

prelievo arterioso dall'arteria radiale per emogasanalisi
da parte dell'infermiere



Ministero della Salute

CONSIGLIO SUPERIORE DI SANITA'

SESSIONE XLV

Seduta del 23 giugno 2005

Sezione II

IL CONSIGLIO SUPERIORE DI

SANITA'

Sezione II

- Visto ...
- Premesso ...
- Tenuto conto che ...
- Considerato che ...
- Rilevato che ...
- Avuto riguardo che ...
- Preso atto che ...
- Evidenziato che ...
- Osservato che ...
- Sentiti i relatori ...
- Tenuto conto che:
 - *l'infermiere possiede le conoscenze teoriche necessarie apprese nel percorso formativo di base*
 - *la tecnica del prelievo arterioso è appresa in ambiente appropriato e protetto*
 - *la tecnica una volta appresa in modocorretto diventa una tecnica di competenza*
 - *l'apprendimento riguarda anche la prevenzione delle complicanze ed il loro trattamento*

...esprime parere favorevole...

alla effettuazione del prelievo arterioso dall'arteria radiale per emogasanalisi da parte dell'infermiere, sia in ospedale, sia in ambulatorio che nell'espletamento del servizio di assistenza domiciliare integrata (ADI) ...

a condizione che:

- l'infermiere ne abbia **acquisito la completa competenza**, secondo le modalità definite dalle vigenti normative in materia di profilo ed attività professionali, ordinamenti didattici e deontologia
- sia prevista sempre, per le correlate implicazioni sia mediche che infermieristiche, l'**esistenza** nell'U.O. o nella struttura sanitaria di riferimento, di un **protocollo operativo correttamente redatto, condiviso ed approvato**, che sia in grado di:
 - assicurare la buona pratica di tecnica del prelievo arterioso dall'arteria radiale per emogasanalisi
 - garantire l'adozione di ogni utile misura di prevenzione delle complicanze e del necessario trattamento nonché la tempestiva gestione dei rischi connessi
- auspica ogni iniziativa per evitare o **ridurre** il fenomeno attuale di **non omogeneità** di situazioni....

Nurses must be adequately prepared to perform an arterial puncture. This preparation should include specific educational content regarding arterial puncture and opportunities to demonstrate clinical competency.

Bucher L. Arterial Puncture. In AACN (American Association of Critical Care Nurses) Procedure Manual for Critical Care. 4^o ed. Saunders ed. 2001



Profilo

Arcispedale S. Anna

Direzione dell'assistenza infermieristica, tecnica, sanitaria e della riabilitazione

L'esplicita esigenza del presente progetto nasce da una nota del Ministero della Sanità, a seguito della delibera del 22/05/2005 del Consiglio Regionale di Sanità su richiesta del Comitato Generale dell'ASL di Ferrara, il ministero espone alcune disposizioni di attuazione del profilo infermieristico dell'art. 1 della legge n. 41/2002, pertanto una commissione di lavoro composta dal medico, dalla infermiere e dal dirigente del Consiglio Superiore di Sanità si occupa nella stessa nota, che la Direzione Generale di ogni struttura, dovrà avere l'opportunità di valutare se è possibile realizzare il suddetto profilo di una competenza di cui sul territorio, realizzazione del lavoro del personale infermieristico, in modo da garantire la qualità dell'assistenza.

Direzione

Il presente progetto è stato approvato dal Comitato di Direzione dell'Arcispedale S. Anna, in data 12/11/2006, con la deliberazione n. 10/2006, con la quale si è stabilito di realizzare il presente progetto, in modo da garantire la qualità dell'assistenza.

**PROGETTO PER L'INTRODUZIONE DELLA
NUOVA COMPETENZA DI ESECUZIONE DEL
PRELIEVO EMOGASANALITICO PER L'INFERMIERE**

Il presente progetto è stato approvato dal Comitato di Direzione dell'Arcispedale S. Anna, in data 12/11/2006, con la deliberazione n. 10/2006, con la quale si è stabilito di realizzare il presente progetto, in modo da garantire la qualità dell'assistenza.

- la finalità del progetto è quella di realizzare una procedura per l'esecuzione del prelievo emogasanalitico per l'infermiere, in modo da garantire la qualità dell'assistenza.
- la finalità del progetto è quella di realizzare una procedura per l'esecuzione del prelievo emogasanalitico per l'infermiere, in modo da garantire la qualità dell'assistenza.
- la finalità del progetto è quella di realizzare una procedura per l'esecuzione del prelievo emogasanalitico per l'infermiere, in modo da garantire la qualità dell'assistenza.

Il presente progetto è stato approvato dal Comitato di Direzione dell'Arcispedale S. Anna, in data 12/11/2006, con la deliberazione n. 10/2006, con la quale si è stabilito di realizzare il presente progetto, in modo da garantire la qualità dell'assistenza.

Gruppo di progetto:

- CPSI Corrado Boldi Cotti dell'U.O. di Ortogeriatrics
- CPSI Pintori Maria Chiara dell'U.O. di Rianimazione
- CPS Coord. Inf. Aguiari Elena dell'U.O. IMI 2
- CPSE Coord. Inf. Direzione Assistenziale Dott.ssa Grigatti Clementina
- Dott. Marco Verri Istituto Anestesia e Rianimazione

Novembre 2006

Obiettivo specifico: realizzazione di una procedura per l'esecuzione, da parte del personale infermieristico, del prelievo emogasanalitico per l'infermiere.

- CPSI Corrado Boldi Cotti
U.O. di Ortogeriatrics
- CPSI Pintori Maria Cristina
U.O. Anestesia e Rianimazione Ospedaliera
- CPS Coordinatore Inf. Aguiari Elena
IMI 2
- CPSE Coord. Inf. Dott.ssa Grigatti Clementina
Direzione Assistenziale
- Dott. Verri Marco
U.O. Anestesia e Rianimazione Universitaria

PRELIEVO ARTERIOSO RADIALE PER EMOGASANALISI

1.	Lista di distribuzione.....	1
2.	Emissione	1
3.	Scopo	2
4.	Campo di applicazione	2
5.	Riferimenti	2
5.1	Esterni.....	2
6.	Definizioni	2
7.	Responsabilità e Azioni	3
7.1	Matrice delle responsabilità	3
7.2	Descrizione delle attività	3
7.3	Diagramma di flusso.....	6
7.4	Riferimenti Anatomici e parametri clinici.....	9
8.	Parametri di controllo	10
9.	Strumenti di registrazione	10

1. Lista di distribuzione

La procedura è destinata a tutte le unità operative dell'Azienda Ospedaliero -Universitaria di Ferrara.

2. Emissione

Revisione	Data approvazione	Redazione	Verifica	Approvazione
Versione 0	05/11/06	Gruppo di redazione	Responsabile Aziendale Qualità	Direzione Medica di Presidio Direzione Assistenziale

Gruppo di redazione:

CPSI Corrado Boldi Cotti dell'U.O. di Ortogeriatría
CPSI Pintori Maria Chiara dell'U.O. di Rianimazione
CPS Coord. Inf. Aguiari Elena dell'U.O. IMI 2
CPSE Coord. Inf. Direzione Assistenziale Dott.ssa Grigatti Clementina
Dott. Marco Verri Istituto Anestesia e Rianimazione
Direttore Direzione Medica di Presidio Dott. Carlini Ermes
Direttore Direzione Assistenziale Matilde Battaglia

Prelievo arterioso radiale per emogasanalisi:

<http://inosofe.it/intranet/> →

strumenti → accreditamento → procedure aziendali

8. Parametri di controllo

- n° EGA in cui è richiesto l'intervento del medico / n° totale EGA standard: < 20%
- n° EGA con complicanze maggiori / n° totale EGA standard < 5 %
complicanze maggiori: neuropatia, ischemia, trombosi, infezione

EGA

analisi dei gas nel sangue

- pH
- PCO_2
- PO_2
- HCO_3^-
- BE

- arteria (o capillare arterializzato)
- vena
- urine
- espirato

emogasanalisi arteriosa

PaO₂
PaCO₂



scambi gassosi

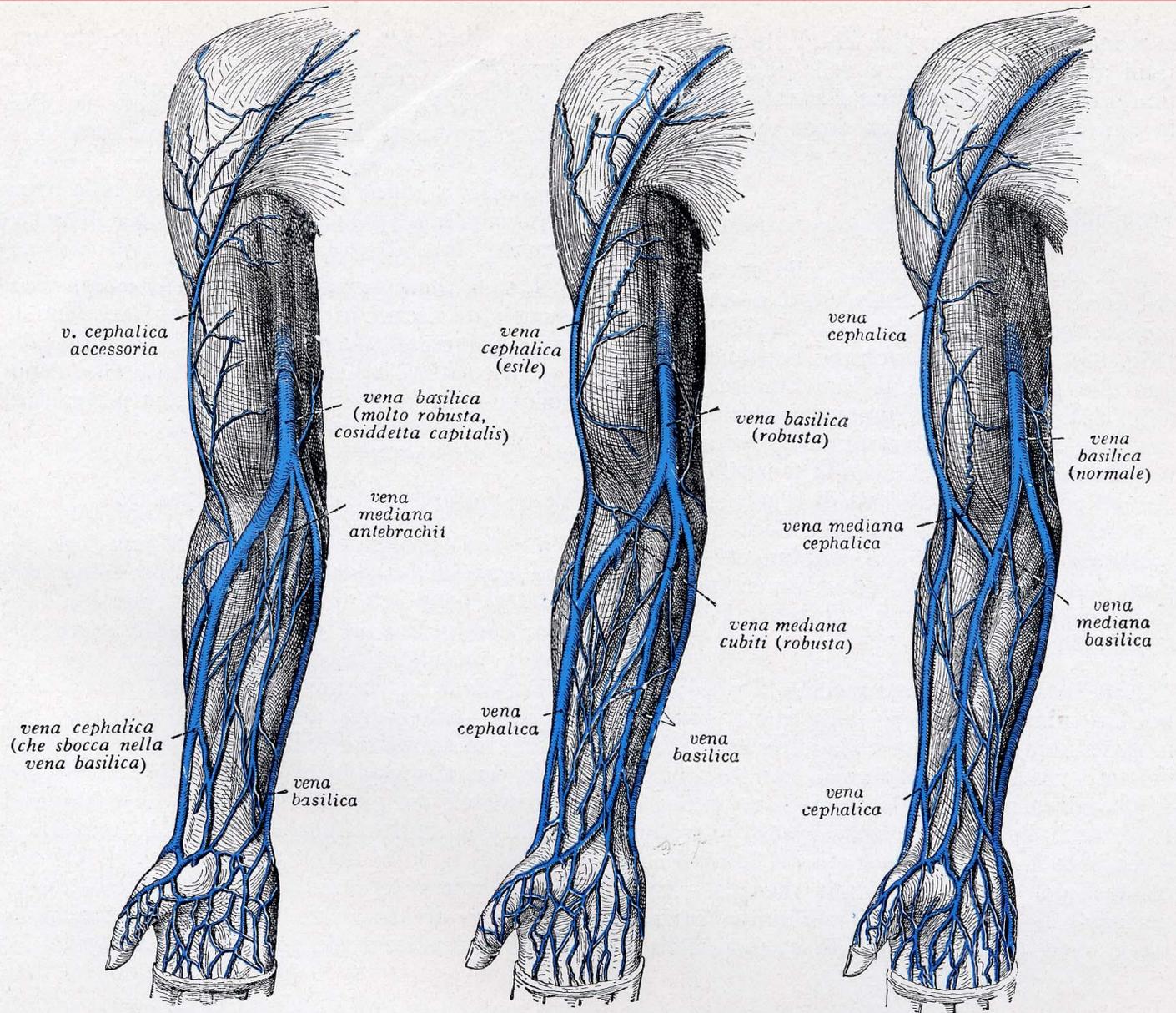
pH
PaCO₂
HCO₃⁻
BE

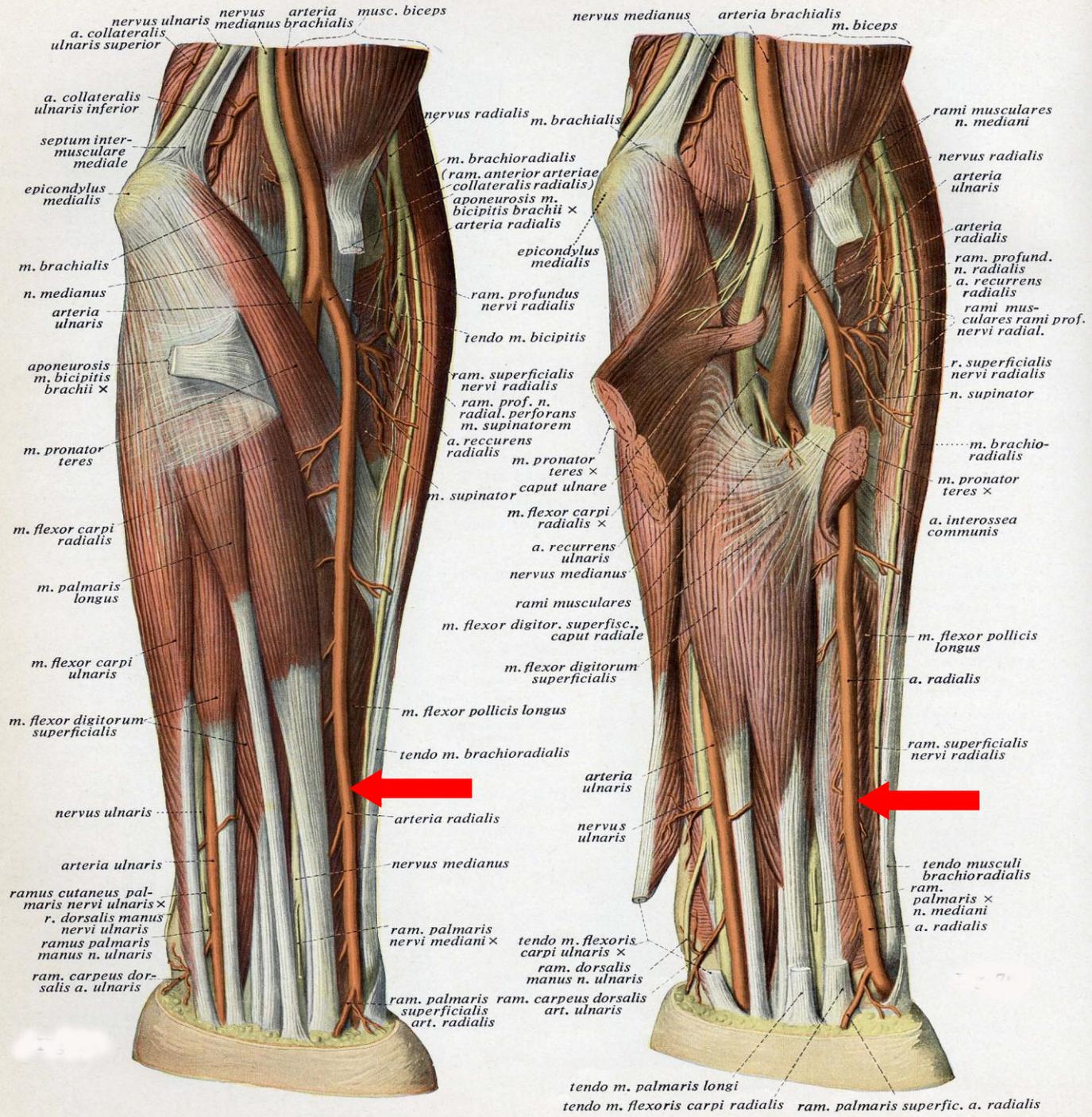


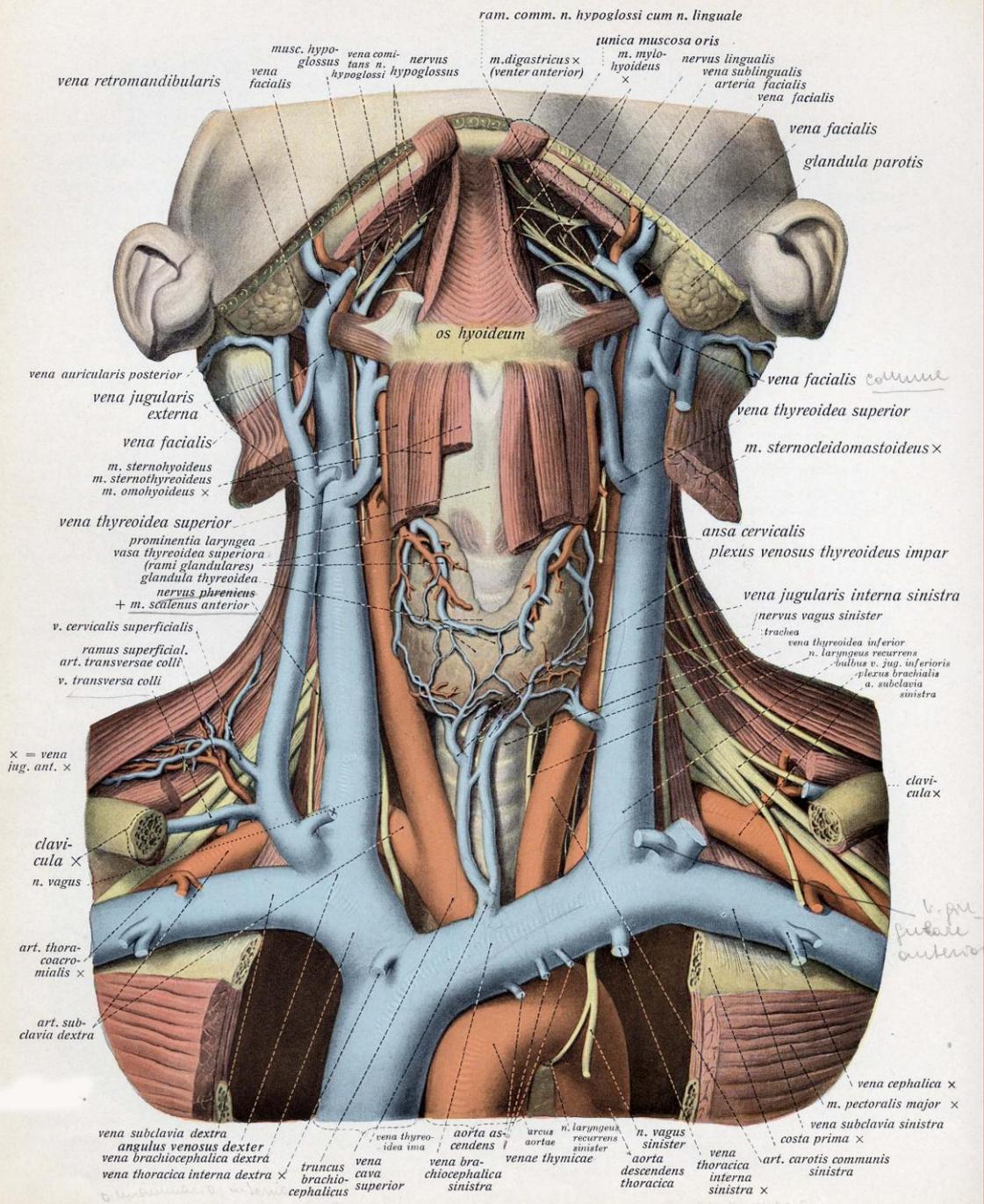
equilibrio acido-base

.....anche altro....

