# Acidobazická rovnováha (ABR)

- Acidobazický stav organismu je určen koncentrací vodíkových iontů [H+] v tělních tekutinách
- Normální pH arteriální krve je 7,40 ± 0,02 ([H+] = 38–42 nmol/l)
- Rozmezí pH arteriální krve, při kterém je možný život, je 6,8–7,8 ± 0,1 (10–160 nmol/l)
- V porovnání s arteriální krví je pH smíšené venózní krve nižší o 0,02–0,05, intersticiální tekutiny o 0,03–0,015
- Intracelulární pH kolísá v rozmezí 6,0–7,3

# Acidobazická rovnováha (ABR)

- při patologických stavech se v tělních tekutinách mohou hromadit organické kyseliny tvořené katabolismem tuků a cukrů, které se normálně rozkládají na $CO_2$ a $H_2O$
- při hypovolemickém či jiném cirkulačním šoku se může koncentrace kyseliny mléčné v tkáni výrazně zvýšit v důsledku nedostatečné tkáňové perfúze a aktivací anaerobní glykolýzy (laktátová acidóza)

# Acidobazická rovnováha (ABR)

- Udržování úzkého rozmezí pH je životně důležité
- Organismus má velmi účinné regulační mechanismy, kterými se brání změnám pH
- Stabilita pH vnitřního prostředí je zajišťována nárazníkovými systémy, respirační a renální regulací

# Udržování ABR

- ABR - neustále narušována metabolizmem
- Nárazníkové systémy (extra- a intracelulární **nárazníkové roztoky - pufry**)
- Regulace – činností některých orgánů:
  - plíce (**respirační regulace**)
  - ledviny (**renální regulace**)
  - játra (jaterní regulace)

# Acidobazická rovnováha (ABR)

- Extra- a intracelulární nárazníkové systémy umožňují rychlé chemické pufrování kyselin a bází
- Rozlišujeme dva základní typy:
  - bikarbonátový nárazníkový systém
  - nebikarbonátové nárazníkové systémy

# Acidobazická rovnováha (ABR)

- bikarbonátový nárazníkový systém
  - Bikarbonátový nárazníkový systém má největší význam, protože koncentrace jeho složek může být měněna podle potřeb organismu účinnými mechanismy respirace a vylučováním ledvinami
  - Systém je složen ze slabé kyseliny uhličité a konjugované báze, bikarbonátu

# Acidobazická rovnováha (ABR)

- nebikarbonátové nárazníkové systémy
  - bílkoviny – mohou reverzibilně vázat $H^+$ a $OH^-$ a fungují jako pufry, za normálního pH má bílkovina negativní náboj a působí jako báze
  - hemoglobin – za normálního pH působí jako kyselina, jeho nárazníková schopnost je dána přítomností imidazolové skupiny histidinu, která může vázat a uvolňovat $H^+$
  - fosfáty – v plazmě se uplatňuje střední stupeň disociace kyseliny fosforečné, význam tohoto nárazníku je v plazmě malý, organické fosfáty jsou výrazným intracelulárním nárazníkem

# Poruchy ABR

- podle příčiny:
  - respirační (porucha dýchání nebo výměny plynů)
  - metabolické (porucha buněčného metabolismu)
- podle efektu na pH arteriální krve:
  - acidózy
  - alkalózy

# Poruchy ABR

- Acidóza: klinický stav, kdy je pH arteriální krve < 7,36 (acidémie); dochází k hromadění kyselých nebo ztrátě alkalických metabolitů
- Alkalóza: klinický stav, kdy je pH arteriální krve > 7,44 (alkalémie); znamená ztrátu kyselých nebo nahromadění alkalických metabolitů

# Poruchy ABR

- Respirační poruchy: přímo souvisejí s funkcí plic a vedou ke změně pH v důsledku změny $pCO_2$ (primárně jsou kompenzovány činností ledvin)
- Metabolické poruchy: vedou ke změně pH v důsledku změny konc.$HCO_3^-$ ;vyznačující se bud' nadměrnou produkcí $H^+$, nebo sníženou schopností vylučovat je z těla (primárně jsou kompenzovány respiračně činností plic)

# Respirační poruchy

- **respirační acidóza:** způsobena hromaděním $CO_2$ v krvi (hyperkapnie) poklesem alveolární ventilace – dochází k nerovnováze mezi produkcí $CO_2$ ve tkáních a jeho nedostatečnému vylučováním v plicích
- **respirační alkalóza:** převládající vylučování $CO_2$ nad jeho produkcí ve tkáních, kde je množství vznikajícího $CO_2$ relativně konstantní a RAL je proto způsobena hyperventilací plic

