



Tekutinová terapie

MUDr. Michal Šenkyřík, IGEK FN Brno

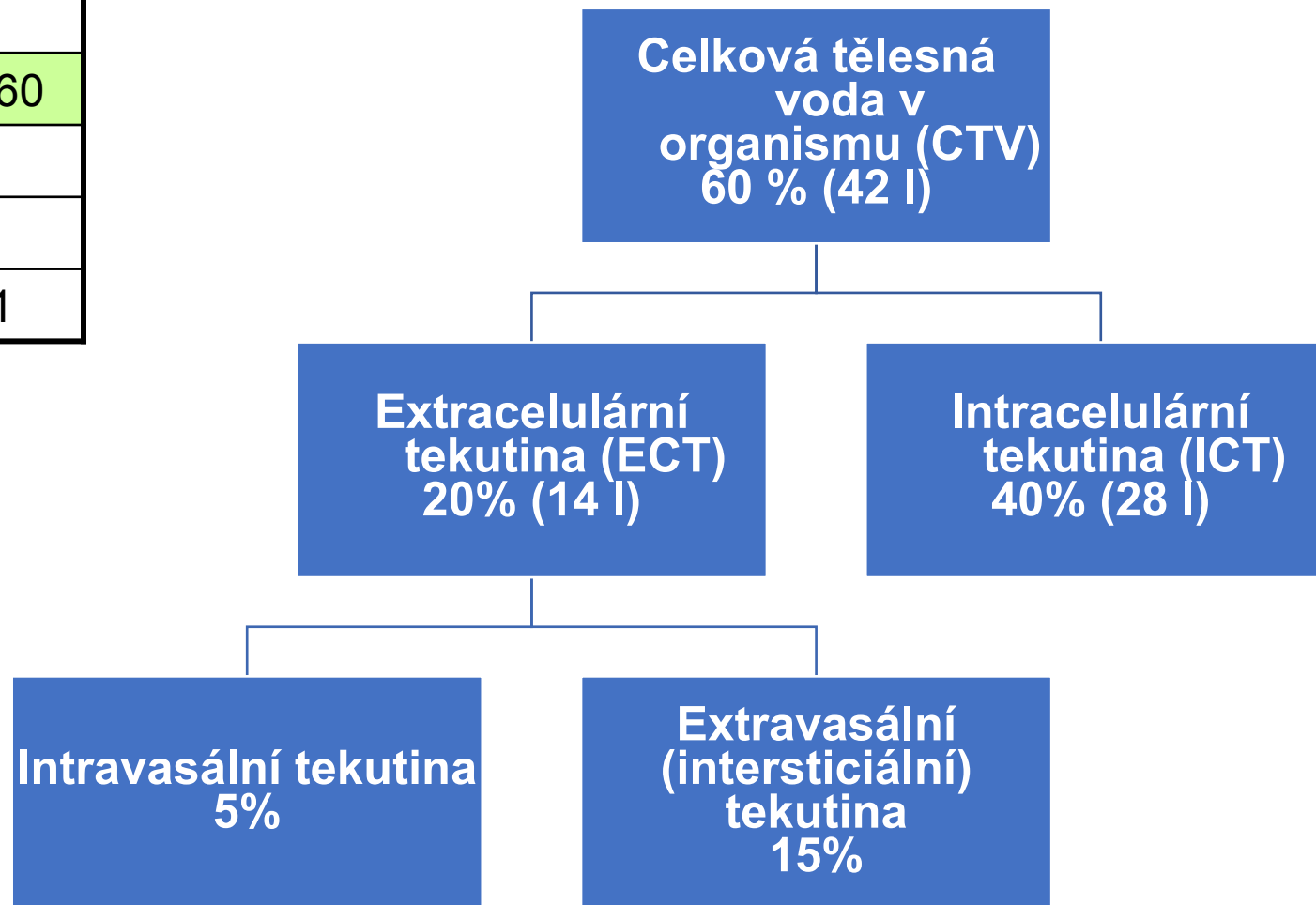
Mgr. Jana Pečivová, ÚL FN Brno

Úvod – teorie o vnitřním prostředí a ABR

principy zachování homeostázy (stability) vnitřního prostředí

- zachování elektroneutrality
- zachování osmolarity
- zachování objemu kompartmentů

ionty	ECT (mmol/l)	ICT (mmol/l)
Na ⁺	138 - 148	10
K ⁺	4 - 5	140 – 160
Cl ⁻	103	2 – 4
HCO ₃ ⁻	28,3	10
Ca ₂ ⁺	2,25 – 2,75	0,0001

