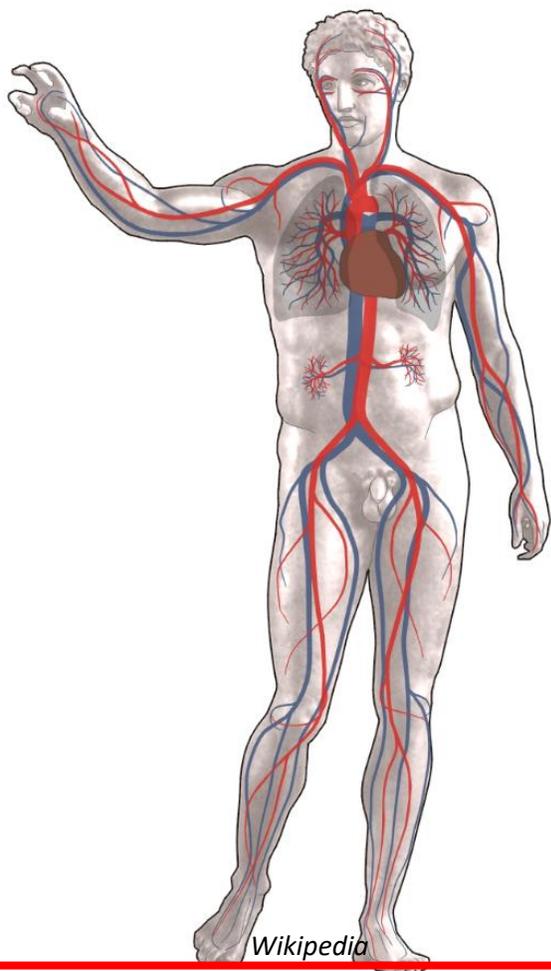


KORLEIS FÅ RIKTIGE ANALYSERESULTAT PÅ BLODGASSANALYSENE?

MARGUNN BYE TØSDAL – MARS 2020
LEGE I SPESIALISERING I MEDISINSK BLOKJEMI
HAUKELAND UNIVERSITETSSJUKEHUS



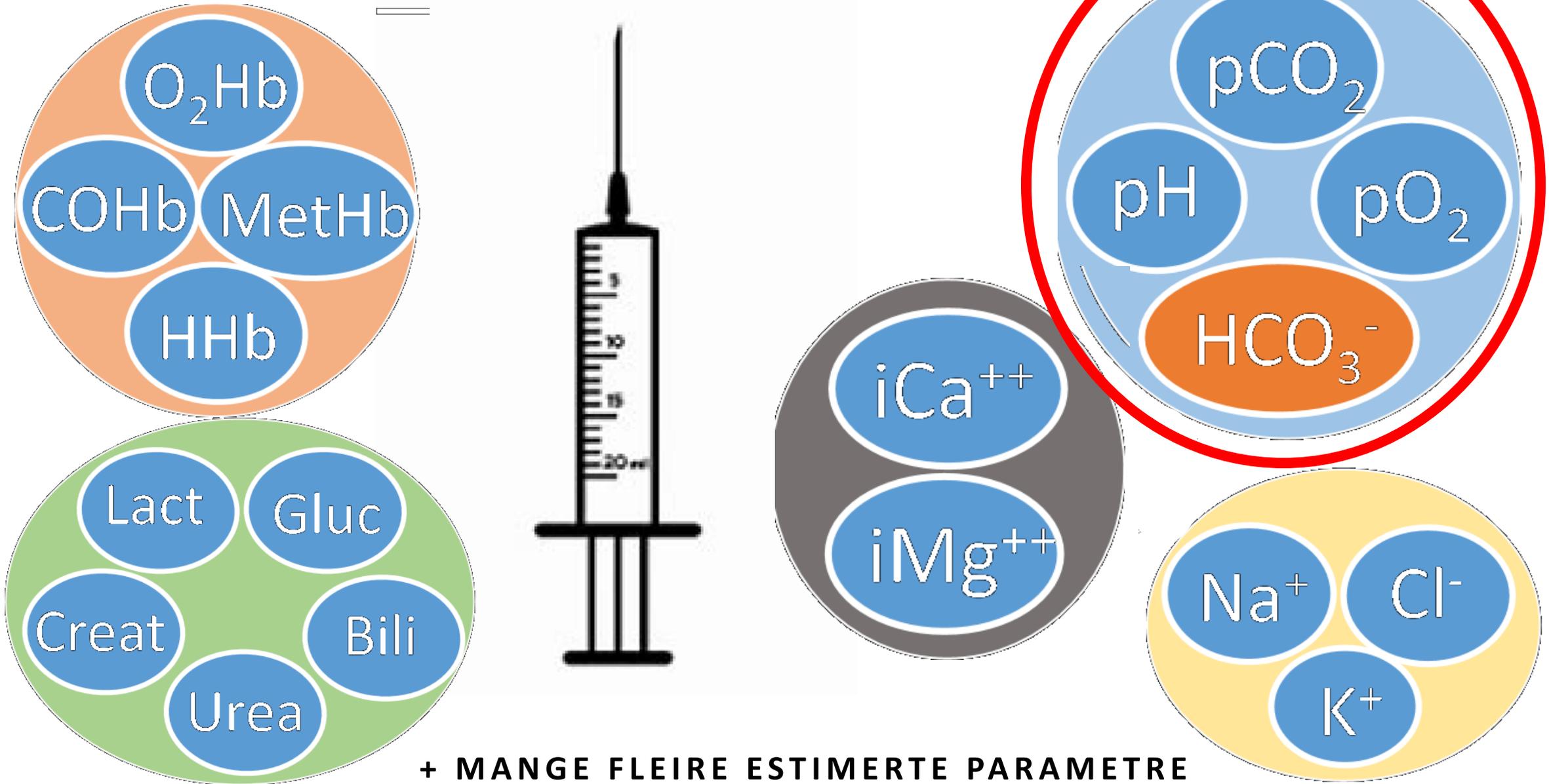
Wikipedia

Blodgassverdier			
pH	7,439		[7,350 - 7,450]
pCO ₂	4,82	kPa	[4,64 - 6,40]
↑ pO ₂	15,3	kPa	[11,1 - 14,4]
Syrebasestatus			
cHCO ₃ ⁻ (P) _c	24,1	mmol/L	
SBE _c	0,4	mmol/L	
Oksimetrivverdier			
ctHb	15,8	g/dL	[12,0 - 17,5]
so ₂	98,2	%	[-]
FO ₂ Hb	97,1	%	[94,0 - 98,0]
FCOHb	0,7	%	[0,0 - 3,0]
FHHb	1,8	%	[-]
FMetHb	0,4	%	[0,2 - 1,5]
Elektrolyttverdier			
cNa ⁺	138	mmol/L	[136 - 146]
cK ⁺	4,1	mmol/L	[3,5 - 5,0]
cCa ²⁺	1,18	mmol/L	[1,15 - 1,29]
cCa ²⁺ (7.4) _c	1,21	mmol/L	
Metabolittverdier			
cGlu	5,6	mmol/L	[3,9 - 5,8]
cLac	0,9	mmol/L	[0,7 - 1,6]
Temperaturkorrigerede verdier			
pH(T)	7,439		
pCO ₂ (T)	4,82	kPa	
pO ₂ (T)	15,3	kPa	
Merknader			
↑	Verdi(er) overfor referanse grense		
c	Bregnede verdi(er)		

Snl.no

Hovudmålet ved preanalytisk kvalitet er å behalde in-vivo verdiane, slik at målte verdier reflekterer pasienten sin syre-base, oksygenerings- og elektrolyttstatus på det tidspunktet prøven var tatt.

BLODGASSINSTRUMENT



+ MANGE FLEIRE ESTIMERTE PARAMETRE

PASIENTFØREBUING ^[1]

- Gullstandard for pH, $p\text{CO}_2$ og $p\text{O}_2$ er arterielt blod ^[5]
- Hyperventilasjon ved smerte/frykt gir
 ↓ $p\text{CO}_2$
 - Roleg og betryggende + lokalanestesi ^[6]
- Stabiliseringsperiode (15) ^[7] 20-30 min etter endra oksygentilførsel/ventilasjonsrate ^[5]



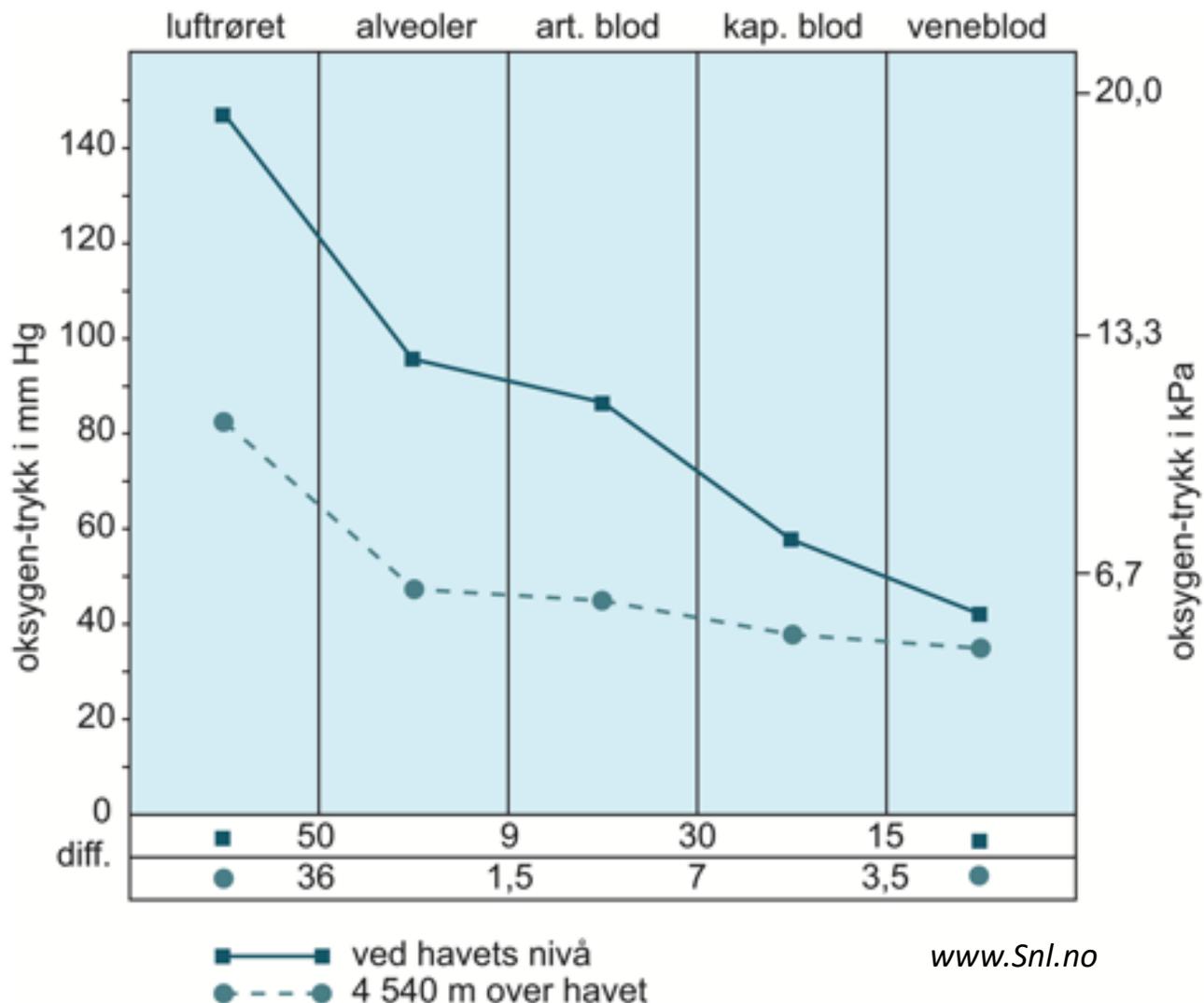
ARTERIETT, VENØST ELLER KAPILLÆRT?