- **emossimetria (Hb, COHb, MetHb, ecc.)**
- **elettroliti (Na, K, Ca, Cl, Li)**
- **lattato**
- **glucosio**
- **bilirubina**
- **osmolarità plasmatica (calcolata)**
- **enzimi cardiaci**
- **coagulazione**
- **ecc.**







ram. comm. n. hypoglossi cum n. linguale

musc. hypoglossus
vena comitans n. hypoglossi

tunica muscosa oris

vena retromandibularis

vena facialis

m. digastricus (venter anterior)

m. mylohyoideus

nervus lingualis
vena sublingualis

arteria facialis

vena facialis

glandula parotis

os hyoideum

vena auricularis posterior

vena jugularis externa

vena facialis

m. sternohyoideus
m. sternothyroideus
m. omohyoideus

vena thyroidea superior

prominentia laryngea
vasa thyroidea superiora (rami glandulares)
glandula thyroidea
nervus phrenicus
+ m. scalenus anterior

v. cervicalis superficialis

ramus superficial. art. transversae collis
v. transversa colli

vena facialis *collum*

vena thyroidea superior

m. sternocleidomastoideus

ansa cervicalis

plexus venosus thyroideus impar

vena jugularis interna sinistra

nervus vagus sinister

trachea
vena thyroidea inferior
n. laryngeus recurrens
truncus v. jug. inferioris
plexus brachialis
a. subclavia sinistra

x = vena jug. ant. x

clavicula x

n. vagus

art. thoracoacromialis x

art. subclavia dextra

clavicula x

v. p. p. subclavia anterior

vena cephalica x

m. pectoralis major x

vena subclavia sinistra

costa prima x

art. carotis communis sinistra

vena subclavia dextra
angulus venosus dexter
vena brachiocephalica dextra
vena thoracica interna dextra

vena thyroidea ima

aorta ascendens

arcus aortae

n. laryngeus recurrens sinister

n. vagus sinister

aorta descendens thoracica

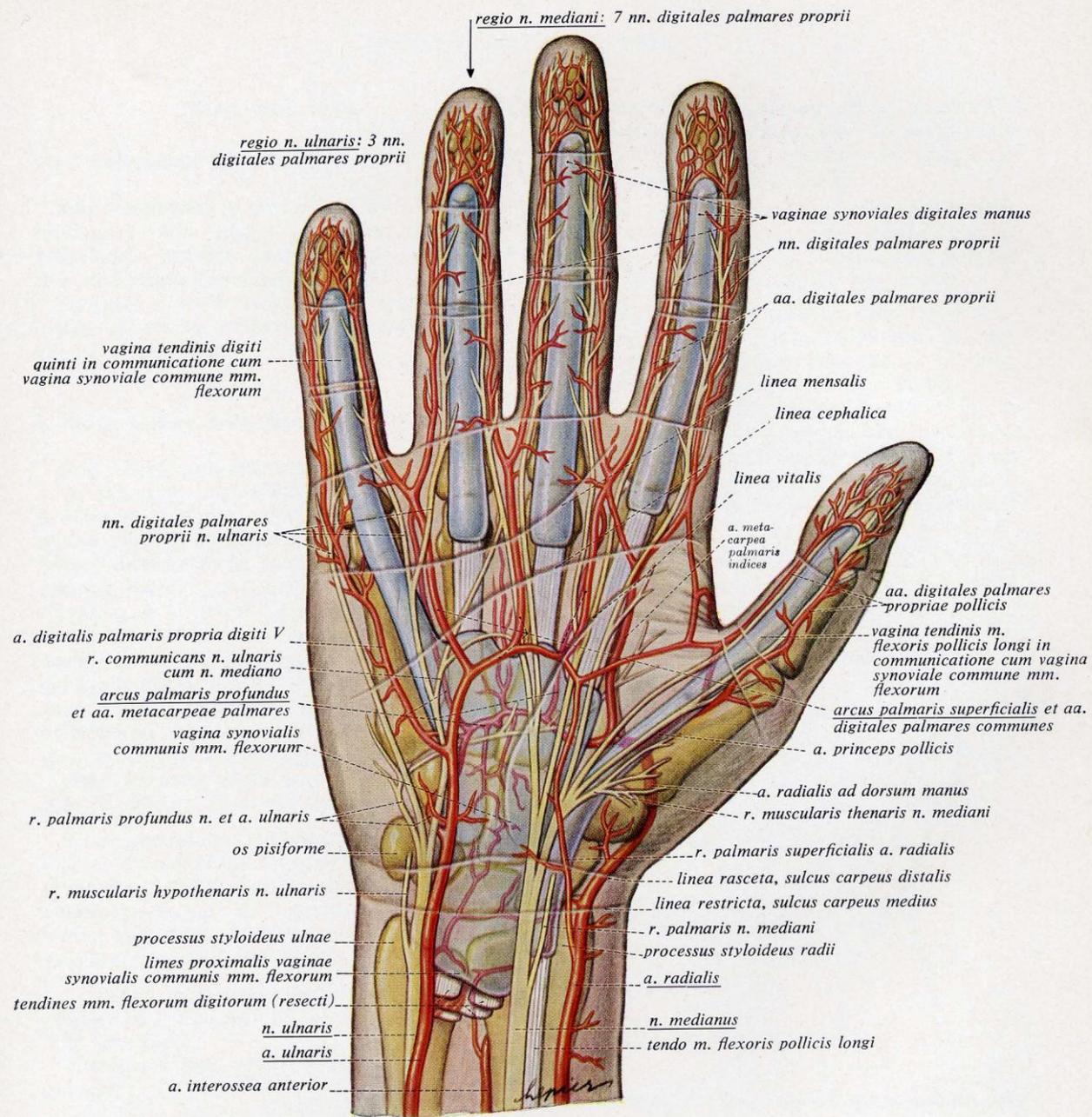
truncus brachiocephalicus

vena cava superior

vena brachiocephalica sinistra

venae thymicae

vena thoracica interna sinistra x



regio n. mediani: 7 nn. digitales palmares proprii

regio n. ulnaris: 3 nn. digitales palmares proprii

vaginae synoviales digitales manus

nn. digitales palmares proprii

aa. digitales palmares proprii

vagina tendinis digiti quinti in communicatione cum vagina synoviale commune mm. flexorum

linea mensalis

linea cephalica

linea vitalis

nn. digitales palmares proprii n. ulnaris

a. metacarpea palmaris indices

aa. digitales palmares propriae pollicis

a. digitalis palmaris propria digiti V

r. communicans n. ulnaris cum n. mediano

arcus palmaris profundus et aa. metacarpeae palmares

vagina synovialis communis mm. flexorum

vagina tendinis m. flexoris pollicis longi in communicatione cum vagina synoviale commune mm. flexorum

arcus palmaris superficialis et aa. digitales palmares communes

a. princeps pollicis

r. palmaris profundus n. et a. ulnaris

os pisiforme

r. muscularis hypothenaris n. ulnaris

processus styloideus ulnae

limes proximalis vaginae synovialis communis mm. flexorum

tendines mm. flexorum digitorum (resecti)

n. ulnaris

a. ulnaris

a. interossea anterior

a. radialis ad dorsum manus

r. muscularis thenaris n. mediani

r. palmaris superficialis a. radialis

linea rasceta, sulcus carpeus distalis

linea restricta, sulcus carpeus medius

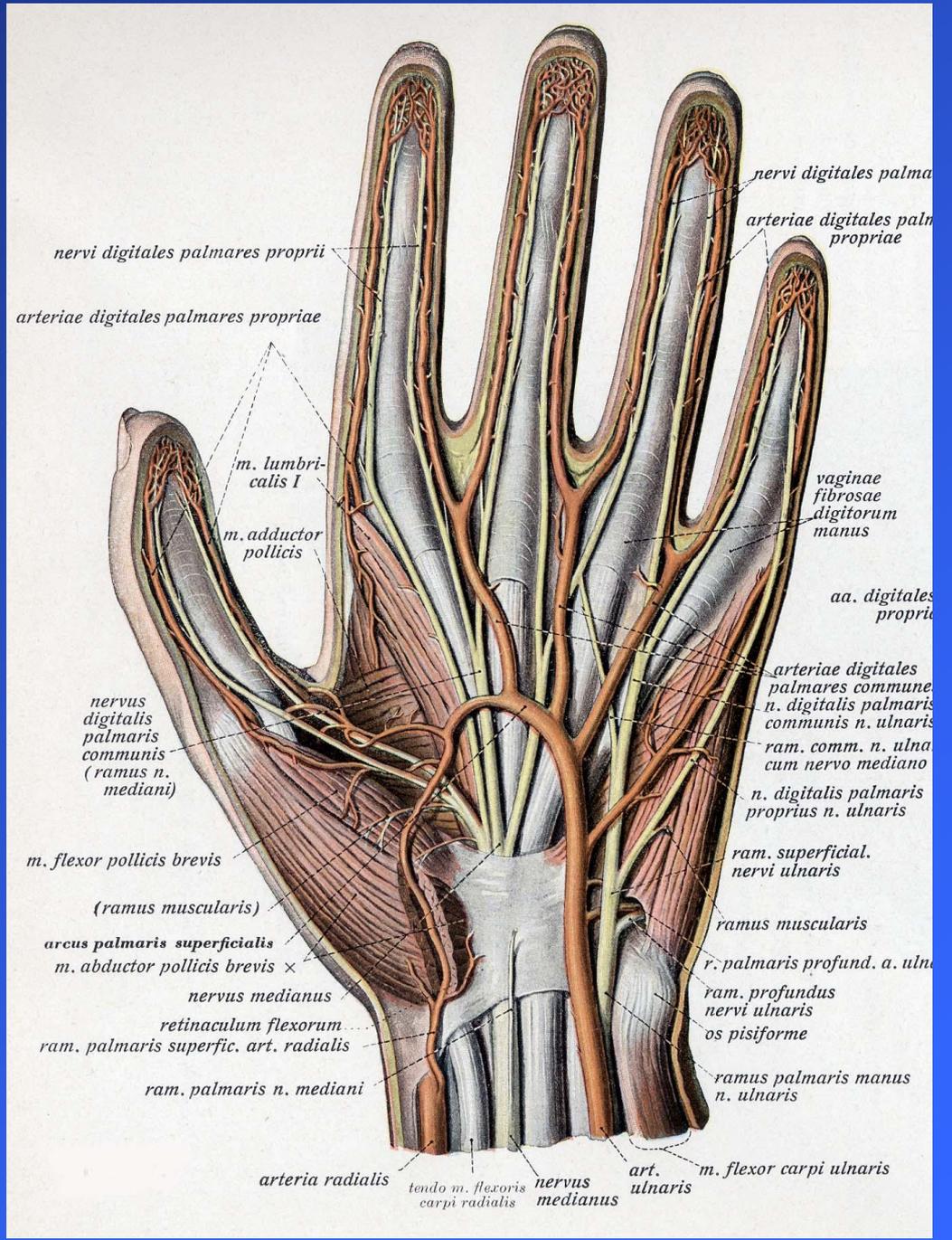
r. palmaris n. mediani

processus styloideus radii

a. radialis

n. medianus

tendo m. flexoris pollicis longi



nervi digitales palmares proprii
arteriae digitales palmares propriae
m. lumbricalis I
m. adductor pollicis
nervus digitalis palmaris communis (ramus n. mediani)
m. flexor pollicis brevis (ramus muscularis)
arcus palmaris superficialis m. abductor pollicis brevis
nervus medianus
retinaculum flexorum
ram. palmaris superfic. art. radialis
ram. palmaris n. mediani
arteria radialis
tendo m. flexoris carpi radialis
nervus medianus
arteriae digitales palmares propriae
vaginae fibrosae digitorum manus
aa. digitales propriae
arteriae digitales palmares communes n. digitalis palmaris communis n. ulnaris
ram. comm. n. ulnaris cum nervo mediano
n. digitalis palmaris proprius n. ulnaris
ram. superficial. nervi ulnaris
ramus muscularis
r. palmaris profund. a. ulnaris
ram. profundus nervi ulnaris
os pisiforme
ramus palmaris manus n. ulnaris
art. ulnaris
m. flexor carpi ulnaris

quesito clinico → indagine diagnostica



principali errori potenziali nelle analisi



fase preanalitica: la fase più delicata



fase preanalitica (1)



fase preanalitica (2)

- **Preparazione**
 - scelta della siringa, dell'ago e dell'anticoagulante
 - informazione del paziente (spiegare il procedimento e la sua utilità)
- **Prelievo**
 - scelta dell'arteria
 - test di Allen (se arteria radiale)
 - disinfezione
 - puntura e prelievo
 - compressione
- **Conservazione-trasferimento**
 - eliminazione bolle d'aria
 - miscelazione
 - trasporto nel minor tempo possibile (soluzione acqua e ghiaccio?)
- **Effettuazione dell'esame** (previa eliminazione di alcune gocce di sangue)

siringa

Dispositivo di Prelievo/Contenitore

**Siringa
in vetro**

Vantaggi:
Niente perdite
di gas
Stantuffo offre
poca resistenza

Svantaggi:
Poca praticità
Costo

**Siringa
in plastica**

Vantaggi:
Praticità
Costo

Svantaggi:
Perdite di gas
($PO_2 > 150$)

**Capillare
in plastica
o in vetro**

Vantaggi:
Ideale per
neonati

Svantaggi: :
Tecnica più
difficile

**Microcam-
pionatore**

Vantaggi:
Convenienza

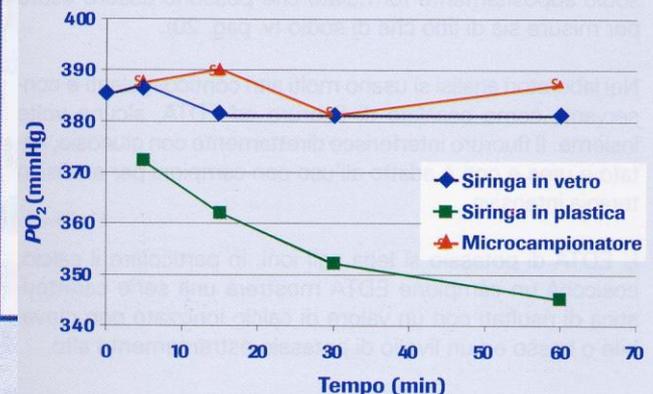
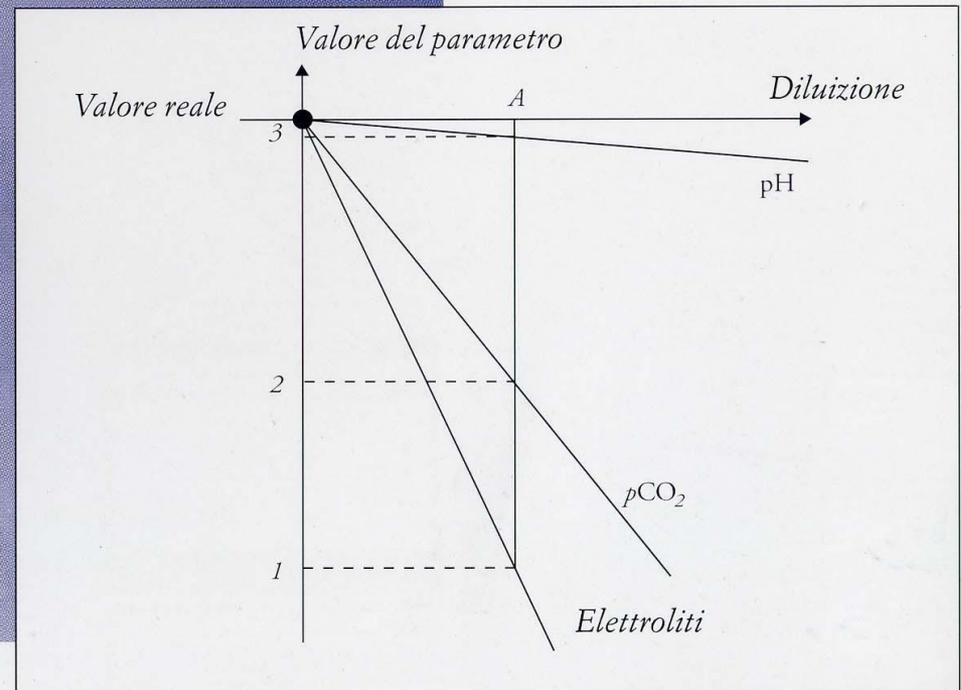
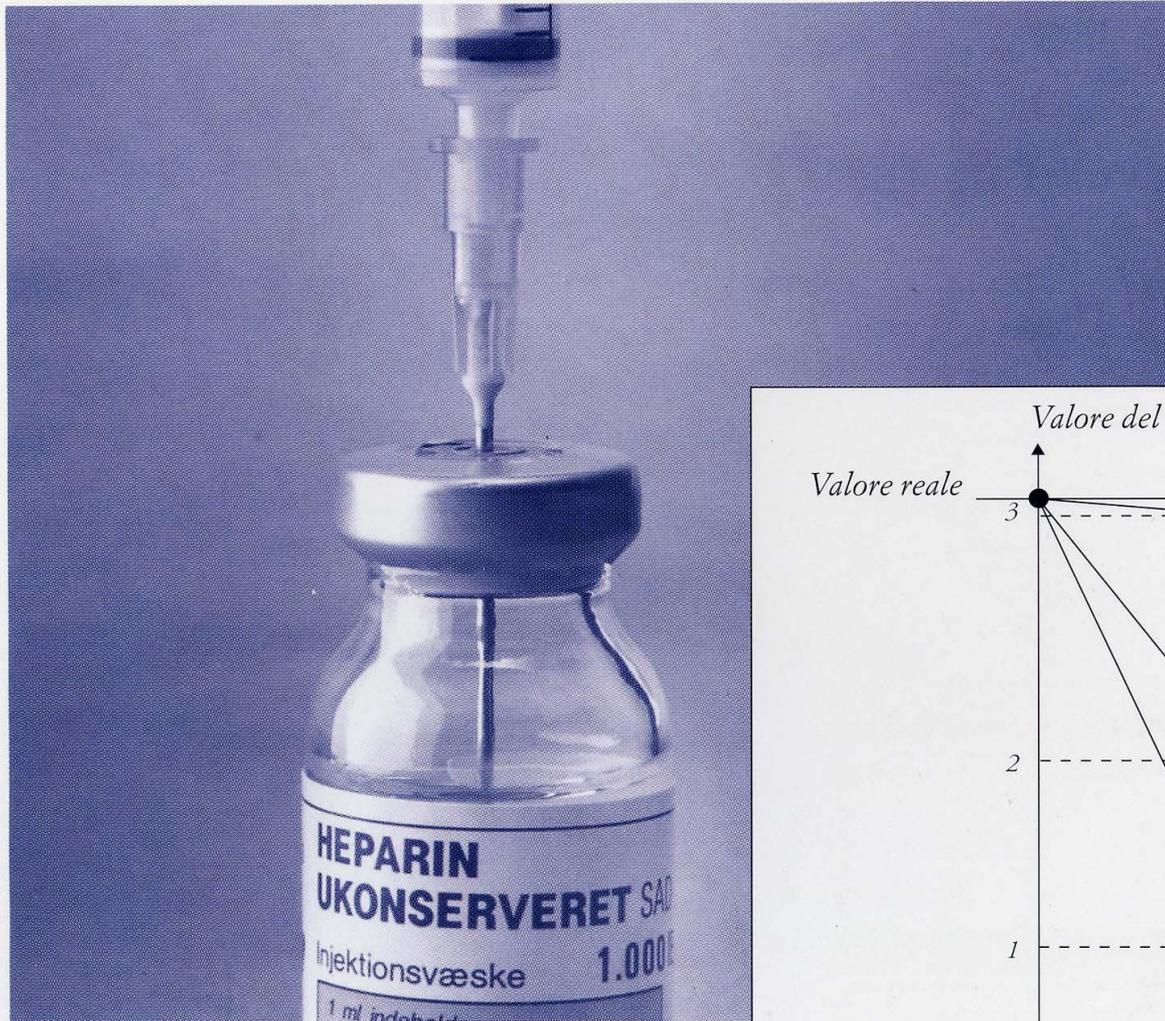


