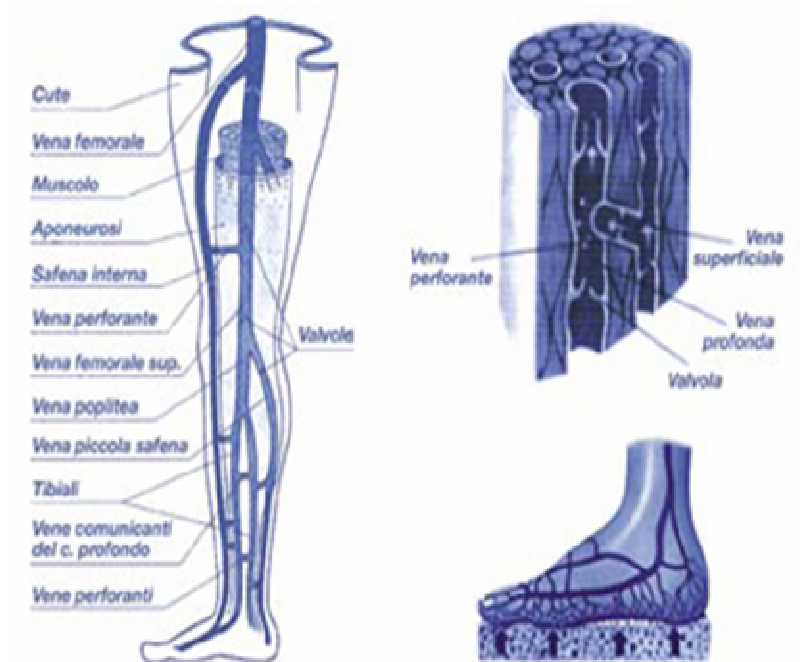
La fisiopatologia emodinamica consente, ormai, di formulare un modello abbastanza soddisfacente del comportamento fisiologico e patologico del sistema venoso in generale e degli arti inferiori in particolare. Se non ha risolto le cause della fragilità degli elementi anatomici del sistema di fronte alle tensioni dell'emodinamica, essa consente di capire meglio l'insufficienza venosa e di contrapporre dei modelli terapeutici coerenti ed efficaci.

## **RICHIAMI ANATOMICI**

La circolazione venosa degli arti inferiori è assicurata da una duplice rete che ha una diversa importanza: la rete venosa profonda sub-aponevrotica, satellite delle arterie di cui le vene portano lo stesso nome e che drenano i 9/10 del flusso venoso, e la rete venosa superficiale sopra-aponevrotica in sede sottocutanea. Queste due reti sono in comunicazione diretta attraverso le vene perforanti; le vene di una stessa rete sono collegate tra loro per mezzo di vene comunicanti. Occorre sottolineare subito la grande variabilità anatomica della distribuzione venosa da un paziente all'altro.

### **Rete venosa profonda**

E' posizionata tra le masse muscolari e, sotto al ginocchio, le vene si presentano in numero di due per ogni arteria, mentre nella regione sopra-polplitea, il più delle volte, esiste una vena per ogni arteria.



**Fig. 28 - Rete venosa profonda e superficiale dell'arto inferiore**

### ***Al piede***

Le vene metatarsiche dorsali costituiscono l'origine delle vene tibiali anteriori. Le vene digitali plantari confluiscono in 5 vene metatarsiche che raggiungono l'arco venoso plantare: di qui confluiscono successivamente nelle vene plantari laterali e poi nelle vene plantari interne, per costituire così l'origine delle vene tibiali posteriori.

### ***Alla gamba***

Le vene tibiali anteriori sono le più sottili. Sono collocate prima lungo la faccia antero-esterna della tibia per poi proseguire al di là della membrana iner-ossea tra i muscoli tibiali anteriori e quelli estensori. Le vene tibiali posteriori rappresentano il prolungamento delle vene della suola plantare. Partono dalla doccia del calcagno, poi risalgono in linea retta contro la faccia posteriore dei muscoli tibiale posteriore e lungo flessore comune dell'alluce. Le vene peronee corrono lungo la

faccia posteriore della membrana inter-ossea, poi nell'angolo delimitato dalla faccia posteriore dei muscoli tibiale posteriore e flessore proprio dell'alluce. Le vene tibiali posteriori e le vene peronee si riuniscono per formare il tronco tibio-peroneo, lungo da 2 a 3 cm: queste vene intramuscolari sono unite tra di loro per mezzo di anastomosi trasverse. Il tronco tibio-peroneo può essere sostituito da un plesso. Queste tre reti convergono e danno origine alla vena poplitea che può essere doppia in un terzo dei casi, persino tripla nel 2% dei casi. La vena poplitea presenta da una a cinque valvole e si posiziona a contatto con l'arteria dall'anello del soleo, dove è postero-interna a questa fino all'anello del terzo adduttore da dove diventa postero-esterna.

Le vene gemelle, costituite dalla congiunzione di numerosissime collaterali riccamente anastomizzate all'interno del parenchima muscolare stesso, percorrono tutta la lunghezza del muscolo formando lunghi rami a direzione quasi verticale, para-assiale. Questi rami vanno da due a tre per ogni lato. Sottili dal lato esterno, sono molto più voluminose per il gemello interno. Questi rami si uniscono emergendo dai loro rispettivi muscoli e hanno allora un percorso extra-muscolare da 1 a 4 cm nel tessuto cellulo-adiposo lasso del triangolo inferiore della fossa poplitea. Poi si abboccano nella vena poplitea in modo variabile. Uno dei rami muscolari, di solito il più voluminoso, emerge dal muscolo gemello interno là dove la massa muscolare lascia posto al tessuto membranoso, base del tendine di Achille, per costituire la perforante gemellare o perforante polare inferiore di Gillot.

Le vene solee si presentano sotto due tipi principali: secondo un modello verticale e secondo uno orizzontale. Il modello verticale è ridotto a una vena principale di grosso calibro che emerge dalla capo interno del muscolo e una vena corta che emerge dal capo esterno; dopo un percorso extra-muscolare molto breve, la prima si abocca nella vena tibiale posteriore e la seconda nella vena peronea, e come le vene gemelle, presentano una perforante. Il modello orizzontale è rappresentato da più vene solee che si abboccano nelle vene tibiali posteriori e peronee.

## *Alla coscia*

La via venosa principale femoro-poplitea è abbastanza costante alle sue due estremità. Alla sua origine, il tronco popliteo comune, bi-plexico, si forma a 1 o 2 cm sopra i condili femorali. Alla sua terminazione, la vena iliaca comune drena la totalità delle vene dell'arto.

Al contrario, lungo il suo segmento intermediario la sua organizzazione non è sempre la stessa. La classificazione tiene allora conto del numero di tronchi collettori incaricati del drenaggio tibiale nonché dei plessi embrionali da cui provengono. Si distinguono i dispositivi uni-tronculari (92%), nei quali la totalità del sangue venoso tibiale percorre un solo collettore, dai dispositivi bi-tronculari che rappresentano l'8% dei casi.

Tra i dispositivi uni-tronculari esistono due tipi di tronco uni-plexico. Il tronco pre-assiale rappresenta da solo più del 88% dei casi ed è la via venosa principale classica, successivamente poplitea, femorale superficiale, femorale comune ed iliaca esterna. In seconda istanza vi è il tronco assiale o vena sciatica, che è molto raro (<1/1000). I tronchi bi-plexici o tri-plexici sono caratterizzati dalla presenza di un tronco femorale profondo. Tra i dispositivi bi-tronculari, bisogna distinguere due tipi, lo sdoppiamento e la biforcazione. Lo sdoppiamento si applica ai collettori paralleli, vicini l'uno all'altro ma indipendenti, non anastomizzati, dello stesso percorso. La più frequente è lo sdoppiamento segmentale o sub-totale della vena femorale superficiale. Può anche essere osservata al livello del tronco femorale profondo. Frequentemente (5%) la biforcazione si applica alla divergenza ad angolo acuto di collettori che raggiungono la vena femorale comune attraverso vie e percorsi diversi, in parte lontani l'uno dall'altro.

La vena femorale profonda satellite dell'arteria femorale profonda è di calibro quasi pari a quello della vena femorale superficiale. Si getta nella vena femorale, 4 o 5 cm sotto l'arcata crurale. La vena femorale profonda può avere un tronco unico terminale, o si abocca per mezzo di più rami nella vena femorale comune. Ha

numerose anastomosi con la rete extra-pelvica della vena ipogastrica.

La vena femorale comune nasce dall'unione delle vene femorali superficiale e profonda, un poco sotto il legamento inguinale. All'altezza dell'arcata inguinale, prende il nome di vena iliaca esterna. La vena femorale comune durante il suo percorso, costeggia il bordo interno dell'arteria femorale comune e riceve il grosso collettore venoso superficiale che costituisce la vena safena interna (VSI).

Il sistema venoso intra-pelvico comprende due reti indipendenti, la rete parietale e la rete viscerale. Queste reti sono drenate da tre collettori principali, le vene iliache interne, ovariche e rettali. La vena iliaca interna è avalvolata e di morfologia molto varia. E' unica nel 50% dei casi, doppia nel 36% e di tipo plessiforme nel 14%. Quando è unica, raggiunge la vena iliaca esterna nei pressi del promontorio e presenta una lunghezza da 4 a 5 cm e un calibro da 12 a 15 mm. E' costituita da due tronchi, uno posteriore o gluteo superiore, l'altro anteriore o visceroperineale. La vena rettale superiore drena la maggior parte del retto e raggiunge la vena mesenterica inferiore, poi il sistema porta. Le vene genitali, 4 o 5 all'origine, diventano uniche all'altezza di L4 e terminano a destra nella vena cava inferiore (in via eccezionale nella vena renale destra), e a sinistra nella vena renale sinistra. La rete parietale è ricca e valvolata. Comprende il plesso retro-pubico e sacrale, e le vene parietali. Un quarto delle vene iliache esterne e il 16% delle iliache interne possiedono valvole. Dalla loro convergenza nascono le vene iliache primitive. Queste ultime si congiungono all'altezza della parte destra della quinta vertebra lombare per formare la vena cava inferiore. La vena iliaca primitiva sinistra è più lunga e incrocia dietro l'arteria iliaca primitiva destra.