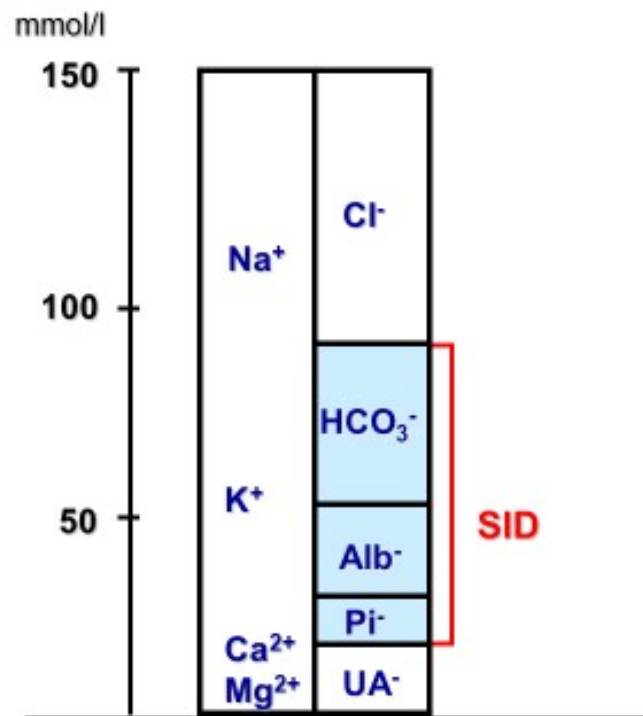


extracelulárně: normální pH 7,4 (fyziologické) x neutrální pH 7,0 (škodlivé)

intracelulárně: normální pH kolem 6,8 (cca neutrální) – zásadní pro metabolismus, umožňuje zadržování intermediálních metabolitů a jejich ionizaci v buňce

vyšetření ABR v A-krvi:

pH		7,36 – 7,44	měřítka acidity/alkality
pCO ₂	parc. tlak CO ₂	4,8 – 5,9 kPa	měřítka respir. složky ABR
pO ₂	parc. tlak O ₂	9,3 – 15,5 kPa	měřítka respir. složky ABR
AB	aktuální bikarbonát	22-26 mmol/l	měřítka metabol. složky ABR
SB	standardní bikarbonát	20-28 mmol/l	dtto – vypočtené z pH při pCO ₂ =5,33 kPa
BE	base excess/deficit (výchylka bazí)	-3 – +2,5	přebytek nebo nedostatek bazí na 1 litr extracel. tekutiny
SpO ₂	saturace kyslíkem		měřítka okysličení perif. krve