Figura 1. Variazione dei livelli di PO_2 nel tempo in microcampionatori, siringhe in vetro e siringhe in plastica mantenuti a 4°C. Dati di d'Ortho et al. (6).

anticoagulante

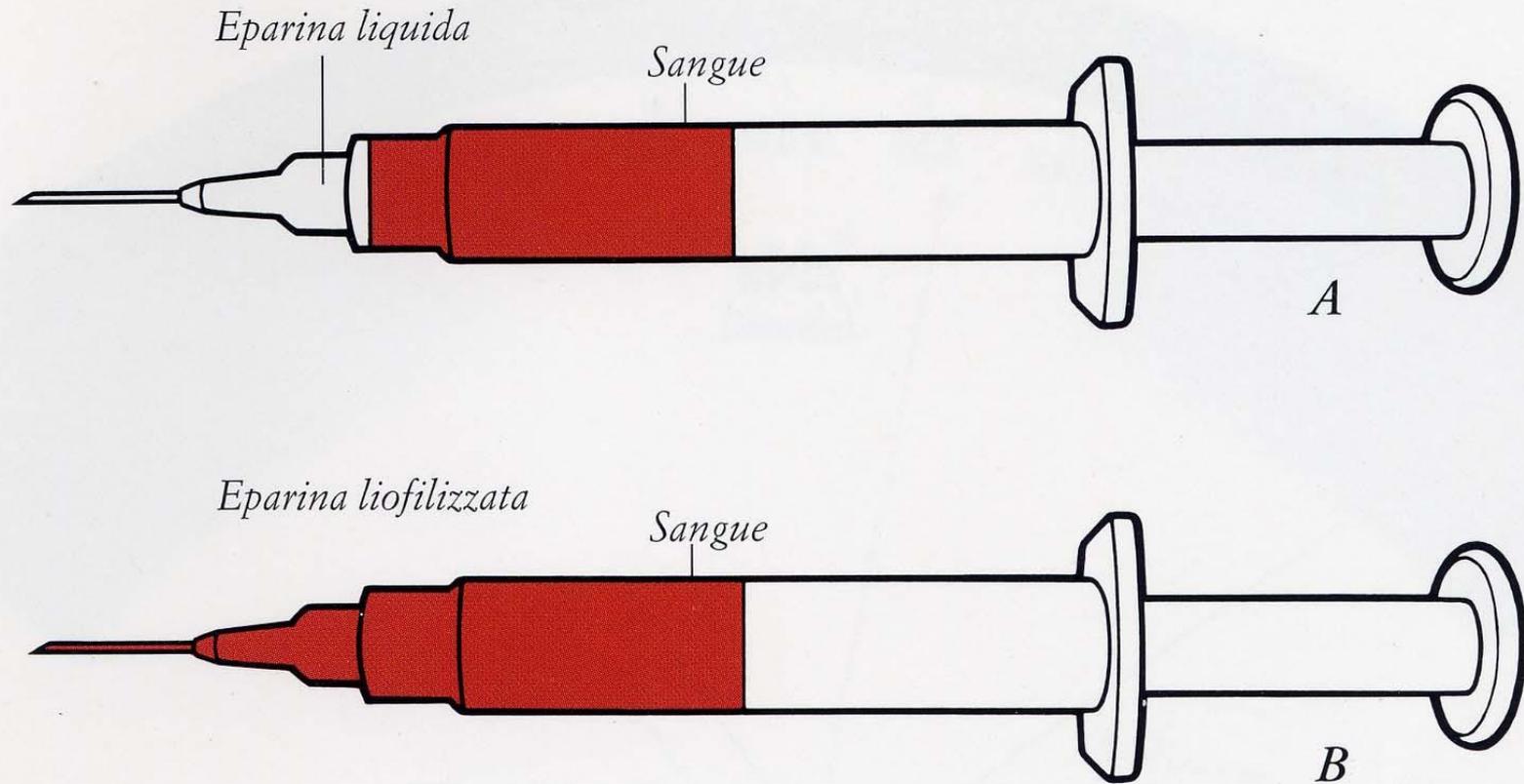
- **necessario perché impedisce-ritarda la coagulazione del sangue → falsa il risultato**
blocca la macchina dell'EGA
- **eparina (no EDTA o citrato)**
- **problemi:**
 - **diluizione del campione (distribuisco i componenti del sangue in un volume maggiore)**
 - **modifica della concentrazione degli elettroliti:**
 - **aggiunta (addizione) di ioni con l'eparina**
 - **legame tra ioni ed eparina**

diluizione (1)



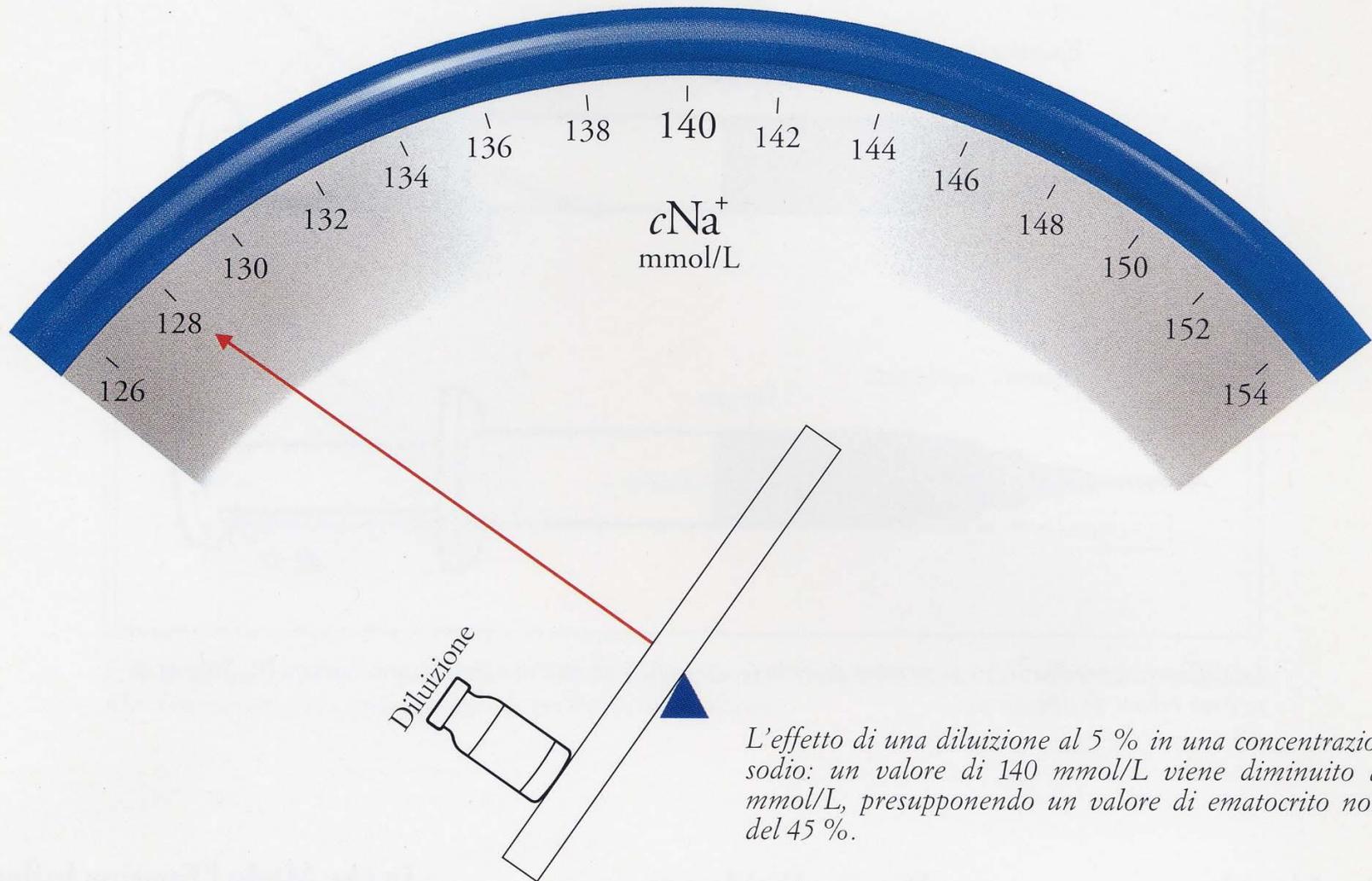
Quando il campione di sangue viene diluito (A) i valori degli elettroliti (1) e della $p\text{CO}_2$ (2) possono subire un decremento. Il valore del pH rimane invariato (3).

diluizione (2)



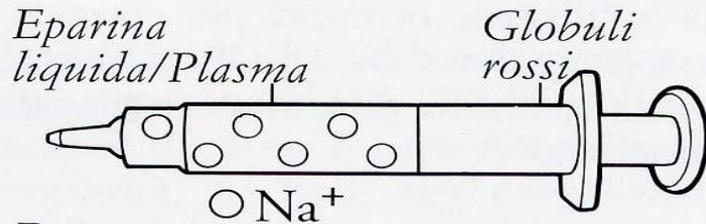
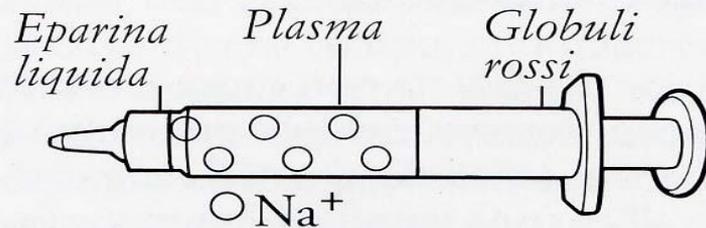
La differenza tra l'utilizzo di eparina liquida (siringa A) e di eparina liofilizzata (siringa B). Solo in A vi è un errore di diluizione.

diluizione (3)

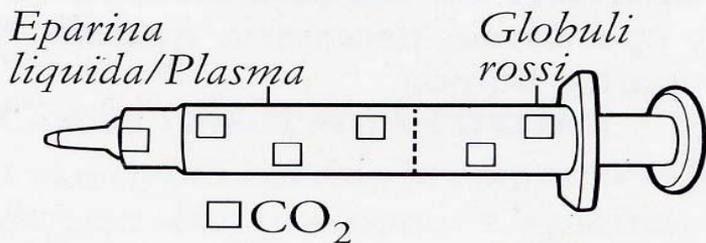
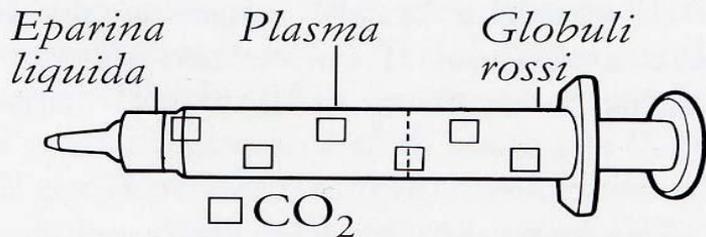


diluizione (4)