### ***Rete venosa superficiale***

Il sistema venoso superficiale degli arti inferiori è composto essenzialmente da tre tipi di vene: i tronchi collettori, la rete superficiale e le perforanti.

### ***I tronchi collettori***

A svolgere questa funzione sono le vene safene, che hanno in comune il loro calibro, da 3 a 5 mm, il loro percorso regolare e la loro direzione longitudinale nell'asse dell'arto. Due collettori si distinguono per la loro costanza e per il loro calibro, la vena safena interna (VSI) o grande safena, e la vena safena esterna (VSE) o piccola safena.

La VSI è pre-malleolare alla sua origine dove scava una piccola doccia ossea. In seguito incrocia obliquamente la faccia interna della tibia; questo segmento è privo di perforanti. Arrivato a 8-10 cm dal malleolo, diventa retro-tibiale e successivamente si posiziona nei due terzi superiori della gamba. Questo lungo segmento retro-tibiale è il supporto delle perforanti di Cockett. Le perforanti del gruppo di Boyd, invece, nascono tipicamente dal tronco della safena, e in questo percorso può nascere una perforante anteriore del muscolo gemello interno. Può esistere, tra il gruppo inferiore delle perforanti tibiali (Cockett) e il gruppo superiore (Boyd), una vena di transizione chiamata perforante di Sherman che si trova a metà altezza della tibia. In seguito, la VSI passa a fianco della parte posteriore del condilo femorale interno e sale sulla coscia parallelamente al m. sartorio per arrivare fino alla crosse attraversando la fascia cribiforme. La crosse della VSI raggiunge tipicamente il versante antero-interno della vena femorale comune, ma può insinuarsi nell'angolo di confluenza delle vene femorale superficiale e femorale profonda per raggiungere la vena femorale comune come variante retro-arteriosa. Al livello della gamba riceve collaterali della rete venosa tibiale, che sono o dei collettori longitudinali ben individualizzati come la vena safena anteriore e la vena safena posteriore della gamba, oppure anastomosi trasversali o oblique che collegano tra loro le vene safene, ossia le crosses inter-safene. Al livello della coscia, la VSI è per lo più unica e riceve due collaterali crurali vicino alla sua terminazione, le vene safene anteriore e posteriore della coscia.

Una delle varianti più frequenti è lo sdoppiamento della safena. Può estendersi fino



alla crosse, ma questo rimane nella maggior parte dei casi unico. La presenza di due collettori, sensibilmente dello stesso calibro, nel triangolo di Scarpa può indicare o una bifidità tronculare (sdoppiamento della VSI stessa dalla gamba o dal ginocchio), o un collettore pre-safena (nato in derivazione sul tronco principale all'altezza del ginocchio per via di una o più radici), o una vena safena anteriore o posteriore di gamba satellizzata (assenza d'anastomosi alla gamba o al ginocchio). La crosse stessa riceve collaterali addominali e genitali. I rami addominali hanno un percorso discendente e sono rappresentati dalla vena circonflessa iliaca superficiale e la vena sottocutanea addominale o epigastrica superficiale. La prima si anastomizza con la vena ascellare tramite una vena toracica laterale e la seconda è collegata con la rete peri-ombelicale da una parte e con il suo omologo controlaterale dall'altra. I rami genitali hanno un percorso trasversale e sono rappresentati dalle vene pudende esterne e la vena dorsale superficiale della verga o del clitoride. La vena pudenda esterna è molto spesso collegata al plesso spermatico e anche alla vena pudenda interna. Il modo con cui terminano le collaterali è variabile, ovvero sparse (da 8 a 10 vene e venule indipendenti), oppure più frequentemente raggruppate in due o tre vasi principali. Infine, segnaliamo le venule dei gangli inguinali che formano una rete superficiale e si riversano in parte all'incrocio venoso della crosse della safena e in parte nella via profonda attraverso una vena quadricipitale.

La VSE è la continuazione della vena marginale esterna del dorso del piede sub e retro-malleolare esterna. Inizialmente situata sul versante laterale della gamba, talvolta, doppia alla sua origine, diventa assiale per occupare il limite posteriore della gamba. Si situa successivamente dietro il tendine d'Achille poi a fianco della fessura inter-gemellare dove è racchiusa in un canale fibroso. Il tronco della VSE non è in rapporto diretto con una perforante di Cockett, ancora meno con quella di Boyd o di Sherman. Invece, costituisce spessissimo il punto di partenza di una o più perforanti principali del muscolo gemello interno, in particolare il gruppo inferiore e posteriore. La terminazione nella VSE è variabile, sia con il vaso unico sia doppio. Questa

terminazione può essere bassa, superficiale alla gamba. Si drena allora nella VSI tramite una crosse inter-safenica. Una parte del sangue può drenarsi in profondità nelle vene gemelle. Tipicamente la terminazione è poplitea con una crosse vera, al limite superiore dei condili nel tronco popliteo, talvolta più in alto. La terminazione può essere femorale bassa o Hunteriana. La safena esterna attraversa il muscolo corto bicipite e si apre nella vena femorale superficiale o nella vena femorale profonda alla sua origine. Può essere femorale alta. La safena esterna costeggia allora indietro il nervo tibiale e il nervo sciatico e si drena nella vena femorale profonda tramite una perforante. Infine, può essere inguinale tramite un'anastomosi inter-safenica o vena di Giacomini con i suoi due tipi, superficiale e profonda.

### ***La rete***

Si tratta di un insieme di vene e venule sopra-fasciali, ampiamente anastomizzate tra di loro.

Al livello della gamba meritano di essere individualizzate due vene, sia per via della loro lunghezza, che del loro calibro e dell'importanza del territorio drenato. Entrambe sono tributarie della VSI e la raggiungono solitamente nella parte superiore della gamba, separatamente o tramite un tronco comune. La vena safena anteriore della gamba può scegliere tra due percorsi, parallelo od obliquo alla VSI che incrocia allora superficialmente. Quando è obliqua, si unisce volentieri alla vena di Leonardo. Questa vena safena anteriore è il supporto possibile delle perforanti del gruppo di Boyd, della perforante di Sherman o di una perforante di Cockett superiore, talvolta voluminosa. La vena safena posteriore (o vena di Leonardo, o vena arcata posteriore) può provenire dalla VSI malleolare, sopra-malleolare o da una perforante della caviglia o persino del piede. Infine occorre menzionare un altro vaso longitudinale, il ramo achilleo della safena esterna. Localizzato nella metà inferiore della gamba, costeggia il bordo interno del tendine d'Achille e raggiunge la vena safena esterna direttamente o tramite una crosse inter-safenica. Quest'ultima ossia la crosse inter-safenica, situata al limite posteriore della zona di Cockett, emette spesso una

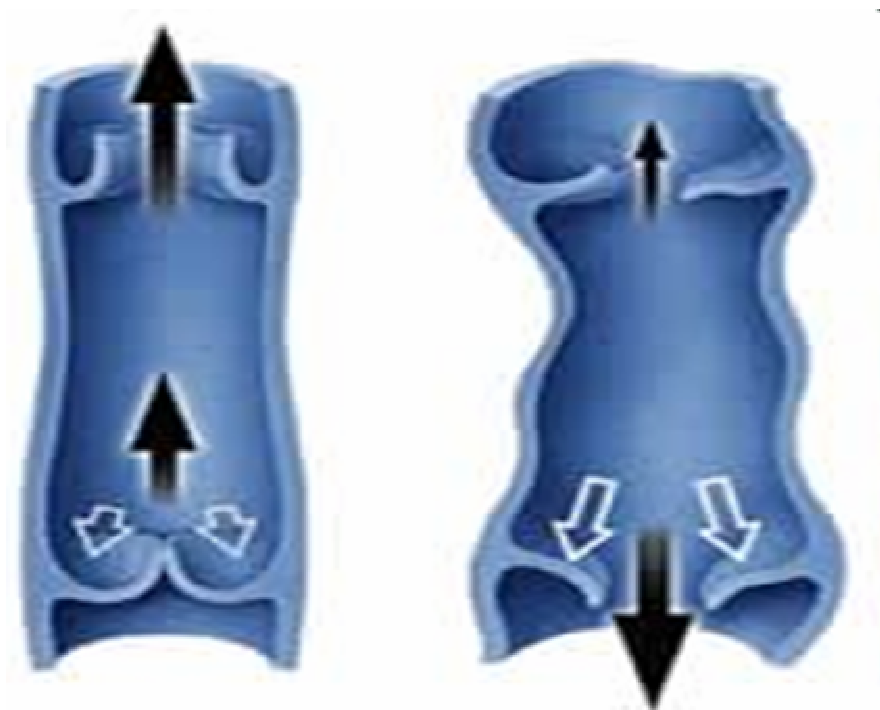
perforante tibiale inferiore. Le crosses inter-safeniche deviano la corrente venosa della safena esterna verso la safena interna o un suo ramo, la vena safena posteriore. Si distinguono la crosse inferiore o infra-gemellare situata a metà gamba, corta, trasversale, e la crosse superiore, o gemellare, lunghissima e molto obliqua che raggiunge la safena interna al limite superiore della gamba o al ginocchio.

