Львівський національний
медичний університет
імені Данила Галицького

Інфузійна терапія в педіатрії

Проф. Фесенко У.А.

Скільки рідини в організмі?

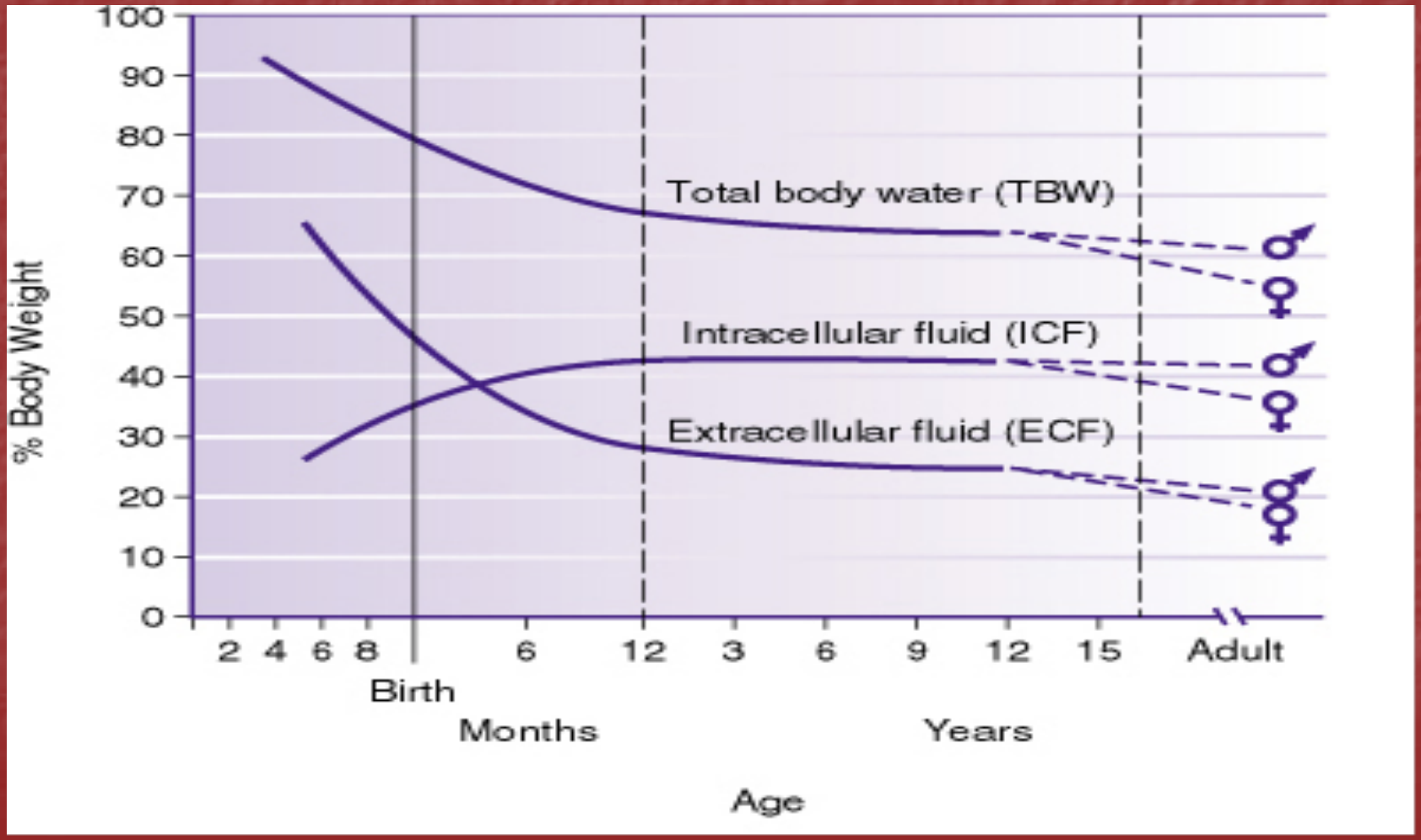
“Діти схожі на мішок з водою”

“Babies are like bags of water”
Full-term: 75% water

Недоношені новонароджені: 83% води

Premature babies: 83% water

Зміни рідинних секторів із віком



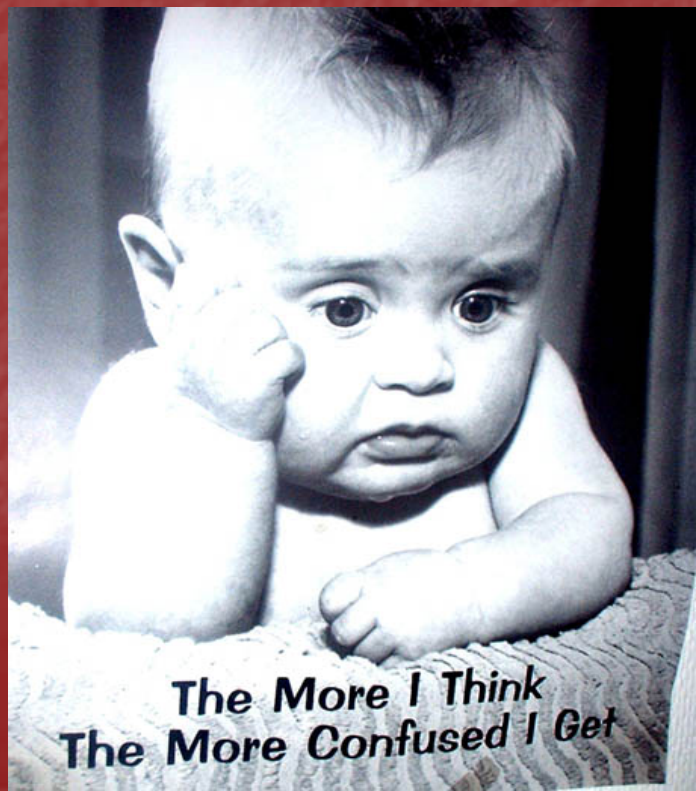
Особливості регуляції рідинного балансу у дітей

- Маленькі діти не можуть поскаржитись на спрагу, лише плачуть.
- У маленьких дітей обмежена можливість нирок змінювати концентрацію сечі.
- Метаболізм у дітей активніший, ніж у дорослих. Це підвищує потребу у рідині.
- Відносно велика площа поверхні тіла у співвідношенні до маси тіла, що підвищує втрати.
- Частота дихання вища, що також підвищує втрати.
- Новонароджені не можуть жити без води довше 3-4 годин.

Діти розумніші за дорослих!

Вік	Маса тіла	Маса мозку (% від маси тіла)
Новонароджені	3-4 кг	380-400 г (10%)
1 рік	10 кг	800 г (8%)
7-10 років	25-30 кг	1250-1300 г (5-3%)
Дорослі	50-70 кг	1200-1400 г Жінки (2,5%) Чоловіки (2%)

- Відносно великий мозок знаходиться у відносно малому черепі! Тому мозок швидше набрякає!



Markus Weiss, Zürich, 2014

Правило 10 N в дитячій анестезіології:

- Нормальна оксигенація
- Нормальна вентиляція
- Нормальна перфузія
- Нормальний ОЦК
- Нормальний АТ
- Нормальні електроліти
- Нормальний КОС
- Нормальна глікемія
- Нормальна температура
- Нормальна коагуляція

6 із цих 10 N прямо залежать від рідинного статусу пацієнта. На інші 4 рідинний статус впливає опосередковано.

Принципи та протоколи для в/в рідинної терапії в умовах лікарні (Британський гайдлайн, 2013)

Принцип 4R:

- 1-а R: Рідинна ресусцітація – **Resuscitation**
- 2-а R: Рутинна підтримка – **Routine maintenance**
- 3-я R: Відновлення патологічних втрат – **Replacement**
- 4-а R: Перерозподіл рідини – **Redistribution**

5-а R – **Reassessment** – переоцінка – також є важливим елементом ведення пацієнта.

Ресусцитація

Адекватна ресусцитація, але втрати тривають

Неадекватне відновлення

Як влити усі ці 4R в один організм?

Адекватна ресусцитація, немає втрат

Нові втрати, напр., кровотеча

Відновлення патологічних втрат/ перерозподіл

Адекватне відновлення, немає втрат

Неадекватна підтримка/ тривають втрати

Рутинна підтримка

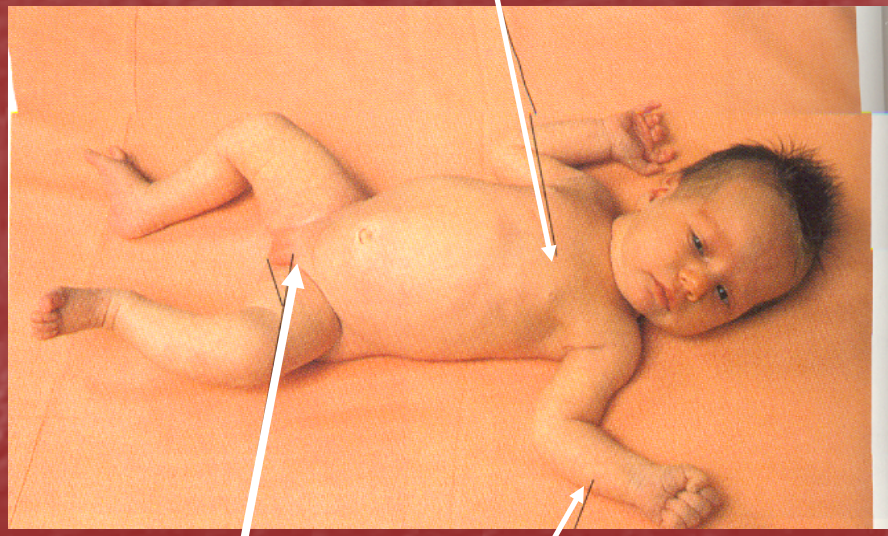
Немає потреби у в/в введенні рідини

Забезпечення потреб у рідині ентерально

Фізіологічні втрати рідини

- У доношеного новонародженого втрати з перспирацією в умовах палати та нейтральної температури =

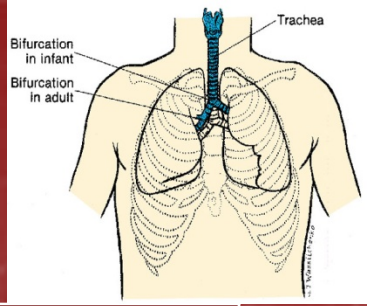
  1 мл/кг/годину.
- У недоношених новонароджених втрати в 2 - 2,5 рази більші, ніж у доношених, а у глибоко недоношених можуть перевищувати навіть ці цифри.



Фізіологічні втрати рідини

- Нормальний рівень сечоутворення у новонародженого = 1 — 3 мл/кг/год (25 —75 мл/кг/добу).
- Втрати з калом – 5 мл/кг/добу.

Відносно великі респіраторні втрати вільної води



Вікова група	ЧД за хвилину
До 2 місяців	48
2-6 місяців	44
6-12 місяців	39
12-18 місяців	34
18-24 місяця	32
24-30 місяців	30
30-36 місяців	27
3 роки	24
4-6 років	22
7-12 років	18
13-18 років	12-16

Скільки рідини треба? В педіатрії усе слід ретельно рахувати!