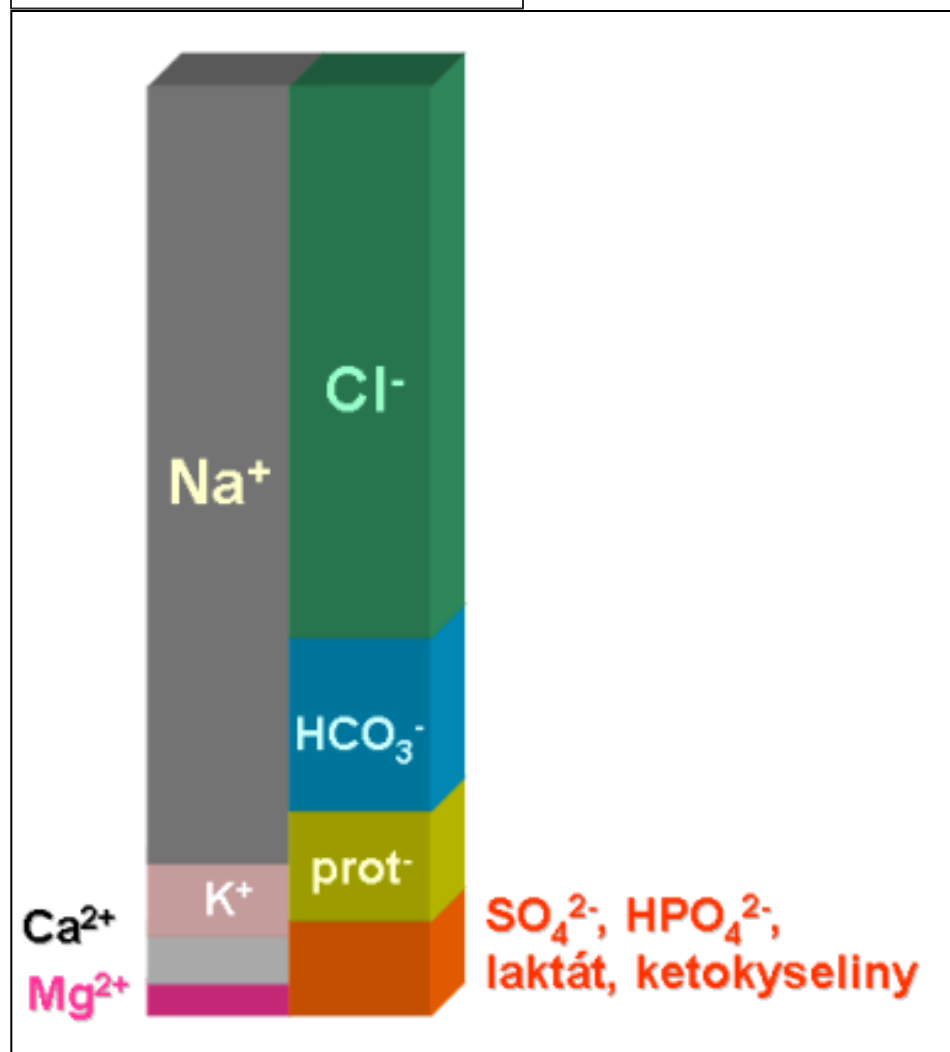
Diference silných iontů - SID

vše mmol/l jen albumin g/l

$$SID = [Na^+] + [K^+] + [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] - ([Cl^-] + [UA^-])$$

$$SID = [HCO_3^-] + 0.28 \times [Alb] + 1.8 \times [Pi]$$

zastoupení iontů v séru



METABOLICKÁ ACIDOSA

- nejčastější porucha – 2 typy:

1) bez ztráty hydrogenuhličitanů (zvýšený AG)

- **laktátová acidosa:**

- **typ A** – nadbytek laktátu ← hypoperfuzie tkání (hypotenze, šok, sepse, ...)
- **typ B** – nedostatečné odbourávání laktátu (otrava metanolem, etanolem, biquanidy, ...)

- **ketoacidosa** (kritické stavy+hladovění, dekompenzace DM)
- **renální selhání** (neschopnost ledvin vyloučit kyselé katabolity)
- **přívod silných kyselin nebo látek metabolizovaných na silné kyseliny** (otrava metanolem → k. mravenčí, otrava ethylenglykolem → k. šťavelová, požití k. sírové, chlorov.)

2) se ztrátou hydrogenuhličitanů (normální AG)

- **hyperchloremická** (např. nadměrný přívod FR1/1) \Leftarrow vazba $\text{Cl}^- / \text{HCO}_3^-$ ($\uparrow \text{Cl}^- \rightarrow \downarrow \text{HCO}_3^-$, $\downarrow \text{Cl}^- \rightarrow \uparrow \text{HCO}_3^-$)
- **skutečná ztráta hydrogenuhličitanů** (průjemy, střevní píštěle, pankreatické píštěle, ...)
- **vzácné ledvinné poruchy** (RTA)