Al livello della coscia la vena safena anteriore spesso costeggia, almeno per una parte del suo percorso, il nervo perforante superiore, mentre talvolta passa accanto al nervo perforante medio del nervo muscolo-cutaneo esterno e questo spiega come possa raggiungere la crosse della vena safena vicinissimo alla vena femorale. Talvolta, si apre isolatamente nella vena femorale sottostante, in una crosse accessoria. Invece, talvolta finisce nella VSI nel triangolo di Scarpa. E' talvolta doppia, e solo il tronco inferiore emette la perforante del muscolo vasto interno. La ricchezza delle sue connessioni spiega la sua implicazione frequente nella varicosi crurale. E' in relazione con la rete esterna del ginocchio, la quale possiede le proprie perforanti: le perforanti quadricipitali principali (vasto interno) e gli assi safenici della coscia. La vena safena posteriore della coscia è una vena costante, talvolta di piccolo calibro. É assiale alla sua origine nella parte inferiore della coscia, e attraverso un percorso obliquo, incrocia la faccia interna della coscia per raggiungere la VSI ad un livello variabile, (molto spesso nel triangolo di Scarpa) ed emette spesso una vena perforante del muscolo del grande adduttore.

### ***Le vene perforanti***

Le vene perforanti assicurano un passaggio orientato del sangue dagli assi venosi superficiali verso gli assi venosi profondi, perforando l'aponevrosi superficiale. L'unità perforante comporta un segmento sopra-aponevrotico che perfora l'aponevrosi superficiale attraverso un foro. Di qui passano talvolta un'arteriola e un filetto nervoso, un segmento sub-aponevrotico che finisce nell'asse venoso profondo più vicino, con la presenza di una organizzazione valvolare (da una a due valvole sopra-aponevrotiche, da una a tre valvole sub-aponevrotiche). Esistono 155 perforanti

cosiddette "costanti" in ogni arto inferiore e un gran numero di perforanti incostanti, presenti dall'1 al 74% dei casi. Le principali perforanti si trovano lungo "linee di forza" assiale. Ricorderemo in particolare il gruppo delle perforanti di Hunter (perforante del grande adduttore, perforante di Dodd) sulla linea mediale della coscia; il gruppo delle perforanti di Cockett e forse la perforante di Boyd sulla linea mediale della gamba e il gruppo dorsale cruro-popliteo (perforante della fossa poplitea e perforante assiale della fossa posteriore della coscia, sovrapposta sopra la losanga poplitea) sulla linea dorsale della coscia; e infine il gruppo laterale cruro-tibiale (perforante laterale alta e media della coscia e perforante peronea alta, media e bassa) sulla linea laterale cruro-tibiale.



**Fig. 29 - Sistema valvolare venoso continente e incontinente.**

### ***Sistema valvolare delle vene degli arti inferiori***

La vena cava inferiore non è valvolata. Tutte le vene situate a monte di essa sono valvolate. In uno studio anatomico, Basmajian riporta un 7 e 24% di valvole rispettivamente sulla vena iliaca primitiva e la vena iliaca esterna. Sotto al legamento inguinale la vena femorale comune è valvolata nel 67% dei casi e la vena femorale superficiale lo è nel 90%. Per quest'ultima, la localizzazione più frequente è la terminazione della vena, immediatamente a monte dell'abboccamento della vena femorale profonda. Il numero delle valvole della vena femorale superficiale è variabile; 5 valvole nel 6,6% dei casi, 4 valvole nell'11,9% dei casi, 3 valvole nel 31,7% dei casi, 2 valvole nel 30,4% dei casi, 1 valvola nel 17,2% dei casi e nessuna valvola nel 2,6% dei casi. Non esiste una disposizione costante in quanto alla simmetria o al numero delle valvole. In uno studio simile, Powels e Lynn riportano la presenza di valvole nel 33% delle vene iliache esterne, nel 72% delle vene femorali comuni, nel 100% delle vene femorali superficiali e nel 96% delle vene poplitee nel loro terzo superiore. Una sola valvola era presente nelle vene iliache esterne tranne in due casi in cui esistevano due valvole. La vena femorale comune conteneva sempre una sola valvola mentre la vena femorale superficiale conteneva 3 o più di 3 valvole nel 57% dei casi, 2 valvole nel 33% dei casi, 1 valvola nel 10% dei casi. La vena poplitea conteneva una valvola alla sua terminazione. Non esisteva differenza di numero secondo il sesso o l'età.

### **ESPLORAZIONI ULTRASONORE**

Il ricorso alle esplorazioni funzionali permette di stabilire una diagnosi delle malattie venose croniche con maggiore affidabilità e precisione rispetto alla semplice, ma pur importante analisi dei sintomi e dei segni clinici. Lo scopo delle esplorazioni ultrasonore è innanzi tutto di ordine diagnostico, e deve rispondere a molteplici domande per ogni tipo di diagnosi.

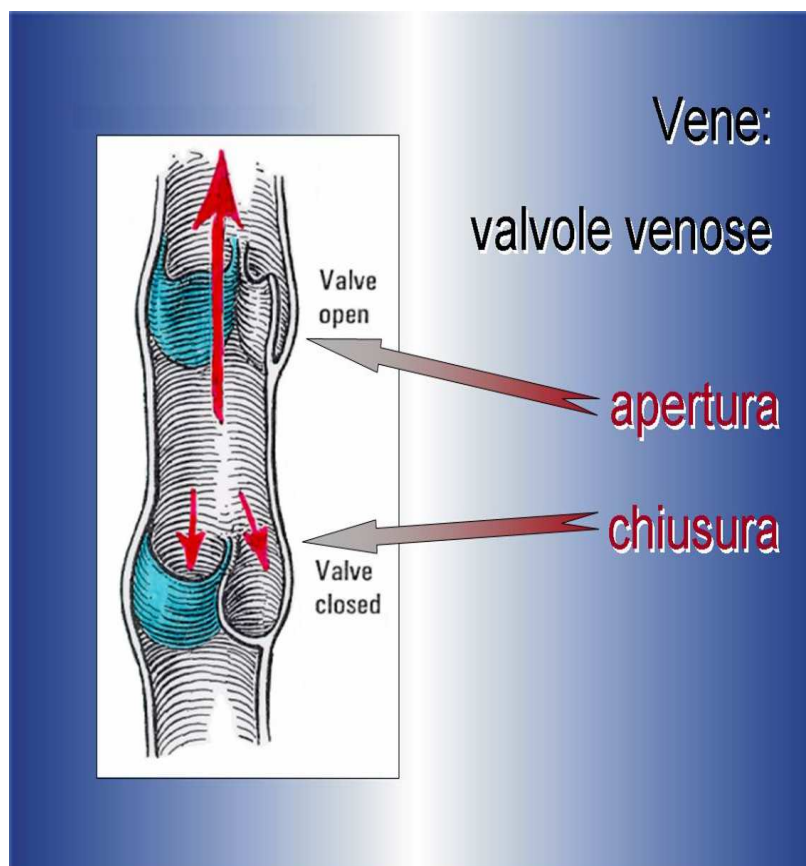
*Diagnosi lesionale:* esiste un'anomalia venosa? Se la diagnosi è positiva, di quale tipo

d'anomalia si tratta? Reflusso, ostruzione, deficit di compliance e/o deficit della pompa muscolare?

*Diagnosi topografica:* qual è la sede e la suddivisione delle lesioni? Vene superficiali, vene profonde e/o vene perforanti?

*Diagnosi emodinamica:* esistono shunts veno-venosi, superficiali o profondi?

*Diagnosi eziologica:* qual è la loro causa? Si tratta di un'anomalia venosa primitiva, secondaria ad un processo trombotico o secondaria ad una malformazione?



**Fig. 30 - Apertura e chiusura delle valvole venose**

Stabilita la diagnosi, occorre scegliere una strategia terapeutica adatta alla natura e al meccanismo fisiopatologico delle lesioni, in funzione della loro severità clinica ed emodinamica: da qui l'utilità della ricerca di metodi quantitativi non invasivi.

Infine occorre controllare l'efficacia del trattamento in maniera oggettiva. Il metodo ideale in questo momento è sicuramente l'ecografia Doppler che occupa un posto molto vantaggioso, soprattutto per la ricchezza delle informazioni che fornisce.

A lungo dominata dalle tecniche flebografiche, la diagnostica per immagini delle vene degli arti inferiori è stata stravolta dallo sviluppo delle tecniche ultrasonografiche. L'eco-Doppler a colore rappresenta, evidentemente, la tecnica più pertinente per lo studio funzionale e anatomico delle vie venose profonde, superficiali e perforanti. Consente di ottenere una cartografia venosa precisa che, completata da un'eco-cartografia cutanea, contribuisce alla scelta terapeutica. Il suo uso richiede una notevole abitudine all'uso ultrasonoro e del Doppler, una perfetta padronanza dei livelli di sensibilità del Doppler a colore e un ricorso sistematico ad un'esplorazione complementare con il Doppler **pulsato**. L'interpretazione dei dati di quest'esame è possibile soltanto grazie ad una perfetta conoscenza anatomica, fisiologica, clinica ed emodinamica della malattia venosa. Mentre le indicazioni alla **diagnostica per immagini** in sezioni, tomo-densitometria e risonanza magnetica (RM), sono eccezionali nell'insufficienza venosa cronica: esse sono fondamentali nelle patologie ostruttive meccaniche, nelle patologie tumorali e nelle malformazioni. Le tecniche ultrasonore si riferiscono al Doppler continuo, all'ecografia abbinata al Doppler duplex o al Doppler a colore.