Метод Holliday-Segar

- Ґрунтується на розрахунках енергетичних потреб:
- На кожні 100 ккал, які витрачаються на метаболізм, треба 100 мл води для відновлення втрат.

Фізіологічні добові потреби в рідині

Маса тіла	Об’єм рідини
перші 10 кг (0-10 кг)	*100 мл/кг/добу*
Наступні 10 кг (11-20 кг)	*1000 + 50 мл/кг/добу*
>20 кг	*1500 + 20 мл/кг/добу*

Не більше, ніж 2400 мл/добу

Holliday-Segar

Фізіологічні погодинні потреби в рідині
Правило “4 - 2 - 1”

Маса тіла	Об’єм рідини
перші 10 кг (0-10 кг)	*4 мл/кг/годину*
Наступні 10 кг (11-20 кг)	*40 мл/годину + 2 мл/кг/годину*
>20 кг	*60 мл/годину + 1 мл/кг/годину*

Не більше, ніж 100 мл/годину

Holliday-Segar

Фізіологічні добові потреби в рідині для дітей

- 1-й день – 60 мл/кг/добу
- 2-й день – 90 мл/кг/добу
- 3-й день – 120 мл/кг/добу
- 4-й день – 150 мл/кг/добу
- 5-й день – до 3 місяців – 150 мл/кг/добу
- 3-6 міс. – 140 мл/кг/добу
- 6-12 міс. – 120 мл/кг/добу
- 1-3 роки – 100 мл/кг/добу
- 3-6 років – 90 мл/кг/добу
- 6-10 років – 70 мл/кг/добу
- Старші за 10 років – 40 мл/кг/добу

Чому так важлива глюкоза для дітей?

- Голодування у дітей швидко призводить до кетонемії – “голодний кетоацидоз”.
- У новонароджених висока толерантність до глюкози: можна вводити 5-10-20% глюкозу без інсуліну.
- Нирковий поріг глюкози вищий, ніж у дорослих: навіть при швидкості введення 2-30 г/кг/годину, глюкоза в крові не підвищується вище норми та немає втрат з сечею.

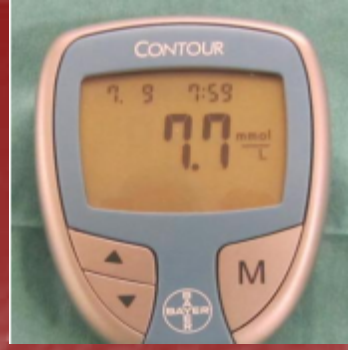
Ризик гіпоглікемії

- Транзиторна, але стійка гіпоглікемія у новонароджених виникає внаслідок порушень обміну вуглеводів та амінокислот, надлишку інсуліну та дефіциту СМТ, кортизолу та АКТГ.
- У дітей, старших 1 місяця, гіпоглікемія виникає внаслідок недостатнього поступлення вуглеводів з їжею, прискорення метаболізму глюкози, дефектів утворення глюкози в печінці, нераціональної інсулінотерапії при діабеті, помилок у розрахунках при інфузійній терапії, а також при токсичній фармако-ятрогенії, наприклад, при застосуванні аспірину або парацетамолу, з розвитком гострої гепато-енцефалопатії (у тому числі, синдром Рея).

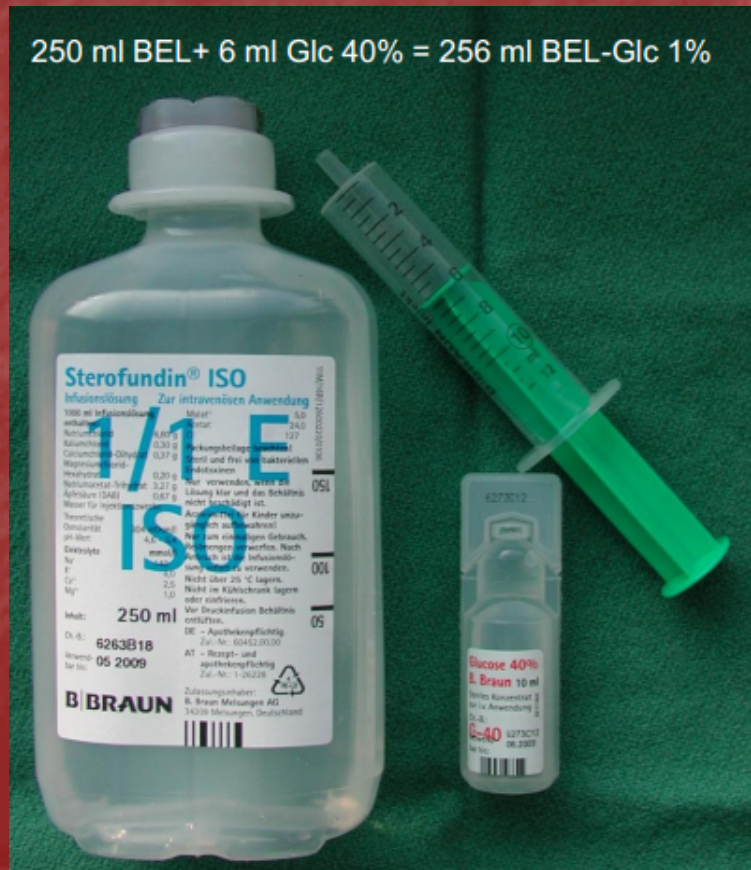
Корекція гіпоглікемії

- При рівні глюкози крові <2,5 ммоль/л, показане струминне в/в введення глюкози: від 200 мг/кг і до отримання ефекту.
- Максимальна доза, 1 г/кг, у вигляді 20-40% розчину, з підтриманням ефекту інфузією 10% розчину, із розрахунку 6 мл/кг/годину.
- При рівні глюкози крові 2,5-4 ммоль/л, без втрати свідомості, корекція можлива глюкозою *per os*, а у випадку блювання – в/в 10% глюкоза 6 мл/кг за годину.
- Перевищення вказаних доз може спричинити гіперглікемію із загрозою токсико-ішемічного ураження головного мозку.

Глюкоза інтраопераційно



- Інтраопераційно: ЗЕР + Глюкоза 1- 2%
- Новонароджені, недоношені – 2% глюкоза
- Контроль глікемії (5-10 ммоль/л):
  - Немовлята (< 1 року)
  - Недоїдання
  - Тривалі операції
  - Метаболічні порушення
  - Патологія печінки



Небезпека інфузії глюкози: передозування вільної води → набряк мозку, кома, судоми, смерть

erstellt am: 16.11.2007

Behandlungsfehler eines Säuglings

Babytod - Justiz ermittelt

VON DIETER DORMANN

Düsseldorf (RP) **Neuer Skandal am Klinikum**
Essen: Sechs Monate nach dem „Fall Broelsch" soll wegen eines Behandlungsfehlers ein Säugling aus Düsseldorf gestorben sein. Die Staatsanwaltschaft ermittelt wegen fahrlässiger Tötung.

Die kleine Lara war erst sechs Monate alt, aber schon sehr schwer krank. Das Baby litt unter einer lebensgefährlichen Schädigung der Leber. Dennoch waren seine Eltern, Klaus Gerecke und Bianca Buckowski aus Düsseldorf, voller Hoffnung, dass Lara bald wieder gesund sein würde. Ihre kleine Tochter lag im Uni-Klinikum Essen und sollte dort durch eine Transplantation gerettet werden. Die Operation stand kurz bevor, da erhielten die Eltern aus der Intensivstation der Klinik die schreckliche Nachricht: „Ihre Tochter liegt im Sterben." Zwei Tage kämpften die Mediziner noch um das Leben der Kleinen - vergeblich. Lara starb am 20. Oktober.

Für die behandelnden Ärzte war laut einem Klinikssprecher die Ursache für den plötzlichen Tod ihrer Patientin unklar. Polizei und Staatsanwalt wurden informiert, eine Obduktion angeordnet.

Fatale Folgen einer Infusion

Paris WELT ONLINE

Baby stirbt durch fehlerhafte Infusion

3. Januar 2009, 18:17 Uhr

Ein sechs Monate altes Baby ist in einer Pariser Klinik an den Folgen einer fehlerhaften Infusion gestorben. Das Pflegepersonal habe die Tropfgeschwindigkeit der Nährlösungs-Infusion für den kleinen Jungen zu stark eingestellt, sagte der Chef des behandelnden Klinikums in Yvelines am Samstag.

"KUNSTFEHLER" Franjo (4) falsch behandelt

Kind tot nach OP - Hamburger Ärztin muss ins Gefängnis

Amtsrichter schließt Bewährung aus. Medizinerin habe ihre Schuld vertuschen wollen. Es sollte ein harmloser Routine-Eingriff sein. Doch der kleine Franjo (4) bezahlte ihn mit seinem Leben. Jetzt muss die Hamburger Ärztin, die den Jungen falsch behandelte und damit seinen Tod verursachte, ins Gefängnis.

Von Bettina Mittelacher

Der kleine Franjo starb nach einem Eingriff wegen

Hamburg - Das Amtsgericht Wandsbek verurteilte die Anästhesistin Petra O. gestern wegen fahrlässiger Tötung zu 22 Monaten Haft ohne Bewährung. Außerdem verhängte es ein fünfjähriges Berufsverbot gegen die Medizinerin. Die Staatsanwaltschaft hatte eine 18-monatige Bewährungsstrafe, der Verteidiger Freispruch beantragt. Der Anwalt der 49-Jährigen kündigte unmittelbar nach Verkündung des Urteils an, Rechtsmittel dagegen einzulegen.

Franjo hatte am 7. August 2006 im Kinderkrankenhaus Wilhelmstift nach einer kurzen Operation wegen Vorhautverengung

Розчини для фізіологічних потреб мають забезпечити:

1. Водою
2. Електролітами
3. Профілактику кетоацидозу
4. Профілактику розпаду протеїнів

Розчин для фізіологічних потреб

Holliday – Segar system

The ratio of electrolyte to water is fixed, so the composition of maintenance fluids should remain constant:

D5 0.2NS + 20 mEq/L K → ***Hypotonic maintenance fluid***

Table 1 Constituent formulation of intravenous and oral solutions

Solution	Osmolality, mOsm/l	Glucose, mmol/l	Na, mEq/l	Cl, mEq/l	HCO_3, mEq/l	K, mEq/l
Intravenous solutions						
Ringer's	280	–	130	110	25	4
0.9% saline	308	–	154	154	–	–
D_5 0.45% saline	454	300	77	77	–	–
D_5 0.22% saline	377	300	38	38	–	–
Darrow's	–	–	122	104	53	35
Butler's	456	300	46	40	20	35
Oral solution						
WHO-ORS	330	110	90	80	30	20
Low-Na ORS	270	110	60	50	30	20
Pedialyte	270	140	45	35	30	20

ORS, oral rehydration solution; WHO, World Health Organization.