Cíle tekutinová terapie

- **náhrada** akutní ztráty cirkulujícího **objemu** (tekutinová resuscitace)
- **udržovací** infuze (vodní a elektrolytová homeostasa)
- **náhrada** chybějících extra/intracelulárních **tekutin** (nedost. příjem, ztráty, redistribuce do 3. prostoru)
- **tekutinová výzva** (500-1000ml/15-30min.) – lze očekávat po podání tekutin zvýšení tepového objemu, resp. srdečního výdeje (+15% a více)
- **nosné roztoky** pro jiná léčiva (kumulace/den není nezanedbatelná)

Dávkování a rychlost podávání

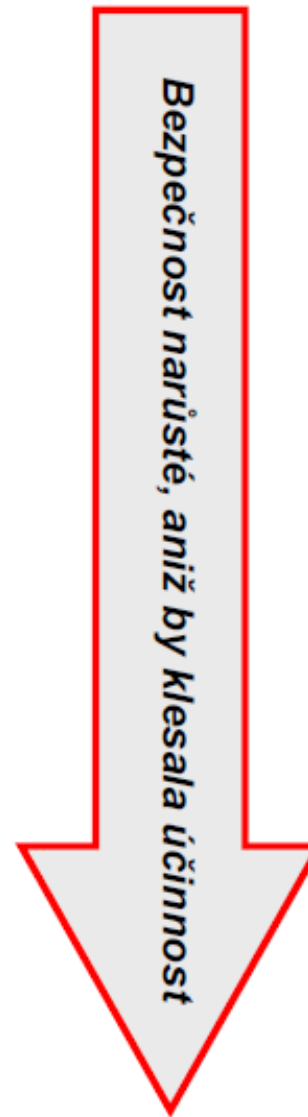
- neexistuje universální návod = individualizace
- definovat problém a cíl tekutinové léčby, kterého má být dosaženo (náhrada volumu, udržovací léčba, nosný roztok, ...)
- monitorovat klinický efekt a odezvu pacienta na podání roztoku (vč. diuresy)
- přehodnotit ordinaci a včas racionalizovat terapii
- důsledně dokumentovat
- **znalost složení a případných interakcí použitého roztoku**
- cílem je použití roztoků s nejmenším potenciálem negativně ovlivnit homeostázu

Typy roztoků k tekutinové terapii

- **koloidy**
- rychle expandují v malém distribučním intravazálním prostoru (5l/75kg), rychlý efekt + zlepšení mikrocirkulace = rychlejší hemodynamická stabilizace, vážou vodu = menší kumulativní bilance
- **přirozené** – proteiny (albumin 5%, 20%)
- **umělé** – hydroxyethylškrob (HydroxyEthylStarch, HES) rozpuštěný v nebalancovaném FR nebo balancovaném krystaloidu
- NÚ – ukládání v RS kůře, játra, ledviny (roky), zhoršení krevního srážení, poškození ledvin, zvýšení mortality (část. redukovány o nových přípravků)
- **umělé** – želatiny mají krátký plasmaexpansní efekt, rizika nejsou zanedbatelná
- **dop. EMA 2013 pro EU pro koloidy: ne u sepse, AKI, popálenin a v transplantologii, jinak co nejmenší množství a co nejkratší dobu**

složení/roztok	KOLOIDY					
	Gelofusin	Tetraspan 6% a 10%	Voluven 6% a 10%	Gelaspan	Albumin 20%	Albumin 5%
pH	7,4	7,4	4,0–5,5	7,4	7	7
osmolarita (mOsm/kg)	274	296/297	308	284	130	130
Na ⁺ (mmol/l)	154	140	154	151	144–160	144–160
K ⁺ (mmol/l)		4		4		
Cl ⁻ (mmol/l)	120	118	154	103		
Ca ²⁺ (mmol/l)		2,5		1		
Mg ²⁺ (mmol/l)		1		1		
acetát		24		24		
malát		5				
jiné	želatina 4%	hydroxyetylškrob 6%/10%	hydroxyetylškrob 6%/10%	želatina 4%	albumin 20%	albumin 5%