Nel 1842 il fisico austriaco Christian Doppler descrisse, per la prima volta, il fenomeno che porta il suo nome e che è legato alla modificazione di frequenza di un suono percepito da un osservatore quando la fonte sonora è in movimento rispetto a questo. Le prime applicazioni mediche che utilizzavano gli ultrasuoni apparvero alla fine degli anni '60. Le onde ultrasoniche di una determinata frequenza, incontrando un corpo in movimento (i globuli rossi), si rifletteranno e saranno captati dalla sonda che è contemporaneamente emettitrice e ricevitrice con una frequenza  $F$ . La differenza di frequenza è proporzionale alla velocità di flusso del sangue. I parametri misurati attraverso un esame Doppler saranno dunque la velocità di flusso del sangue

nella vena e la direzione del flusso sanguigno: verso il cuore per un flusso anterogrado fisiologico, o verso i piedi per un flusso retrogrado. Parallelamente a queste misure emodinamiche, informazioni morfologiche sono ottenute grazie all'associazione di un esame ecografico: disposizione anatomica delle vene, diametro (distensibilità), permeabilità (compressibilità), stato della parte venosa (ispessimento).

## **Apparecchiature**

### ***Doppler continuo***

Può essere utilizzato o sotto forma di un Doppler tascabile, o con un videoscopo e una registrazione grafica. Questi apparecchi sono dotati di sonde che hanno una frequenza da 8 a 10 MHz per l'esplorazione delle vene superficiali e di sonde di 4 MHz per l'esplorazione delle vene profonde. Offre un'ottima sensibilità per la diagnosi corretta di reflusso ma non consente una discriminazione spaziale precisa. Inoltre, non esiste un parallelismo stretto tra l'intensità del segnale Doppler e l'importanza del reflusso. Se è utilizzato da solo è del tutto insufficiente per l'esplorazione venosa, sia superficiale che profonda.





**Fig. 31 - Postazione per l'esplorazione emodinamica  
del circolo venoso degli arti inferiori**

Può aiutare nel riconoscere le perforanti per mezzo della ricerca di un iper-segnale, ma spesso si verificano degli errori. Può permettere la misura atraumatica della pressione venosa. Permette di studiare le velocità circolatorie del flusso venoso spontaneo e del flusso provocato da manovre dinamiche.

La rete venosa profonda viene esplorata su un paziente in perfetto rilassamento in posizione di decubito dorsale, il tronco rialzato da  $45^\circ$  a  $60^\circ$  rispetto al piano orizzontale (posizione semi-seduta); le vene esplorate sono quella tibiale posteriore retro-malleolare, la poplitea, la femorale superficiale, la femorale comune e l'iliaca esterna a destra e sinistra, in modo comparativo. E' possibile moltiplicare i punti d'esplorazione, in particolare al polpaccio; così possono essere esaminate al terzo superiore della gamba le vene tibiali posteriori, le peronee, le tibiali anteriori.

La rete venosa superficiale (vene: safena interna, safena esterna, perforanti, comunicanti) viene in seguito esaminata sul paziente in ortostatismo. Quest'ultima

posizione è raccomandata per la ricerca di un reflusso superficiale ma anche profondo, in particolare popliteo. Al fine di ottenere un rilassamento dell'arto esaminato, il paziente si appoggia sull'arto opposto mettendo in flessione l'arto in esame e ruotandolo lateralmente. Quando sono visibili, la vena safena interna e la vena safena esterna sono individuate sotto la cute o, nel caso contrario, seguendole sul loro percorso presunto (dalle congiunzioni safeno-femorale e safeno-popliteo) e facendo un "picchietto" sulla cute. Onde evitare qualsiasi confusione con le vene di prossimità (vena femorale o vena tributaria per la vena safena interna, vena poplitea, vene gemelle, vena di Giacomini per la vena safena esterna), le vene superficiali sono studiate leggermente a distanza dalla loro congiunzione con la rete profonda.

### ***Ecografia bidimensionale***

Permette uno studio morfologico in tempo reale del sistema venoso e può risolvere la maggior parte delle situazioni in patologia venosa superficiale. La frequenza della sonda è adeguata alle vene esaminate, da 7,5 a 20 MHz per le vene dell'arto inferiore e da 3,5 a 5 MHz per i vasi pelvici e per la vena cava inferiore.

### ***Eco-Doppler pulsato o duplex scan***

Grazie alla posizione di una linea di "tiro" e di una "porta" Doppler visualizzata sullo schermo, permette uno studio completo anatomico ed emodinamico, particolarmente utile in alcune zone difficili dell'arto inferiore dove le vene possono essere sovrapposte. Consente una quantificazione più obiettiva dei reflussi grazie a diversi indici.

### ***Eco-Doppler a colore***

Consiste nel sovrapporre un'immagine di flusso, ottenuta con il Doppler pulsato multiporta, ad un'immagine bidimensionale ottenuta in tempo reale. Consente una visione loco-regionale della circolazione venosa esplorata dalla larghezza dello spettro utilizzato, e non più una visione puntuale dell'emodinamica come con il Doppler pulsato. I flussi che si allontanano dalla sonda sono codificati in blu e i flussi che si avvicinano in rosso. L'uso di scale a bassa velocità in patologia venosa rende

frequente il ripiegamento spettrale e non deve essere scambiato a torto per un reflusso. Nell'esplorazione delle crosses safeniche, può differenziare un reflusso da un ramo collaterale della crosse quando la valvola ostiale è continente. Dà una migliore definizione della lesione valvolare e può svelare un inizio di reflusso commessurale. Ma la ricerca dei flussi a bassa velocità impone una debole cadenza dell'immagine che nuoce all'indagine diagnostica e lo spostamento della sonda provoca numerosi artefatti colorati che possono talvolta nascondere la lesione. Ha permesso di dimostrare che il carattere patogeno potenziale delle lesioni valvolari o parietali non era legato direttamente all'intensità e alla durata del flusso, variabili che dipendono direttamente dalla capacitanza venosa delle masse muscolari.

### ***Eco-Doppler di potenza o Doppler energia***

Si tratta di una diversa codificazione a colore che permette la visualizzazione del flusso sanguigno venoso che circola a bassissima velocità e a debole energia, in sostanza non rilevabile con altra tecnica. I dati relativi alla frequenza, vale a dire alla velocità di flusso del sangue e alla sua direzione, non sono più presi in considerazione. E' presa in considerazione soltanto la potenza del segnale Doppler che è proporzionale al numero dei globuli rossi presenti nel volume di sangue misurato, qualunque sia la velocità e la direzione del loro spostamento. Quindi, si tratta di un'informazione puramente morfologica che può completare il Doppler pulsato e il Doppler a colore nell'analisi dei flussi molto lenti.

### ***Eco-Doppler tridimensionale***

Un'immagine in 3D è ricostruita a partire o da un'esplorazione angolare della sonda, o dopo un'esplorazione lineare. Quest'esame potrebbe permettere di precisare la morfologia delle perforanti intra-muscolari, i loro legami con le aponevrosi durante il movimento, e di precisare le lesioni valvolari su tutta la loro superficie.

### ***Ecografia ad alta frequenza (20 MHz)***

Quest'apparecchio d'ecografia bidimensionale permette di ottenere una sezione del derma e dell'ipoderma fino a 5 mm di profondità. Le risoluzioni assiali di

0,08 mm e laterale di 0,2 mm permettono di visualizzare le varicosità intradermiche e le loro connessioni con le reti ipodermiche e sub-aponevrotiche.

### **Esplorazione eco-velocimetrica della rete venosa**

L'esplorazione ultrasonora del sistema venoso, ivi compreso quello addominale, si basa essenzialmente sul Doppler pulsato e sul Doppler a colore. L'esame deve essere sistematicamente realizzato in modo bilaterale e comparativo. In posizione di decubito dorsale possono essere facilmente esaminate sia la vena femorale comune che quella superficiale, nonché la parte sopra-articolare della vena poplitea. La messa in rotazione esterna con abduzione della coscia e semi-flessione del ginocchio consente l'esame della vena poplitea sub-articolare e delle vene tibiali. Il rilassamento muscolare aiuta la visualizzazione delle vene surali, questo esame può essere migliorato esaminando il paziente seduto sul bordo del letto o del lettino da visita, con le gambe pendenti o che riposano su uno sgabello. L'esame morfologico della rete venosa profonda può essere migliorato dalla replezione delle reti poplitee e surali, o dalla compressione manuale della vena femorale comune sotto l'arcata crurale, o con l'applicazione di un laccio emostatico alla radice della coscia, o con la messa in posizione verticale. L'esplorazione morfologica della rete venosa superficiale può essere effettuata in posizione di semi-decubito o con un laccio emostatico, ma le esplorazioni emodinamiche alla ricerca di un reflusso sono effettuate in ortostatismo, su un piano sopraelevato e con una ringhiera di sostegno, facendo spostare il peso del corpo sull'arto inferiore controlaterale a quello esaminato. Consente di apprezzare l'effetto del tono muscolare sulle vene surali che presentano una replezione soddisfacente in ortostatismo.

Il Doppler a colore permette delle diagnosi più precise e evidenzia meglio la gravità della malattia. Consente inoltre, di fronte ad uno stato varicoso clinico, di realizzare una cartografia dinamica che può aiutare nella scelta della terapia più idonea.