ADC

Fluid therapy for children: facts, fashions and questions

Malcolm A Holliday, Patricio E Ray and Aaron L Friedman

The INTERNATIO CONGRESS of TRO PAEDIATR 24 - 27th August 2014

Гіпонатріємія у дітей

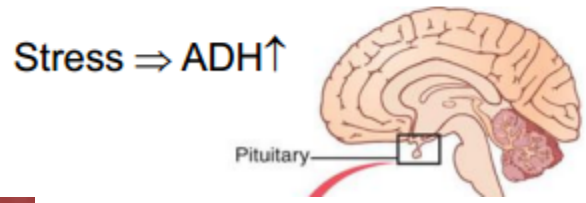
- Починаючи з 1960-х років – публікації про гіпонатріємію у дітей з різними хворобами (новонароджені, пневмонія, діарея, бронхіоліт, менінгіт, енцефаліт, септицемія, малярія, хірургічні операції тощо).
- Інцидентність 20-45%, влітку – 36%, взимку – 24%.
- Можливі причини: неосмотична стимуляція АДГ, ятрогенна (інфузія гіпотонічних розчинів), пероральна регідратація чистою водою.

Editorial

Postoperative hyponatraemic encephalopathy following elective surgery in children

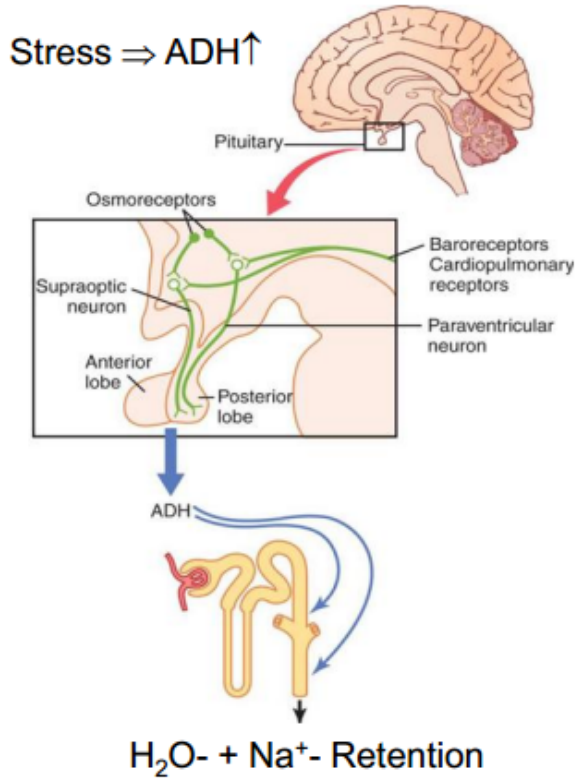
ALLEN I. ARIEFF MD

Department of Medicine, University of California School of Medicine, San Francisco, CA, USA



- У США приблизно 15,000 смертей за рік від післяопераційної гіпонатріємії, набряку мозку, в першу чергу у дівчаток під час менструацій та дітей препубертатного віку.

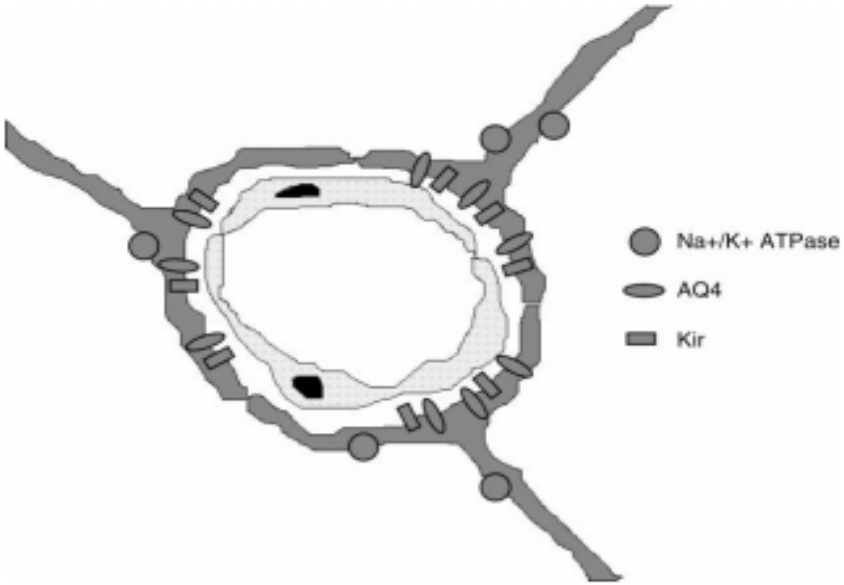
- Arrieff A. Pediatr Anesth 1998; 8: 1

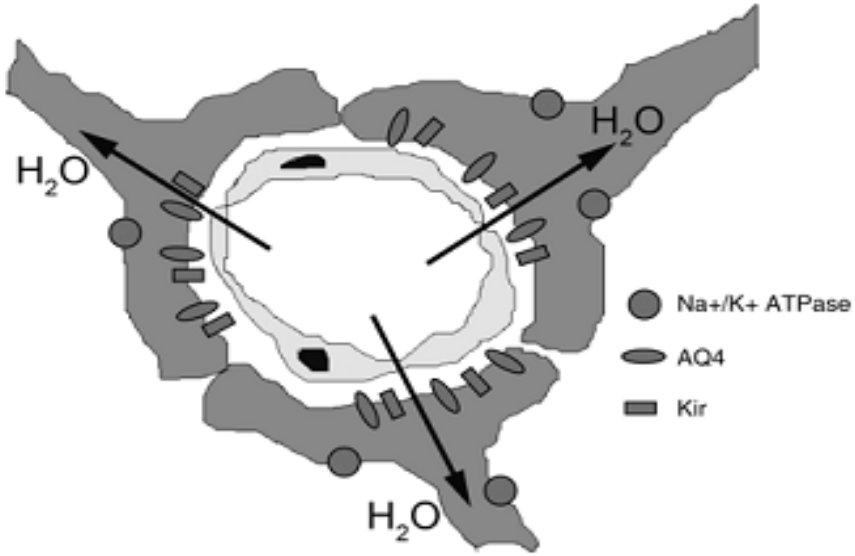


Hall JE. Medical Physiology. - Saunders, 2011
Ayus JC et al. AJP Renal Physiol 2008; 295: 619

Енцефалопатія на тлі гіпонатріємії:

- Na↓→ осмолярність↓→
- H_2O іде в гліальні клітини→ ВЧТ↑→
- Енцефалопатія →
- Герніація мозку→
- Ушкодження мозку→
- Смерть





Розчини для фізіологічних потреб: зміна традиції на межі тисячоліть

- 5% глюкоза + 0,18% NaCl + 20 мекв/л KCl

- 5% глюкоза + 0,45% NaCl + 20 мекв/л KCl

Will changing maintenance intravenous fluid from 0.18% to 0.45% saline solve the issue? Coulthard MG. Arch Dis Child. 2008

- Рекомендована зміна в підтримуючій рідинній терапії у дітей з 0.18% до 0.45% NaCl може підвищити ризик гіпернатріємії, не усуваючи ризик гіпонатріємії.
- Необхідно ґрунтувати потребу в рідині на фізіологічних особливостях дітей.
- Тобто, вмикайте мозок, спостерігайте за пацієнтом, замість того, щоб заучувати формули!

Пацієнти у ВІТ – різні, і не може існувати однакових формул для усіх!

- Втрата рідини/шок: ізотонічні розчини
- ВЧТ↑/ЧМТ: гіперосмолярні / гіперонкотичні розчини
- Втрата вільної рідини (нецукровий діабет, підвищені втрати крізь шкіру): глюкоза/гіпотонічні розчини
- Серцева недостатність / ниркова недостатність: обмеження електролітів та рідини
- Недоїдання: повільне відновлення гіпотонічними розчинами
- Післяопераційний стан, біль, стрес, ПТКВ: обмежені об’єми ізотонічних розчинів

Holliday and Segar були неправі? Вони наполягали на клінічному мисленні в першу чергу! Це лікарі неуважно їх читали! Якщо хочеш розсмішити Бога – покажи йому свої розрахунки водного балансу!

- Потреби у воді та енергії не завжди корелюють!
- Гіперметаболізм доволі рідко має місце у критично хворих дітей!
- Втрати води крізь шкіру зменшуються при укутуванні та підвищенні вологості атмосфери довкілля.
- Втрати води крізь респіраторний тракт зменшуються при диханні зволоженим теплим повітрям.
- Міорелаксація зменшує метаболічні втрати енергії та води.

Формула Holliday and Segar

- Ґрунтується на розрахунках енергетичних потреб:
- На кожні 100 ккал, які витрачаються на метаболізм, потрібно 100 мл води на фізіологічні потреби.
- Рідина, необхідна для забезпечення фізіологічних потреб, = невідчутні втрати + об’єм сечі.

Article

THE MAINTENANCE NEED FOR WATER IN PARENTERAL FLUID THERAPY

Malcolm A. Holliday, William E. Segar

Pediatrics 1957

+ Author Affiliations

ABSTRACT

It is generally agreed that the maintenance requirements for water of individuals is determined by their caloric expenditure. By means of the following formulae, the caloric expenditure of hospitalized patients can be determined from weight alone. For weights ranging from 0 to 10 kg, the caloric expenditure is 100 cal/kg/day; from 10 to 20 kg the caloric expenditure is 1000 cal plus 50 cal/kg for each kilogram of body weight more than 10; over 20 kg the caloric expenditure is 1500 cal plus 20 cal/kg for each kilogram more than 20.

Формула Holliday and Segar

- Висновок, зроблений у статті:

«… Слід зауважити, що формула відображає лише фізіологічні потреби у воді. Відновлення дефіциту та триваючих патологічних втрат рідини виходять за рамки даної статті. Це необхідно враховувати окремо. ”

Malcolm A. Holliday, M.D., died on March 26, 2014 at the age of 90. Widely known as Mac, he was a major figure in pediatric nephrology, and one of the great pediatric physiologists of the second half of the 20th century.

William Segar, MD (1923)
Segar earned his medical degree in his home state of Indiana. He became an expert in fluid and electrolyte metabolism, pediatric fluid therapy and dialysis; he was a driving force in building the UW's pediatric renal service.

Article

THE MAINTENANCE NEED FOR WATER IN PARENTERAL FLUID THERAPY

Malcolm A. Holliday, William E. Segar

Pediatrics 1957

Author Affiliations

ABSTRACT

It is generally agreed that the maintenance requirements for water of individuals is determined by their caloric expenditure. By means of the following formulae, the caloric expenditure of hospitalized patients can be determined from weight alone. For weights ranging from 0 to 10 kg, the caloric expenditure is 100 cal/kg/day; from 10 to 20 kg the caloric expenditure is 1000 cal plus 50 cal/kg for each kilogram of body weight more than 10; over 20 kg the caloric expenditure is 1500 cal plus 20 cal/kg for each kilogram more than 20.

Segar WE, Moore WW. The regulation of antidiuretic hormone in man. J Clin Invest 1968;47:2143–51.
Friedman AL, Segar WE. Antidiuretic hormone excess. J Pediatr 1979;94:521–6.