- **Arterielt blod** - gullstandard for måling av pH, pCO_2 og pO_2
 - **Utelukkande** arterielt blod for å vurdere pO_2
 - Arterio-venøs forskjell for pO_2 er stor og variabel [8]
- **Venøst blod** – for syre-base status
 - Arterio-venøs forskjell for pH og pCO_2 er liten og forutsigbar [8]
 - *Venøst blod for pH-måling, men mindre passende for pCO_2* [9]
- **Kapillært blod** - akseptabelt for pH og pCO_2 [10,11]



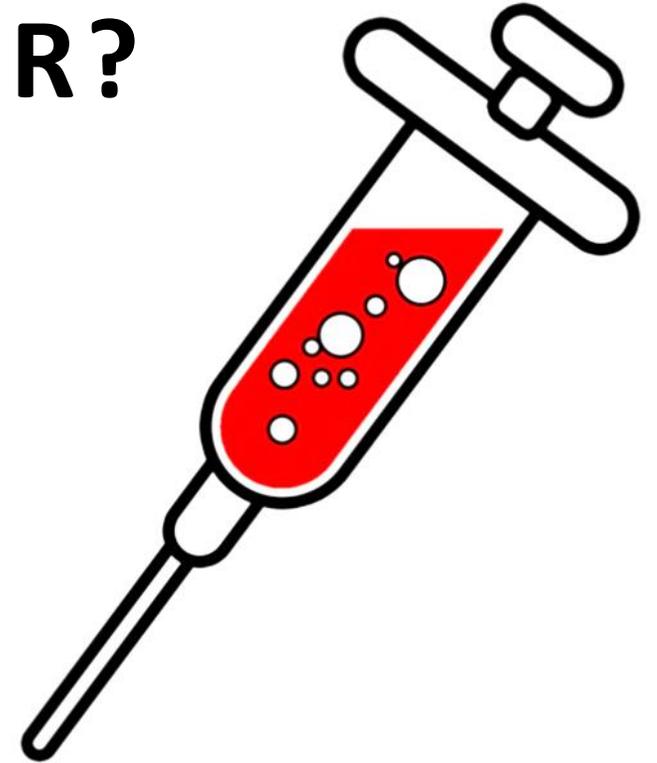
ANAEROB PRØVETAKING

- Blodet må ikkje eksponerast for luft
 - Luftbobler må fjernast umiddelbart etter prøvetaking
 - Aspirer blod rett frå sprøyta til analyseinstrumentet



KORLEIS PÅVERKAR LUFTBOBLER?

- Om prøven blir utsatt for luft:
 - \uparrow pO_2 (fall i pCO_2 og auke i pH)
- Men avhengig av initial pO_2 i prøva;
 - pO_2 \uparrow om initial pO_2 er lågare enn trykket i lufta rundt ($\sim 20\text{kPa}$)
 - pO_2 \downarrow om initial pO_2 er større enn trykket i lufta rundt (om pas. får O_2 -tilskot)
- Endringa blir ikkje så stor for hypoksemiske prøver (initial låg pO_2) som for normoksemiske (initial pO_2 i ref.omr) prøver ^[12]



KORLEIS FJERNER EIN LUFTA?

- Hold sprøyta med tuppen opp
- Sett på korken med filter
- Knips lett
- Press ut i korken til filteret tettes
- Prøven er no tom for luft
- Bland



*Takk til Fredrik Hansen,
Fagansvarlig bioingeniør blodgass
St.Olavs Hospital*

KASUS 1

RADIOMETER ABL90 SERIES

ABL90 KB-LAB I393-090R0854N0007 12:00 30.10.20
PASIENTRAPPORT Sprøyte - S 65uL PRØVE # 2893

Identifikasjoner

Pasient ID 10
Lab. nummer
Etternavn
Fornavn
Prøvemateriale Arterielt
T 37,0 °C

Blodgassverdier

pH 7,350 [7,350 - 7,450]

↑ pCO₂ 6,33 kPa [4,70 - 5,90]

↑ pO₂ 30,8 kPa [11,0 - 14,4]

Syrebasestatus

↑ cHCO₃⁻(P)_c 26,2 mmol/L [22,0 - 26,0]

cBase(Ecf)_c 0,6 mmol/L [-3,0 - 3,0]

Oksimetriverdier

cHb 13,9 * g/dL [11,7 - 17,0]

↑ sO₂ 99,9 % [95,0 - 98,0]

↑ FCOHb 2,1 % [0,0 - 1,5]

FMethb 0,7 % [0,0 - 2,0]

Elektrolyttverdier

cK⁺ 4,1 mmol/L [3,5 - 4,6]

cNa⁺ 142 mmol/L [137 - 145]

cCa²⁺ 1,20 mmol/L [1,18 - 1,32]

cCl⁻ 107 mmol/L [96 - 108]

Metabolittverdier

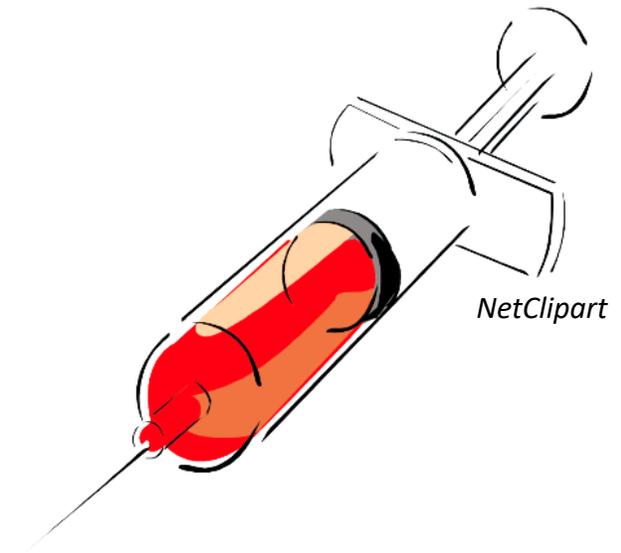
cGlu 4,1 mmol/L [4,0 - 6,3]

↑ cLac 2,2 mmol/L [0,5 - 1,6]

pCO₂: **6,33 kPa**

pO₂: **30,8 kPa**

COHb: **2,1 %**



KASUS 1

KONTROLLPRØVE

RADIOMETER ABL90 SERIES

ABL90 KB-LAB I393-090R0854N0007 11:48 30.10.2018
PASIENTRAPPORT Sprøyte - S 65uL PRØVE # 28927

Identifikasjoner

Pasient ID 1
Lab. nummer
Etternavn
Fornavn
Prøvemateriale Arterielt
T 37,0 °C

Blodgassverdier

↓ pH 7,264 [7,350 - 7,450]
↑ pCO₂ 8,47 kPa [4,70 - 5,90]
↓ pO₂ 9,72 kPa [11,0 - 14,4]

Syrebasestatus

↑ cHCO₃⁻(P)_c 28,7 mmol/L [22,0 - 26,0]
cBase(Ecf)_c 1,7 mmol/L [-3,0 - 3,0]

Oksimetri verdier

cHb 13,9 * g/dL [11,7 - 17,0]
↓ sO₂ 92,7 % [95,0 - 98,0]
↑ FCOHb 2,4 % [0,0 - 1,5]
FMetHb 0,6 % [0,0 - 2,0]

Elektrolyttverdier

cK⁺ 4,1 mmol/L [3,5 - 4,6]
cNa⁺ 142 mmol/L [137 - 145]
cCa²⁺ 1,24 mmol/L [1,18 - 1,32]
cCl⁻ 105 mmol/L [96 - 108]

Metabolittverdier

cGlu 4,1 mmol/L [4,0 - 6,3]
↑ cLac 2,1 mmol/L [0,5 - 1,5]

RADIOMETER ABL90 SERIES

ABL90 KB-LAB I393-090R0854N0007 12:00 30.10.2018
 PASIENTRAPPORT Sprøyte - S 65uL PRØVE # 2893

Identifikasjoner

Pasient ID 10
 Lab. nummer
 Etternavn
 Fornavn
 Prøvemateriale Arterielt
 T 37,0 °C

Med luft i prøven

Blodgassverdier

pH 7,350 [7,350 - 7,450]
 ↑ pCO₂ 6,33 kPa [4,70 - 5,90]
 ↑ pO₂ 30,8 kPa [11,0 - 14,4]

Syrebasetstatus

↑ cHCO₃⁻(P)_c 26,2 mmol/L [22,0 - 26,0]
 cBase(Ecf)_c 0,6 mmol/L [-3,0 - 3,0]

Oksimetrivverdier

ctHb 13,9 * g/dL [11,7 - 17,0]
 ↑ sO₂ 99,9 % [95,0 - 98,0]
 ↑ FCOHb 2,1 % [0,0 - 1,5]
 FMetHb 0,7 % [0,0 - 2,0]

Elektrolyttverdier

cK⁺ 4,1 mmol/L [3,5 - 4,6]
 cNa⁺ 142 mmol/L [137 - 145]
 cCa²⁺ 1,20 mmol/L [1,18 - 1,32]
 cCl⁻ 107 mmol/L [96 - 108]

Metabolittverdier

cGlu 4,1 mmol/L [4,0 - 6,3]
 ↑ cLac 2,2 mmol/L [0,5 - 1,6]

RADIOMETER ABL90 SERIES

ABL90 KB-LAB I393-090R0854N0007 11:48 30.10.2018
 PASIENTRAPPORT Sprøyte - S 65uL PRØVE # 28927

Identifikasjoner

Pasient ID 1
 Lab. nummer
 Etternavn
 Fornavn
 Prøvemateriale Arterielt
 T 37,0 °C

korrekt prøvetaking

Blodgassverdier

↓ pH 7,264 [7,350 - 7,450]
 ↑ pCO₂ 8,47 kPa [4,70 - 5,90]
 ↓ pO₂ 9,72 kPa [11,0 - 14,4]

Syrebasetstatus

↑ cHCO₃⁻(P)_c 28,7 mmol/L [22,0 - 26,0]
 cBase(Ecf)_c 1,7 mmol/L [-3,0 - 3,0]

Oksimetrivverdier

ctHb 13,9 * g/dL [11,7 - 17,0]
 ↓ sO₂ 92,7 % [95,0 - 98,0]
 ↑ FCOHb 2,4 % [0,0 - 1,5]
 FMetHb 0,6 % [0,0 - 2,0]

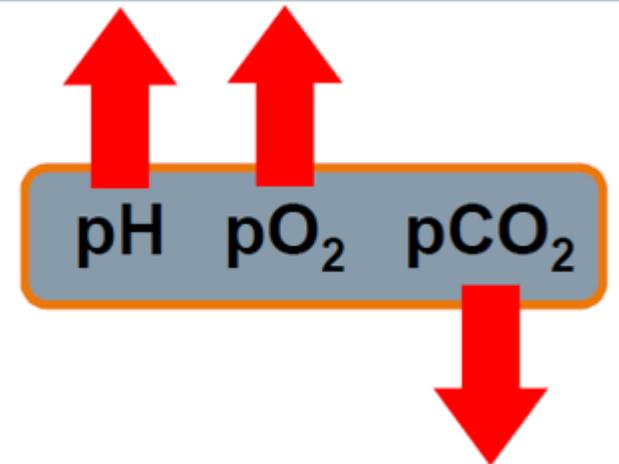
Elektrolyttverdier

cK⁺ 4,1 mmol/L [3,5 - 4,6]
 cNa⁺ 142 mmol/L [137 - 145]
 cCa²⁺ 1,24 mmol/L [1,18 - 1,32]
 cCl⁻ 105 mmol/L [96 - 108]

Metabolittverdier

cGlu 4,1 mmol/L [4,0 - 6,3]
 ↑ cLac 2,1 mmol/L [0,5 - 1,6]

ANALYSERING MED LUFTBOBLE:



Takk til Fredrik Hansen,
 Fagansvarlig bioingeniør blodgass
 St.Olavs Hospital

GLASS- ELLER PLASTSPRØYTE?