A

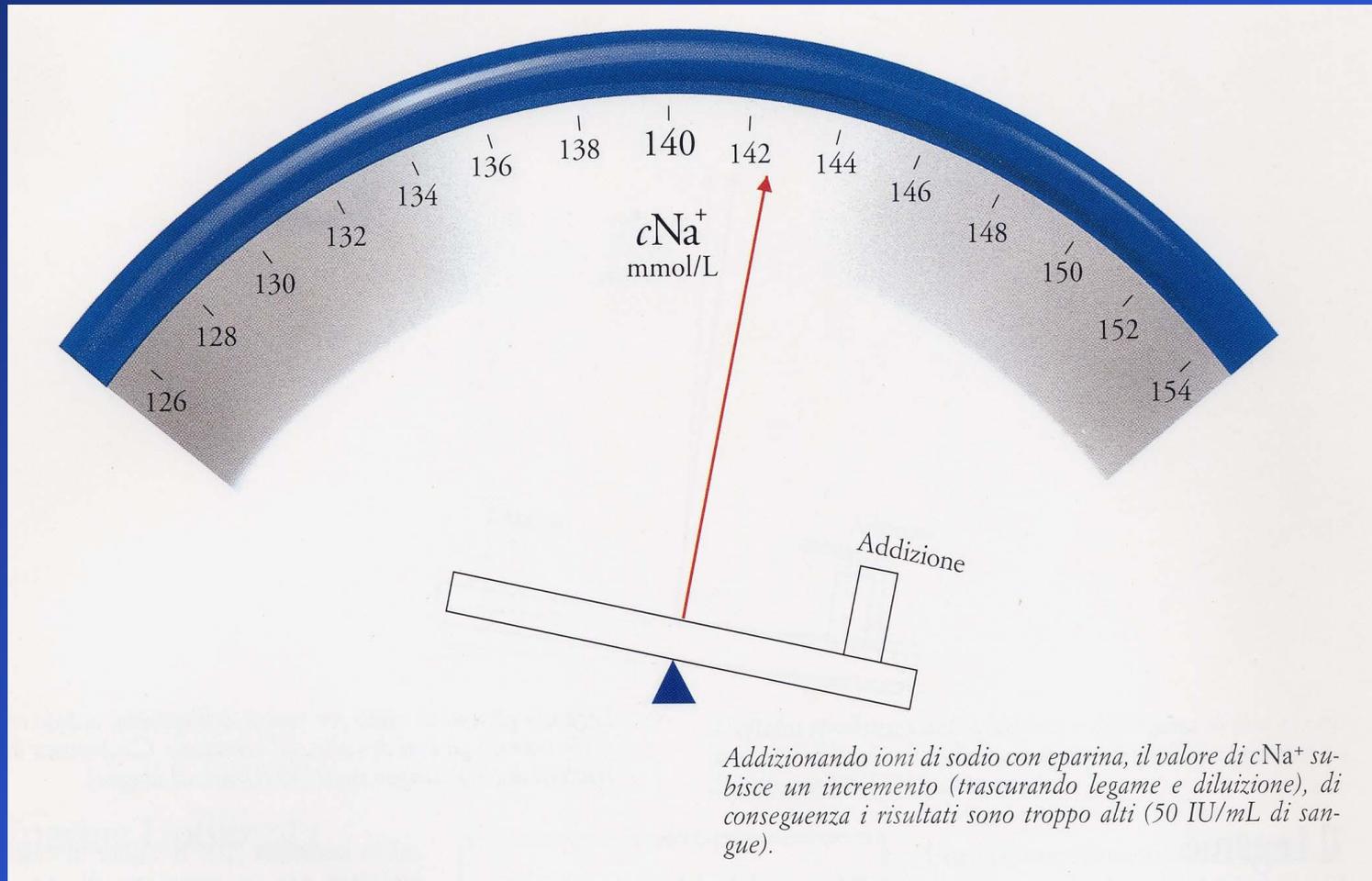


B

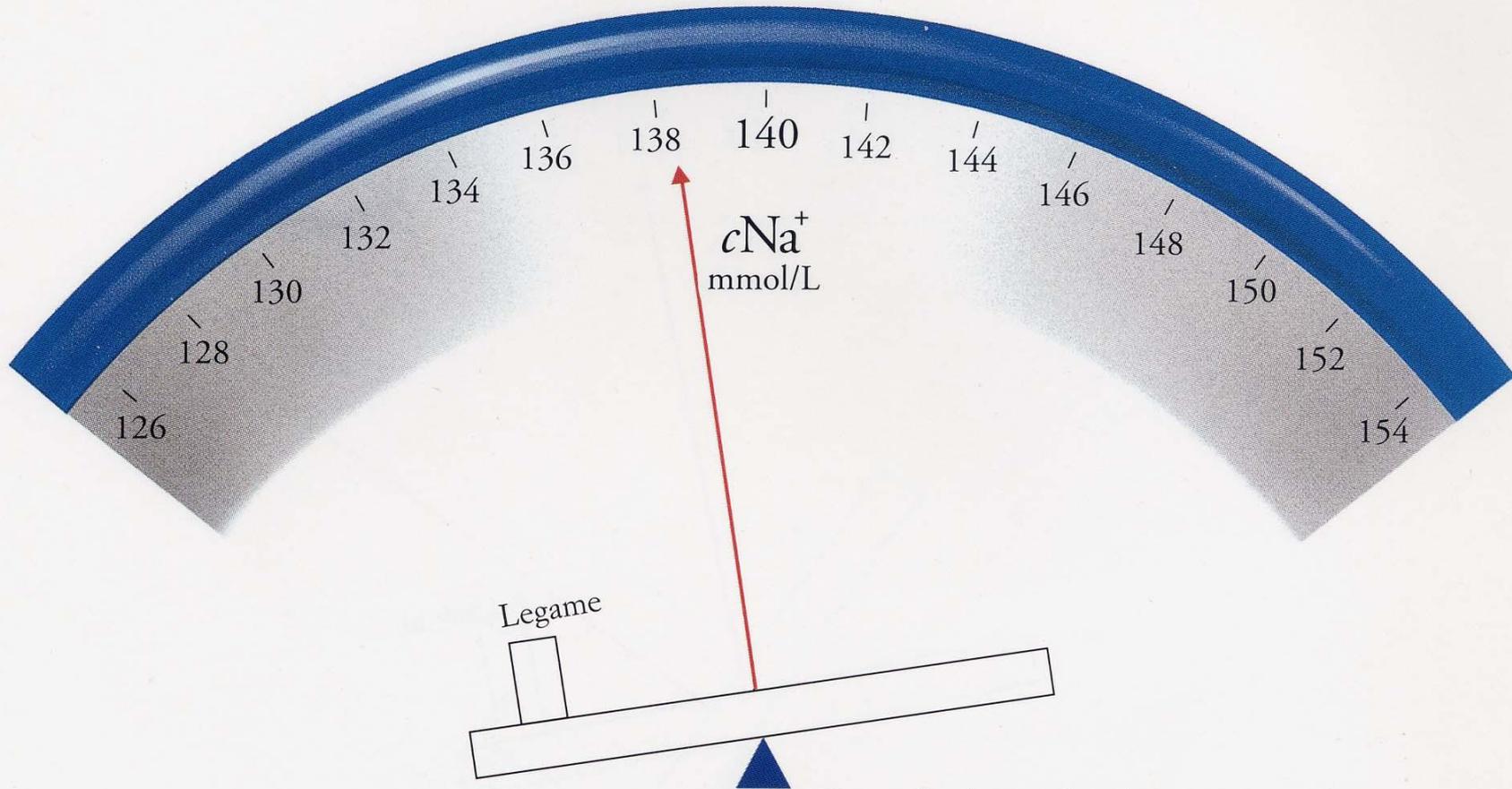


Addizionando il 5 % di eparina liquida ad un campione di sangue intero, il plasma viene diluito del 10 % (Hct = 50 %). I componenti presenti nel plasma verranno diluiti del 10 % (A, elettroliti). I componenti come la CO_2 (B), che possono passare liberamente attraverso le due fasi verranno diluiti « solo » del 5 %.

addizione (1)



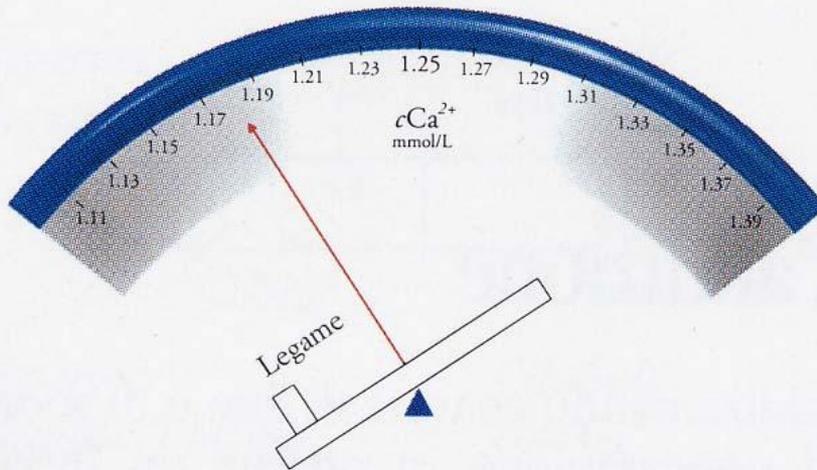
il legame (1)



Legando gli ioni di sodio per mezzo dell'eparina, accade che si rimuovono gli ioni di sodio dal campione. Ciò provoca dei risultati di $c\text{Na}^+$ troppo bassi (50 IU/mL di sangue).

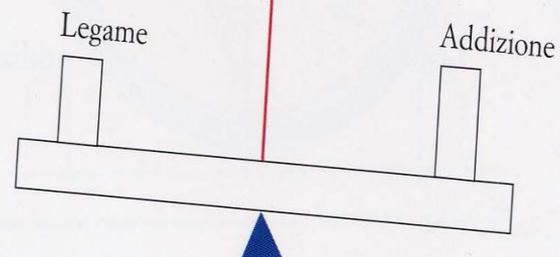
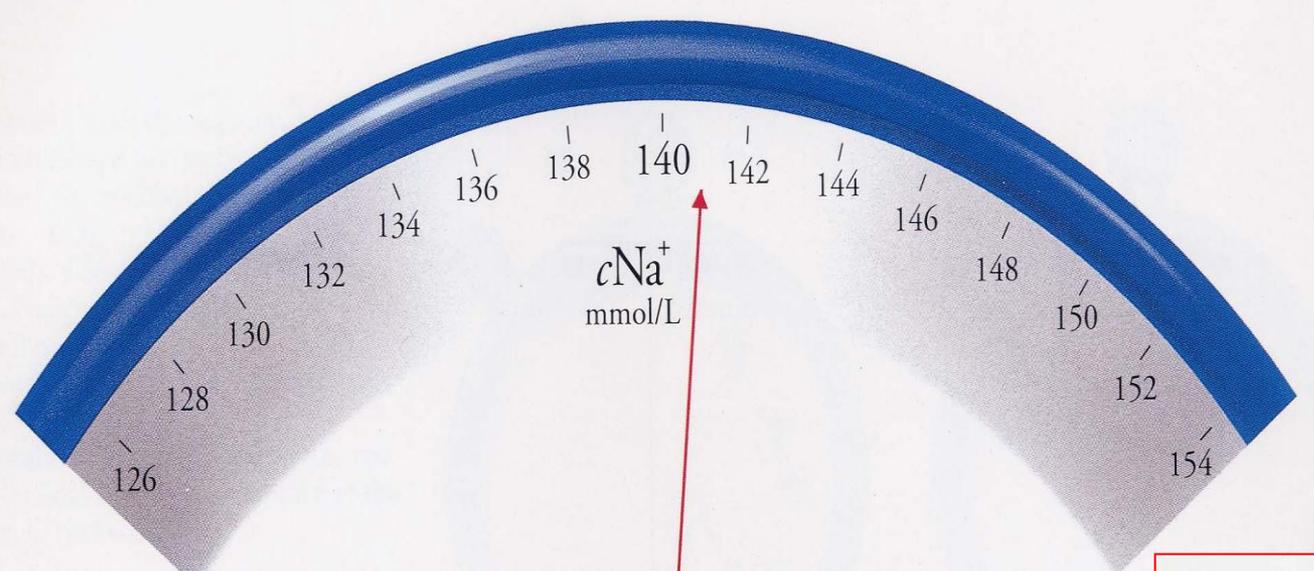
il legame (2)

Il legame del calcio ionizzato



Il risultato del legame è particolarmente importante per cCa^{2+} [10]. 50 IU di eparina per mL di plasma corrispondente a 27.5 IU per mL di sangue con Hct del 45 %, abbassa il valore di cCa^{2+} del 6 % [11].

addizione + legame

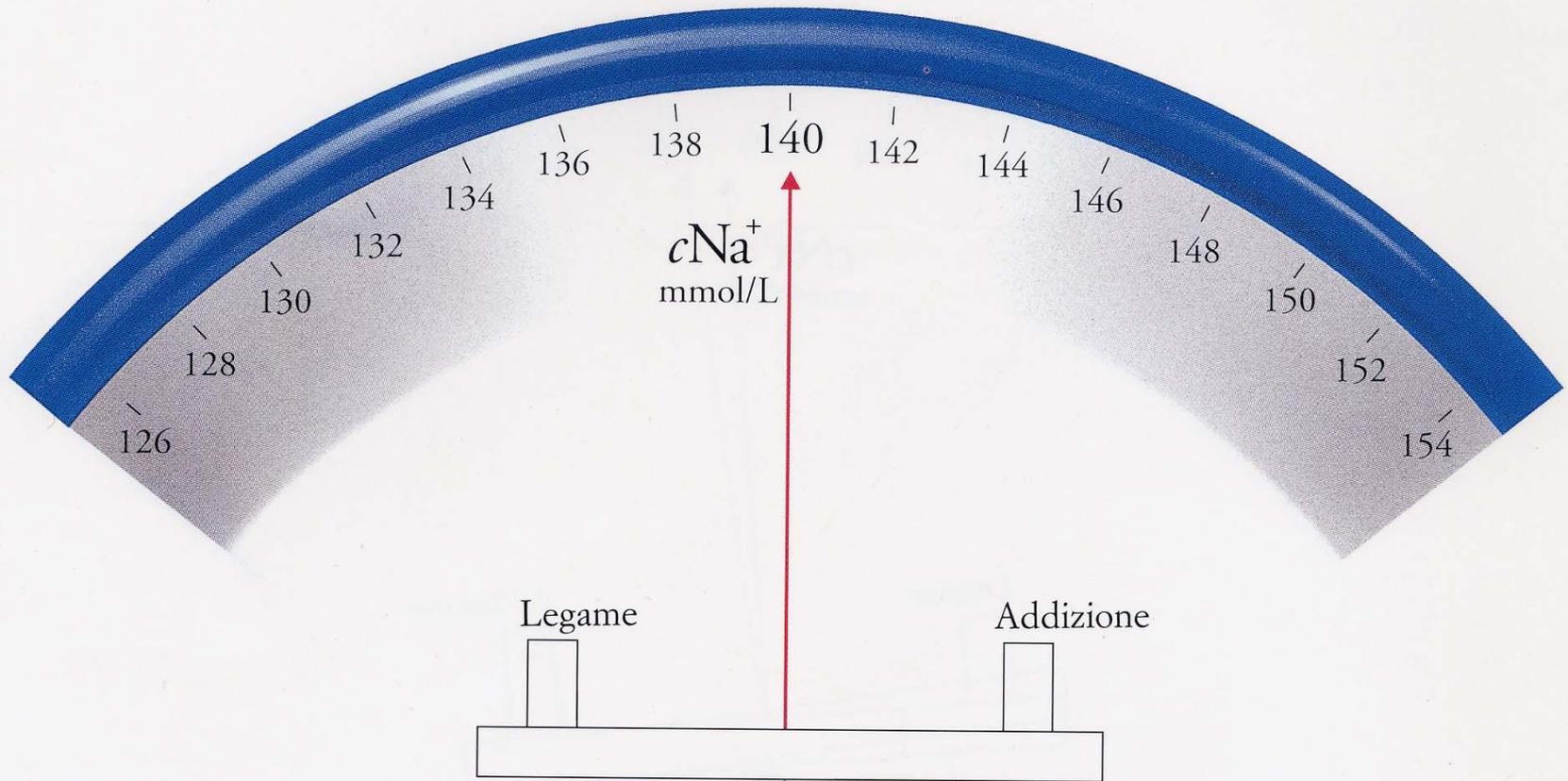


L'effetto combinato dell'addizione e del legame di ioni con la parina liofilizzata di sodio è comunque troppo basso (50 IU/mL di sangue).

Combinando gli effetti dell'addizione e del legame di ioni con una diluizione del 5% - in una soluzione di eparina liquida di sodio - i valori di sodio ottenuti sono troppo bassi (50 IU/mL di sangue).

addizione + legame + diluizione

eparina liofilizzata bilanciata (Na-Li)



60 IU/mL sangue di eparina elettrolita bilanciata litio-sodio

anticoagulante: quale eparina ?

Eparina Liquida

Vantaggi:

Facile da sciogliere

Svantaggi:

Effetto diluizione
Chelazione di ioni

Eparina Secca

Vantaggi:

Evita problemi di diluizione

Svantaggi:

Chelazione di ioni

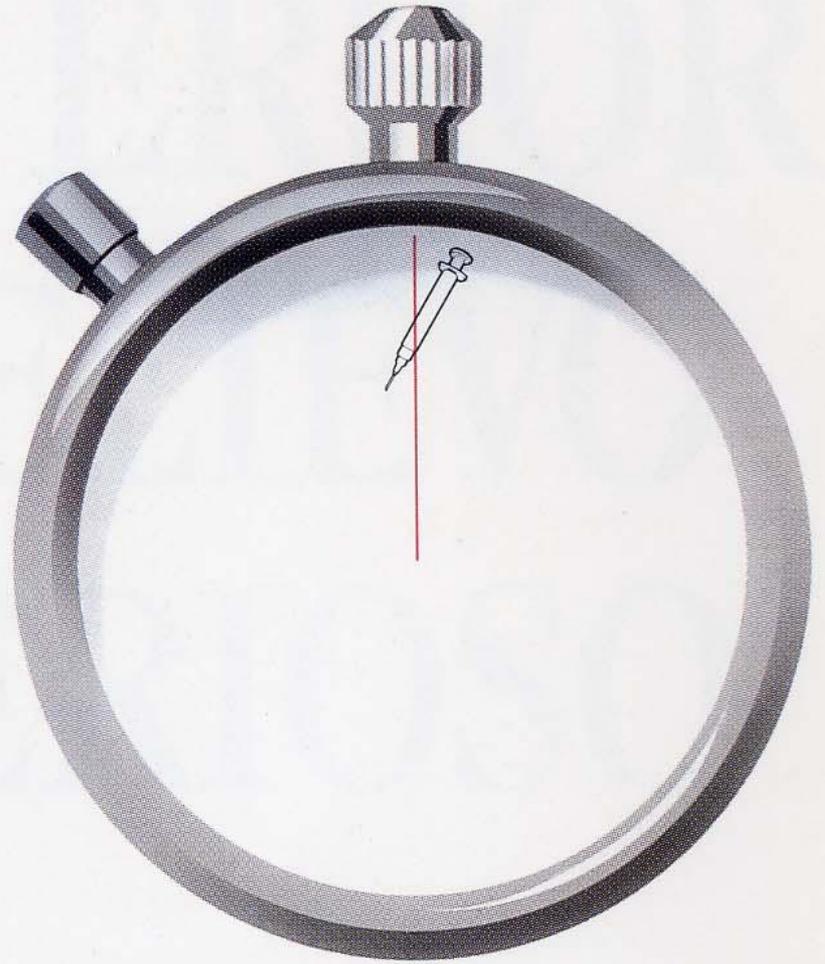
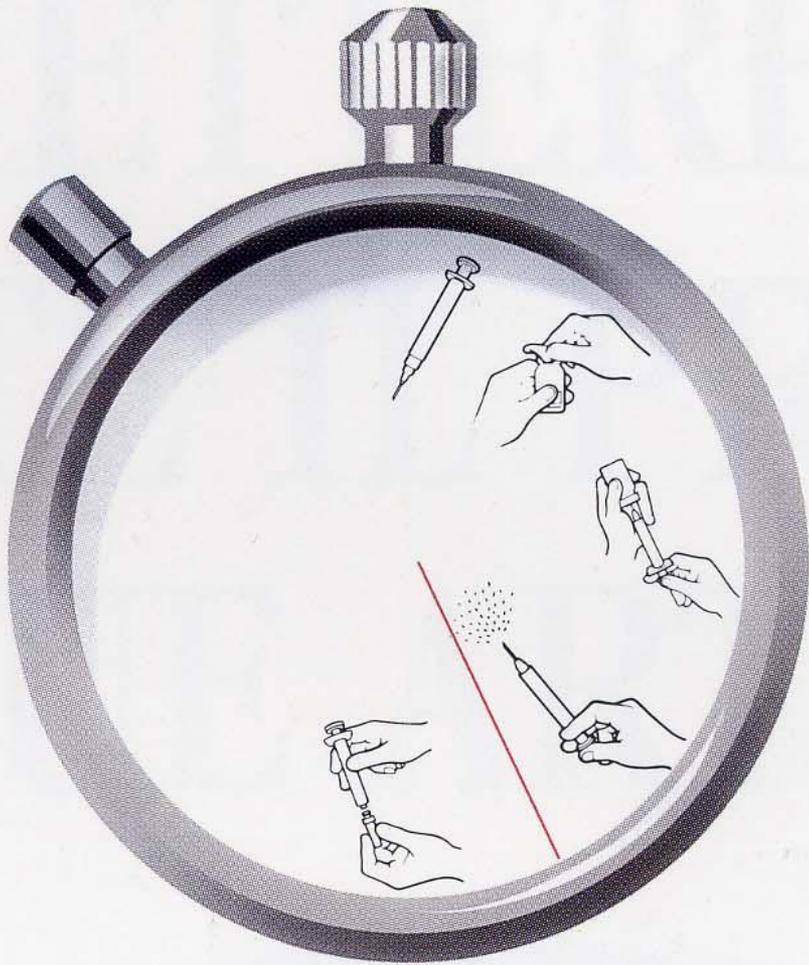
Eparina Secca, Bilanciata

Vantaggi:

Nessun effetto diluizione
Nessuna chelazione di ioni

Svantaggi:

Nessuno



quindi....