- Segar and Moore у 1968 році та Friedman and Segar у 1979 році продемонстрували вплив неосмотичних стимулів (поза, температура довкілля) та інших факторів на секрецію АДГ, а також швидку зворотність їх дій.

Holliday MA. Body fluid physiology during growth. In: Maxwell MH, Kleeman CR, eds. Clinical disorders of fluid and electrolyte metabolism. 2nd edn. New York: McGraw-Hill, 1972, chapter 13.

- У 1972 році запропонований половинний середній рівень фізіологічних потреб для випадків із зменшенням темпу діурезу через неосмотичну стимуляцію секреції АДГ.
- Метою даної рекомендації було “вводити тільки потрібну кількість вільної води, але не більше”.

Table 5 Relating body weight (BW) to metabolic rate (MR) and to average and half average maintenance allowances for daily and hourly periods

BW (kg)	MR (kcal)	Maintenance allowance Average (ml/day)	Half average (ml/day)	Average (ml/h)	Half average (ml/h)
3	300	300	150	12	6
5	500	500	250	20	10
7	700	700	350	25	12
10	1000	1000	500	40	20
12	1100	1100	550	45	22
16	1300	1300	650	50	25
20	1500	1500	750	60	30
30	1700	1700	850	70	35
45	2000	2000	1000	80	40
70	2500	2500	1250	100	50

Корекція об'ємів фізіологічних втрат за формулою Holliday and Segar

- Зволожена дихальна суміш x 0.75
- Базальний стан (напр. міорелаксація) x 0.7
- Очікуваний високий рівень АДГ (у тяжких хворих) x 0.7
- Гіпотермія – 12% на °C нижче 37
- Гіпертермія +12% на °C вище 37
- Обігрівач x 1.5
- Фототерапія x 1.5
- **Приклад розрахунку:**
  - 15 кг дитина, ЧМТ, інтубована, релаксація, 36°C.
  - Holliday & Segar (1000 + 5x50) = 1250; 50 ml/hr
  - 50 x ↑АДГ x зволоження x базальний стан x 36°C
  - 50 x 0.7 x 0.75 x 0.7 – 12% = 16 ml/hr

Гіповолемія – основний неосмотичний стимул секреції АДГ у критично хворих дітей

- Усунення гіповолемії ізотонічними розчинами у більшості випадків призводило до нормалізації рівня АДГ.
- Але це не завжди корегувало гіпонатріємію!
- Акцент потрібно зробити на швидкому відновленні екстрацелюлярного простору шляхом інфузії ізотонічних сольових розчинів; з подальшим переходом до підтримуючої терапії, по-можливості перорально, якщо неможливо – то в/в, за схемою половинної або повної підтримки, в залежності від темпу діурезу.
- Стимуляцію секреції АДГ можуть спричиняти блювання, нудота, анестезія, ліки. Усі ці фактори потрібно враховувати додатково.

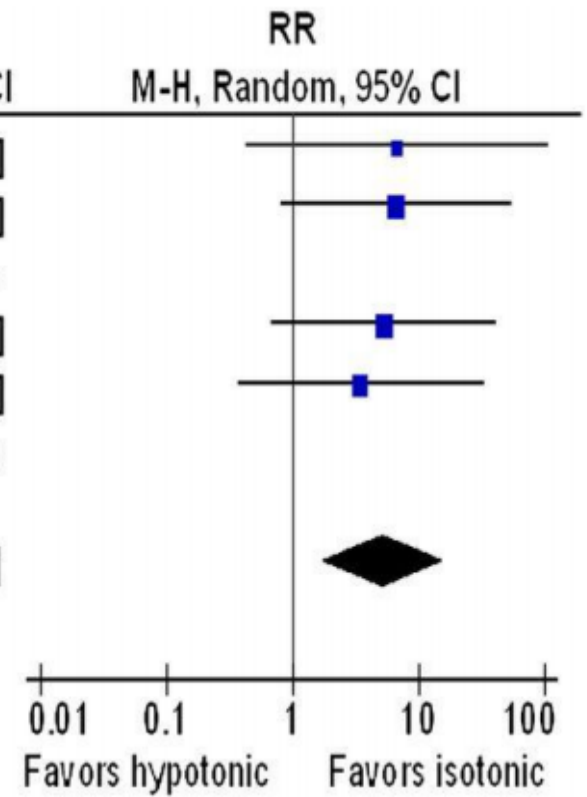
Мета-аналіз в/в ІТ у дітей: гіпотонічні vs. ізотонічні розчини

- Застосування ізотонічних розчинів знижує ризик гіпонатріємії
- Wang J et al. Pediatrics 2014; 133: 105

Study or Subgroup	Hypotonic Events	Hypotonic Total	Isotonic Events	Isotonic Total	Weight	RR M-H, Random, 95% CI
Brazel 1996	4	7	0	5	16.6%	6.75 [0.44–102.80]
Choong 2011	7	112	1	106	28.5%	6.63 [0.83–52.94]
Coulthard 2012	0	40	0	39		Not estimable
Kannan 2010	10	109	1	58	29.9%	5.32 [0.70–40.55]
Rey 2011	3	39	1	45	25.0%	3.46 [0.38–31.94]
Saba 2011	0	21	0	16		Not estimable
Total (95% CI)		267		214	100.0%	5.29 [1.74–16.06]
Total events	24		3			

Heterogeneity: Tau² = 0.00; $\chi^2 = 0.22$, $df = 3$ ($P = 0.97$); $I^2 = 0\%$

Test for overall effect: $Z = 2.94$ ($P = 0.003$)



Гіпотонічні vs. ізотонічні розчини після операції у дітей

- В післяопераційному періоді ізотонічні розчини є більш безпечними, ніж гіпотонічні.
- Choong K et al, Pediatrics 2011; 128: 857

TABLE 2 Primary and Key Secondary Outcomes

	Isotonic PMS	Hypotonic PMS	RR (95% CI)	*P*
Intention-to-treat analysis after 10 imputations, *N*	128	130	—	—
Hyponatremia, *n* (%)	29 (22.7)	53 (40.8)	1.82 (1.21–2.74)	.004
Severe hyponatremia, *n* (%)	1 (0.8)	8 (6.2)	7.21 (0.93–55.83)	.059
Hypernatremia, *n* (%)	4 (3.1)	5 (3.9)	1.30 (0.30–5.59)	.722
Sensitivity analysis using complete data only, *N*	106	112	—	—
Hyponatremia, *n* (%)	26 (24.5)	47 (42.0)	1.78 (1.18–2.69)	.006
Severe hyponatremia, *n* (%)	1 (0.9)	7 (6.3)	6.63 (0.83–52.93)	.075
Hypernatremia, *n* (%)	3 (2.8)	4 (3.3)	1.26 (0.29–5.51)	.757

Гіпотонічні розчини не повинні рутинно застосовуватись у дітей. 0.9% NaCl є більш безпечним варіантом для госпіталізованих дітей

- Current Opinion in Pediatrics 2011; 23: 186

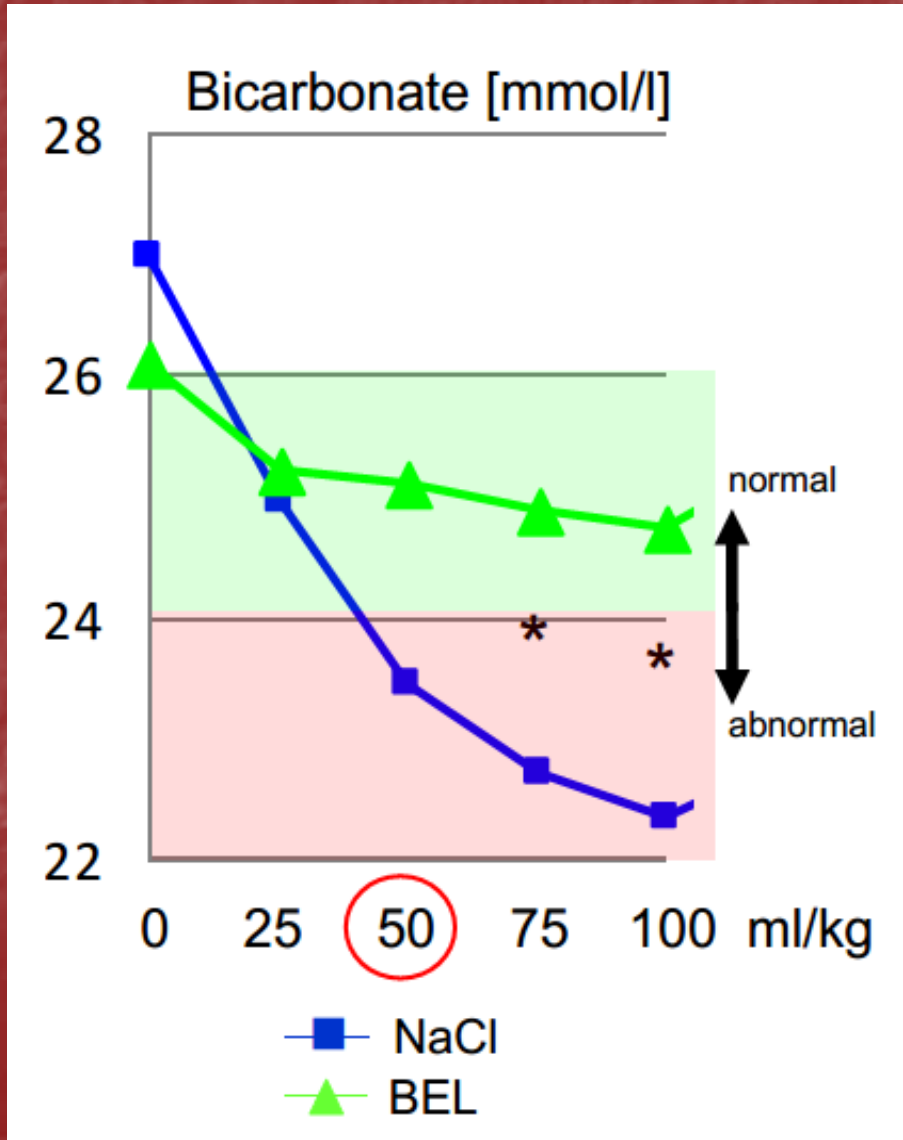
Intravenous fluid management for the acutely ill child

Michael L. Moritz[a] and Juan C. Ayus[b]