- Bevarer **pH** og **pCO₂** like godt
- Men glassprøyter bevarer **pO₂** best ^[13-14]
 - Plast har høgare oksygenpermeabilitet ^[15]
 - O₂ frå lufta rundt kan føre til feilaktig **↑ pO₂**
 - tids- og temperaturavhengig
- Minimer potensielle feil ved å:
 - Oppbevare prøven i romtemperatur
 - Analysere prøva umiddelbart (15-30 min)



ANTIKOAGULASJON

Anbefalt mikse-teknikk: [19]

- Utelukkande Heparin [16]
- Tørka (lyofilisert) elektrolytt-balansert
 - Heparin væske-løysing gir risiko for fortynning, som kan gje falskt låg $p\text{CO}_2$ [17,18]
- **Inadekvat antikoagulasjon pga inadekvat miksing er den vanlegaste årsaken til avvising av blodgassprøver** [20]
- Rask og jevn distribusjon i heile prøven, men obs: for valdsam miksing kan gje hemolyse

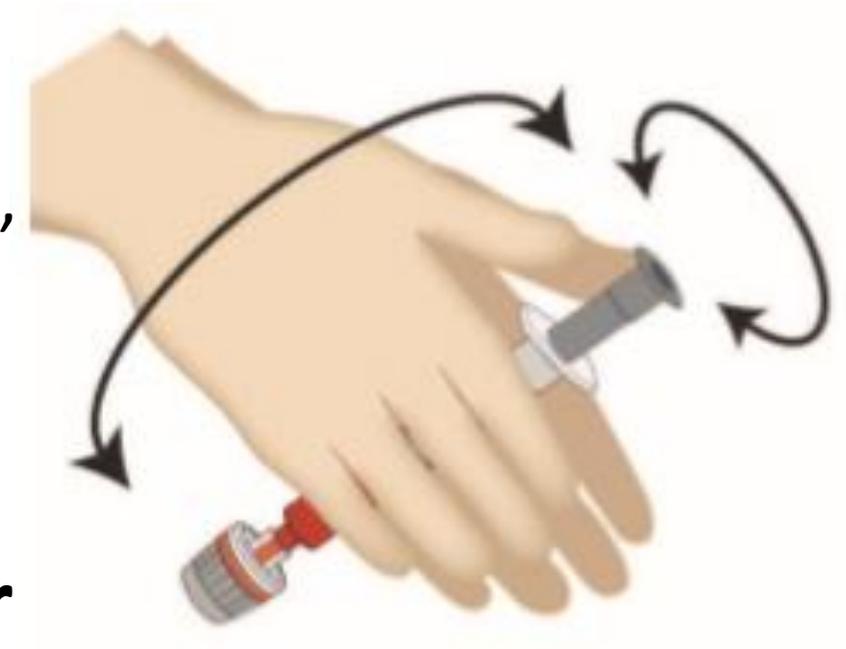
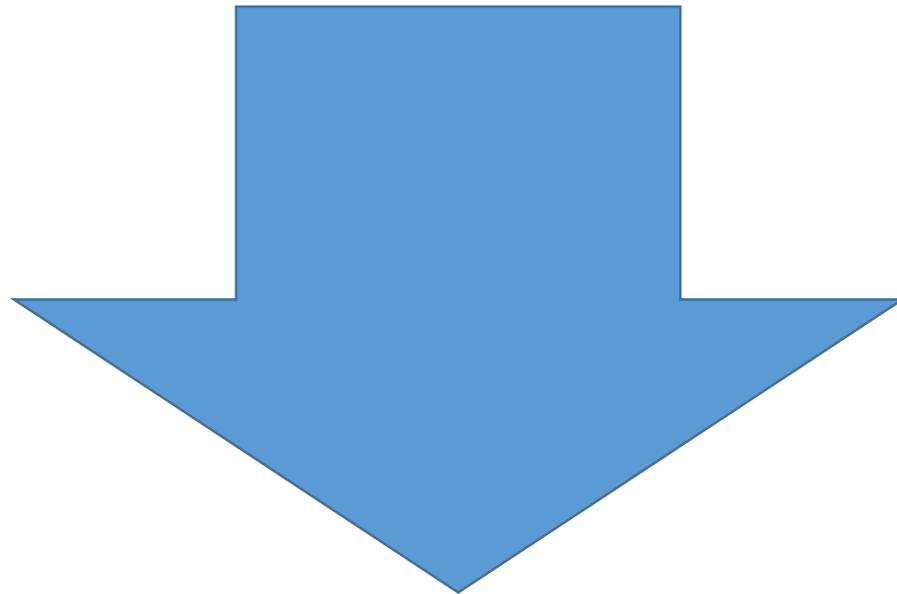


Figure 3. Mixing of the arterial blood sample (source: Wennecke G, Juel G. Avoiding preanalytical errors – in blood gas testing. Radiometer Medical Aps, Brønshøj, Denmark, 2008.)

KOAGEL I PRØVEN?

= PRØVEN ER IKKJE HANDTERT RIKTIG

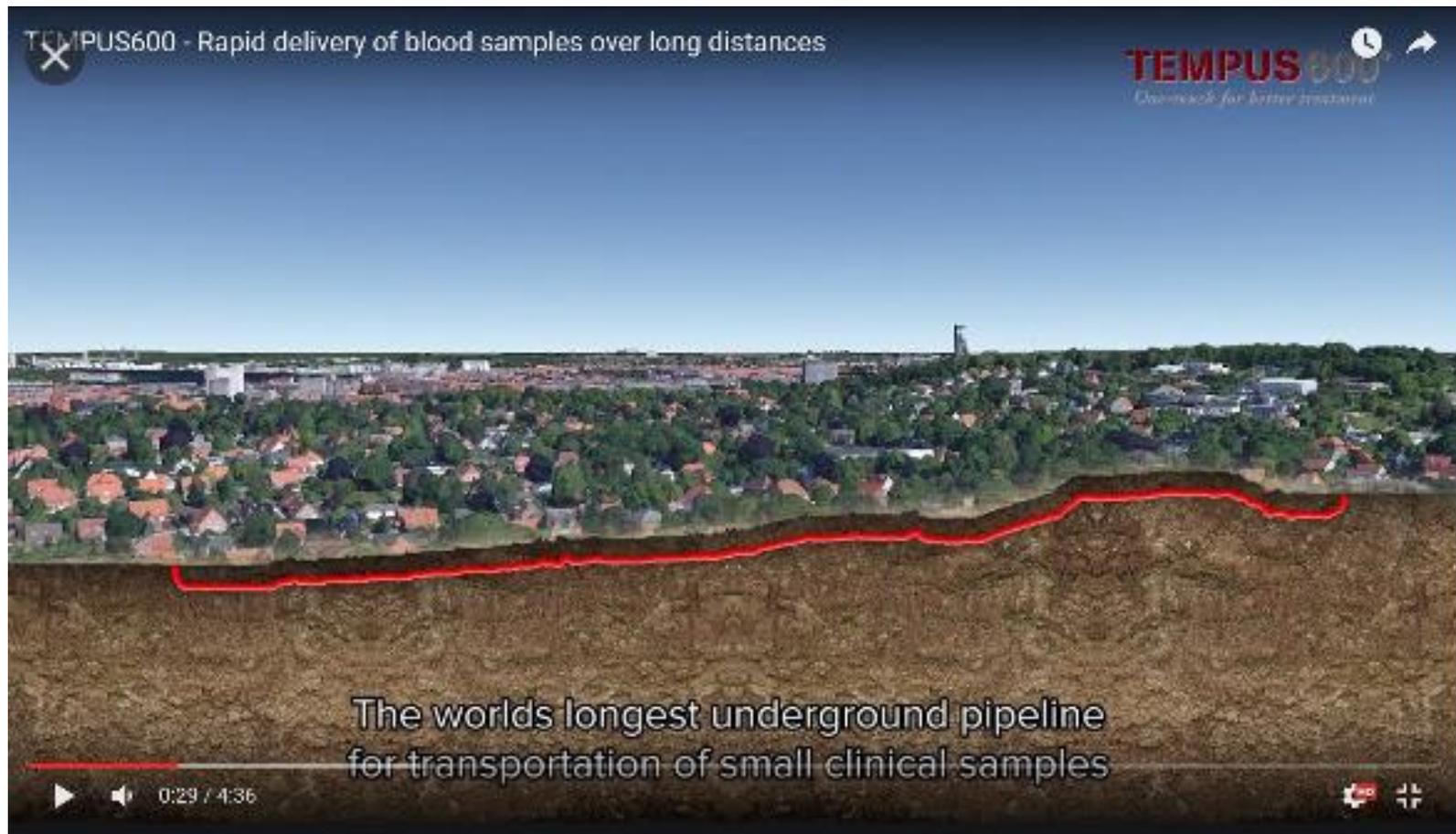


KAST PRØVEN!

PRØVETRANSPORT – EFFEKT AV TID & TEMPERATUR

- In vitro endringar ved kontaminasjon av luft er tidsavhengig
 - Dess lengre transporttid, dess større endringar
- Cellene metaboliserer glukose også etter prøvetaking
 - Forbruk av oksygen - danning av CO₂
 - Enzymmediert prosess er temperaturavhengig
 - Dess lågare temperatur, dess saktare går glykolysen
 - Rasjonalet for å sette sprøyta i isvann
- Men å redusere temperaturen til prøva i plastsprøyte, aukar O₂-permeabiliteten; gir feilaktig  pO₂!
 - Analyser så raskt som mogeleg for at glykolysen skal ha minimal effekt
- Raten av in vitro glykolyse er funksjon av talet metabolsk aktive celler
 - Problem ved myeloproliferative sjukdommar med høge celledetal
 - Falsk  pO₂ om ikkje blodet blir analysert umiddelbart etter prøvetaking

RØR- POST?