- se possibile utilizzare siringhe “preconfezionate” con eparina bilanciata (Na e Li) liofilizzata
- utilizzando siringhe “home made” attenzione alla diluizione e ricordare che i valori degli elettroliti potrebbero essere errati (anche se, il più delle volte , di poco)

informazione



Punto di Prelievo

Arteria

Punto di prelievo più comune

Si può usare per tutti i parametri di terapia intensiva

Capillare

Usato spesso nei neonati

Richiede arterializzazione per dare risultati PO_2 esatti

Vena

Usato per valutare gli shunt

Sangue periferico non adatto a parametri di ossigenazione

**Catetere/
Cannula**

Cannula adatta per prelievi ripetuti

Cateteri adatti per campioni venosi misti

Preparazione del Paziente

Riposo

I pazienti con
respiro sponta-
neo devono
stare a riposo
5 min prima
del prelievo

Equilibrio Trattamento

Dopo una va-
riazione del
trattamento
attendere il
tempo neces-
sario prima
del prelievo

Ansia

Evitare dolore e
stati di ansia
per evitare
effetti sulla
omeostasi
respiratoria

Prelievo del Campione

Evitare dolore, trauma e contaminazione con aria

Arteria

Evitare contaminazione con sangue venoso

Capillare

Richiede di ottenere una certa arterializzazione

Vena

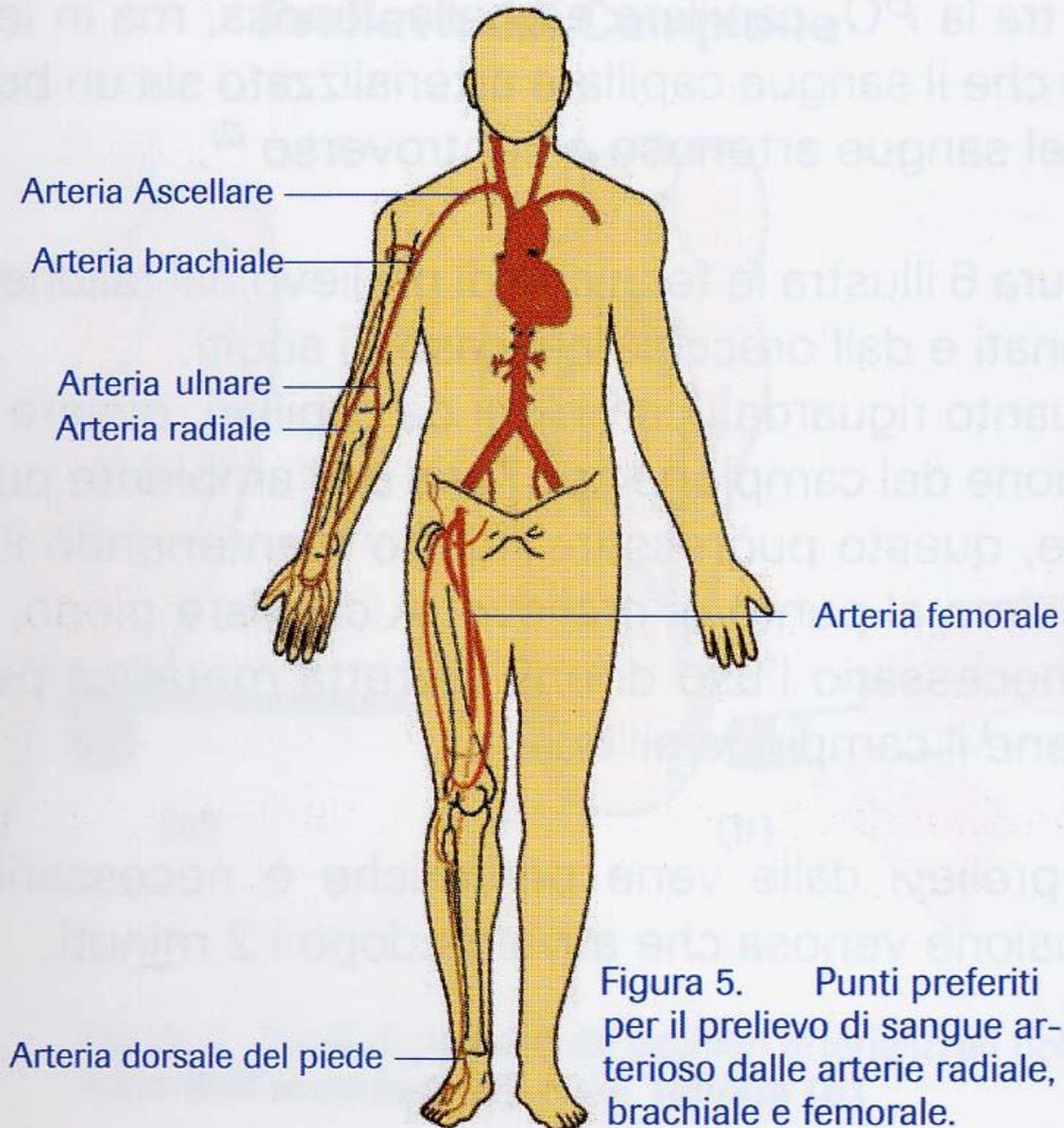
Evitare occlusione venosa

**Catetere/
Cannula**

Evitare contaminazione con liquido di lavaggio

Eliminare aria, Miscelare, Etichettare

Punti di Prelievo



Prelievo del Campione

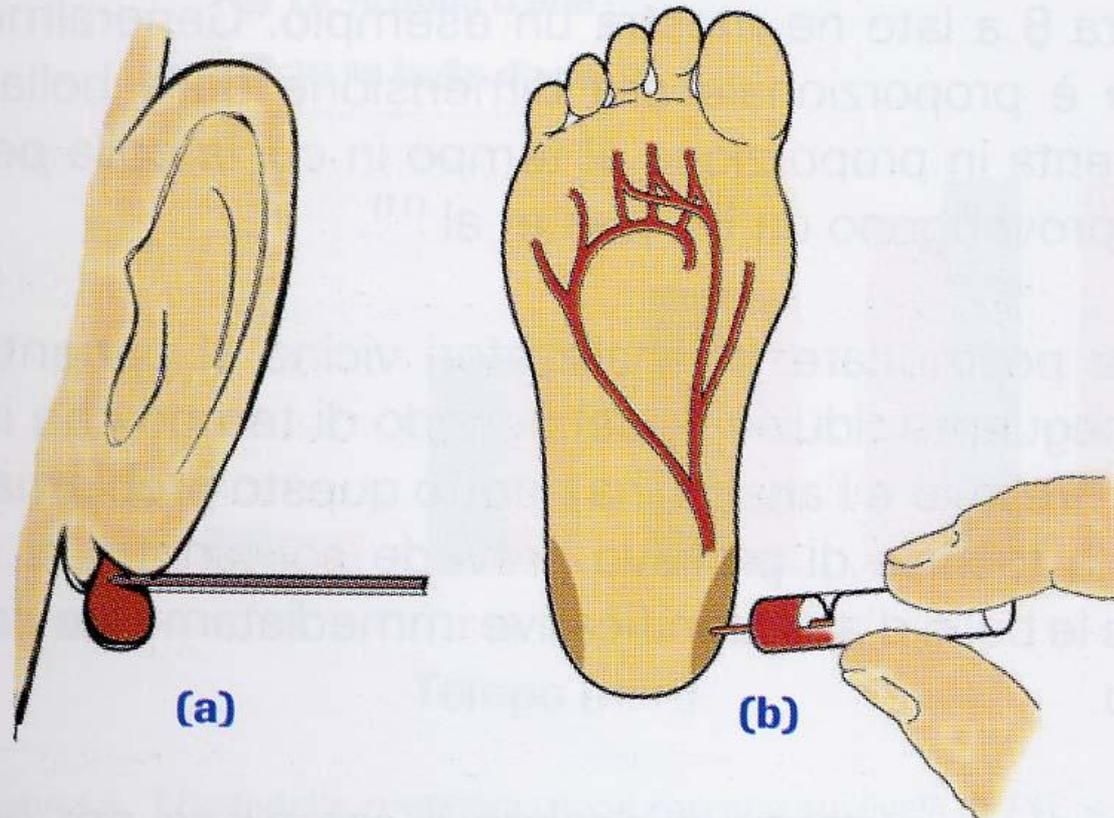
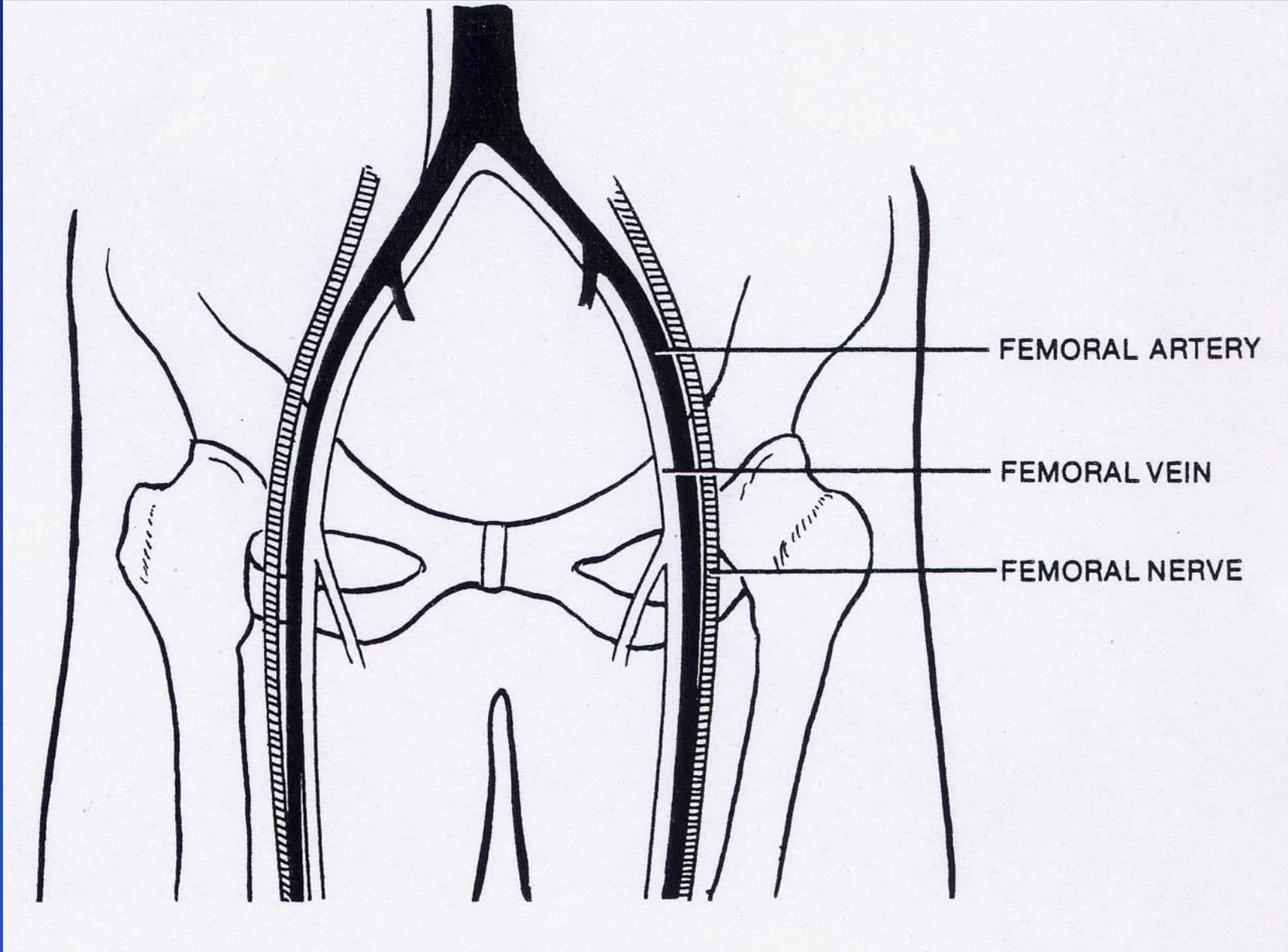


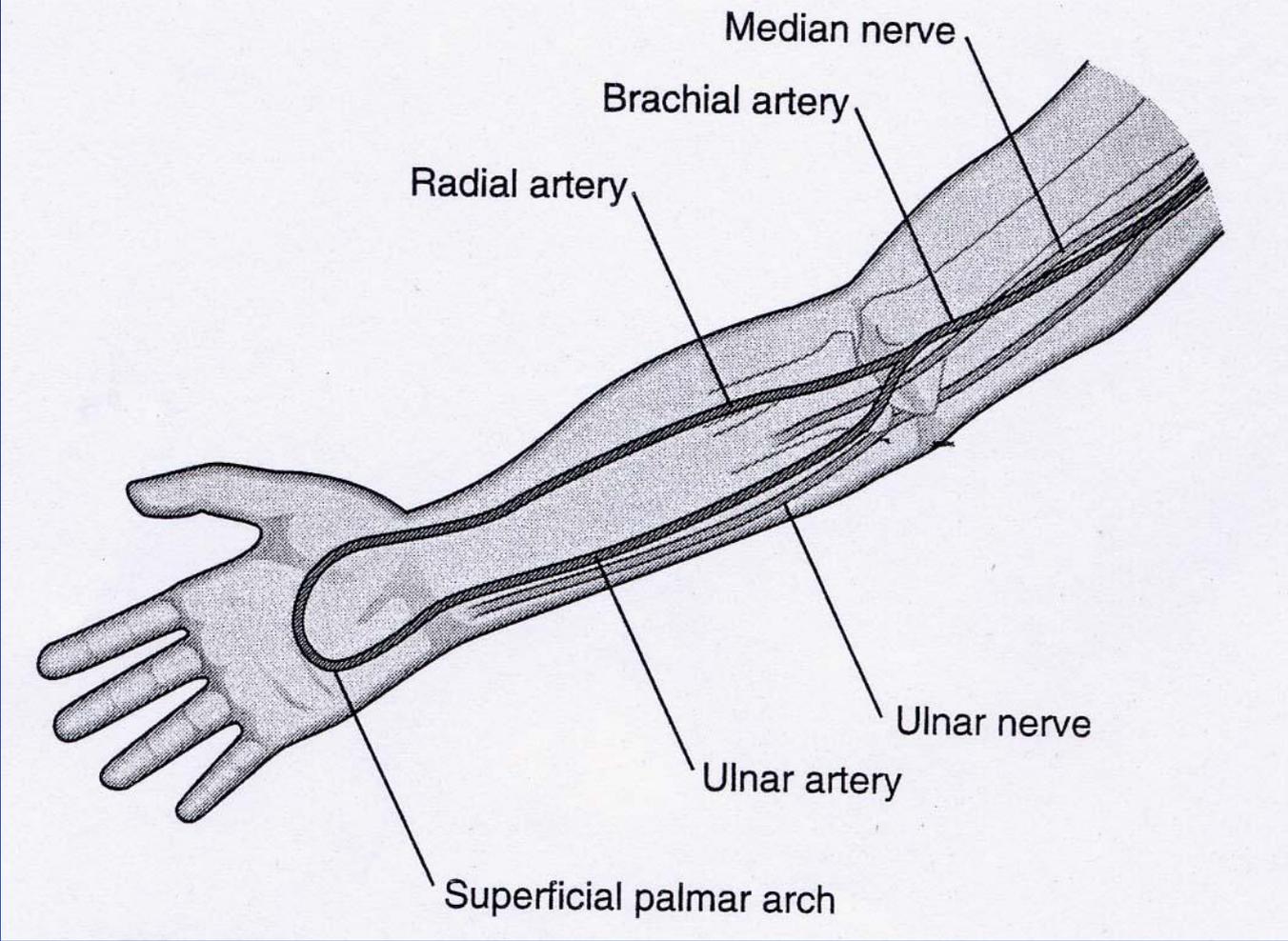
Figura 6. Punti di prelievo da capillari arterializzati del **lobo dell'orecchio (a)** e del **tallone (b)**



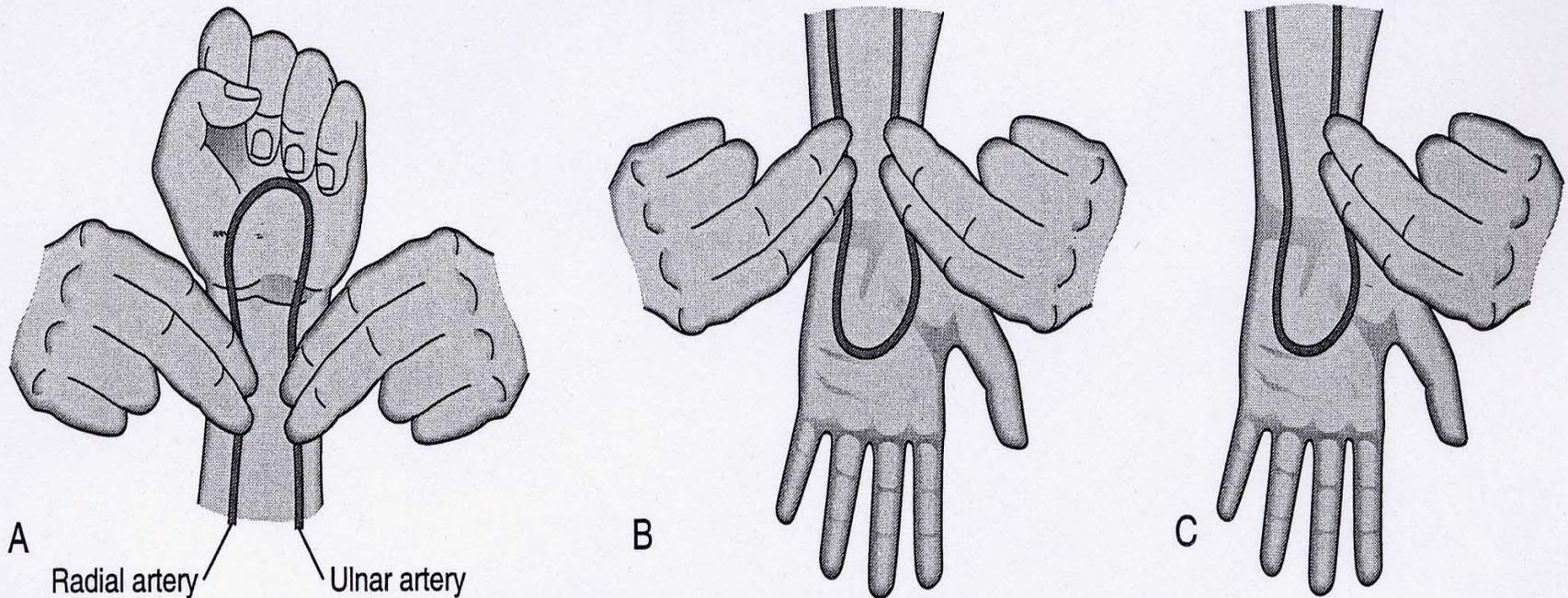
FEMORAL ARTERY

FEMORAL VEIN

FEMORAL NERVE



Test di Allen



Modified Allen test. Elevate patient's hand and instruct patient to open and close fist several times. A, With patient's fist clenched, simultaneously occlude the radial and ulnar arteries. B, Instruct patient to lower and open fist. Observe for pallor in the patient's hand. C, Release the pressure over the ulnar artery, and observe the hand for the return of color. (From Bucher L, Melander SD. *Critical Care Nursing*. Philadelphia: WB Saunders; 1999.)