Produkt	Koncentrace a nosič	Střední mol.hm. (kDa)	Molární substituce	C ₂ /C ₈	Max. denní dávka (ml/kg)
HES 670/0.75 ⁺	6% bal. roztok	670	0.75	4.5 : 1	20
HES 600/0.7 ⁺	6% izot. NaCl	600	0.7	5 : 1	20
HES 480/0.7 ⁺	6% izot. NaCl	480	0.7	5 : 1	20
HES 200/0.62	6% izot. NaCl	200	0.62	9 : 1	20
HES 200/0.5	6% izot. NaCl 10% izot. NaCl	200	0.5	5 : 1	33 20
HES 70/0.5	6% bal. roztok	70	0.5	3 : 1	20
HES 130/0.42	6% izot. NaCl	130	0.42	6 : 1	50
HES 130/0.42	6% bal. roztok 10% bal. roztok	130	0.42	6 : 1	50 33
HES 130/0.4	6% a 10% izot. NaCl 6% bal. roztok	130	0.4	9 : 1	50



Typy roztoků k tekutinové terapii

- **krystaloidy**
- dnes **tekutinový roztok volby**
- relat. bezpečné – rychle opouští intravaskulární prostor a expandují v intersticiální prostoru (za 30min. zůstává jen 15%)
- distribuční prostor = ECT (20% tělesné hmotnosti = 15l/75kg)
- ALE:
- poškození perif. tkání retencí tekutin v kritickém stavu (intersticiální otok, žilní kongesce, vyšší riziko poškození ledvin, UPV, mortality, ...) → racionální/restriktivní tekutinový režim od dosažení oběhové stability
- acidifikující vliv ($\downarrow \text{HCO}_3^-$ dilucí a $\uparrow \text{Cl}^-$ roztokem) a jeho NÚ
- nutný 3-4x větší objem než koloidu (krevní ztráta 450ml = 1500-2000ml krystaloidů)
- **FR1/2 (0,15%) nevhodný** – retence tekutin (\uparrow AHD v ak. stavu)
- **roztoky G nevhodné** – \uparrow gly, osmotický efekt G, retence tekutin (\uparrow AHD v ak. stavu)

Krystaloidy

- Fysiologický roztok (Latta 1832) = FR 1/1 (154 mmol Na⁺ a 157mmol Cl⁻ v 1000ml)
- Ringerův roztok (Ringer 1880)
- Ringerův roztok + laktát = Hartmannův roztok (Ringer-laktát) (Ringer1930)
- náhrada laktátu acetátem = Ringer acetát
- balancovaný roztok – snaha přiblížit se složení lidské plasmy (80. léta 20. století)
- balancovaný roztok s glukosou

KRYSTALOIDY								
NEBALANCOVANÉ		BALANCOVANÉ						
složení/roztok	„fyziologický“ roztok	Hartmannův roztok	Ringer laktát	Ringer acetát	Ringerfundin	Plasma-lyte	Plasma-lyte s glukózou	Iso-lyte
pH	5,5	5,0–7,0	6,5	6,5	5,1–5,9	7,4	7,4	7,4
osmolarita (mOsm/kg)	308	277	273	277	309	295	572	286,5
Na ⁺ (mmol/l)	154	131	130	130	145	140	140	137
K ⁺ (mmol/l)		5,4	4	4	4	5	5	4
Cl ⁻ (mmol/l)	154	112	109	110	127	98	98	110
Ca ²⁺ (mmol/l)		1,8	1,5	2	2,5			
Mg ²⁺ (mmol/l)					1	1,5	1,5	1,5
laktát		28	28	×	×	×	×	×
acetát				30	24	27	27	34
malát					5			
glukonát						23	23	
glukóza (g/l)							50	

Laktát → acetát: proč?

- obava z nadbytku laktátu při větším infundovaném objemu
- zvl. při akutním nebo chronickém poškození jater
- obava z větší energetické náročnosti zpracování laktátu
- zkreslení údajů o laktátu jako markeru úspěšnosti hemodynamické resuscitace
- rychlejší metabolizace acetátu
- x
- laktát ev. palivo v akutním stavu
- denní obrat laktátu 1200-1500mmol

Balancovaný roztok: proč?