Aalborg
1650m
2017

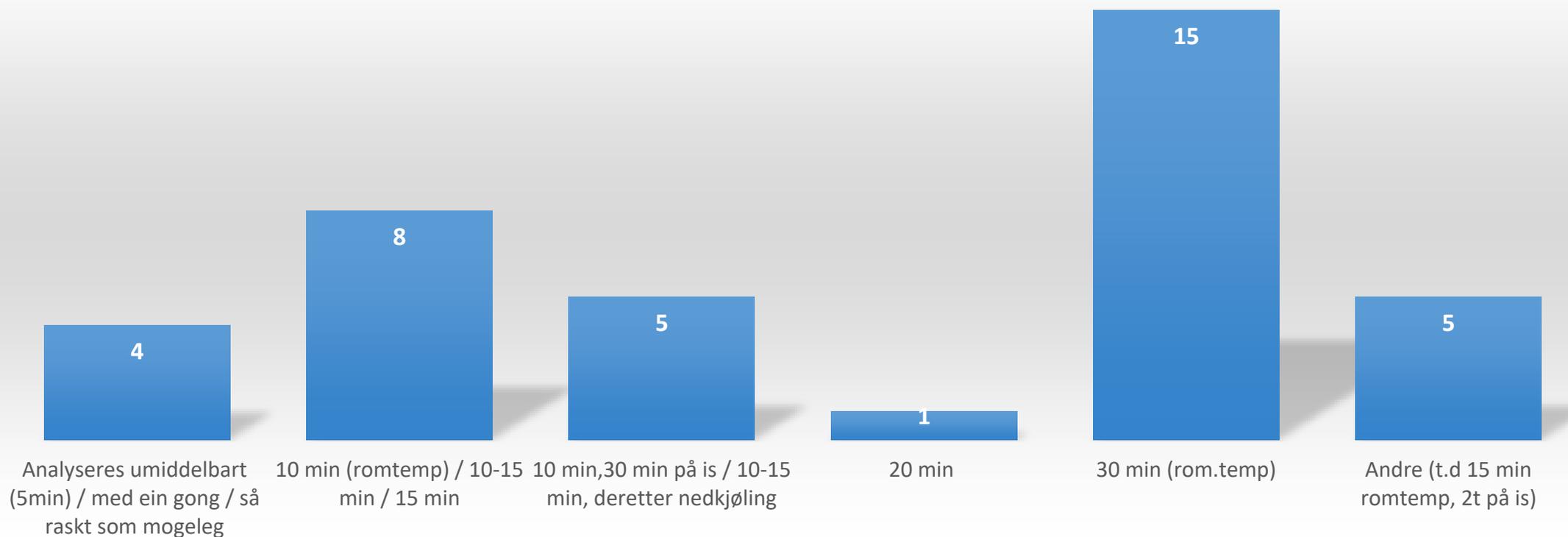
- pH og $p\text{CO}_2$ er uaffiserte, men $p\text{O}_2$ kan bli affisert dersom prøven er kontaminert med berre ein liten mengde luft [22]
- PTS/rørpost amplifiserer effekten av kontaminerande luft på $p\text{O}_2$ [21,12]
- **Det er derfor spesielt viktig å fjerne luftbobler frå arterielle blodprøver dersom dei skal transporterast i PTS**

KONKLUSJON – PO₂, PCO₂, PH

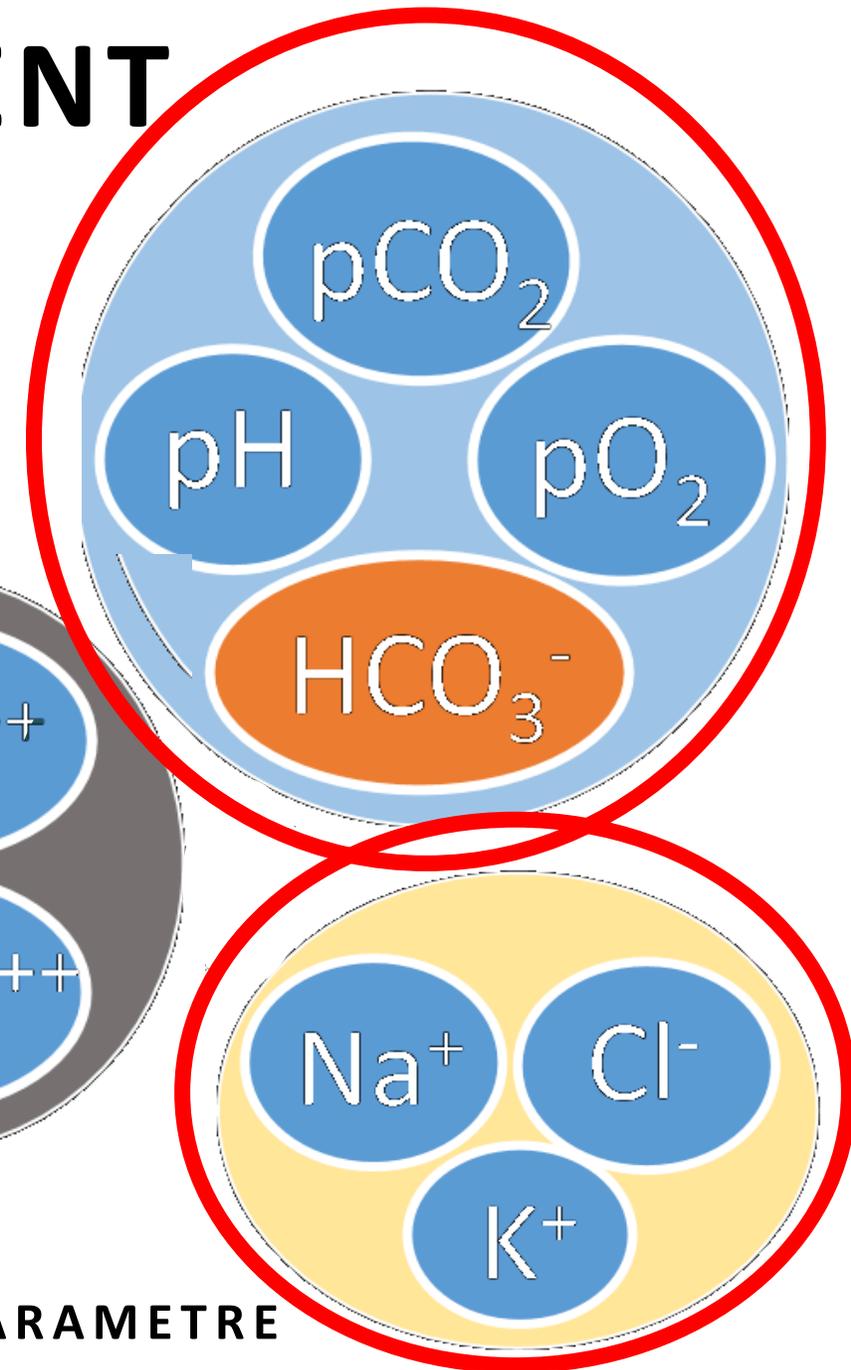
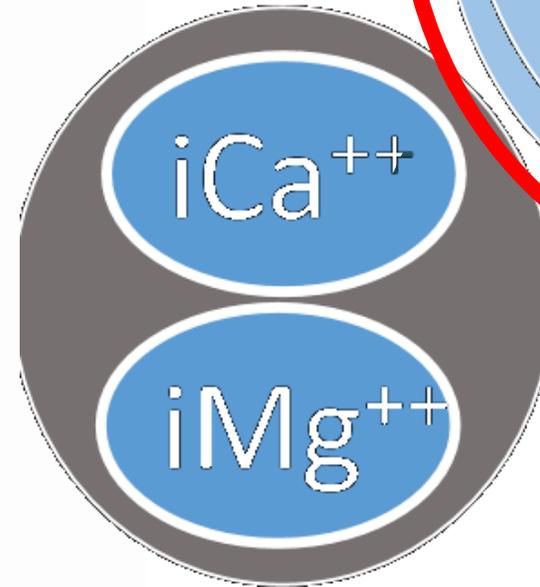
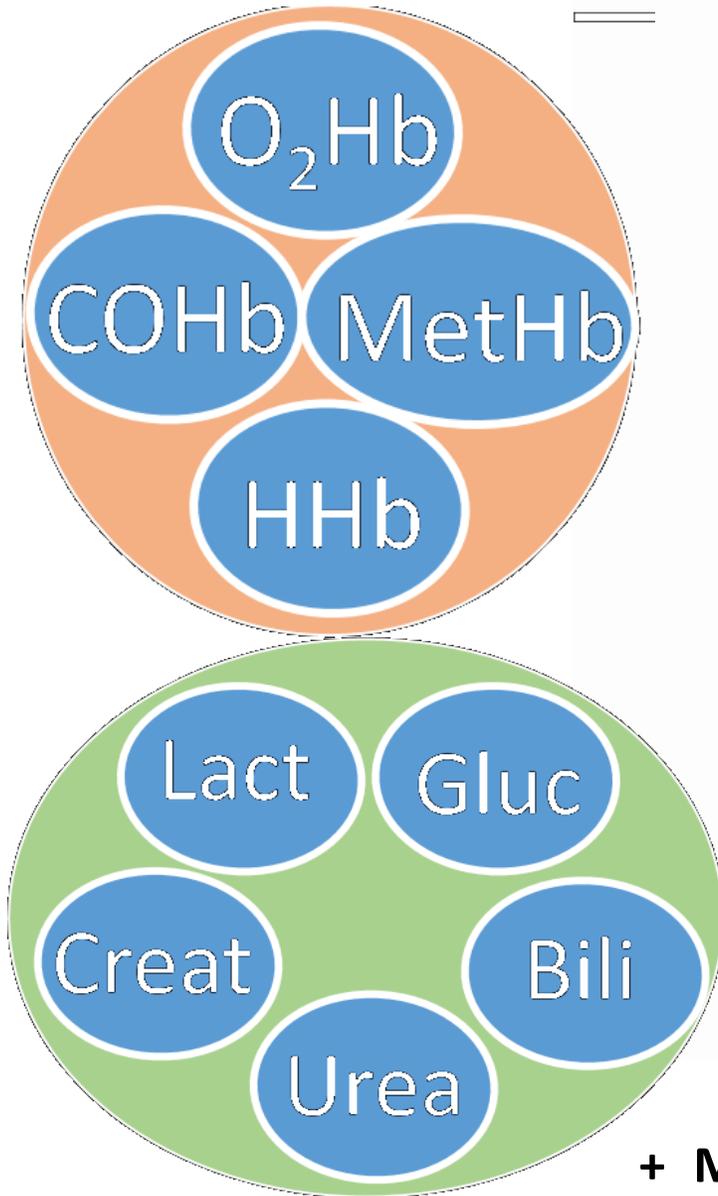
“Blod i plasticsprøyter bør oppbevarast ved romtemperatur og analyserast innan 15 minutter dersom behov for pO₂, elles innan 30 minutter. Dersom blodet ikkje kan analyserast innan 30 minutt, burde glassprøyte nyttast. Prøven bør då plasserast i “iced-water slurry” og analyserast innan 60 minutt.”

KORLEIS GJER NORSKE LABORATORIER DET I DAG?

«Kva haldbarheit har de på blodgassanalysar i arterielle prøver?»



BLODGASSINSTRUMENT



+ MANGE FLEIRE ESTIMERTE PARAMETRE

HOVUDÅRSAKAR TIL PREANALYTISKE FEIL VED MÅLING AV ELEKTROLYTTAR [2]

- Antikoagulantia
- Prøvetaking frå katetere
- Hemolyse
- Lagring
- Fordamping

ANTIKOAGULANTIA

Bruk prehepariniserte sprøyter/rør for elektrolyttmålinger [23]

Andre antikoagulantia (t.d. EDTA) kan endre pH

Heparin sin bindeeffekt

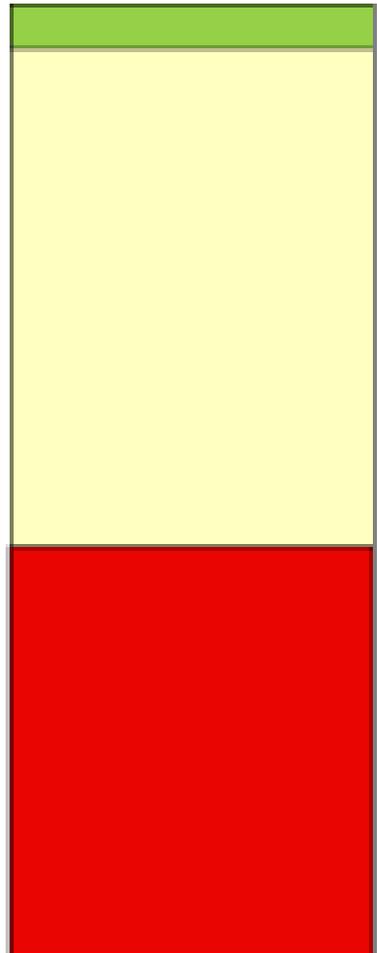
- Heparin dannar kompleks med antitrombin III; inhiberer koagulasjon
- Heparin bind også alle positive ion
- For å eliminere denne effekten på **kalsium, kalium og natrium**, kjem prøvetakingsutstyr med elektrolytt-balansert heparin, som kompensere for bindeeffekten innan normalområdet for elektrolyttane

DØME:

- Ikkje-kompensert heparin kan forårsake feil på cCa^{2+} på 6 %
 - Dersom sann cCa^{2+} er 1.15 mmol/L vil ein verdi som er 0.07 mmol/L for låg rapporterast
 - Dette korresponderer til 50 % av ref.omr. (1.15-1.29 mmol/L) [24]
- Prøver med veldig høg eller veldig låg cCa^{2+} kan bli affisert av ein liten positiv eller negativ bias sjølv med elektrolytt-balansert heparin.
 - Men er signifikant berre dersom sprøyta er mindre enn 1/3 full [25]

FORTYNNING MED HEPARIN I VÆSKEFORM [2]

1mL whole blood sample
(Hct 45%)



liquid heparin
0.05 mL

plasma 0.55 mL

blood cells
0.45 mL

0.60 mL

Dilution 10%

Døme: Tilsetting av 0.05 mL heparin i væskeform til 1 mL fullblodsprøve (Hct 45 %) vil fortynne plasmafase med 10 %. Sidan elektrolytt-parametra er fastsette i plasma, vil konsentrasjonane til desse parametrene reduserast tilsvarande

PRØVETAKING FRÅ KATETER

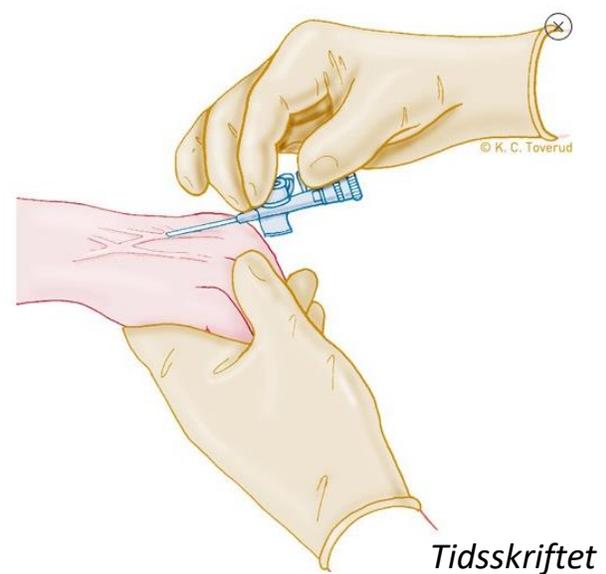
- Obs fortynning eller kontaminasjon av skylingsløsningar
 - Saltvatn (0.9 % NaCl) med eller utan heparin nyttast i alle katetere for å unngå klotting
- Viktig å fjerne tilstrekkeleg væskevolum før prøvetaking for å unngå interferens og fortynning
- Dødvolumet varierer mellom produsentane, men omgrepet dødvolum gjer det mogeleg å gje retningslinjer uavhengig av system.

PERIFERE VENEKATETER

- Nyttast til til IV infusjonar og transfusjonar
- Problem med prøvetaking t.d på *kalium*
 - pga hemolyse (shearing forces), hemodilusjon, eller forrureining av infusjonar som inneheld *kalium* [26]

Døme:

- Ein studie viste at differansen mellom cK^+ i prøver tekne frå perifere kateter etter 3ml væske var kasta, og frå venepunksjon frå andre armen var 0.37 mmol/L. Det tilsvarer ca. 9 % av ref.intervallet for cK^+ (3.5 - 5.0 mmol/L) [26]



Innsetting av venekateter. Illustrasjon © K. Toverud

Tidsskriftet

KASUS 2 : PRØVE TATT FRÅ ARTERIETRYKKSETT

pH	7.386		Na ⁺	139.5	mmol/L
pCO ₂	3.37↓	kPa	K ⁺	2.30↓	mmol/L
pO ₂	12.44	kPa	Ca ⁺⁺	0.87↓	mmol/L
HCO ₃ ^{-act}	14.8	mmol/L	tHb	7.7↓	g/dL
sO ₂	97.3	%	FO ₂ Hb	95.3	%
Glu	4.9	mmol/L	FCOHb	1.5	%
Lac	0.75	mmol/L	FMetHb	0.6	%
			FHHb	2.6	%

Ref.omr. Kalium:
3,5 – 4,4 mmol/L
(Aksjonsgrense <
2,8 mmol/L)

Ref.omr. Kalsium
1,18 – 1,32 mmol/L

*Takk til Fredrik Hansen,
Fagansvarlig bioingeniør blodgass
St.Olavs Hospital*

NY PRØVE SAMTIDIG SOM START KALIUMINFUSJON

pH	7.391		Na ⁺	137.0	mmol/L
pCO ₂	5.21	kPa	K ⁺	5.031	mmol/L
pO ₂	10.701	kPa	Ca ⁺⁺	1.22	mmol/L
HCO ₃ ⁻ act	23.2	mmol/L	tHb	10.71	g/dL
sO ₂	96.0	%	FO ₂ Hb	94.4	%
Glu	7.21	mmol/L	FCOHb	1.4	%
Lac	1.14	mmol/L	FMetHb	0.3	%
			FHHb	3.9	%

Ref.omr. Kalium:

3,5 – 4,4 mmol/L

(Aksjonsgrense < 2,8 mmol/L)

Ref.omr. Kalsium

1,18 – 1,32 mmol/L

*Takk til Fredrik Hansen,
Fagansvarlig bioingeniør blodgass
St.Olavs Hospital*

PRØVE UTAN KASTEVLUM

pH	7.386		Na ⁺	139.5	mmol/L
pCO ₂	3.37↓	kPa	K ⁺	2.30↓	mmol/L
pO ₂	12.44	kPa	Ca ⁺⁺	0.87↓	mmol/L
HCO ₃ ^{-act}	14.8	mmol/L	tHb	7.7↓	g/dL
sO ₂	97.3	%	FO ₂ Hb	95.3	%
Glu	4.9	mmol/L	FCOHb	1.5	%
Lac	0.75	mmol/L	FMetHb	0.6	%
			FHHb	2.6	%

pH	7.391		Na ⁺	137.0	mmol/L
pCO ₂	5.21	kPa	K ⁺	5.03↓	mmol/L
pO ₂	10.70↓	kPa	Ca ⁺⁺	1.22	mmol/L
HCO ₃ ^{-act}	23.2	mmol/L	tHb	10.7↓	g/dL
sO ₂	96.0	%	FO ₂ Hb	94.4	%
Glu	7.2↓	mmol/L	FCOHb	1.4	%
Lac	1.14	mmol/L	FMetHb	0.3	%
			FHHb	3.9	%

PRØVE MED KORREKT KASTEVLUM

HEMOLYSE

- Frisetting av intracellulære komponentar frå øydelagde erythrocyttar til ekstracellulærvæska

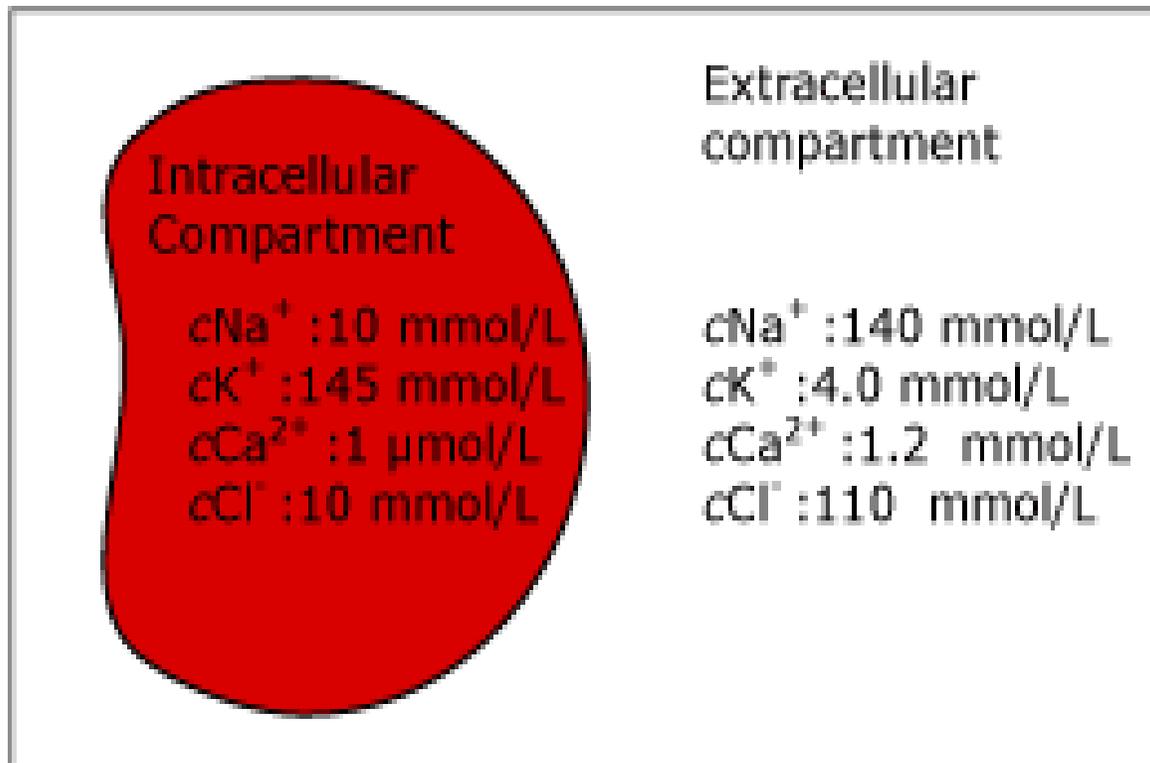


FIG. 2a. Intra- og ekstracellulært.
Før hemolyse.