Authors	Study design	*n*	Outcome
Kanda *et al.* [36••]	Prospective observational study. Change in serum sodium at 5 h in children following a percutaneous renal biopsy receiving either 0.6% NaCl or 0.9% NaCl and with elevated AVP levels	60	Fall in SNa in 0.6% NaCl group of 1.9 mEq/l Increase in SNa in 0.9% NaCl group of 0.9 mEq/l
Sumpelmann *et al.* [60]	Prospective observation study. Change in intra-operative serum sodium in patient receiving a balanced electrolyte solution (Na 140 mEq/l)	107	Increase in SNa of 1 mEq/l
Kannan *et al.* [37••]	Prospective randomized trial. Incidence of hyponatremia (SNa <130 mEq/l) within 72 h of initiated IVF in hospitalized children randomized to 0.18% NaCl at full or 2/3 maintenance and 0.9% NaCl at full maintenance	167	14.4% and 3.8% incidence of hyponatremia in 0.18% NaCl groups, respectively 1.7% incidence of hyponatremia with 0.9% NaCl group
Neville *et al.* [39••]	Prospective randomized trial. Incidence of hyponatremia (Na <135 mEq/l) with 24 h in postoperative patients receiving either 0.45% or 0.9% NaCl at either full or 1/2 maintenance	124	29% and 32% incidence of hyponatremia in the 0.45% NaCl groups, respectively 3% and 16% incidence of hyponatremia in the 0.9% NaCl groups, respectively

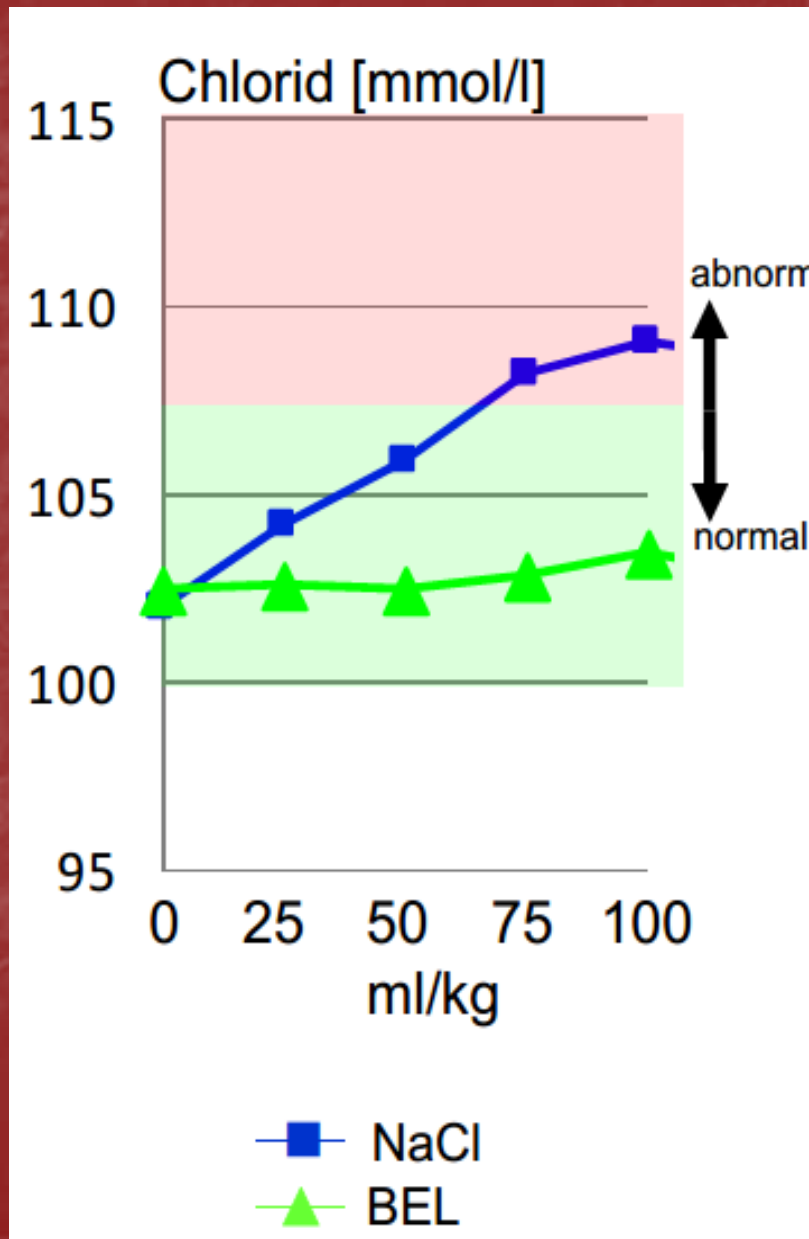
NaCl 0,9% vs. Збалансовані електролітні розчини

- Інфузія NaCl 0,9% (без буфера) →
- ЕЦР: розведення HCO_3^- +
- pCO_2 нормальний →
- pH↓
- = дилюційний ацидоз
- *BEL- balanced electrolyte solution
- Witt L et al. Pediatr Anesth 2010, 20: 734

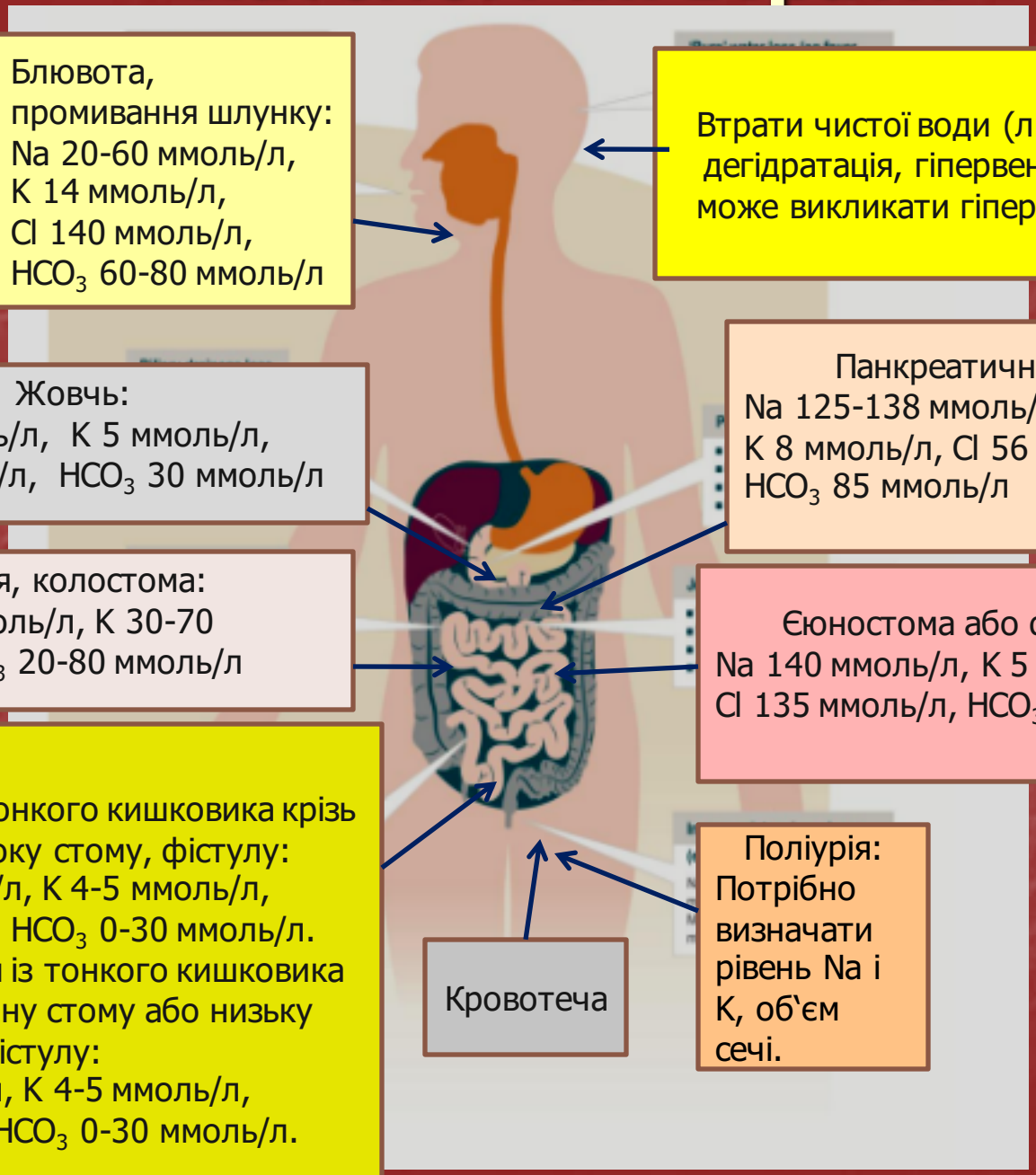


Гіперхлоремічний ацидоз

- Ренальна вазоконстрикція↑
- Швидкість гломерулярної фільтрації↓
- Ренін плазми ↓
- Діурез ↓
- Гемостаз ↓
- Вихід калію з клітин
- ПОНБ ↑
- Witt L et al. Pediatr Anesth 2010, 20: 734



Патологічні втрати



Блювота, промивання шлунку:
Na 20-60 ммоль/л,
K 14 ммоль/л,
Cl 140 ммоль/л,
HCO_3 60-80 ммоль/л

Втрати чистої води (лихоманка, дегідратація, гіпервентиляція), може викликати гіпернатріемію

Жовчь:
Na 145 ммоль/л, K 5 ммоль/л,
Cl 105 ммоль/л, HCO_3 30 ммоль/л

Панкреатичний сік:
Na 125-138 ммоль/л,
K 8 ммоль/л, Cl 56 ммоль/л,
HCO_3 85 ммоль/л

Діарея, колостома:
Na 30-140 ммоль/л, K 30-70 ммоль/л, HCO_3 20-80 ммоль/л

Єюностома або фістула:
Na 140 ммоль/л, K 5 ммоль/л,
Cl 135 ммоль/л, HCO_3 8 ммоль/л

Великі втрати із тонкого кишковика крізь свіжу або високу стому, фістулу:
Na 100-140 ммоль/л, K 4-5 ммоль/л,
Cl 75-125 ммоль/л, HCO_3 0-30 ммоль/л.
Невеличкі втрати із тонкого кишковика крізь сформовану стому або низьку фістулу:
Na 50-100 ммоль/л, K 4-5 ммоль/л,
Cl 25-75 ммоль/л, HCO_3 0-30 ммоль/л.

Кровотеча

Поліурія:
Потрібно визначати рівень Na і K, об'єм сечі.

3-я R: Відновлення патологічних втрат – Replacement

- При відносній вологості атмосфери 95% можна не враховувати втрати з тахіпное.
- При блюванні, якщо неможливо виміряти об’єм, то втрати вважаються = 20 мл/кг/добу.