Uso di un pulsossimetro?

- *lavaggio mani*

- *Il lavaggio delle mani (9-5-2006): <http://inospfe.it/intranet/>
→ strumenti → accreditamento → procedure aziendali*

- *posizione dell'avambraccio-mano*

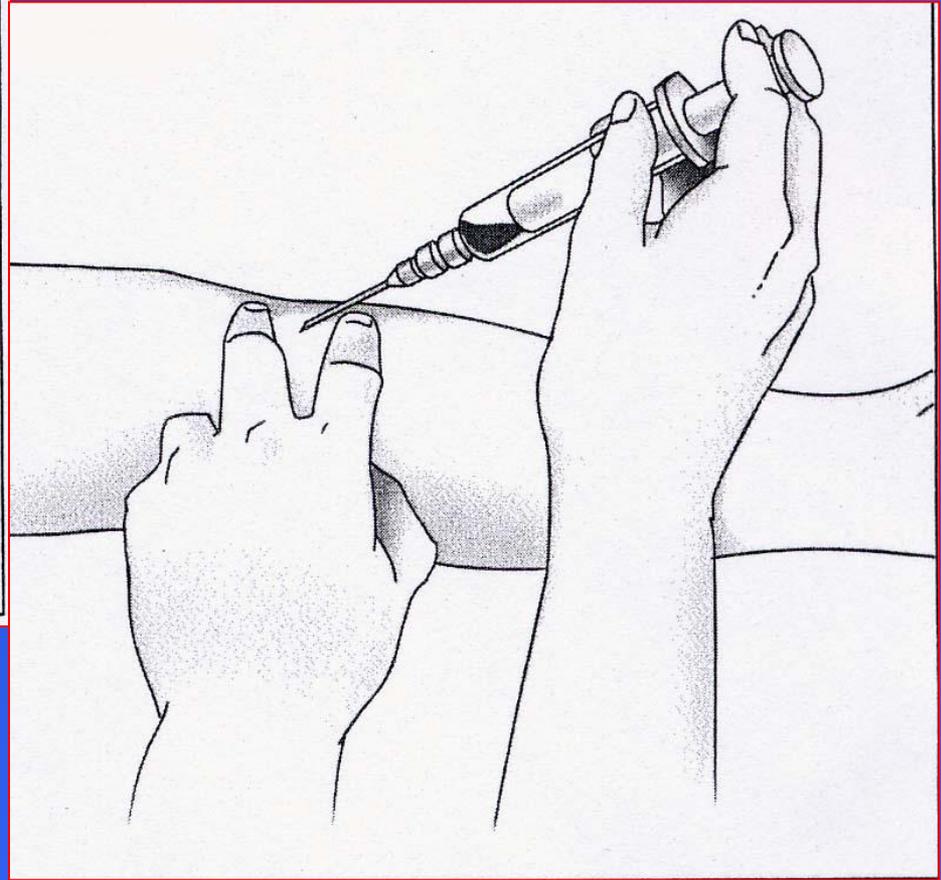
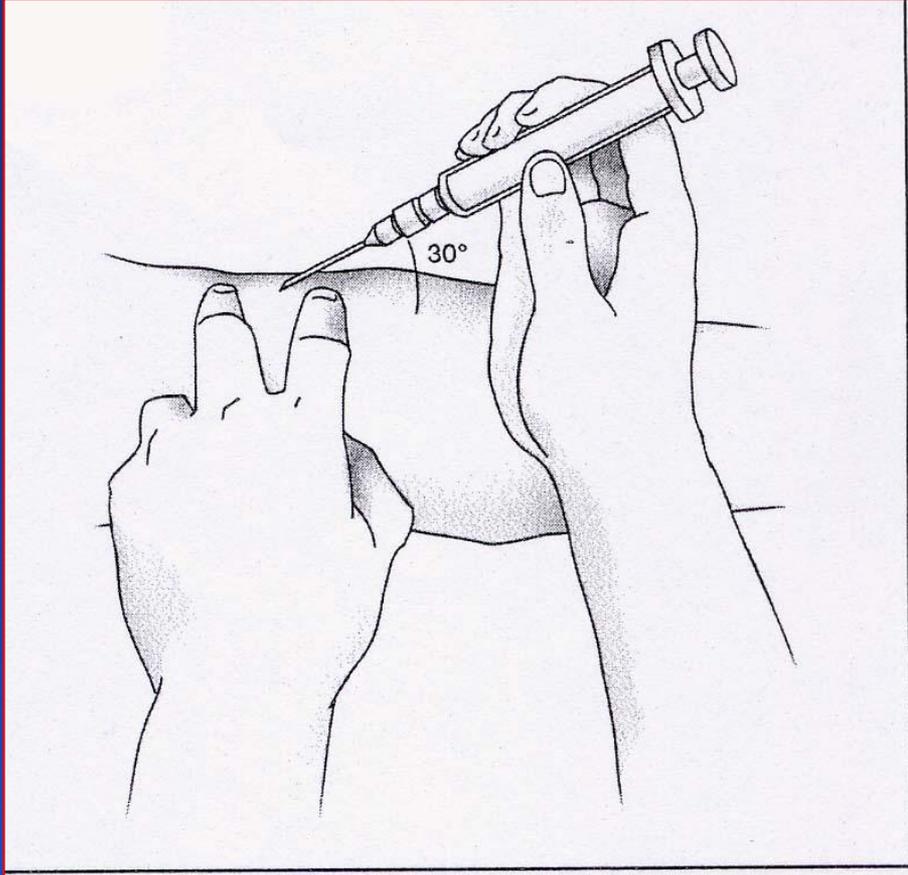
- *disinfezione*

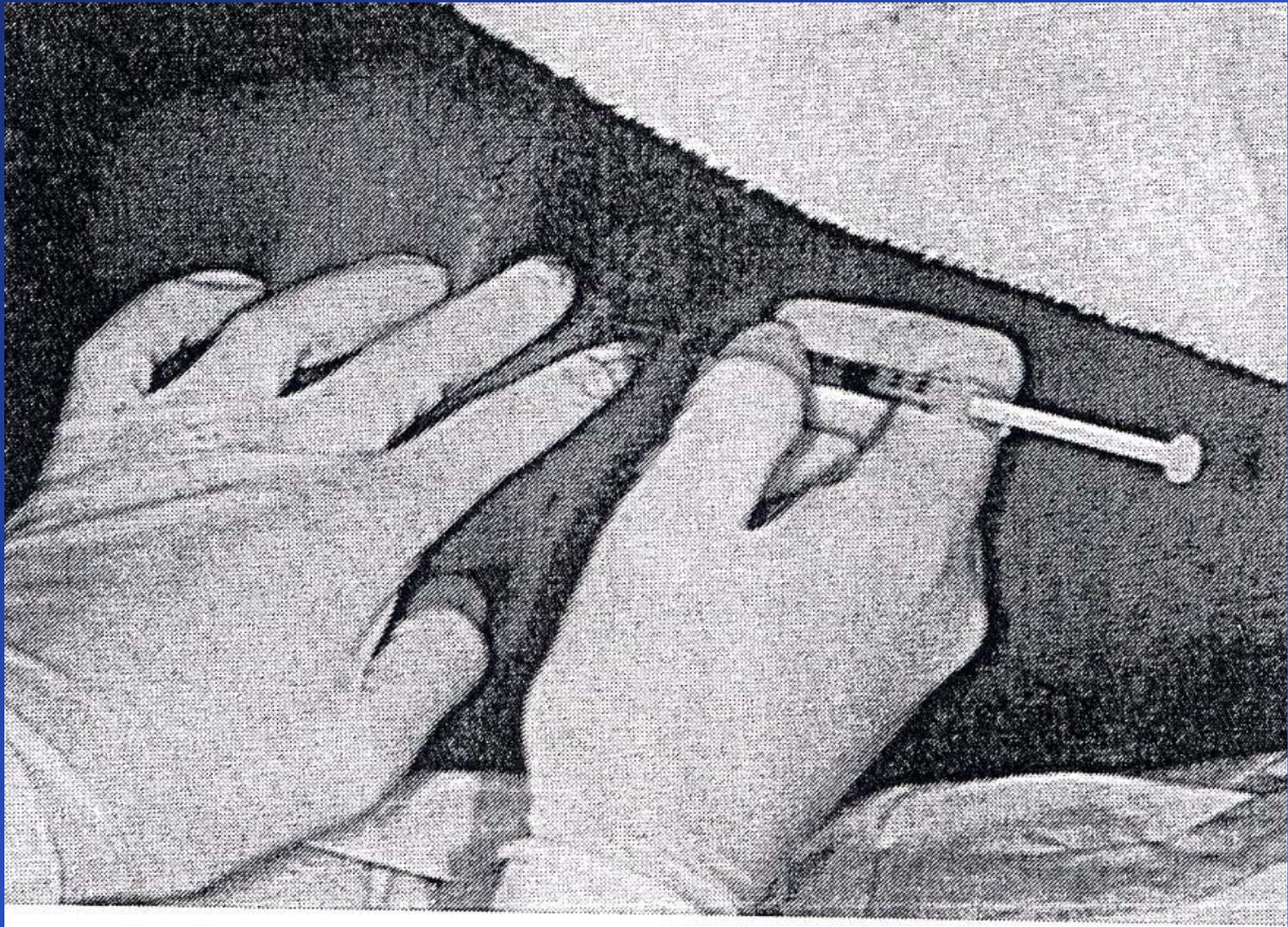
- *Protocollo utilizzo dei disinfettanti e degli antisettici (mag 2005): <http://inospfe.it/intranet/> → strumenti → accreditamento → istruzioni operative*