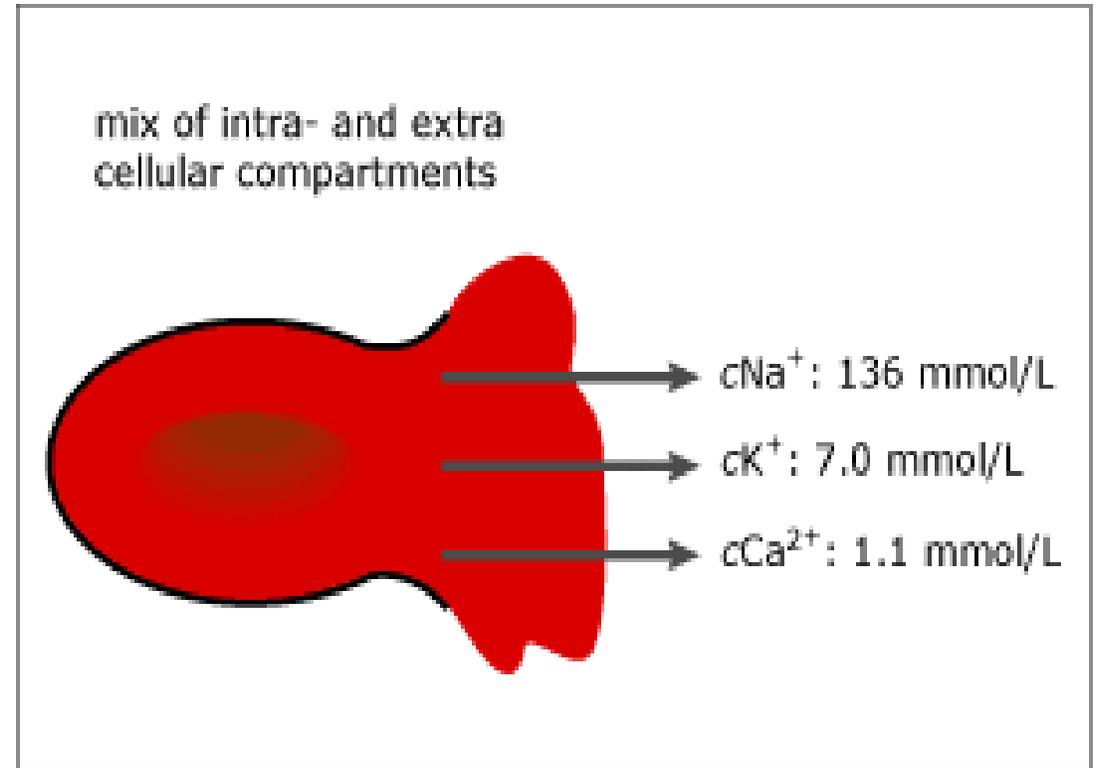
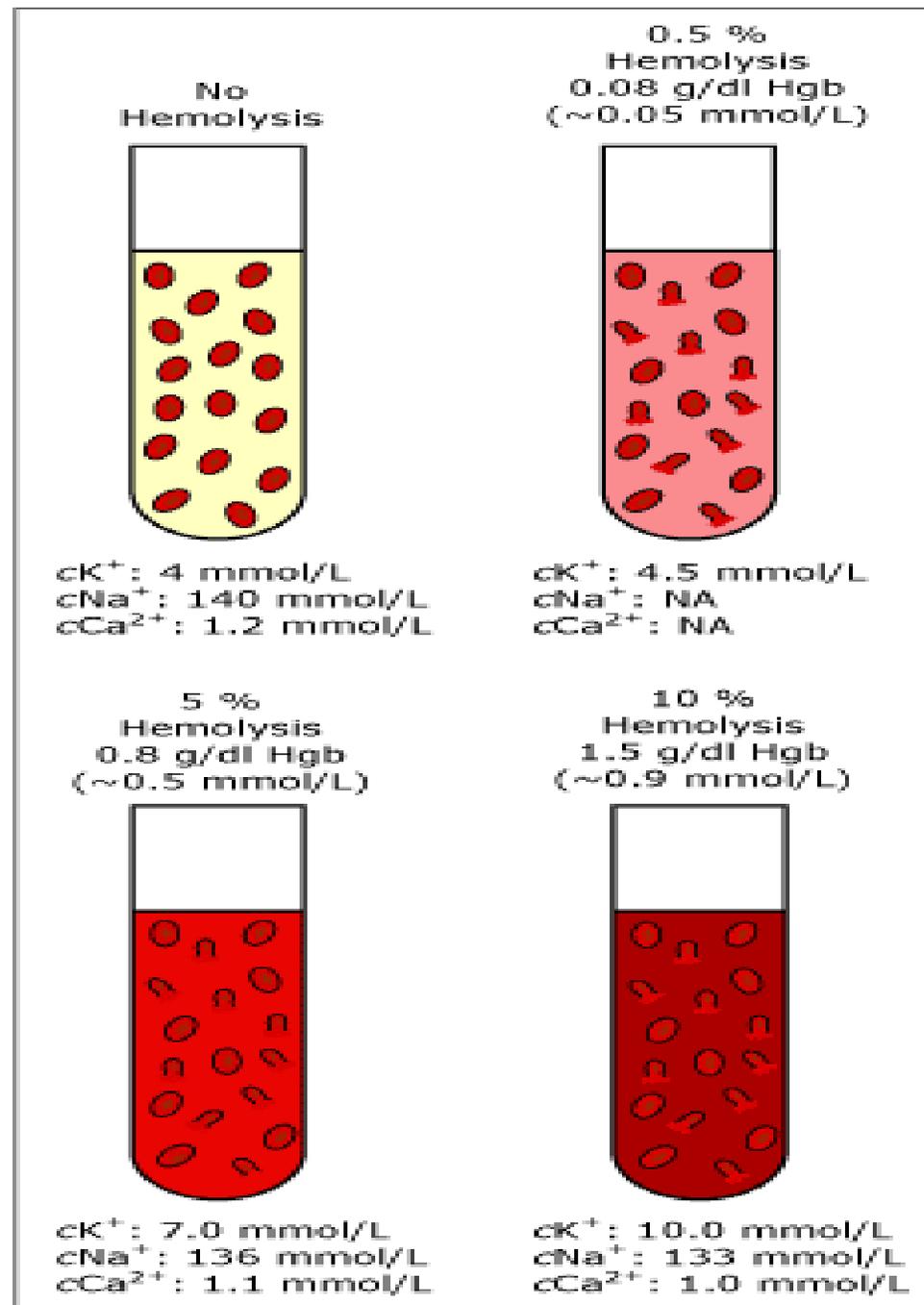


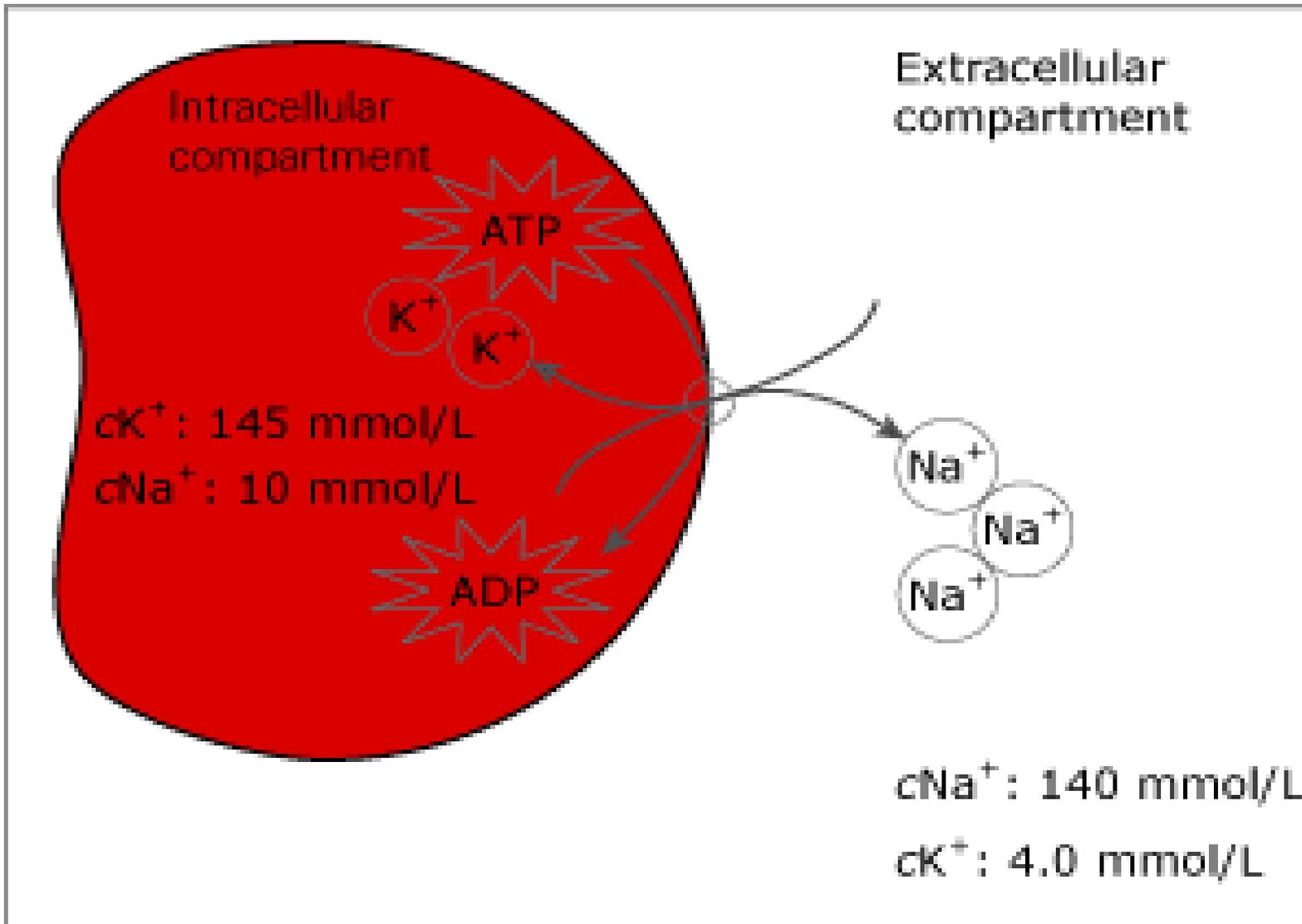
FIG. 2b. 5 % hemolyse (~ 0.8 g/dL fritt hemoglobin). Etter hemolyse.

EFFEKT AV ULIKE GRADAR HEMOLYSE PÅ Na^+ , K^+ AND Ca^{2+} :

[2]



LAGRING: KULDE ↑ K⁺



Na⁺/K⁺-ATPase pumpa i celle-membranen.

Under lagring ved låge temperaturar (0-4 °C) vil kalium lekke frå cellene, sidan låge temperaturar inhiberer pumpefunksjonen.

Dette vil auke cK⁺ med 0.1 mmol/L den 1.timen, og med 0.4 mmol/L per time dei påfølgande timane.

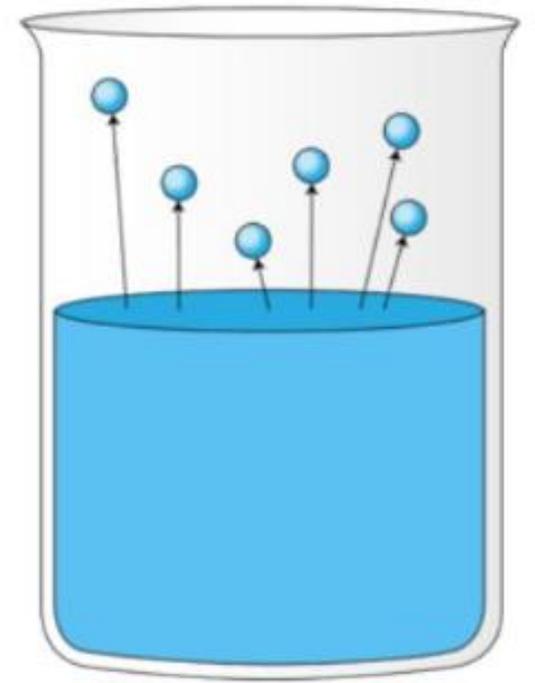
Inhibisjon av Na⁺/K⁺ ATPase pumpa vil også drive natrium inn i cellene pga konsentrasjonsgradienten. [2]

LAGRING: BLODCELLEMETABOLISMEN

- Glykolyse; glukose → melkesyre → pH vert redusert
- pH-endringa affiserer mange forhold, m.a. proteina sin kapasitet til å binde Ca^{2+}
- **Døme:**
- Kalsium stig med ca. 5.3 % ved pH-reduksjon på 0.1
- I løpet av 30 min i gass-tette glass-sprøyter, vil pH reduseres -0.021, som resulterer i ein liten endring i kalsium på ca. 1 %. Om prøven lagrast i plastsprøyter og gassen fordampar, vil pH reduserast meir
- Om dei generelle anbefalingane for lagring av blodgassprøver blir fulgt, kan diffusjon over cellemembranen og cellemetabolismen ignoreras