- více kopíruje složení ECT
- neobsahuje nadbytek chloridových iontů
- nemá acidifikující efekt: ovlivnění SID převahou kationtů (\times SID $< 1,4$ u FR1/1, kde $\text{Na}^+ = \text{Cl}^-$, proto nižší pH), nedochází ke renálním ztrátám bikarbonátů při relat. nadbytku chloridových iontů)
- důsledky hyperchloremie a hyperchloremické metabolické acidosy:
- ledviny: vasokonstrikce a snížení průtoku kůrou ledvin, zvýšení energetických nároků tubulárních buněk ledvin
- proinflamatorní efekt (zásah do cytokinové kaskády)
- dysfunkce GIT (např. tolerance EV)
- negativní vliv na srážlivost krve

Ideální tekutinový roztok

- predikovatelně a dostatečně dlouho zvyšuje intravaskulární objem
- složení blízké složení extracelulární tekutiny
- metabolizován a kompletně eliminován bez akumulace v tkáních a bez nežádoucích systémových a metabolických účinků
- cenově přijatelný



- zatím neexistuje

KRYSTALOIDY								
NEBALANCOVANÉ		BALANCOVANÉ						
složení/roztok	„fyziologický“ roztok	Hartmannův roztok	Ringer laktát	Ringer acetát	Ringerfundin	Plasma-lyte	Plasma-lyte s glukózou	Iso-lyte
pH	5,5	5,0–7,0	6,5	6,5	5,1–5,9	7,4	7,4	7,4
osmolarita (mOsm/kg)	308	277	273	277	309	295	572	286,5
Na ⁺ (mmol/l)	154	131	130	130	145	140	140	137
K ⁺ (mmol/l)	✗	5,4	4	4	4	5	5	4
Cl ⁻ (mmol/l)	154	112	109	110	127	98	98	110
Ca ²⁺ (mmol/l)	✗	1,8	1,5	2	2,5			
Mg ²⁺ (mmol/l)	✗				1	1,5	1,5	1,5
laktát		28	28	✗	✗	✗	✗	✗
acetát				30	24	27	27	34
malát					5			
glukonát						23	23	
glukóza (g/l)							50	

ECT

7,4

290

138

4

103

2,2

1,2

Úskalí Ringerfundinu

- mírně vyšší Na a Cl oproti jiným roztokům, resp. oproti ECT
- lehce vyšší osmolalita
- nižší pH ← nižší SID (x vyššímu SID = alkalizující efekt, který může rychleji korigovat stavy s preexistující acidosu, např. šok, ketoacidosa – není ale jednozn. prokázáno!)
- přítomnost kalcia

- POZOR V LITERATUŘE

- Ringerfundin = Stereofundin Iso

- Stereofundin

Fluid	Electrolytes (mmol/L)				Buffer (mmol/L)				pH
	Na	Cl	K	Lactate	Acetate	Malate	Gluconate	Bicarbonate	
Ringerfundin (Ringer's Acetate)	145	127	4	—	24	5	—	—	5.1–5.9
Sterofundin	140	106	4	45	—	—	—	—	4.5–7.5
Human plasma	134–146	98–108	3.4–5	—	—	—	—	22–32	7.4

Úskalí Ringerfundinu

- **NEVHODNÝ:**
 - hyperkalcemie, souběžné podání krevních derivátů (eliminace citrátu v EKR s tvorbou mikrotrombů)
 - handicap ve stavech s těžkou metabolickou acidosou a renálním selháním? ⇒ pozor na některé situace v těžkém kritické stavu (rozhoduje lékař)
- **NEUTRÁLNÍ**
 - pro udržovací terapii obvykle nejsou takové nároky na typ balancovaného roztoku
 - nosný roztok
 - naopak i přes obsah draslíku možno použít u stavů s obavou hyperkalemií (vč. AKI), na rozdíl od bezkaliového FR1/1 (kde hyperCl acidosa zvyšuje přestup kalia do ECT)



Děkuji za pozornost!