# Metabolické poruchy

- Metabolická acidóza (MAC): nahromadění netěkavých kyselin nebo ztráta $HCO_3^-$ z extracelulární tekutiny; klinicky nejčastější porucha ABR, která se vyznačuje ↓pH v krvi a ↓konc. $HCO_3^-$
- Podle příčiny můžeme MAC klasifikovat jako:
  - ketoacidózu - nadměrná produkce $H^+$ (při dekompenzaci diabetu, při hladovění, alkoholismu)
  - laktátovou acidózu - hromadění kyseliny mléčné (při nedostatečné oxygenaci krve, fyziologicky při anaerobní fyzické zátěži)
  - renální tubulární acidózu - zvýšené ztráty $HCO_3^-$
  - acidózu při zvýšené ztrátě $HCO_3^-$ ze střeva (při těžkých průjmech)

# Metabolické poruchy

- Metabolická alkalóza: ztráta kyselin (HCl) při zvracení nebo zvýšený příjem hydrogenuhličitanů (infuze, některé složky potravy)
- Kombinované poruchy ABR: mohou se vyvíjet nezávisle na sobě, nebo jedna porucha podmiňovat rozvoj další poruchy

# Acidobazická rovnováha (ABR)

- ABR v těhotenství
  - Zdravá těhotná žena ve srovnání s netěhotnou hyperventiluje, a to způsobuje snížení $pCO_2$ a respirační alkalózu
  - Respirační alkalóza je kompenzována metabolickou acidózou
  - Koncentrace plazmatického bikarbonátu se snižuje z 25–26 mmol/l na hodnoty okolo 22 mmol/l, snižuje se i koncentrace sdružených nárazníkových bází
  - Výsledkem je minimální zvýšení pH
  - Zvýšení pH v krvi způsobuje posun disociační křivky hemoglobinu pro kyslík doleva a zvýšení afinity mateřského hemoglobinu pro kyslík
  - Uvolňování kyslíku v mateřské krvi se snižuje
  - Hyperventilace způsobující snížení $pCO_2$ u matky zvýhodňuje transport $CO_2$ od plodu k matce

# Diagnostika ABR

- arteriální nebo arterializovaná krev
- odběr musí být proveden za striktně **anaerobních podmínek**
- vyšetření **neprodleně po odběru** (aby nedošlo k poklesu pH , $pO_2$ a vzestupu $pCO_2$ )

# Diagnostika ABR

- analyzátory krevních plynů (Astrup)
  - vybaveny elektrodami pro přímé měření pH, $pCO_2$ a $pO_2$ (možnost automatického dopočítávání odvozených parametrů ABR)
- základní parametry: pH, $pCO_2$, $pO_2$
- odvozené parametry (výpočet):
  - koncentrace aktuálních hydrogenuhličitanů, koncentrace standard-ních hydrogenuhličitanů, celkový $CO_2$, saturace Hb kyslíkem, odchylka bází (Base Excess BE)

# Diagnostika ABR

- ostatní vyšetření:
  - stanovení koncentrace $Na^+$, $K^+$, $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ , $Cl^-$, laktátu
- ostatní odvozené parametry:
  - pufrové báze séra (Buffer Base - BBs), rozdíl silných iontů (Strong Ion Difference SID), aniontová mezera (Anion Gap AG).

# Diagnostika ABR

- **Aktuální hydrogenuhličitany:** koncentrace $HCO_3^-$ v litru krve nasycené kyslíkem za aktuálních podmínek ($pCO_2$ a teplota pacienta)
- **Standardní hydrogenuhličitany:** koncentrace $HCO_3^-$ v litru krve nasycené kyslíkem při teplotě 37 C a $pCO_2$ 5,33 kPa
- **Saturace Hb kyslíkem:** podíl oxyhemoglobinu a efektivního hemoglobinu (Hb který se zúčastňuje přenosu kyslíku)
- **Base Excess:** množství bází, které je potřeba ubrat nebo přidat k jednomu litru krve, aby se pH vrátilo k hodnotě 7,4
- **Buffer Base:** celkové množství nárazníkových bází v jednom litru krve při aktuálním pH, $pCO_2$ a koncentraci Hb

# Diagnostika ABR

- **Anion Gap:** koncentrace všech běžně nestanovovaných aniontů v plazmě a používá se k diferenciální diagnostice MAC. Popisuje tedy odchylky v koncentraci ketokyselin, laktátu, fosfátů, síranů
  - Zvýšené hodnoty: snížená koncentrace měřených kationů a zvýšená koncentrace neměřených aniontů
  - Snížené hodnoty: zvýšená koncentrace měřených kationů a snížená koncentrace neměřených aniontů
- **Strong Ion Diference:** součet aniontů slabých kyselin ($HCO_3^-$, proteinů, reziduálních aniontů)
  - je dán rozdílem koncentrací iontů silných kyselin a silných bází.

# Parametry ABR

fyziologické hodnoty vybraných parametrů ABR v arteriální krvi:

| parametr | interval |
|---|---|
| pH | 7,36 -7,44 |
| $pCO_2$ | M 4,8 – 6,4 kPa<br>Ž 4,4 – 5,7 kPa |
| $pO_2$ | 10,4 – 14,3 kPa |
| $HCO_3^-$ | 22 – 26 mmol/l |
| BE | 2 mmol/l |
| BB | 44 – 53 mmol/l |
| AG | 14 – 18 mmol/l |
| Saturace Hb | 94 – 99 % |