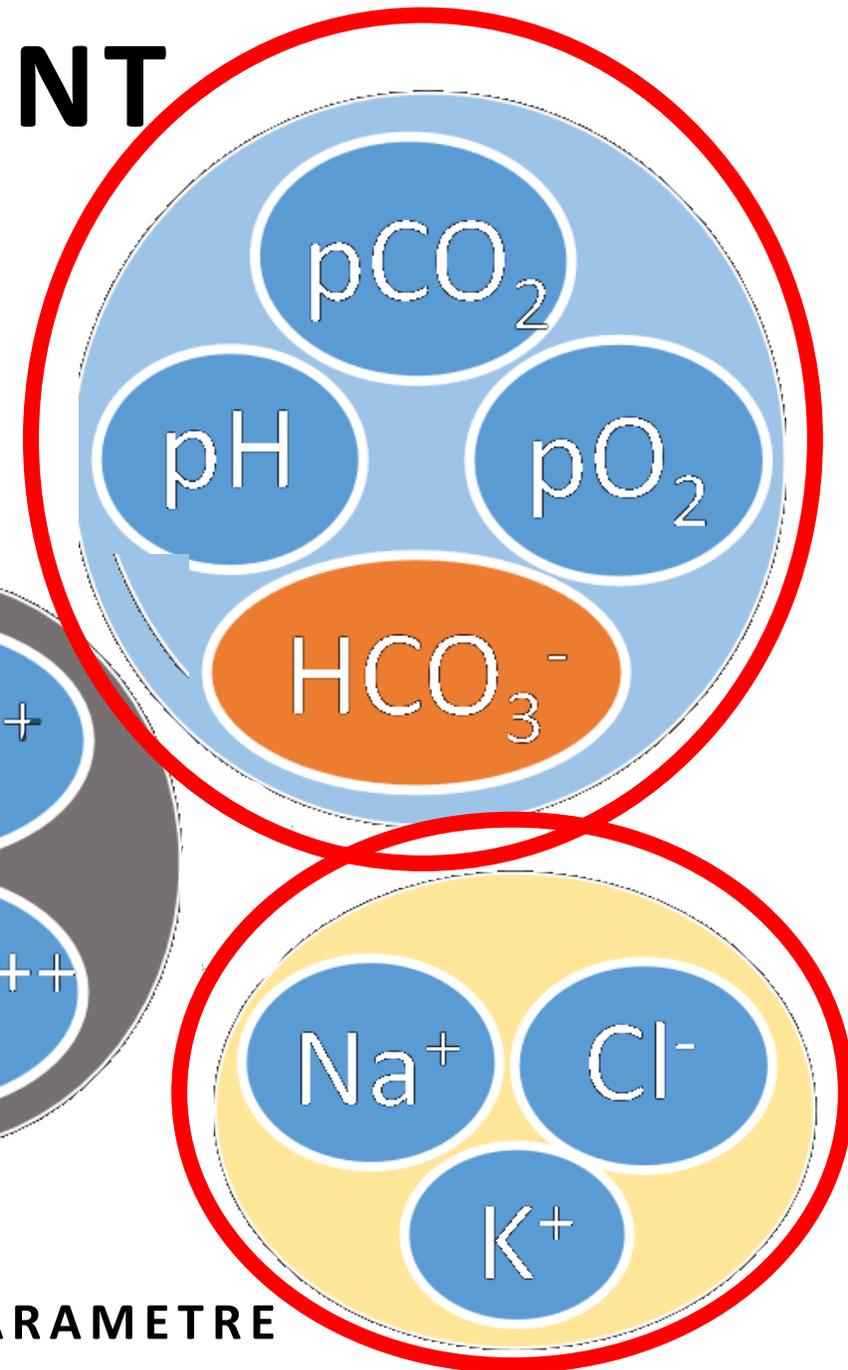
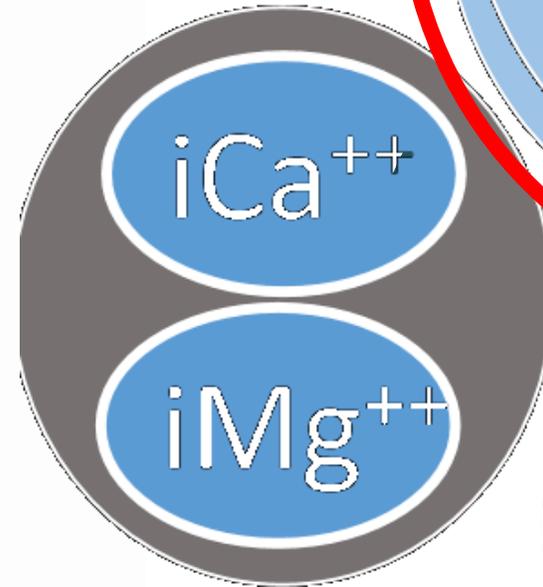
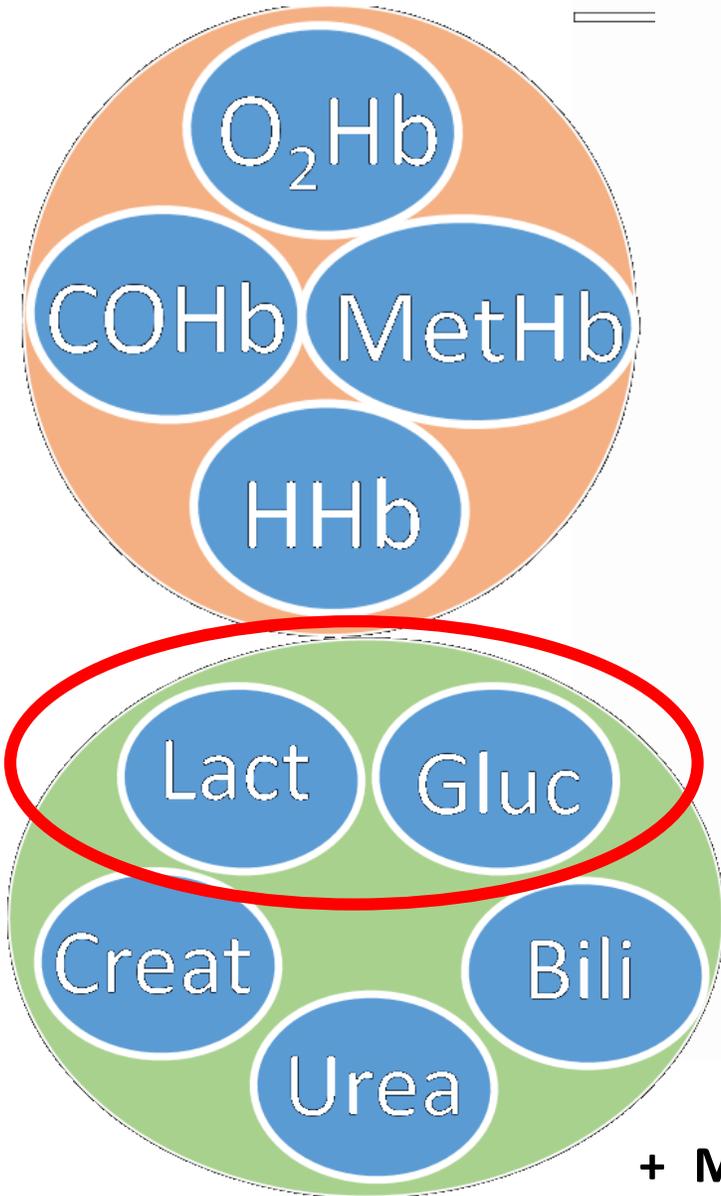
FORDAMPING

- Dersom prøven ikke blir oppbevart og lagra under anaerobe forhold, vil fordampning av vannfasen t.d. plasma/serum, auke konsentrasjonen av elektrolyttane i prøven
- Forhold som temperatur, luftstrøm, geometrien til behaldaren og fylningsvolumet vil påvirke kva effekt fordampninga vil ha på elektrolyttmålingane [27]



Vapor Pressure < Atmospheric Pressure

BLODGASSINSTRUMENT



+ MANGE FLEIRE ESTIMERTE PARAMETRE

3 HOVUDÅRSAKAR TIL PREANALYTISKE FEIL VED MÅLING AV METABOLITTAR PÅ BLODGASSINSTRUMENT: [3]

Lagringstid

Lagringstemperatur

Abnormale celletall



LAGRINGSTID

Glykolysen

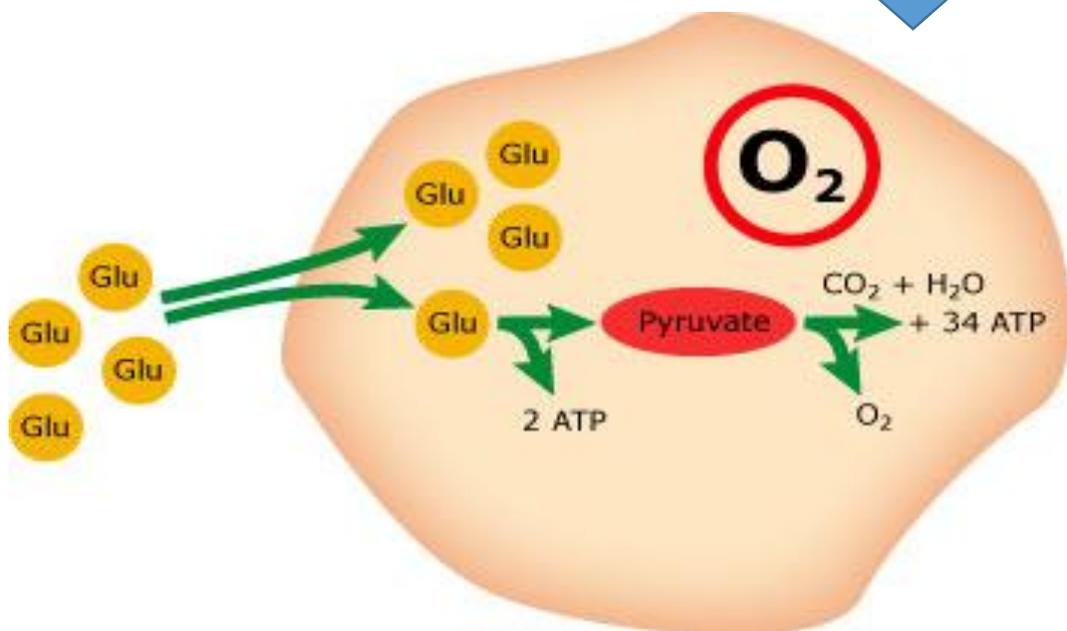


FIG. 1: Aerob metabolisme

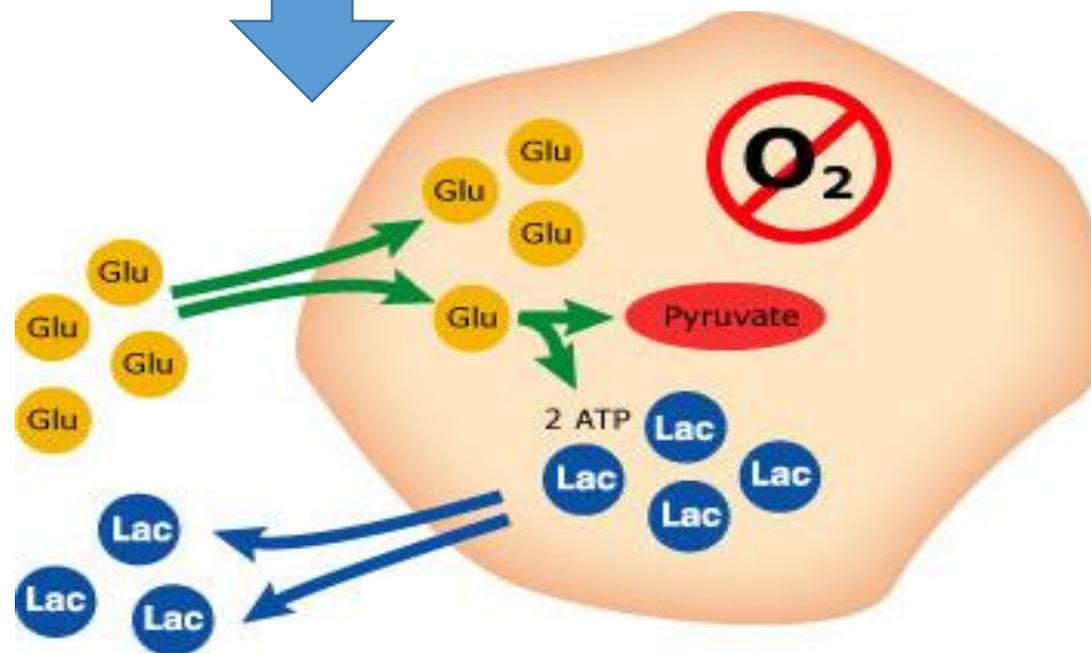


FIG. 2: Anaerob metabolisme [3]

KOR FORT ENDRAST GLUKOSE OG LAKTAT I ROMTEMP?