## **Semiologia ecografica del sistema venoso normale**

Una vena normale appare come una struttura anecogena delimitata da un sottile bordo moderatamente ecogeno. Il suo calibro varia in funzione delle variazioni di pressione indotte dal ciclo respiratorio, o da alcune manovre di compressione delle masse muscolari o dal Valsalva. Le vene normali appaiono più visibili al livello femoro-popliteo in posizione di decubito, ma anche al livello tibiale in ortostatismo. In piani trasversali, le sezioni venose sono circolari o ellittiche, mentre in sezioni longitudinali appaiono come delle strisce a bordi paralleli. Un aspetto importantissimo da tenere presente in sede di indagine, però, è che queste strutture si lasciano facilmente comprimere dalla pressione esercitata dalla sonda dell'esaminatore fino a collabire, a differenza delle arterie vicine. Al di fuori del suo aiuto per l'individuazione delle strutture venose, il test di compressione rappresenta anche un ottimo test di vacuità. Le valvole presentano delle protuberanze ampollari in parte accentuate che rompono il parallelismo dei bordi della vena sulle sezioni longitudinali. I foglietti valvolari, sottili e poco ecogeni, sono incostantemente visibili sotto forma di un bordo. Quando la circolazione è rapida, galleggiano nel piano di luce, quasi attaccati alla parete. Durante le manovre che mirano a bloccare il reflusso venoso, i bordi liberi dei foglietti vascolari si raggiungono, chiudendo la valvola che appare sotto forma di un accento circonflesso. Quando esistono modificazioni dei parametri reologici (poliglobulia, iper-fibrinogenemia, disglobulinemia severa) o esiste un rallentamento della circolazione venosa, il sangue venoso che circola può diventare ecogeno. In alcuni casi, la cinetica si presenta con le classiche immagini involute di fumo. In altri casi, l'ecogenicità del sangue venoso che circola, si confonde con quella dei tessuti circostanti e l'indagine diagnostica col Doppler a colore o power-Doppler è allora interessante per differenziare dei flussi lentissimi. Tutte le manovre che accelerano i flussi venosi sono suscettibili di far scomparire queste immagini e risultano importanti nella diagnosi differenziale di trombosi.

L'esame Doppler direzionale, continuo o pulsato, dà un segnale contemporaneamente

sonoro e grafico. Il segnale sonoro, ritmato dalla respirazione, è spesso paragonato a quello di un vento dolce. L'inspirazione diminuisce o blocca il reflusso venoso e provoca una diminuzione dell'intensità sonora, mentre l'espiazione o le manovre di compressione venosa, manuale o strumentale provocano un aumento dell'intensità sonora nonché un aumento della velocità sul grafico. Le manovre di Valsalva provocano un arresto del flusso venoso sui grossi tronchi, come sulla v. femorale comune, v. superficiale e v. poplitea in condizioni di normalità: questo può essere meglio valutato con il doppler colore effettuando la manovra di Paranà in ortostatismo (C. Franceschi). In ortostatismo, è possibile registrare un reflusso di una durata normalmente inferiore a 500 ms, tanto più forte quanto più ci si trova distanti dalle valvole.

### **Semiologia eco-velocimetrica della trombosi acuta**

L'eco-Doppler a colore diventa l'esame di riferimento in materia di trombosi venosa profonda. La semiologia raggruppa l'insieme dei segni osservati in ecografia bidimensionale, in eco-Doppler pulsato e in eco-Doppler a colore. Ognuna di queste tecniche porta elementi specifici che concorrono ad una migliore definizione del trombo. Schematicamente si distinguono 3 regioni in un trombo venoso: la testa, il trombo bianco primitivo piastrinico; il corpo, accumulo di fibrina, di piastrine e di emazie in proporzione variabile; la coda del trombo o estremità distale spesso galleggiante, di piccole dimensioni e di aspetto lamellare.

Esistono segni diretti e indiretti di trombosi. Tra i segni diretti, bisogna ricordare la presenza di materiale ecogeno endo-vasale, fisso, e l'assenza di segnale nel caso di Doppler pulsato o di Doppler a colore. L'ecogenicità varia in funzione di numerosi parametri, che sono la frequenza d'emissione della sonda, il carattere recente o vecchio del trombo, la sua natura e la sua situazione. Quando il trombo è completamente ostruente, non si può evidenziare alcun flusso. Invece quando è non completamente ostruente il Doppler a colore, più del Doppler pulsato, permette di

visualizzare un lume residuo. Le manovre di riempimento venoso permettono di valutare il carattere fluttuante del trombo. La probabilità di migrazione di un trombo venoso dagli arti inferiori è notevolmente aumentata quando il trombo non è ostruente. Tra i segni indiretti, occorre notare i seguenti: il carattere non compressibile o poco compressibile della vena, l'aumento di diametro della vena di 2 o 3 volte, la precoce e contemporanea formazione del trombo, la visualizzazione del polo superiore del trombo spesso mobile che occorre differenziare dalla stasi venosa indotta da quest'ultimo, la visualizzazione della parete venosa quando trombo e tessuti contigui sono della stessa ecogenicità, la paresi valvolare e infine l'aumento della collateralità. In uno studio effettuato, in comparazione con la flebografia ascendente, la sensibilità e la specificità dell'ecografia con manovre di compressione sono state del 95 e 98% rispettivamente per 1619 arti inferiori esplorati. Tutte queste consultazioni non comportavano la valutazione delle vene surali, mentre le trombosi isolate surali scoperte durante la flebografia erano contabilizzate come dei falsi negativi. Nessuno dei pazienti il cui esame con ecografia-Doppler era negativo e che non sono stati curati con anticoagulanti, ha presentato un'embolia polmonare. Questi risultati sono concordi con altri studi pubblicati nella letteratura, i quali sottolineano che nessuna embolia polmonare clinica significativa ha come causa una trombosi isolata di una vena surale. Tra i trombi surali isolati, il 40% rimangono senza modificazioni, il 40% si lisano spontaneamente e il 20% progrediscono verso le regioni femoro-poplitee. La sensibilità nella rivelazione delle trombosi surali si avvicina l'85%. Di fronte ad una sintomatologia evocatrice di flebite, l'eco-Doppler può orientare la diagnosi verso lesioni muscolari (traumatismo diretto, "perforazione"), una cisti sinoviale (poplitea o delle articolazioni coxo-femorali), una compressione estrinseca dovuta ad una patologia tumorale benigna o maligna (adenopatia, aneurisma arterioso compressivo, tumore delle parti molli) o un linfedema.

## **Semiologia eco-velocimetrica dei postumi di trombosi**

Sia lo studio prospettico che quello retrospettivo hanno dimostrato che l'evoluzione del trombo si aveva in un periodo di sei mesi. Alla fine di questi sei mesi, il 48% delle vene conservavano postumi visibili in ecografia e il 52% apparivano normali. Tra le vene anormali in ecografia, il 14% erano occluse mentre la maggior parte era ricanalizzata con adesione parietale organizzata del trombo residuo.

Gli esiti delle lesioni parietali e valvolari sono molto variabili, imprevedibili ed evolutivi. Occorre rilevare l'interesse di un esame di controllo nel periodo della guarigione di una trombosi recente per valutare gli esiti e facilitare così il controllo delle recidive. L'ecografia dimostra la presenza di materiale endo-vasale, iperecogeno, eterogeneo, immobile, mal delimitato, aderente alle pareti, persino calcificato. Il Doppler pulsato, o soprattutto quello a colore, evidenzia perfettamente i canali di rivascolarizzazione all'interno del trombo, o spontaneamente o durante le manovre di compressione con ricomparsa di un segnale. La vena rimane incompressibile almeno finché non si presenti una ricanalizzazione efficace. Il suo diametro è ridotto per retrazione parietale contemporaneamente alla retrazione del trombo. Il polo superiore del trombo scompare e si confonde spesso con la parete venosa. La parete venosa è irregolare, stratificata e ispessita. Le valvole possono recuperare una mobilità completa e retrarsi parzialmente o totalmente determinando un'avalvolazione. Le collaterali ipertrofizzate possono persistere. In caso di ricanalizzazione efficace, l'aumento dei flussi delle vene safene scompare. La lisi totale del trombo può talvolta non lasciare alcun segno morfologico o emodinamico. In questo caso, la diagnosi retrospettiva è quasi impossibile. Infine, l'ultimo aspetto osservato è quello di una mega-vena incontinente senza lesione parietale evidente, la cui diagnosi differenziale con un'avalvolazione primitiva è piuttosto delicata.



## **Esplorazione della vena safena interna**

Il Doppler a colore permette uno studio dei flussi del tronco crurale o tibiale della VSI, nonché la risposta all'aumento della pressione venosa. La manovra di Valsalva provoca normalmente un blocco del flusso superficiale ostiale tronculare, o persino un breve flusso retrogrado tronculare (al di fuori d'ogni insufficienza venosa superficiale) che rappresenta la risposta alla vibrazione di una colonna di liquido in un tubo visco-elastico, ma non un reflusso trans-valvolare. In posizione di ortostatismo, quando esiste un'insufficienza ostiale severa, la manovra di Valsalva, che normalmente fa scomparire il colore se la continenza valvolare è corretta, provoca un'inversione parziale o completa del colore del flusso. L'importanza del reflusso attraverso l'ostio della crosse aumenta quando le ultime valvole ileo-femorali sono incontinenti o assenti. L'inversione del colore non deve essere confusa con un ripiegamento spettrale. Quindi è necessario valutare l'ostio safeno-femorale con la manovra di oscillazione del tronco sugli arti che ci permetterà di valutare meglio il reflusso. Lo studio della crosse della safena in sezioni longitudinali e trasversali ad inclinazione craniale permette di valutare l'importanza della lesione valvolare, grazie ad una cartografia del reflusso. Il Doppler a colore permette così di differenziare le dispersioni minori, commessurali e spesso funzionali, dalle dispersioni importanti dovute al maggior danneggiamento dell'apparato valvolare dove il flusso retrogrado occupa la totalità (o quasi) della superficie valvolare. La valutazione dell'importanza delle lesioni valvolari deve tener conto del carattere continente o meno delle valvole sottostanti. In effetti, il Doppler continuo o pulsato sopravvaluta una perdita di piccolo calibro se esiste una varicosi sottostante, a causa della velocità molto elevata del reflusso. In queste lesioni incomplete il Doppler a colore visualizza il reflusso che è spesso anteriore e laterale, più raramente centrale. Al contrario, se le valvole troncolari sottostanti sono continenti, una lesione ostiale importante può avere una risposta velocimetrica minima. Il Doppler a colore evidenzia allora un flusso retrogrado che occupa interamente o in parte la superficie valvolare.