Об’єм патологічних втрат рідини

Стани	Об’єм втрат
Гіпертермія	На кожен градус вище 38 – 10 мл/кг/добу
Тахипное	На кожні 10 дихань вище вікової норми – 10 мл/кг/добу
Парез кишечника	При II ступені – 20 мл/кг/добу При III ступені – 40 мл/кг/добу

Специфічні патологічні втрати рідини у новонароджених дітей

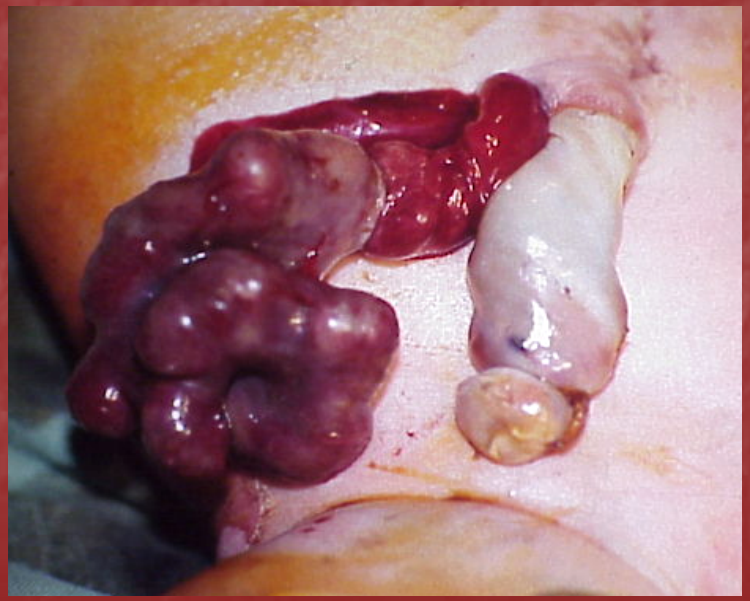
- Омфалоцеле
- Гастрошизис
- Обструкції ШКТ (Пілоростеноз, Інвагінація кишечника)

Омфалоцеле

частота 1:5000
грижовий мішок
вроджені вади серця у 30-40%
крововтрата
гіпотермія
підвищений інтраабдомінальний тиск
невідчутні втрати води
= 10 мл/кг/годину

Гастрошизис

- По середній лінії вище пупка
- Інші аномалії рідко супроводжують
- Без грижового мішка
- Покриття целофаном
- Зігрівання
- В/в інфузії рідини



Церебральна патологія: крововиливи, набряк мозку, гіпоксичні та травматичні ушкодження мозку

- Можливий розвиток порушення синтезу АДГ:
  - Недостатня секреція АДГ
  - Підвищена секреція АДГ
  - Невідповідність секреції АДГ до змін осмолярності плазми
  - Нечутливість аквапоринових каналів у нирках до АДГ

SPECIAL ARTICLE

European consensus statement for intraoperative fluid therapy in children

Robert Sümpelmann, Karin Becke, Peter Crean, Martin Jöhr, Per-Arne Lönnqvist, Jochen M. Strauss and Francis Veyckemans

Eur J Anesthesiol 2011; 28: 637

- Збалансовані електролітні розчини у дітей:
- Фізіологічна осмолярність + рівень натрію → гіпонатріємія ↓
- Метаболічні аніони (ацетат, лактат, малат) → КОС ↑
- Додавання 1- 2.5% глюкози → гіпоглікемія↓, ліполіз ↓, гіперглікемія ↓

Схема періопераційної рідинної терапії для дітей
Sümpelmann et al. Anästh Intensivmed 2007; 48: S73

- Інтраопераційно:
  - 10 (-20) мл/кг/годину ЗЕР - (+1-2% глюкоза)
- Потрібно ще інфузії?
  - х ЗЕР 10 мл/кг
  - х ГЕК / желатин (5-10 мл/кг)
- Ер.маса: 10 мл/кг → ↑Ht на 10%
- Кровотеча: фібриноген, СЗП, тромбомаса (10 мл/кг)
- Раннє ентеральне харчування або ЗЕР+5% глюкоза

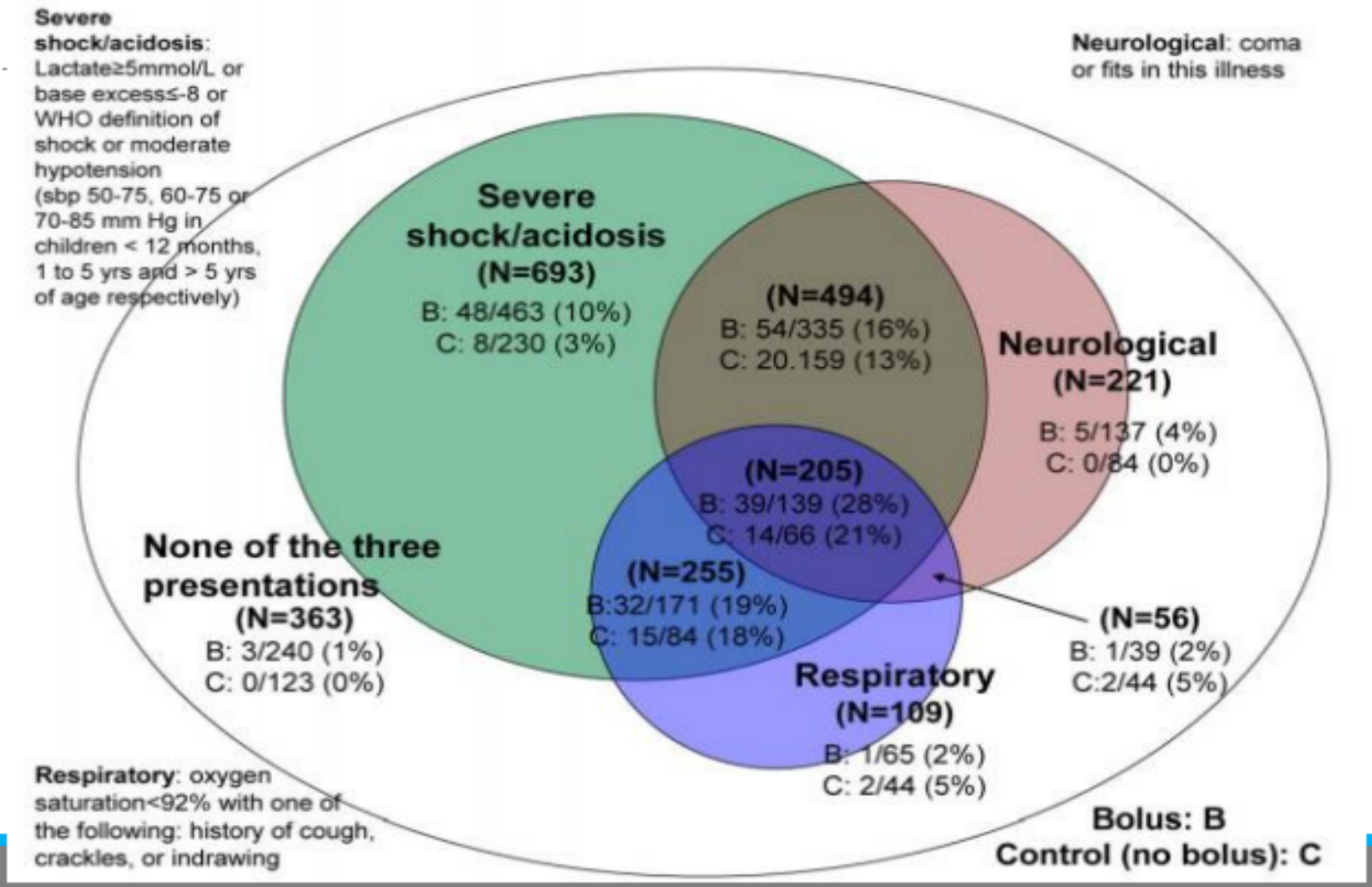
Розчини для ресусцитації
Чи потрібна об’ємна ресусцитація?

- Об’ємна ресусцитація у пацієнтів із септичним шоком значно підвищує ударний об’єм та доставку кисню тканинам (Haupt MT et al: Fluid loading increases oxygen consumption in septic patients with lactic acidosis. Am Rev Respir Dis 1985.)
- 60 мл/кг ізотонічного розчину за першу годину шоку зменшує летальність в 9 разів (Rivers et al. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. N Engl J Med 2001).
- Кожний час некорегованої гіповолемії збільшує смертність удвічі (Carcillo JA. Role of early fluid resuscitation in pediatric septic shock. JAMA 1991).

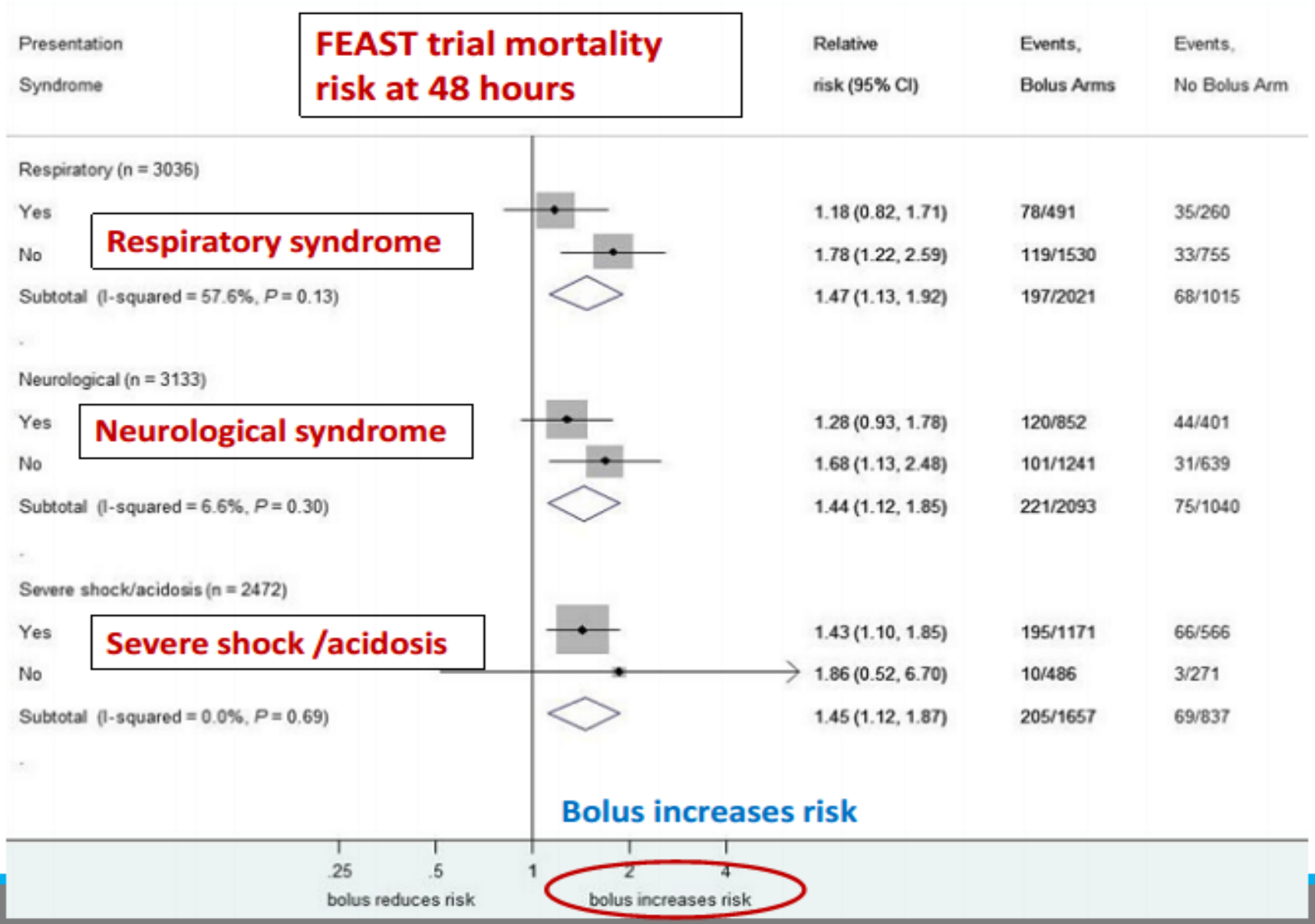
Чи потрібні болюси рідини при шоку?