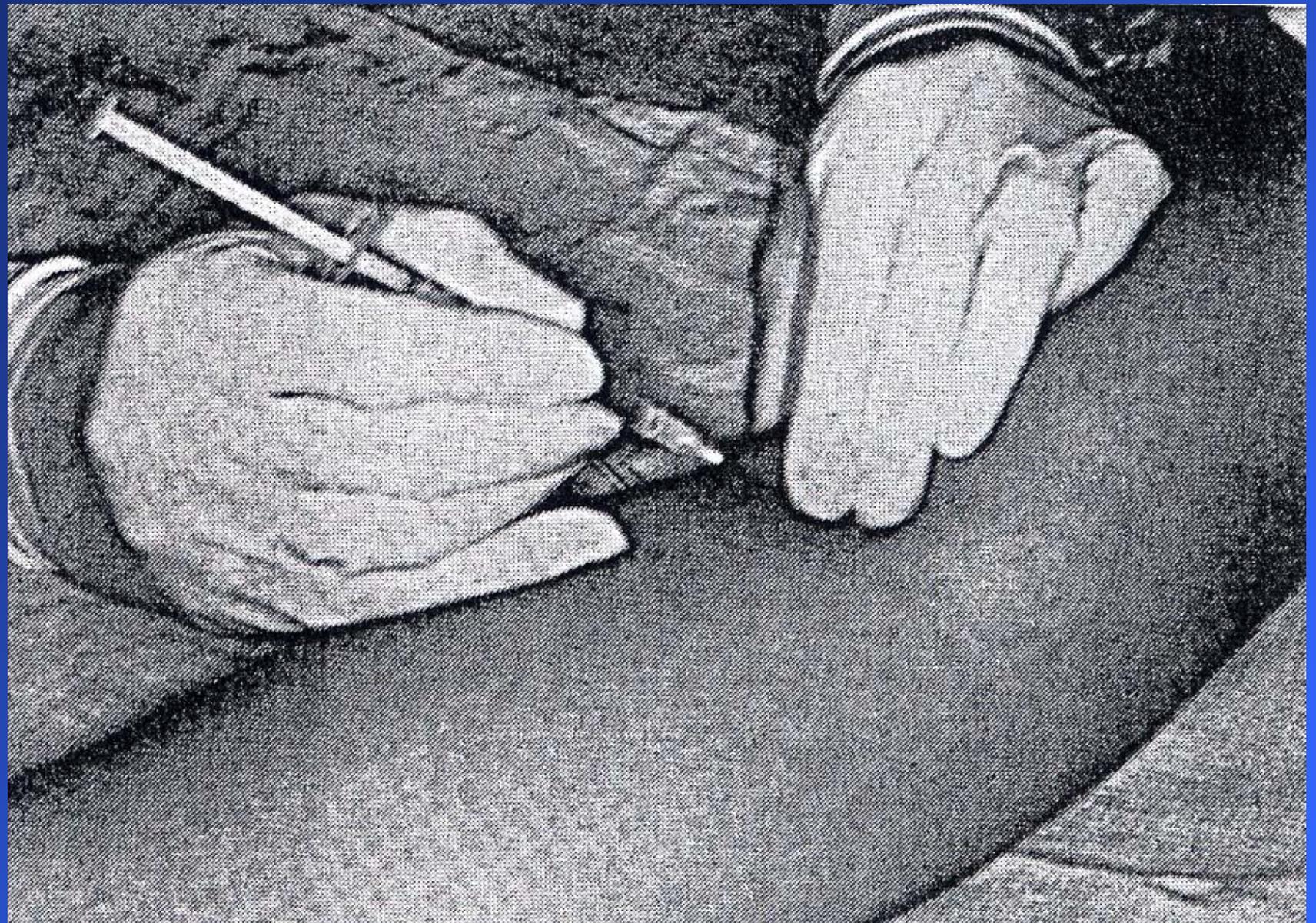
- *guanti*

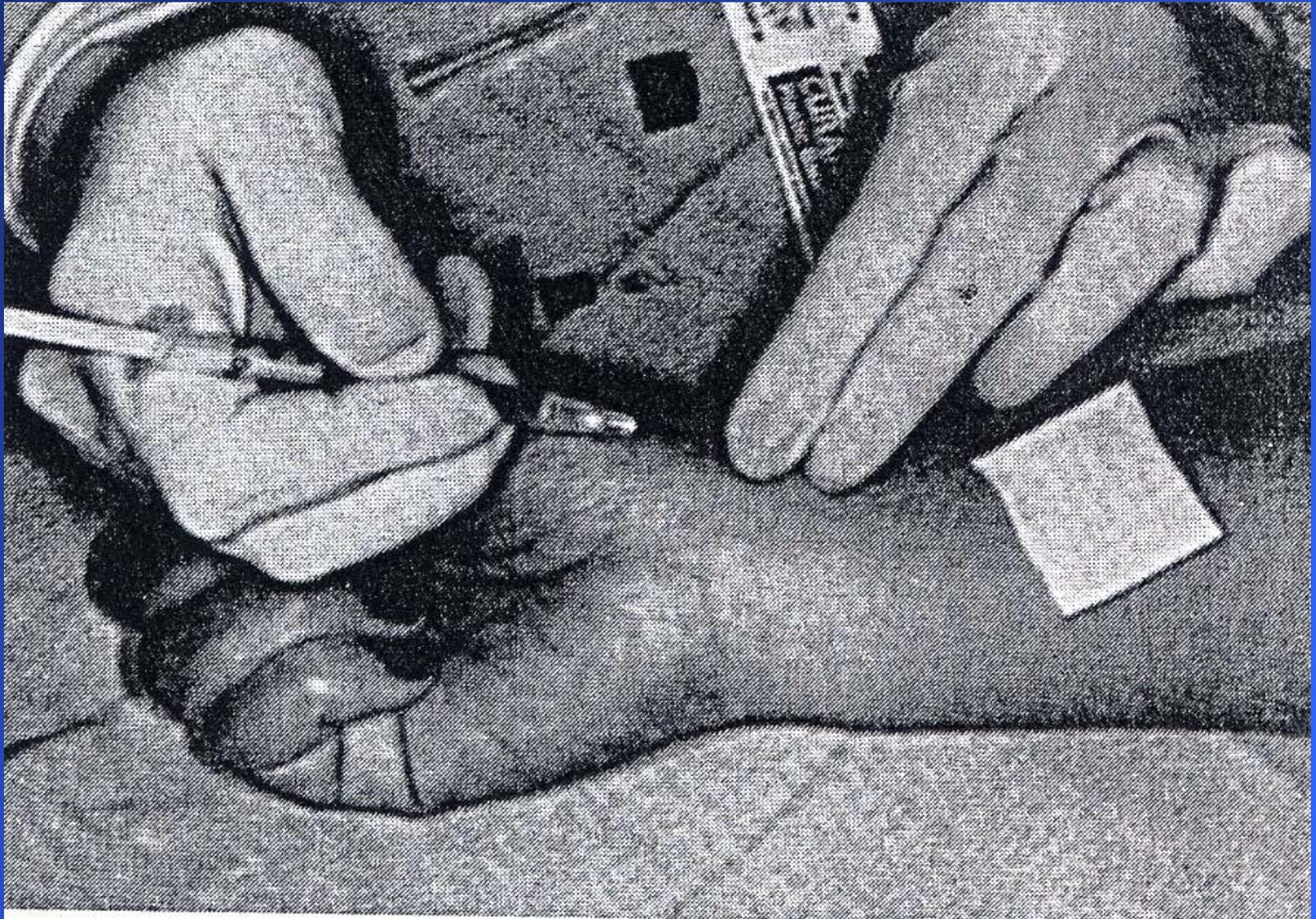
- *(anestesia)*

tecnica della puntura arteriosa e del prelievo





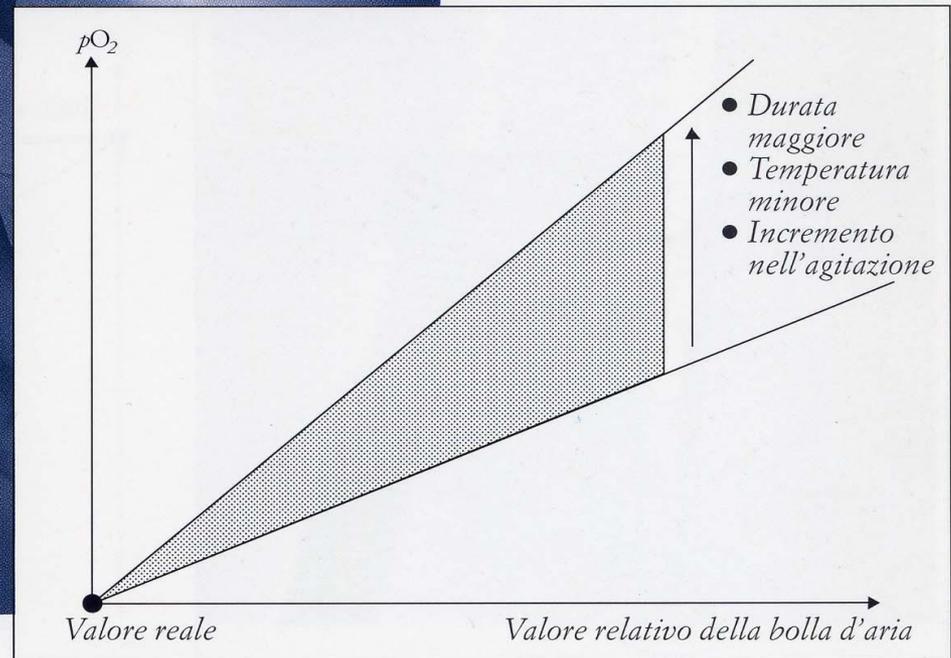
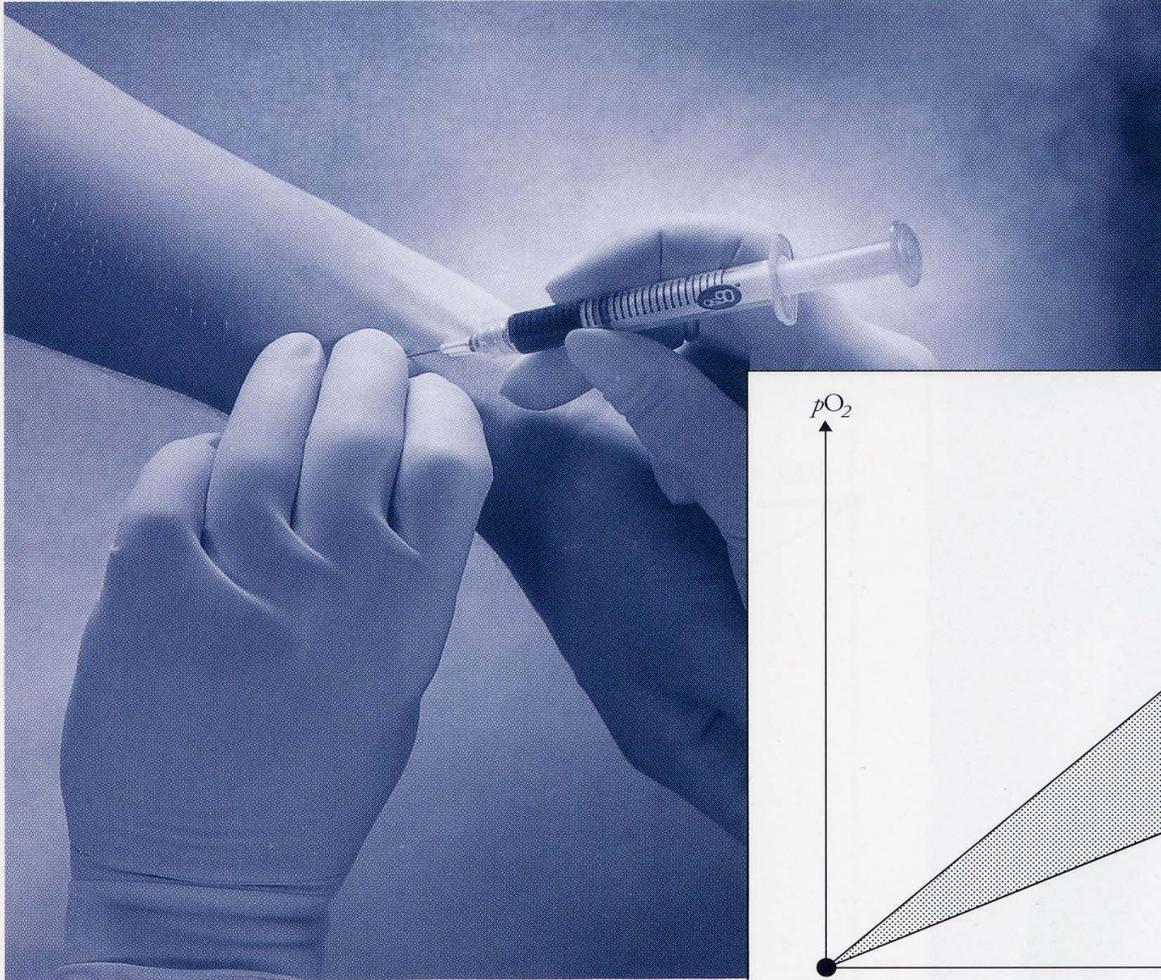




compressione

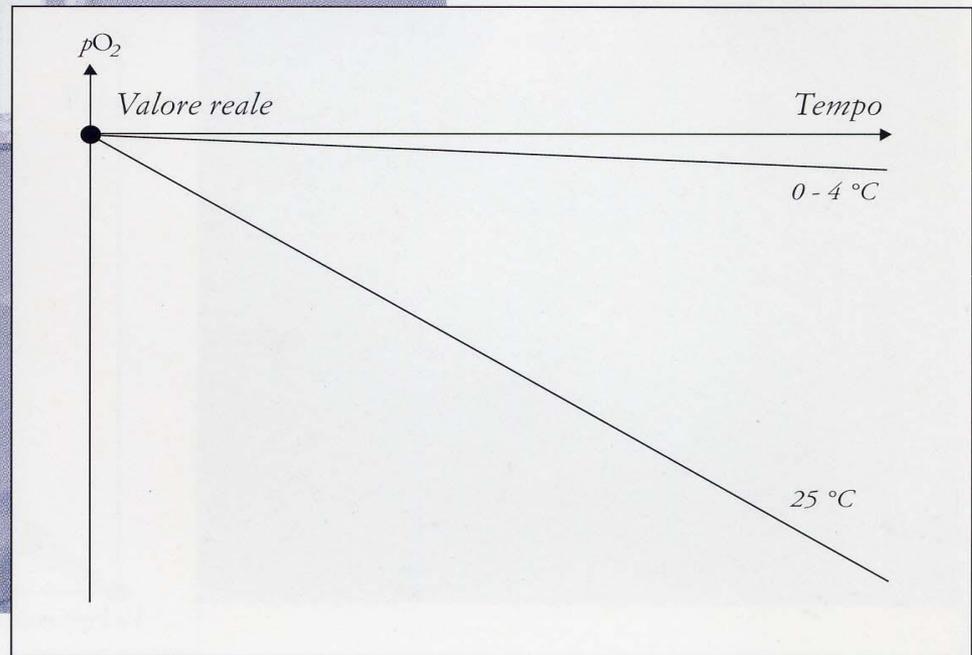
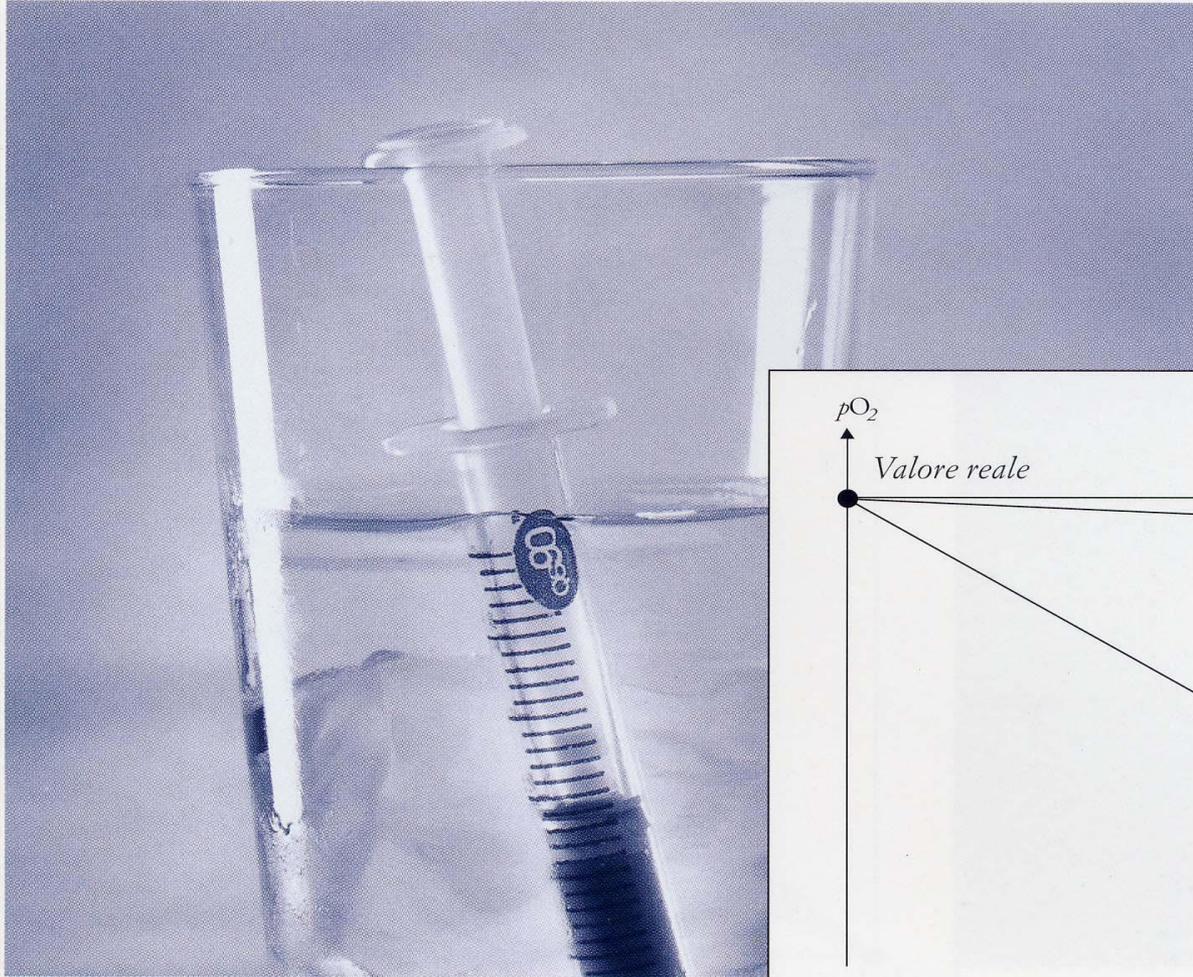
- diretta x 3-5 min
- cerotto

eliminazione delle bolle d'aria



Le bolle d'aria possono influenzare seriamente la pO_2 , anche se sono molto piccole (l'1% del volume del campione). Ciò dipende da molteplici fattori, es.: le dimensioni della bolla d'aria in relazione al volume del campione, lo stato iniziale dell'ossigeno del campione e le condizioni di conservazione del campione (durata, temperatura, agitazione).

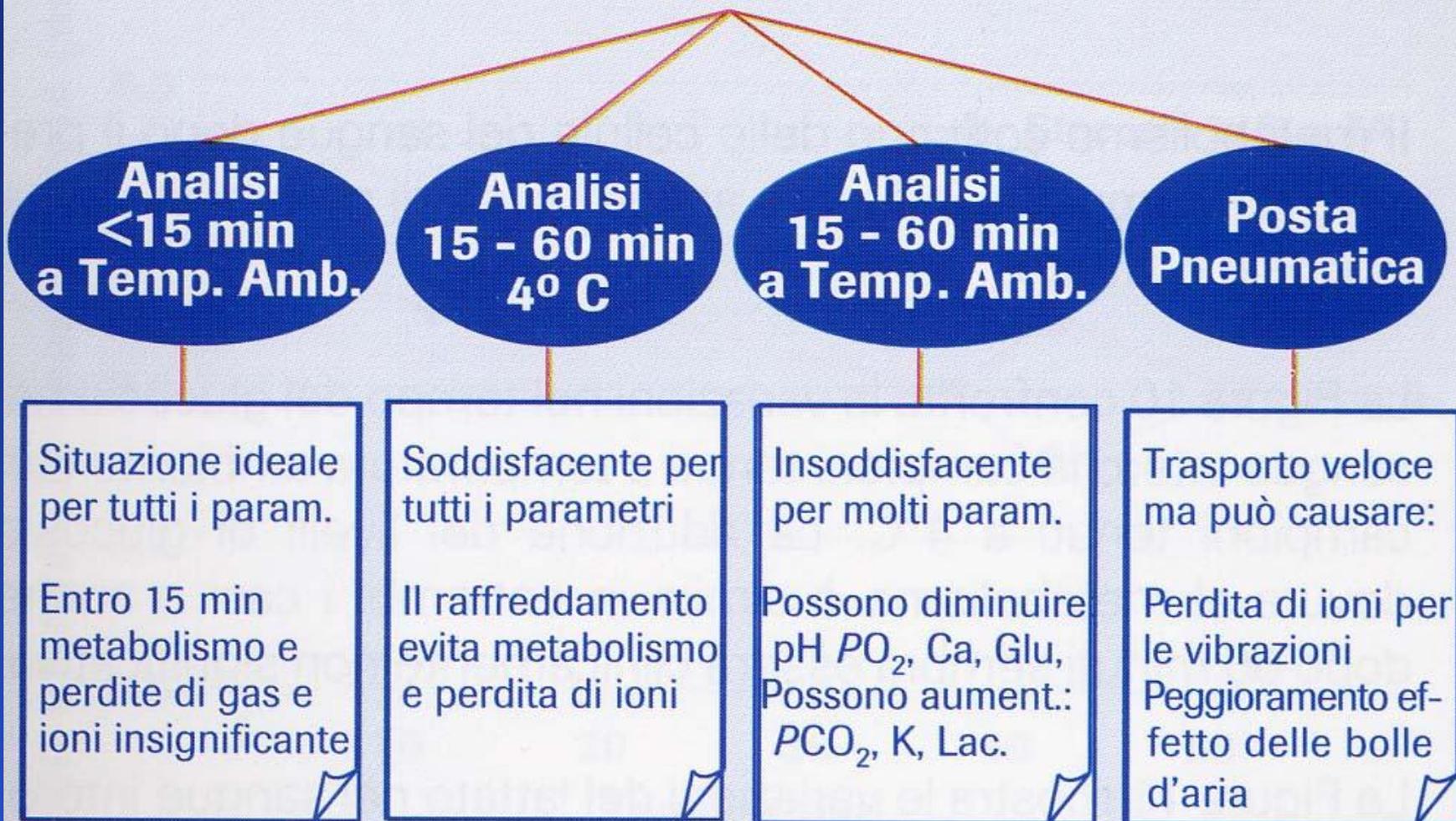
conservazione del campione



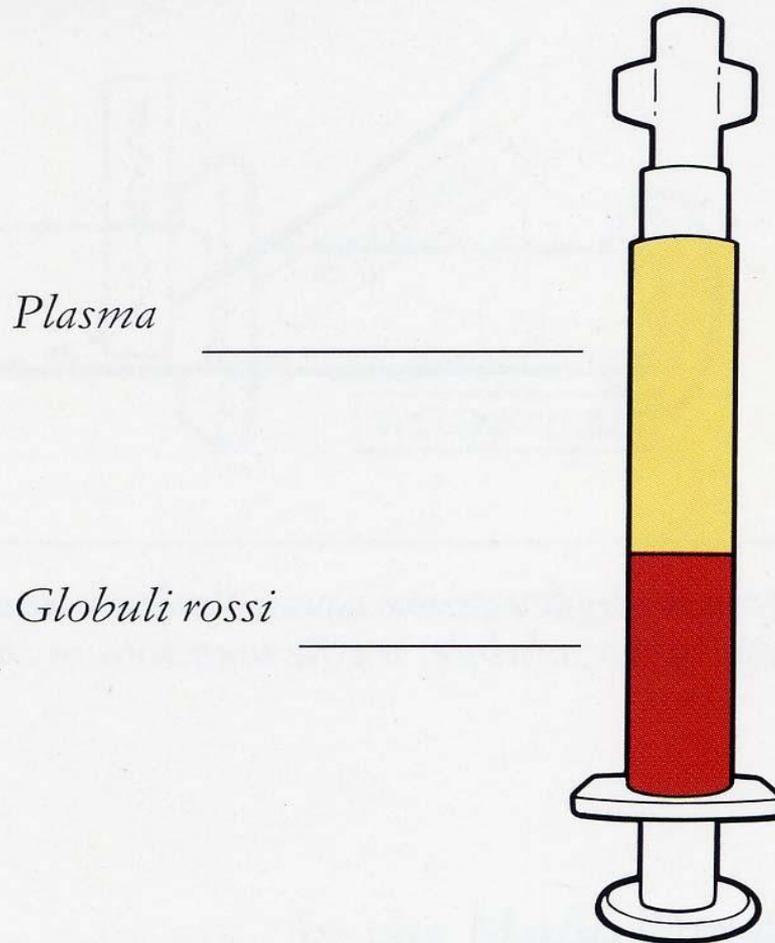
Il metabolismo di un campione di sangue causa una caduta dei valori di pO_2 . Le basse temperature, necessarie per la conservazione, rallentano il metabolismo.

Durante la

Trattamento e Trasporto del Campione



miscelazione del campione



Dopo alcuni minuti i globuli rossi si depositano e quindi all'interno del campione si verifica una separazione. E' quindi obbligatorio miscelare il campione prima di introdurlo nell'analizzatore.