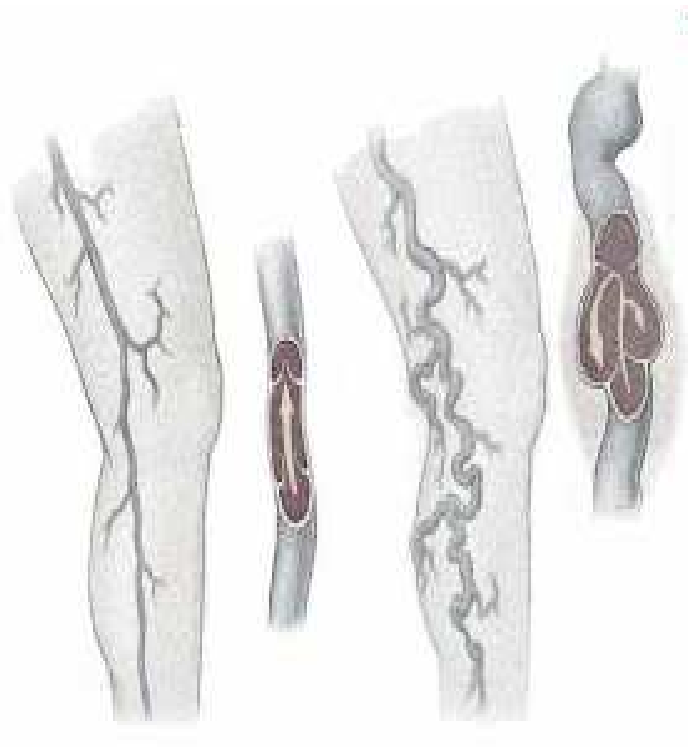
I diversi livelli di reflusso sono così esplorati sistematicamente, e quindi viene precisata la loro importanza relativa. L'esistenza di varici di collaterali mostra un flusso retrogrado tronculare segmentale che fa spesso diagnosticare erroneamente un'insufficienza tronculare. Lo studio della continenza valvolare sovrastante e sottostante permette allora di correggere la diagnosi.

### **Esplorazione della vena safena esterna**

L'esame precisa il modo di terminazione della safena esterna. Quando termina con molteplici rami, ogni ramo terminale deve essere studiato indipendentemente. L'eco-Doppler a colore è superiore all'eco-Doppler pulsato per individuare un reflusso della safena esterna distale legata ad un'insufficienza venosa della safena interna o ad un'incontinenza isolata di una perforante. Inoltre, quando esiste un reflusso ostiale della safena esterna, è il più delle volte pari al volume sanguigno compreso tra le due valvole della vena profonda di terminazione, sia poplitea o gemellare. Conviene evitare di diagnosticare erroneamente un'insufficienza venosa profonda verificando in modo elettivo la continenza valvolare profonda. Come per la VSI, l'intensità sonora e la durata del reflusso ostiale della safena esterna dipendono dalla continenza sottostante.

### **Esplorazione eco-velocimetrica delle vene perforanti**

La ricerca delle perforanti costituisce una tappa inevitabile dell'esame con eco-Doppler. L'eco-Doppler pulsato e, più recentemente, l'eco-Doppler a colore hanno permesso di riconoscere con precisione le perforanti e di valutare il loro stato emodinamico. Visto il numero di queste perforanti, l'esame deve tener conto della frequenza con la quale s'incontrano alcuni gruppi di perforanti. Esistono perforanti più rare che occorre saper ricercare quando ci si trova di fronte ad alcuni aspetti clinici di varicosità.



**Fig. 32 - Sistema venoso superficiale normale e varicoso**

### **Mezzi di esplorazione**

L'ecografia bidimensionale è il metodo elettivo per la descrizione morfologica delle perforanti. Una misura superiore a 3 mm di diametro è stata a lungo considerata sinonimo d'incontinenza delle vene perforanti. Ma se una grossa vena perforante è spesso incontinente, non lo è in modo costante poiché l'aumento del diametro può essere secondario al drenaggio d'importanti varici sovrastanti. Al di fuori delle manovre di compressione, una perforante incontinente appare al color-Doppler e in ortostatismo come una vena in stasi, dunque priva di colore. La valutazione emodinamica delle vene perforanti è difficile poiché le velocità e i diametri sono deboli, le loro morfologie sono talvolta complesse, ed esistono numerose valvole. Il Doppler continuo, con una sonda di 8 MHz, non è affidabile per lo studio delle perforanti per le ragioni prima spiegate. Tuttavia, quando si segue un percorso varicoso, è riconosciuta come un buon segno di dubbio diagnostico l'individuazione puntuale di un reflusso intenso e acuto. I limiti dell'eco-Doppler

pulsato sono legati al mediocre rapporto segnale-rumore, e alla ristrettezza della porta Doppler. Per quanto riguarda il Doppler a colore, esso permette di avere nello stesso piano il flusso che circola nelle vene profonde, nella perforante e nella rete superficiale. Il Doppler a colore permette lo studio delle piccolissime velocità ma non permette di quantificare il reflusso. Quando questo occupa la totalità del volume della vena, si può affermare l'esistenza di un degrado valvolare totale. Invece, se il reflusso occupa soltanto una parte del lume, la disfunzione valvolare è incompleta. L'importanza del volume di reflusso può essere calcolata dalla valutazione del volume del segmento inter-valvolare della rete venosa profonda nella quale si abbozza la vena perforante. Il reflusso rilevato su una perforante hunteriana o poplitea è dunque normalmente più importante di quello rilevato su una perforante di gamba. Il reflusso diventa permanente soltanto quando la via venosa profonda è anch'essa colpita, soprattutto se esiste una sindrome ostruttiva. Schematicamente, solo il 15% delle insufficienze venose superficiali hanno un'insufficienza delle perforanti.

### **Semiologia ecografica di una vena perforante**

Una vena perforante collega una vena superficiale alla via profonda attraversando l'aponevrosi. L'aponevrosi è rappresentata da un bordo denso, ecogeno, lineare, per lo più spesso situato ad una profondità variabile in funzione dello spessore del pannicolo adiposo. Le vene perforanti devono essere differenziate dalle ampolle varicose dilatate e dalle ernie muscolari. Possono essere presi in considerazione quattro tipi morfologici ecografici di perforanti.

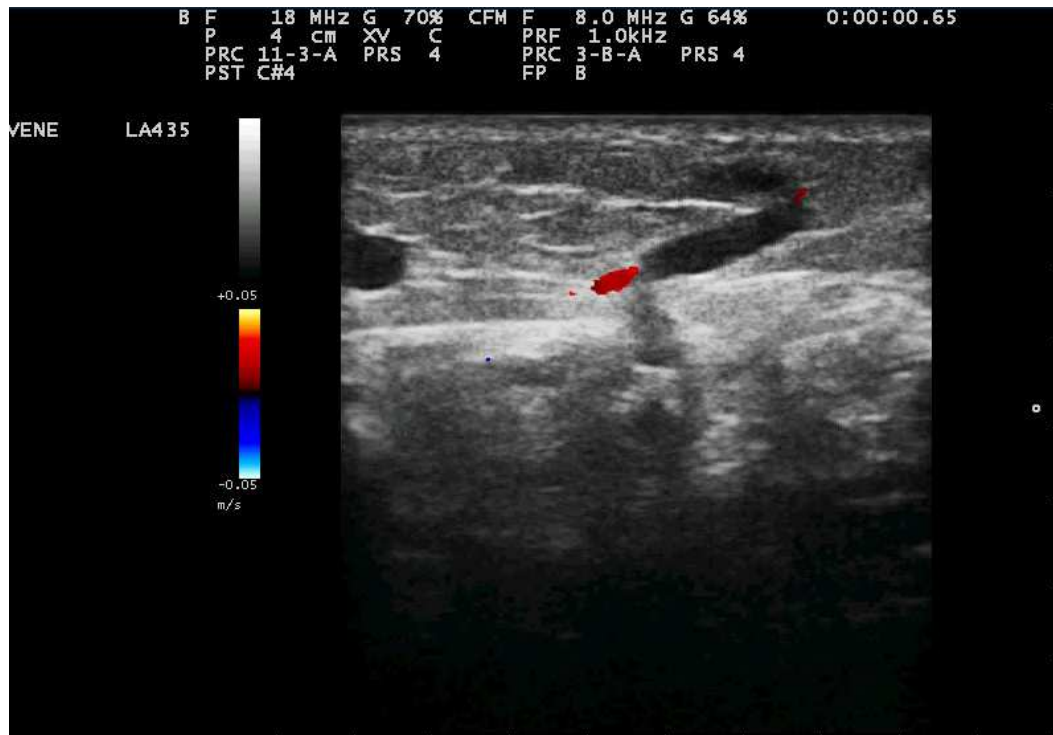
Le perforanti verticali, con percorso breve, sono spesso perpendicolari alla vena superficiale. Si tratta del tipo più frequentemente riscontrabile per le perforanti di Cockett. Le perforanti flessuose hanno un percorso a forma di virgola, di curva ad U, di sifone e sono più numerose al livello della coscia. Non è sempre facile individuare il loro percorso attraverso l'aponevrosi, visto il loro percorso sinuoso. Le perforanti

multi-tronculari hanno origini venose superficiali sempre numerose e un abboccamento profondo molteplice o unico. Infine un ultimo tipo, riscontrabile soltanto nella regione delle perforanti di Cockett sopra-malleolari, è rappresentato da perforanti corte e verticali che terminano nella rete venosa profonda attraverso una altra rete venosa.