Cause of Mortality at 48 hours in FEAST trial

Maitland K, George EC, et al for the FEAST trial group, BMC Med 2013



Чи потрібні болюси рідини при шоку?



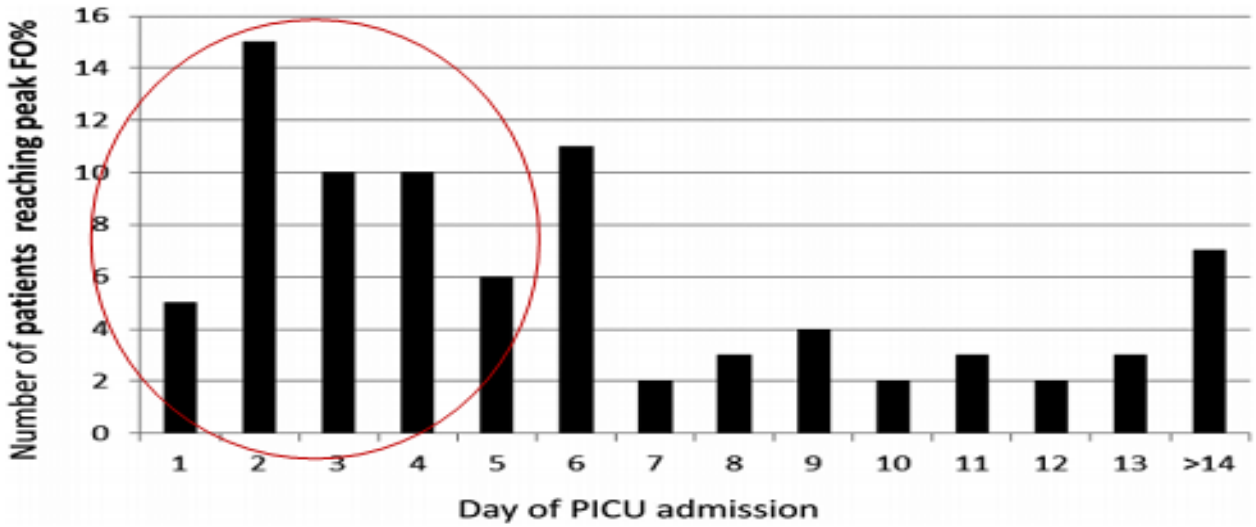
FEAST

Чи потрібні болюси рідини при шоку?

- Негативний вплив болюсів (↑смертності протягом 48 годин), можливо, пояснюється гіперхлоремічним ацидозом, ішемічно-реперфузійним ушкодженням.
- Кардіоваскулярний колапс частіше призводив до підвищення смертності, ніж надлишок рідини на тлі швидкої рідинної ресусцитації.

Надлишок рідини: коли?

- Fluid overload in recovery phase



Peak FO% was first achieved on day 5.7 ± 4.2

74% patients reached peak cumulative fluid overload on day 7 or earlier

Надлишок рідини: скільки?

Fluid overload is associated with impaired oxygenation and morbidity in critically ill children* **Arikan et al, Ped Crit Care Med 2012**

80 mechanically ventilated children

Fluid Overload (FO%) = [(Fluid in – Fluid out) / Adm Wt] x 100

Table 3. Relationship between total fluid overload percent and oxygenation index

Total Fluid Overload %	Regression Coefficient	*p*
2.5%	0.05	.76
5%	0.05	.92
7.5%	0.05	.56
10%	0.08	.38
12.5%	0.10	.16
15%	0.12	.004
17.5%	0.20	<.001
20%	0.31	<.001

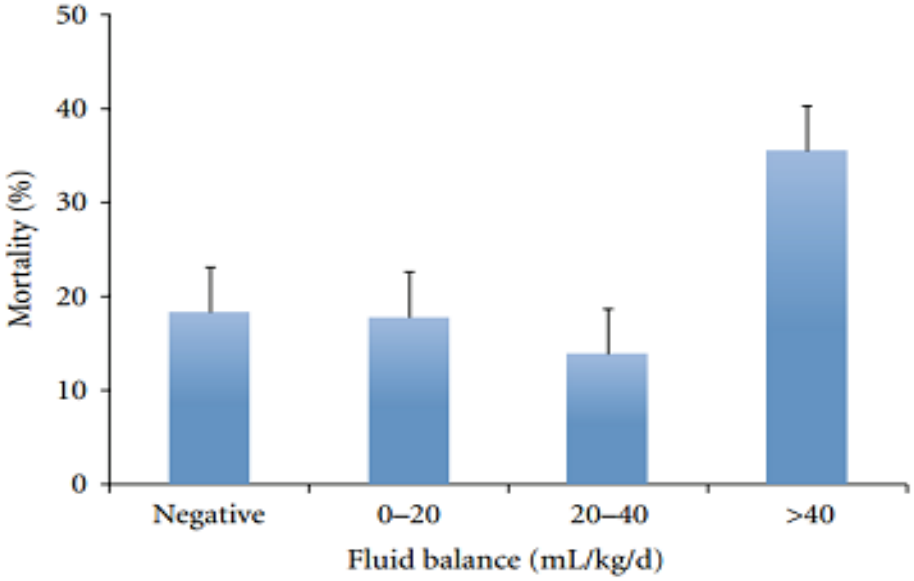
Total FO predicted OI for that day and a dose-response relationship was observed where FO% increased to 15% and greater

Надлишок рідини: скільки?

Research Article

Positive Fluid Balance Is Associated with Higher Mortality and Prolonged Mechanical Ventilation in Pediatric Patients with Acute Lung Injury

- The nonsurvivors in this study received over **two times the amount** of fluid per kg per day as the survivors



Рекомендований рестриктивний режим після початкової ресусцитації при септичному шоці

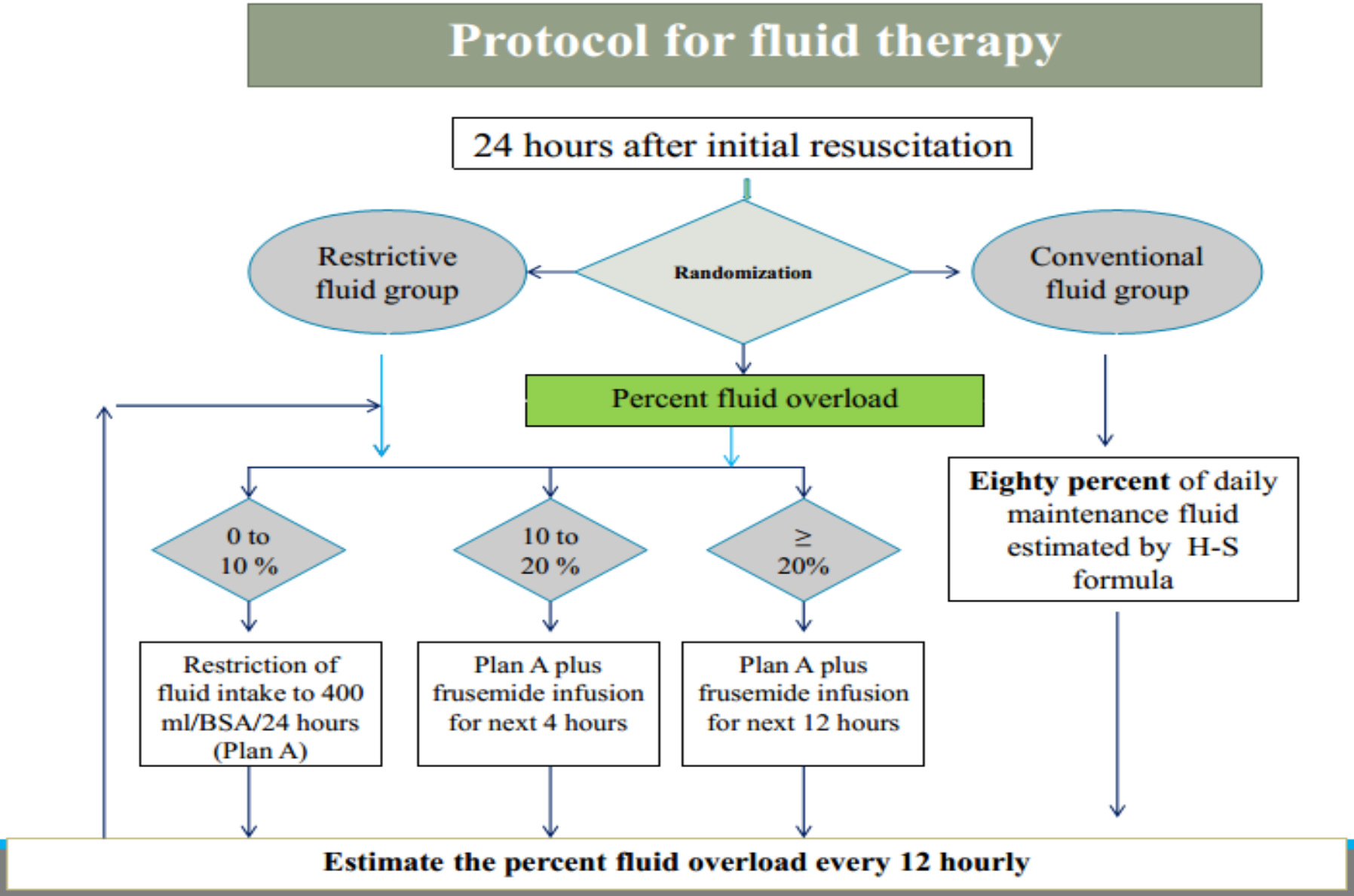
Conventional *vs.* Restrictive Maintenance Fluid regime in children with Septic Shock after initial resuscitation: A Randomized Controlled Trial

G. Benakatti, S Singhi, et al , PCCM 2014

101 children with septic shock after 24 hours
54 – Restrictive fluid group 47 – Conventional fluid group