	Rate of change mmol/L/h	Rate of change mg/dL/h	Rate of change in percentage of reference value*
cGlu	-0.5	-9	10 %
	-0.5	-9	10 %
	-0.3	-5	6 %
	-0.4	-6	8 %

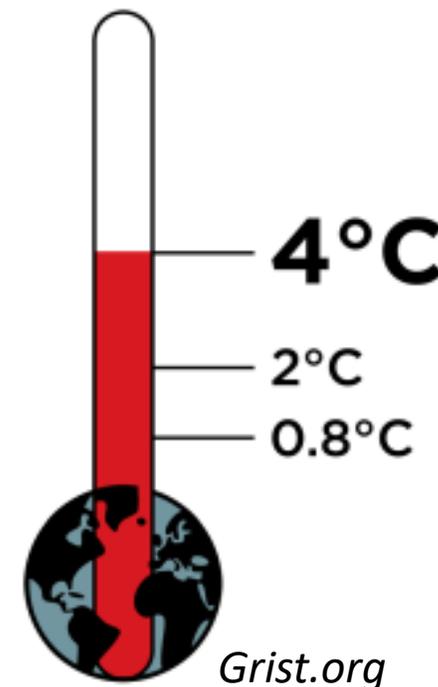
	Rate of change mmol/L/h	Rate of change mg/dL/h	Rate of change in percentage of reference value*
cLac	+0.6	+5	57 %
	+0.6	+5	57 %
	+0.4	+4	38 %
	+0.4	+4	38 %

Basert på tabellane kan ein konkludere med at gjennomsnittleg “rate of change” per time for cGlu og cLac ved romtemp. er respektivt **0.40 mmol/L/t** og **0.50 mmol/L/t**

Måling av glukose og laktat etter 30 min lagring ved romtemp. kan gje devierande resultat opp til **5 %** ^[28, 29] og **29 %** av referanseverdien ^[30] respektivt ^[28, 31], grunna in vitro glykolyse

LAGRINGSTEMPERATUR

- Pågåande in vitro glykolyse i prøvene som ikkje kan bli analyserte umiddelbart, kan ein unngå eller redusere til eit minimum ved å:
 - Tilsette ein antiglykolytisk agent, som eit fluorid-salt
 - Eller lagre prøven ved (eller under) 4 °C
 - Sakkar glykolytiske prosessar, med signifikant effekt, særleg på laktat



ABNORMALE CELLETAL

- Glykolysen held fram in vitro pga tilstedeværet av energislukande celler i prøven
- Cellene held fram å metabolisere glukose for å produsere energi til ulike cellulære funksjonar, t.d. Na-K pumpa
- Abnormalt høgt blodcelletal vil påverke glykolyseraten og med det påverke stabiliteten til cGlu and cLac over tid

LAGRING – KONKLUSJON

- Effekten av lagringstid på $c\text{Glu}$ og $c\text{Lac}$ i fullblod avhenger av tid, temperatur, blodcelletal, $p\text{O}_2$ og $t\text{Hb}$

[28,32,33]

- Men dersom dei generelle råda for lagring av blodgassprøver blir fulgte, vil påverknaden av desse faktorane vere neglisjerbar [33]

Oppsummert potensielle feil ved forlenga oppbevaring av arteriell blodgass

- pO_2 ↓ - oksygen vert framleis forbrukt av leukocytter og trombocytter
- PCO_2 ↑ - CO_2 vert framleis produsert
- pH ↓ - primært grunna pCO_2 endringar og laktatdanning
- Ca^{2+} ↑ - pH endringa reduserer Ca^{2+} binding til protein
- Gluc ↑ - grunna glykolysen
- Laktat ↑ - grunna glykolysen

Tabell I Oversikt over preanalytiske feilkilder ved blodgassanalyser (18).

Feilkilder	Konsekvens
Pasientidentifikasjon	Resultater til feil pasient kan gi fatale følger for behandlingen av pasienten.
Fortynning av prøve tatt fra arterie- eller dialysekateter	Økning i pO ₂ , natrium og klor Nedgang i pCO ₂ , K, ionisert calcium, glukose, laktat og hemoglobin.
Lufttilblanding av prøven	Økning i pH, pO ₂ og sO ₂ . Nedgang i pCO ₂
Koagulering av prøven	Kalium øker.
Hemolyse- kan oppstå ved «vanskelig» prøvetaking	Økning i kalium og nedgang i natrium og ionisert calcium
Lagring før analysering	Pga. cellulær metabolisme vil det bli økning i pCO ₂ , ionisert calcium og laktat. Nedgang i pH, pO ₂ og glukose.
Blanding av prøven	Ved dårlig blanding av prøven kan hemoglobin bli enten forhøyet eller redusert alt ettersom hvor i den ublanda prøven prøvematerialet blir sugd opp.
Feil antikoagulant	Tørr, elektrolytt balansert heparin er å foretrekke. Heparin i væskeform kan gi fortynningsfeil. Na-heparin er ubrukelig til analysering av natrium.

Kjelde: Hvordan noen preanalytiske variabler påvirker blodgassanalysenes kvalitet – Synnøve Austad Yksnøy – Masteroppgave UiB Høsten 2015

Kjelder

1. Higgins C. Useful tips to avoid preanalytical errors in blood gas testing: pH, pCO₂ and pO₂. www.acutecaretesting.org May 2016
2. Wennecke G. Useful tips to avoid preanalytical errors in blood gas testing: electrolytes. www.acutecaretesting.org Oct 2003
3. Wennecke G. Useful tips to avoid preanalytical errors in blood gas testing: metabolites. www.acutecaretesting.org Jan 2004
4. Plebani M et al. Performance criteria and quality indicators for the pre-analytical phase. *Clin Chem Lab Med* 2015; 53: 943-48
5. CLSI. Procedures for the collection of arterial blood specimens; Approved standard – Fourth Edition. CLSI document GP43-A4. Clinical and Laboratory Standards Institute, 950 West Valley Road, Suite 2500, Wayne, Pennsylvania 19807 USA, 2004.
6. Hajiseyedjavady H *et al.* Less painful arterial blood gas sampling using jet injection of 2% lidocaine: a randomised controlled clinical trial. *Am J Emerg Med* 2012; 30: 1100-04.
7. Weinrich U *et al.* Time to steady state after changes in FiO₂ in patients with COPD. *J Obstructive Pulmon Dis* 2013; 10: 405-10.
8. Higgins C. Central venous blood gas analysis. www.acutecaretesting.org July 2011.
9. Byrne A *et al.* Peripheral venous and arterial blood gas analysis in adults: are they comparable? A systematic review and meta-analysis. *Respirology* 2014; 19: 168-75.
10. Higgins C. Capillary blood gases: to arterialize or not. www.acutecaretesting.org July 2008.
11. Zavorsky G *et al.* Arterial versus capillary blood gases: a meta-analysis. *Respiratory Physiol and Neurobiol* 2007; 155: 268-79.
12. Toffaletti J *et al.* Effect of small air bubbles on changes in pO₂ and blood gas parameters: calculated vs. measured effects. www.acutecaretesting.org July 2012.
13. Dean J *et al.* Effects of syringe material and temperature and duration of storage on the stability of equine arterial blood gas variables. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 2004; 31: 250-57.
14. Knowles T *et al.* Effects of syringe material sample storage time and temperature on blood gases and oxygen saturation in arterialized human blood samples. *Respiratory Care* 2006; 51: 732-36.
15. Wiwanitikit V. Glass syringes are better than plastic for preserving arterial blood gas for oxygen partial pressure determination: an explanation based on nanomaterial composition. *Int J Nanomedicine* 2006; 1: 223-24.
16. Higgins C. The use of heparin in preparing samples for blood gas analysis. www.acutecaretesting.org April 2007.
17. Hutchinson A *et al.* Too much heparin: possible source of error in blood gas analysis *BMJ* 1983; 287: 1131-32.
18. Chapola V *et al.* Is liquid heparin comparable to dry balanced heparin for blood gas sampling in intensive care unit. *Indian J Crit Care Med* 2014; 18: 14-20.
19. Grenache D *et al.* Integrated and automatic mixing of whole blood: an evaluation of a novel blood gas analyser. *Clin Chim Acta* 2007; 375: 153-57.
20. Dikmen Z *et al.* Specimen rejection in laboratory medicine: Necessary for patient safety? *Biochimica Medica* 2015; 25: 377-85.
21. Astles J *et al.* Pneumatic transport exacerbates interference of room air contamination in blood gas samples. *Arch Pathol Lab Med* 1993; 120: 642-47.
22. Higgins C. Pneumatic tube transport of blood samples – an update. www.acutecaretesting.org Oct 2015.
23. Blonshine S, Alberti R, Olesinski RL. Procedures for the collection of arterial specimens. Approved standard. 3rd ed. NCCLS Publication H11-A3. Wayne, Pa.: NCCLS, 1999; 19, 8.
24. Siggaard-Andersen O, Thode J, Wandrup J. The concentration of free calcium ions in the blood plasma "ionized calcium". Siggaard-Andersen O, ed. *Blood pH, carbon dioxide, oxygen and calcium-ion*. 1 ed. Copenhagen: Private Press, 1981: 163-90.
25. Toffaletti J, Ernst P, Hunt P, Abrams B. Dry electrolyte-balanced heparinized syringes evaluated for determining ionized calcium and other electrolytes in whole blood. *Clin Chem* 1991; 37,10: 1730-33.
26. Fincher R, Strong J, Jackson J. Accuracy of measurements of hemoglobin and potassium in blood samples from peripheral catheters. *Am J Crit Care* 1998; 7,6: 439-43.
27. Spandrio L. Pre-analysis variability: the effect of evaporation on the error of measurement, with special reference to sodium and potassium. *Quad Sclavo Diagn* 1984; 20, 1: 110-21.
28. Kost GJ, Nguyen TH, Tang Z. Whole-blood glucose and lactate. *Arch Pathol Lab* 2000; 124: 1128-34.
29. Young DS. Effects of preanalytical variables on clinical laboratory test. 2nd ed. Washington, DC: AACC Press, 1997.
30. Reference Manual for the ABL700 Series. Ed. I. Radiometer publication, Copenhagen. Radiometer Medical A/S, 2003.
31. Andersen O, Haugeaard SB, Jørgensen LT *et al.* Preanalytical handling of samples for measurement of plasma lactate in HIV patients. *Scand J Clin Lab Invest* 2003; 63, 449-54.
32. Astles R, Williams C, Sedor F. Stability of plasma lactate in vitro in the presence of antiglycolytic agents. *Clin Chem* 1994; 40, 7: 1327-30.
33. Calatayud O, Tenias JM. Effects of time, temperature and blood cell counts on levels of lactate in heparinized whole blood gas samples. *Scand J Clin Lab Invest* 2003; 63: 311-14.

Andre nyttige ressursar:

Video: Arterial Puncture for Blood Gas Analysis. Shelly P. Dev, M.D., Melinda D. Hillmer, M.D., BSc.Ph.m., and Mauricio Ferri, M.D. [February 3, 2011](https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMvcm0803851#figure=vcm0803851_thumb111x111.jpg) *N Engl J Med* 2011; 364:e7 DOI: 10.1056/NEJMvcm0803851: https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMvcm0803851#figure=vcm0803851_thumb111x111.jpg

<https://www.uptodate.com/contents/arterial-blood-gases>