### **Perforanti del territorio della safena interna**

Due tipi di perforanti sono frequenti nella coscia. Da una parte la perforante di Dodd (o perforante del canale di Hunter), che anastomizza la vena femorale superficiale e la VSI o la vena safena accessoria. Si trova di solito al limite del terzo medio e del terzo inferiore di coscia, ma la sua altezza può variare; è normalmente lunga, a baionetta e può essere molteplice e ramificata. D'altra parte, le perforanti centrali della coscia, che spesso si vedono meglio in sezioni longitudinali, a convessità superiore o inferiore, vanno da una a tre.

La perforante di Boyd, unisce la VSI sotto-genicolare alla rete surale. Si situa al terzo superiore della faccia interna della gamba. Una perforante gemellare alta, posteriore della precedente, collega una collaterale della safena postero-interna ad una vena gemellare interna. La perforante para-tibiale centrale sulla VSI o centrale su una collaterale antero-interna si getta lungo la faccia interna della tibia, all'unione del terzo superiore e medio della gamba. Il gruppo delle perforanti di Cockett è situato al terzo inferiore della gamba. Esiste una perforante situata in modo costante tra 17 e 20 cm sopra il livello del suolo, che collega la safena accessoria posteriore della gamba, o vena di Leonardo, alla vena tibiale posteriore. Infine, citiamo le perforanti situate nella doccia retro e sub-malleolare e la perforante del primo spazio metatarsico.



**Fig.33 - Perforante di gamba**

### **Perforanti del territorio della safena esterna**

La perforante della fossa poplitea si abbocca nella vena poplitea nettamente al di fuori della crosse della safena, da 2 a 4 cm al di sopra della piega del ginocchio. All'ecografia appare sinuosa e displasica. La perforante situata al polo inferiore del muscolo gemello interno può avere un lungo percorso rettilineo sulla faccia profonda dell'aponevrosi prima del suo abboccamento profondo. La perforante centrale sulla safena esterna è situata al terzo medio della gamba. Infine, le perforanti peronee sono situate sulla faccia postero-esterna della gamba.

### **Perforanti particolari**

Esistono perforanti meno frequenti che occorre saper ricercare di fronte ad alcuni tipi di varicosità. La perforante della punta del triangolo di scarpa si situa al terzo superiore della faccia antero-interna della coscia. Anastomizza la rete superficiale alla vena femorale superficiale o alla vena femorale profonda. Le

perforanti glutee sono situate sulla faccia postero-esterna o posteriore della coscia, sotto la piega glutea. La perforante postero-esterna della coscia si situa al terzo medio della coscia.

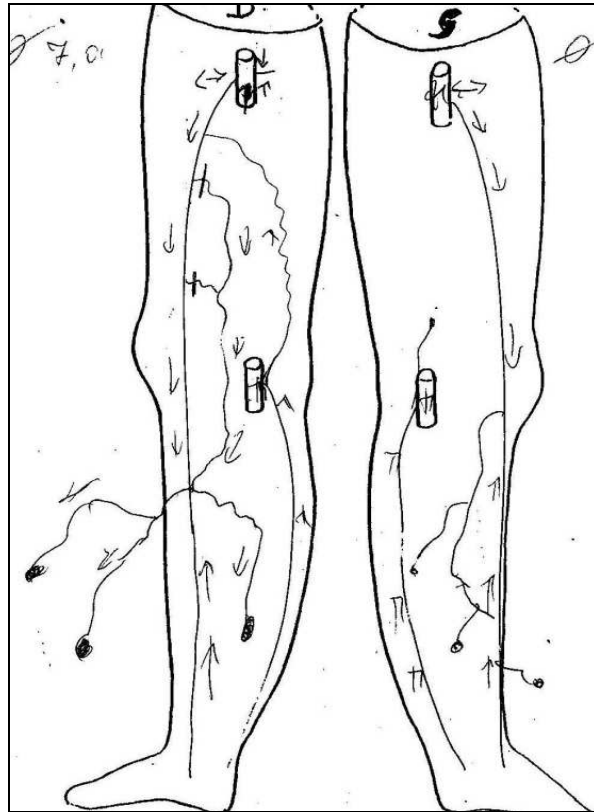
### **Studio delle recidive varicose post-operatorie attraverso l'eco-Doppler**

L'eco-Doppler a colore permette uno studio più preciso delle recidive varicose post-chirurgiche. In uno studio su 167 pazienti, Franco e Nguyen Kac hanno ritrovato il 52% di crosse non rimosse come conseguenza di un grave errore tecnico, il 19% di neo-crosses uniche per sviluppo di un ramo diretto femorale e il 29% presentavano una neogenesi isolata o associata a reflussi parietali e perinei.

### **Chirurgia**

La chirurgia emodinamica conservativa ha come obiettivo quello di curare l'insufficienza venosa degli arti inferiori senza asportare l'asse safenico, con particolare attenzione alla conservazione della funzione di drenaggio di questa vena e del suo sistema collaterale. L'intervento è eseguibile ambulatorialmente in anestesia locale, senza alcun dolore. I risultati sono pressoché immediati, duraturi, nonché ottimi dal punto di vista funzionale ed estetico.

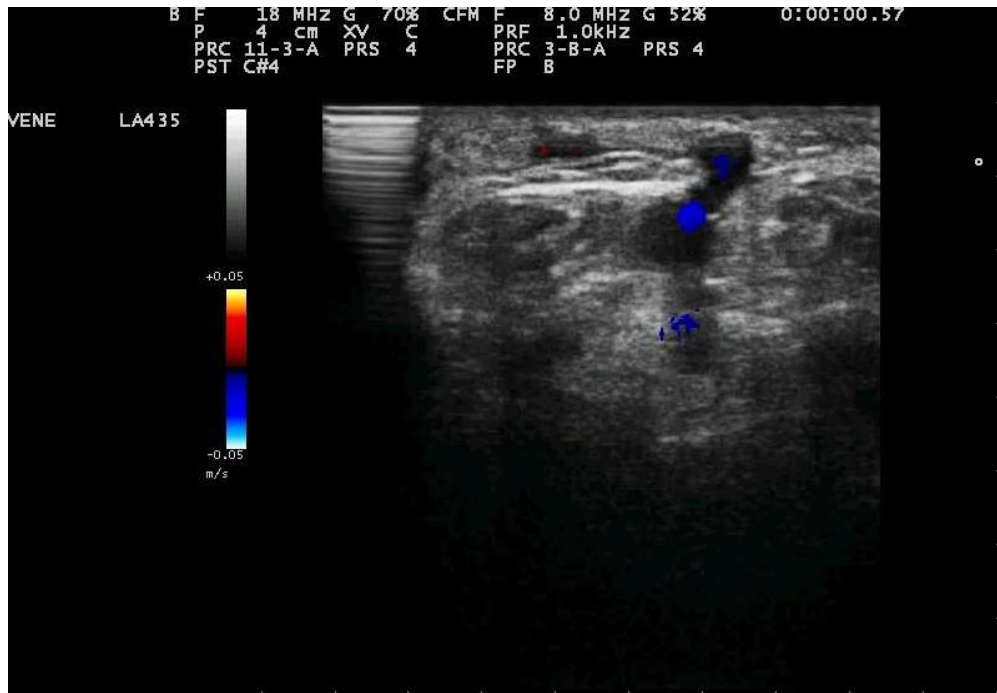
Quindi lo scopo dell'intervento chirurgico emodinamico conservativo è quello di salvaguardare il sistema di drenaggio della safena col ripristino del flusso del sangue venoso dalla superficie verso la profondità. Otterremo, quindi, una riduzione sia della portata che della pressione, oltre alla deconnessione degli eventuali shunts.