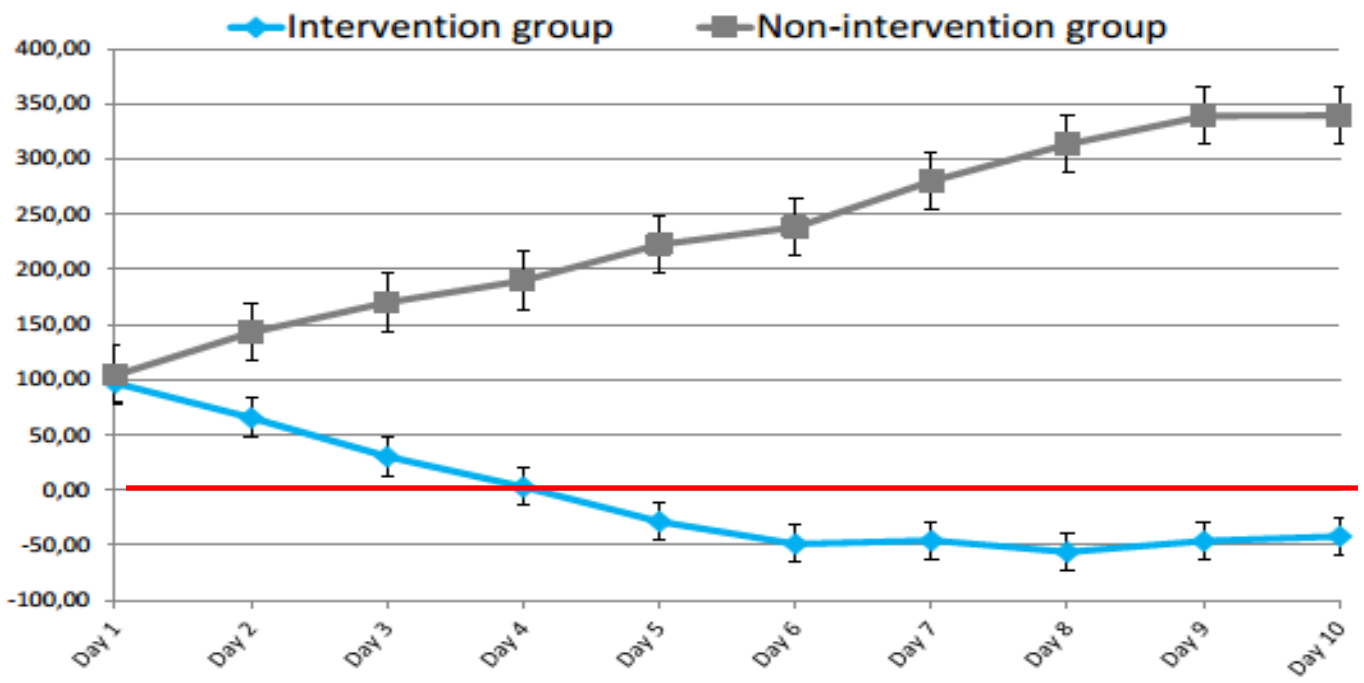
- **The primary end point:** **Length of PICU stay**
- **Secondary end points:**
  - All cause mortality (60 days)
  - Organ failure free days
  - Ventilator-free days
  - Shock free days
  - Measures of lung physiology
  - Incidence of AKI

Рекомендований рестриктивний режим після початкової ресусцитації при септичному шоці



Рекомендований рестриктивний режим після початкової ресусцитації при септичному шоці

Fluid balance in two groups



Рекомендований рестриктивний режим після початкової ресусцитації при септичному шоці

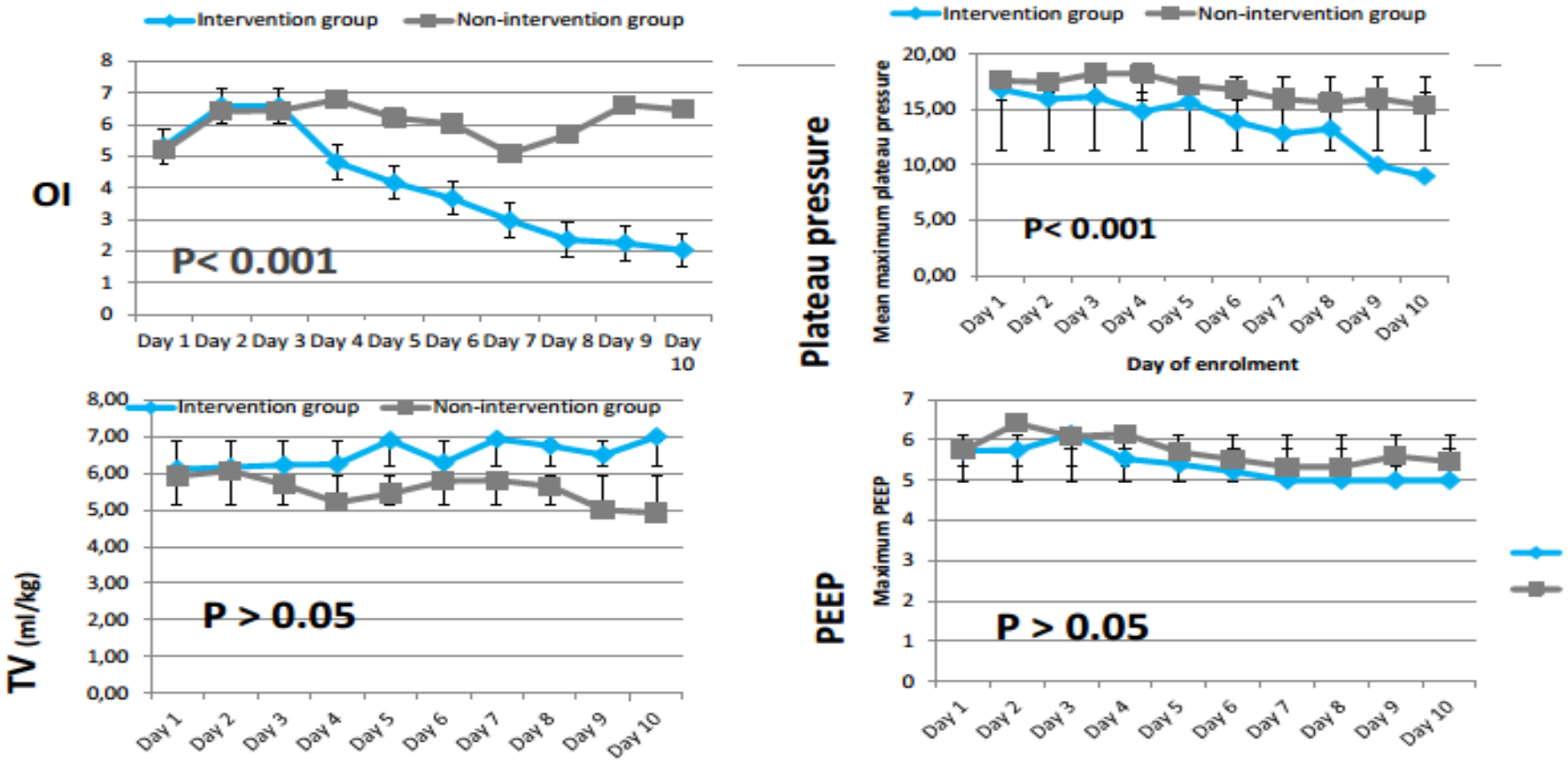
Organ failures

Table 1: Number of organ failures (Mean± SD)			
Day since randomization	Restrictive group	Conventional group	P value
Day 1	2.1± 1.4	2.7±1.3	**0.021**
Day 3	1.9± 1.7	3.1±1.6	**0.002**
Day 7	0.6 ± 1.4	2.0±2.3	**0.000**
Day 10	0.4± 1.3	1.4±2.1	**0.005**

Days since randomization	Table 2: Number of patients with multi-organ failure		P value
	Restrictive group	Conventional group	
Day 1	57.4%	61.7%	**0.661**
Day 3	53.7%	76.5%	**0.006**
Day 7	11%	46.8%	**0.001**
Day 10	11%	44.6%	**0.013**

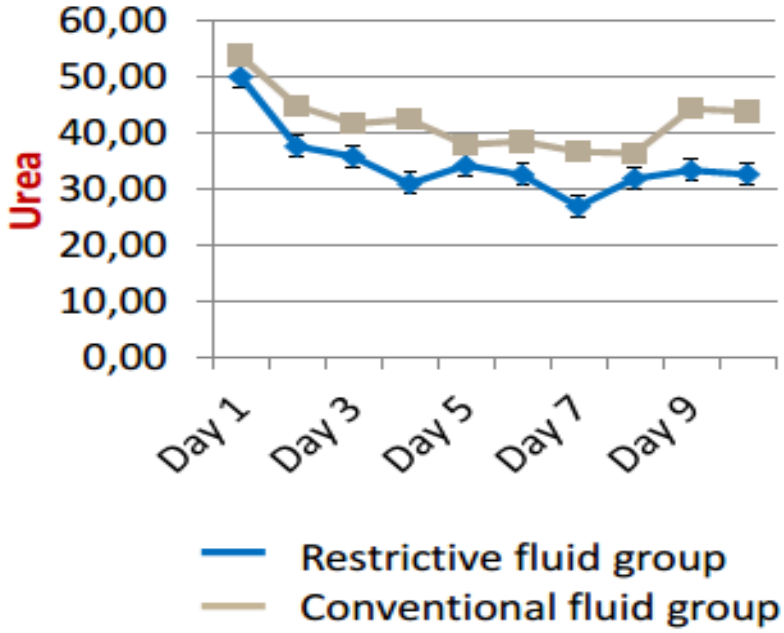
Рекомендований рестриктивний режим після початкової ресусцитації при септичному шоці

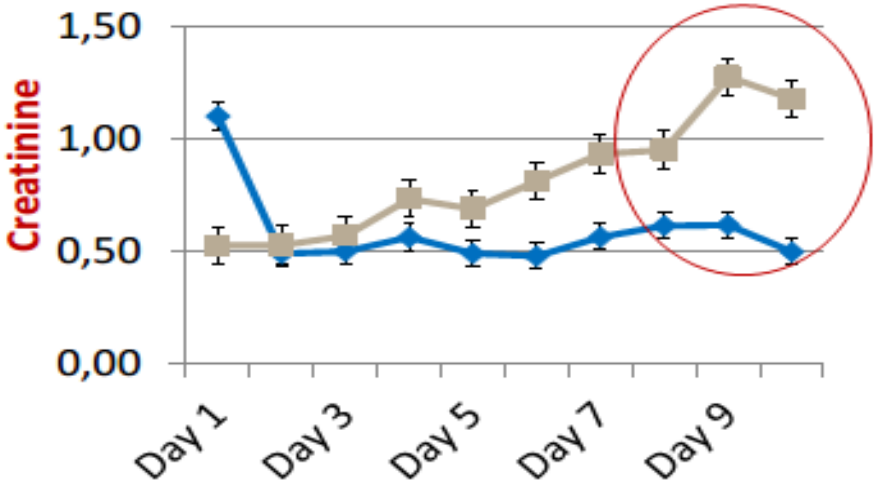
Fluid overload and lung



Рекомендований рестриктивний режим після початкової ресусцитації при септичному шоці

Fluid overload and AKI





Рекомендований рестриктивний режим після початкової ресусцитації при септичному шоці

Restrictive fluid strategy is beneficial during post resuscitation phase in children with septic shock.

It decreases Length of ICU stay, improves lung function

Frusemide is safe and effective in small doses in continuous infusion

critical care review

Negative Fluid Balance Predicts Survival in Patients With Septic Shock*

At least **one day of negative balance** achieved by the 3rd day of treatment – Good independent predictor of survival

Дякую за увагу!