Immediatamente Prima dell'Analisi

**Inserire
ID Paziente e
Campione**

**Inserire i da-
ti su paziente
e campione
nello stru-
mento/LIS**

**Eliminare
Aria e
Coaguli**

**Eliminare
bolle d'aria
Eliminare
coaguli dal-
l'attacco
della siringa**

**Miscelare
Campione**

**Miscelare
campione
per renderlo
omogeneo
per Hb, Hct
ed Na**

**Iniettare
Lentamente**

**Evitare pres-
sione d'inie-
zione ecces-
siva o errori
per PO_2 e K**

Sintesi dell'Assicurazione Qualità Pre-Analitica

Esecuzione dell'Analisi

Richiesta di Analisi



complicanze (1)

- **ematoma**

- utilizzare aghi di calibro adeguato
- effettuare adeguata emostasi
- posizionare ghiaccio
- informare-educare il paziente

- **emorragia** (se anticoagulato o alterazione piastrinica)

- emostasi per 10 min o più (verificare circolazione)
- posizionare ghiaccio
- informare-educare il paziente

complicanze (2)

- **neuropatia**
 - utilizzare aghi di calibro adeguato
 - effettuare adeguata emostasi - posizionare ghiaccio
- **intorpidimento della mano**
 - tecnica corretta (non ridirigere più volte l'ago, una volta penetrata la cute; evitare tentativi multipli)
- **spasmi arteriosi** (da problemi circolatori o tentativi multipli)
 - scegliere nuovo sito del prelievo

complicanze (3)

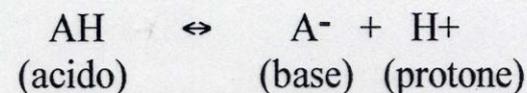
- **trombosi**
 - utilizzare aghi di calibro adeguato
 - non “intestardirsi”
- **ischemia**
 - effettuare test di Allen
- **infezione**
 - effettuare la procedura con tecnica asettica

Equilibrio acido-base Emogasanalisi (1)

- Il mantenimento delle funzioni cellulari dipende dal metabolismo cellulare (processi biochimici ed enzimatici). I processi metabolici richiedono un ambiente rigidamente regolato. Perché la cellula mantenga le sue normali funzioni metaboliche, molti fattori come la temperatura, l'osmolarità, gli elettroliti, i substrati nutritivi e l'ossigeno devono essere mantenuti entro limiti strettamente determinati. *Uno dei fattori più importanti nel mantenimento dell'ambiente cellulare è costituito dal numero di ioni idrogeno liberi (protoni) in soluzione, cioè dalla concentrazione idrogenionica.*

Quindi per un funzionamento efficiente ed appropriato dei processi enzimatici e biochimici legati al metabolismo intracellulare è necessario che la concentrazione degli idrogenioni si mantenga entro certi limiti molto stretti. Inoltre, per alcune funzioni critiche come i fenomeni elettro-fisiologici del miocardio e del sistema nervoso centrale e per le risposte cellulari alle azioni di composti chimici endogeni ed esogeni (per esempio ormoni e farmaci) occorre un ambiente interno a pH specifico. Deviazioni rilevanti da tali stretti margini sono mal tollerate e possono costituire una minaccia per la vita.

- ACIDO = sostanza che libera idrogenioni (H⁺) nella soluzione in cui è disciolta
BASE = sostanza che accetta idrogenioni dalla soluzione in cui è disciolta



Equilibrio acido-base Emogasanalisi (2)

- Il pH è un sistema comodo per esprimere la concentrazione degli ioni H⁺ in una soluzione:
$$\text{pH} = \frac{1}{[\text{H}^+]}$$

Se la [H⁺] aumenta la soluzione diventa più acida ed il pH diminuisce.

Se la [H⁺] diminuisce la soluzione diventa più basica ed il pH aumenta.

- Poichè l'ambito fisiopatologico in cui può variare il pH del sangue arterioso è molto ristretto (6.80-7.80), devono esistere dei meccanismi omeostatici dell'organismo che hanno il compito di mantenere costante il pH del sangue, del liquido extracellulare (LEC) e del liquido intracellulare (LIC) e di compensare le sue variazioni fisiopatologiche, riportandole nell'ambito della normalità.

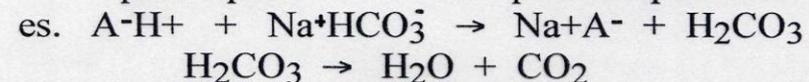
I meccanismi omeostatici devono far fronte ogni giorno alle variazioni fisiologiche dell'equilibrio acido-base rappresentate dalle entrate e uscite di H⁺.

- I principali meccanismi omeostatici sono:
 - polmone (eliminazione CO₂)
 - rene (eliminazione H⁺ e riassorbimento o eliminazione HCO₃⁻)
 - sistemi tampone (soluzione tampone è quella che limita le

variazioni di pH quando ad essa viene aggiunta una base o un acido; si oppone all'aggiunta o alla sottrazione di H⁺ facendo sì che il pH non cambi)

Ogni soluzione tampone è composta da una miscela di un acido debole e della sua base:

- . H₂CO₃ / HCO₃⁻ ac.carbonico/bicarbonati
- . H₂PO₄⁻ / HPO₄²⁻ fosfato acido/fosfato basico
- . Hb / Hb⁻ emoglobina/emoglobinati
- . prot / prot⁻ proteine/proteinati



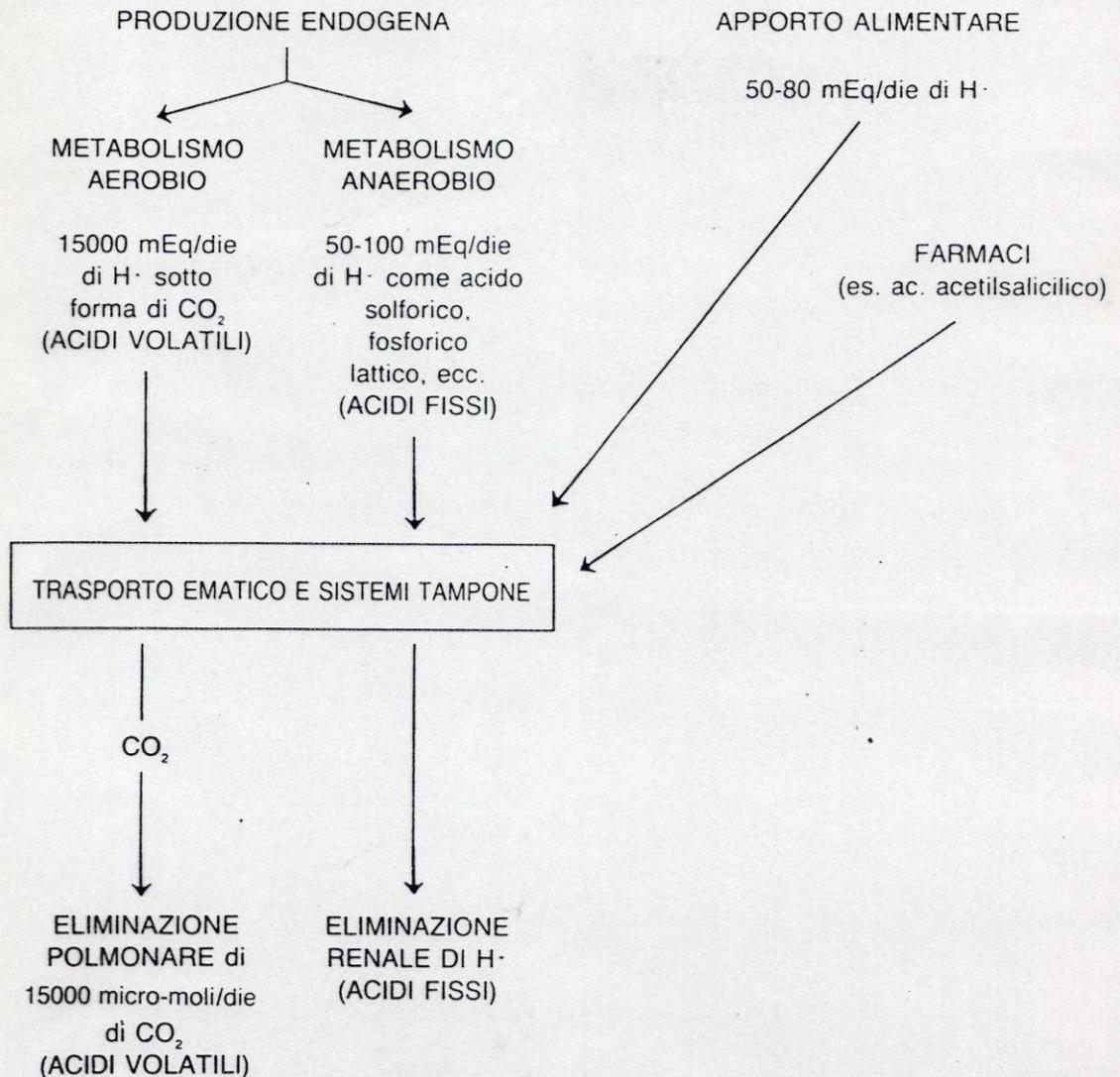
Equilibrio acido-base Emogasanalisi (3)

Se invece:

le Entrate sono \triangleright Uscite si avrà Accumulo di H^+ cioè ACIDOSI (pH \downarrow)

le Entrate sono \triangleleft Uscite si avrà Perdita di H^+ cioè ALCALOSI (pH \uparrow)

Tale bilancio degli ioni H^+ può essere così schematizzato:



Equilibrio acido-base Emogasanalisi (4)

Valori normali dei principali dati emogasanalitici del sangue arterioso e venoso.

	Sangue Arterioso	Sangue Venoso
pH (*)	7.40 (7.35 ÷ 7.45)	7.36 (7.31 ÷ 7.41)
PCO ₂ (*) (pressione parziale di CO ₂ - mmHg)	35 ÷ 45	41 ÷ 51
PO ₂ (*) (pressione parziale di O ₂ - mmHg)	80 ÷ 100	35 ÷ 40
HCO ₃ (bicarbonato - mmol/l)	22 ÷ 26	22 ÷ 26
BE (eccesso di basi - mmol/l)	-2 ÷ +2	-2 ÷ +2
SAT (saturazione dell'emoglobina - %)	95 o più	75 (70 ÷ 75)

(*) Valori misurati dall'apparecchio per emogasanalisi; tutti gli altri sono calcolati.

Tab. 14: Determinazione delle alterazioni dell'equilibrio acido-base mediante i valori di pH, PaCO₂, e BE.

	pH	PaCO ₂	BE
(valori normali)	7.35 ÷ 7.45	35 ÷ 45	-2 ÷ +2
1. Acidosi respiratoria	↓	↑	N
2. Acidosi respiratoria compensata	N	↑	↑
3. Alcalosi respiratoria	↑	↓	N
4. Alcalosi respiratoria compensata	N	↓	↓
5. Acidosi metabolica	↓	N	↓
6. Acidosi metabolica compensata	N	↓	↓
7. Alcalosi metabolica	↑	N	↑
8. Alcalosi metabolica compensata	N	↑	↑
9. Acidosi mista, respiratoria e metabolica	↓	↑	↓
10. Alcalosi mista, respiratoria e metabolica	↑	↓	↑

↑, aumento; ↓, diminuzione; N, normale

Equilibrio acido-base Emogasanalisi (5)

EMOGASANALISI ARTERIOSA

$$\text{pH} \propto \frac{\text{HCO}_3^-}{\text{PaCO}_2} \quad \text{è come se avessimo:} \quad 5 = \frac{10}{2}$$

Acidosi: il pH è inferiore al valore normale

Alcalosi: il pH è superiore al valore normale

- Acidosi metabolica = il pH è inferiore al normale per diminuzione dell' HCO_3^- (es.1-2-3)
Acidosi metabolica compensata = vi è una \downarrow dell' HCO_3^- , ma il pH è solo lievemente inferiore alla norma o normale per la \downarrow della PaCO_2 (es.4)
- Acidosi respiratoria = il pH è inferiore al normale per \uparrow della PaCO_2 (es.5)
Acidosi respiratoria compensata = vi è un \uparrow della PaCO_2 , ma il pH è solo lievemente inferiore al normale o normale per l' \uparrow dell' HCO_3^- (es.6)
- Alcalosi metabolica = il pH è superiore al normale per l' \uparrow dell' HCO_3^- (es.9)
Alcalosi metabolica compensata = vi è un \uparrow dell' HCO_3^- , ma il pH è solo lievemente superiore alla norma o normale per l' \uparrow della PaCO_2
- Alcalosi respiratoria = il pH è superiore al normale per \downarrow della PaCO_2 (es.8)
Alcalosi respiratoria compensata = vi è una \downarrow della PaCO_2 , ma il pH è solo lievemente superiore alla norma o normale per la \downarrow dell' HCO_3^-
- Acidosi mista = il pH è inferiore alla norma per la contemporanea \downarrow dell' HCO_3^- e \uparrow della PaCO_2 (es.7)

Equilibrio acido-base Emogasanalisi (6)

- PaO₂: - > 80 mmHg
 - anziani: sottrarre 1 mmHg dal valore minimo di 80 mmHg per ogni anno di età al di sopra di 60 anni
 - PaO₂ minima prevista: FiO₂ x 5

$$\text{pH} \propto \frac{\text{HCO}_3}{\text{PaCO}_2} \quad \text{v.n.} = \quad \begin{array}{l} \text{pH} \quad 7.40 \pm 3 \\ \text{PaCO}_2 \quad 40 \pm 3 \\ \text{HCO}_3^- \quad 24 \pm 3 \\ \text{BE} \quad 0 \pm 2 \end{array}$$

Acidosi metabolica:

	①	②	③	④
pH	7.15	7.25	7.20	7.36
PaCO ₂	34	24	30	26
PaO ₂	62	82	40	86
HCO ₃ ⁻	15	12	17	16
BE	-10	-12	-8	-7

Acidosi respiratoria:

	⑤	⑥
pH	7.22	7.36
PaCO ₂	60	58
PaO ₂	53	50
HCO ₃ ⁻	27	36
BE	+3	+10

Acidosi mista:

	⑦
pH	7.10
PaCO ₂	64
PaO ₂	36
HCO ₃ ⁻	20
BE	-5

Alcalosi respiratoria:

	⑧
pH	7.58
PaCO ₂	23
PaO ₂	48
HCO ₃ ⁻	21
BE	+1

Alcal. metabolica:

	⑨
pH	7.58
PaCO ₂	45
PaO ₂	50
HCO ₃ ⁻	40
BE	+15

Anticoagulanti – Quali?



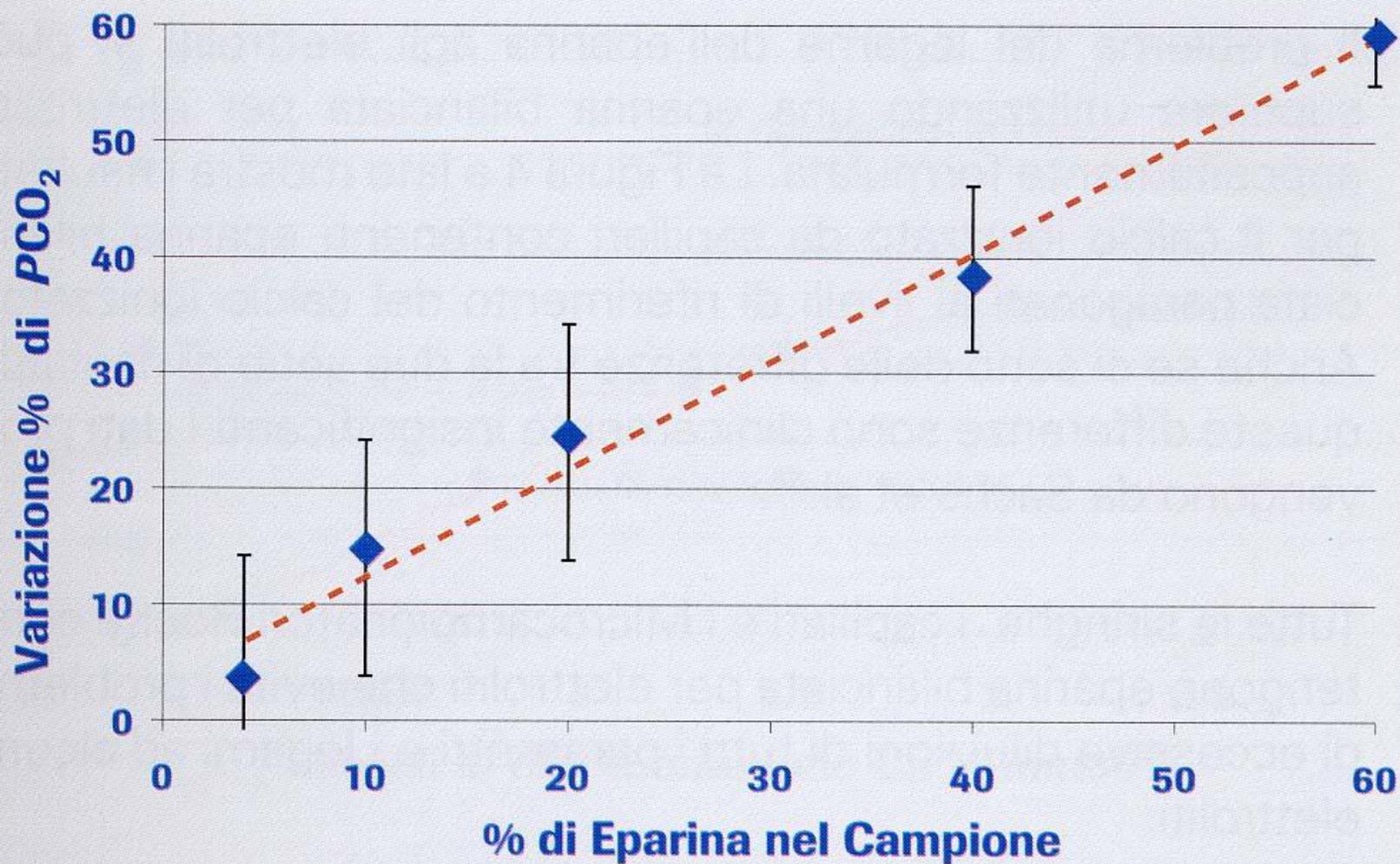


Figura 2. Effetti dell'eccesso di eparina sui livelli di PCO_2
Dati di Hutchison et al ⁽⁷⁾ .