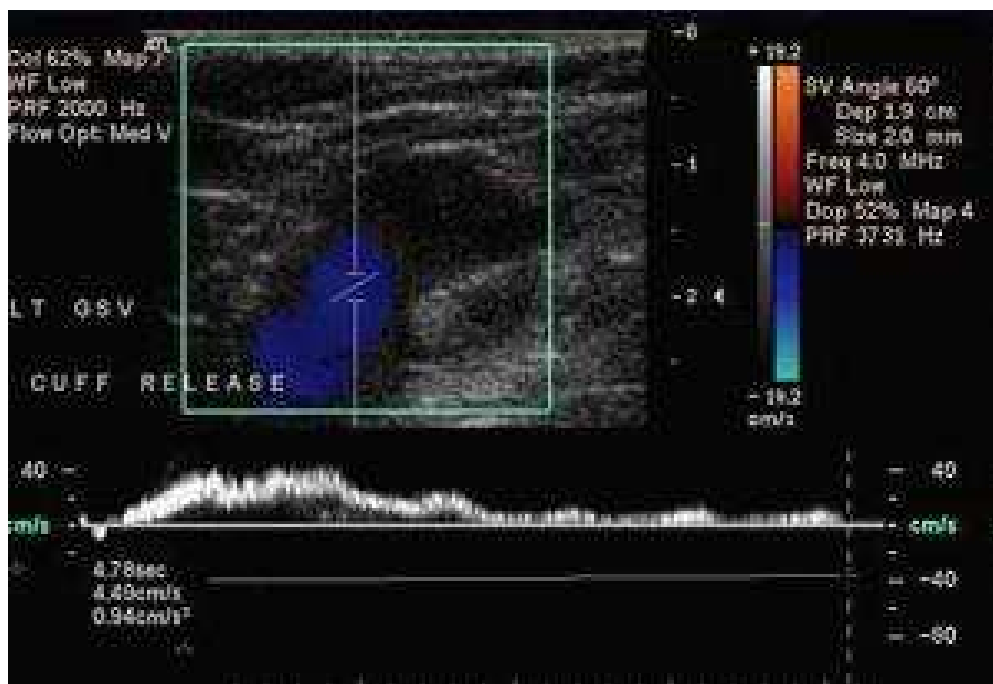
**Fig. 34 - Mappaggio cartografico**

E' un intervento che prevede uno studio accurato con un apparecchio Eco-color-Doppler del circolo venoso profondo, superficiale e delle perforanti; l'esame viene effettuato in ortostatismo con valutazioni morfologiche ed emodinamiche dei vasi esaminati. Questo tipo di indagine presuppone la perfetta conoscenza della fisiopatologia del circolo venoso superficiale e profondo; infatti per ottenere questo risultato è necessario evocare un gradiente, ossia mobilizzare la massa di sangue venoso distrettuale per rilevare il flusso venoso, e questo è differente dal rilevamento del flusso arterioso dove il gradiente è assicurato dalla pompa cardiaca. I risultati dell'esame così impostato vengono riportati su di una mappa cartacea (Cartografia), dove si annotano con dei simboli i deflussi, i reflussi, gli shunts (con fughe e rientri), dilatazioni venose e perforanti (continenti o refluenti).



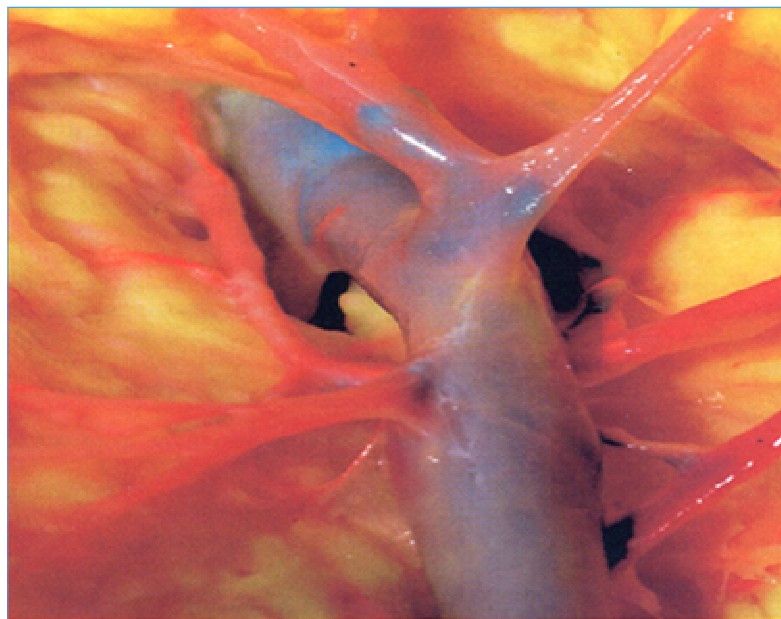


**Fig. 35 - Rientro del reflusso in perforante di gamba**



**Fig. 36 - Rientro del reflusso**

I dati così ottenuti permetteranno all'emodinamista di studiare e proporre una strategia interventistica. L'intervento Chirurgico Emodinamico Conservativo delle varici degli arti inferiori presuppone che il circolo venoso profondo sia pervio e continente e che, quindi, le pompe valvolo-muscolari siano in grado di funzionare al meglio, per supportare il rientro in esso attraverso le perforanti situate a monte del reflusso. Una volta stabilita la strategia di intervento da effettuare, il paziente viene sottoposto ad un nuovo esame con Eco-Color-Doppler per un mappaggio cutaneo e, usando come marcatore permanente un pennarello di colore nero, vengono segnati i segmenti di vene che devono essere deconnessi. L'intervento chirurgico viene eseguito rigorosamente in anestesia locale (senza ricorso ad anestesia spinale o plessica) e con l'esecuzione di microincisioni cutanee. Le vene interessate vengono dapprima isolate e, poi, sezionate e legate con filo non riassorbibile. Quando si interviene alla crosse safeno-femorale bisogna stare attenti a conservare le affluenti pelviche della safena, poiché esse stesse permetteranno il lavaggio della stessa dopo la deconnessione (Crossotomia). Nel caso della crosse della safena esterna bisogna



**Fig. 37 - Crosse safeno-femorale**

intervenire al di sotto dello sbocco della vena di Giacomini, che deve sempre drenare nella safena interna.

Una riflessione fisiopatologica nasce spontanea: una vena safena incontinente riceve collaterali sempre incontinenti o anche collaterali continenti ossia con flusso anterogrado? Dalle osservazioni con eco-color-Doppler la vena safena incontinente riceve sia collaterali refluenti e sia collaterali con flusso anterogrado! Quindi quando i chirurghi strizzano (e quindi asportano) la safena, oppure quando viene oblitterata con terapia sclerosante, laser o a radiofrequenza, dove va a finire il sangue venoso delle collaterali anterograde? Che tipo di drenaggio superficiale si viene a creare? È chiaro che il rischio di recidive con circoli collaterali di tipo anarchico sono molto elevati.

La tecnica Chirurgica Emodinamica Conservativa è un modello di fisiopatologia emodinamica proposto 25 anni fa dal dott. Claude Franceschi e confermato scientificamente con un livello EBM (Evidence Based Medicine) di classe A chiaramente superiore a tutti gli altri metodi chirurgici. Quindi la tecnica Chirurgica Emodinamica Conservativa rappresenta il Gold Standard della terapia chirurgica delle varici.

La Flebologia e la Chirurgia Vascolare devono prendere atto di queste prove scientifiche, ossia dell'esistenza dei lavori scientifici prospettici, e informare i propri pazienti sui risultati dovuti alla tecnica succitata; inoltre li deve informare che con la terapia demolitiva si ha la perdita di materiale biologico, come la safena, per l'utilizzo in possibili by-passe aorto-coronarici o periferici.

La scelta del trattamento chirurgico delle varici dovrebbe seguire i criteri della Evidence Based Medicine, che tiene conto dei risultati dei Trials Prospettici Randomizzati. Le indicazioni alla terapia demolitiva derivano quindi solo dalla inesperienza dell'operatore ad eseguire un trattamento Chirurgico Emodinamico Conservativo. In conclusione, quindi, per poter effettuare un intervento Chirurgico

Emodinamico Conservativo bisogna che l'operatore (Emodinamista venoso) sia sottoposto ad una curva di apprendimento che sicuramente ha dei tempi molto lunghi. L'auspicio è che sempre più medici si avvicinino allo studio dell'emodinamica venosa, con la consapevolezza di intraprendere una strada lunga ma gratificante.

## CASI CLINICI



**Fig. A – 1° caso, prima dell'intervento emodinamico conservativo**





**Fig. A – 1° caso, dopo l'intervento emodinamico conservativo.**





**Fig. B – 2° caso, prima dell'intervento emodinamico conservativo**





**Fig. B – 2° caso, dopo l'intervento emodinamico conservativo**





**Fig. C – 3° caso, prima dell'intervento emodinamico conservativo**





**Fig. C – 3° caso, dopo l'intervento emodinamico conservativo**





**Fig. D – 4° caso, prima dell'intervento emodinamico conservativo**





**Fig .D – 4° caso, dopo l'intervento emodinamico conservativo**





**Fig. E – caso 5, prima dell'intervento emodinamico conservativo**





**Fig. E – caso 5, dopo l'intervento emodinamico conservativo**





**Fig. F – 6 caso, prima dell'intervento emodinamico conservativo**





**Fig. F – 6 caso, dopo l'intervento emodinamico conservativo**





**Fig. G – caso 7, prima dell'intervento emodinamico conservativo**



**Fig. G – caso 7, dopo l'intervento emodinamico conservativo**





**Fig. H – caso 8, prima dell'intervento emodinamico conservativo**





**Fig. H – caso 8, dopo l'intervento emodinamico conservativo**



**Fig. I – caso 9, prima dell'intervento emodinamico conservativo**





**Fig. I – caso 9, dopo l'intervento emodinamico conservativo**





**Fig. H – Caso 10, prima dell'intervento emodinamico conservativo**





**Fig. H – Caso 10, dopo l'intervento emodinamico conservativo**



## **BIBLIOGRAFIA**

- FRANCESCHI C. “ Theorie et pratique de la Cure CHIVA”, Editions de l’Armençon 1988
- Trendelenburg F. 1891 Beitr. Klin. Chir. 7, 195
- “Encyclopedie pratique d’echotomographie et de Doppler vasculaire” autori vari, C. Franceschi
- “Anatomia umana” L. Testut e A. Latarjet