

الفصل ١١

توازن السوائل و الشوارد و التوازن الحمضي القلوي في فترة ما حول العمل الجراحي

Perioperative fluids , electrolytes and acid–basic balance

تعريفات أساسية : Basic definitions

- التناضح أو الخاصية الأسموزية : تتحدث عن حركة انتقال جزيئات الماء عبر غشاء نصف نفوذ من منطقة ذات كثافة مائية مرتفعة (تركيز مخفف للذوائب) إلى منطقة ذات كثافة مائية منخفضة (تركيز أعلى للذوائب) دون الحاجة لاستهلاك طاقة . إن كمية الجزيئات الفعالة اسمولياً المتواجدة ضمن المحلول تدعى بالأسمولية .
- تحسب أسمولية البلازما Plasma osmolality من القانون التالي :

$$P_{osm} = 2 [Na^+] + \text{blood glucose} + \text{blood urea}$$

$$\text{Mosmol/kg} = \text{mmol/l} \quad \text{mmol/l} \quad \text{mmol/l}$$

$$\text{أسمولية البلازما} = ٢ [\text{تركيز شوارد الصوديوم}] + \text{تركيز سكر الدم} + \text{تركيز البولة في الدم}$$

$$\text{ميللي أسمول / كغ} = \text{ميللي مول / لتر} + \text{ميللي مول / لتر} + \text{ميللي مول / لتر}$$

توزيع ماء الجسم الكلي: Compartmental distribution of Total Body Water:

- يقاس حجم الماء الجسمي الكلي باستخدام تقنية التمديد المشعة بما في ذلك استخدام الديتوريوم أو التريتيوم حيث أنه ينتشر بحرية عبر الأغشية الخلوية و يتوازن بسرعة مع شوارد الهيدروجين ضمن ماء البدن .
- أظهرت هذه القياسات أن حوالي ٦٠% من وزن الجسم يشكلها الماء و ذلك عند شخص ذكر بالغ وزنه حوالي ٧٠ كغ و بما أن الدسم يحوي كمية أقل من الماء فإن الإناث يحتوين نسبة أقل من TBW حيث تبلغ نسبة الماء في أجسامهن حوالي ٥٥% و إن الـ TBW تنخفض مع تقدم العمر حيث تبلغ نسبه حوالي ٤٥-٥٠% عند المسنين .
- يتواجد ثلث ماء الجسم الكلي في الحيز خارج الخلوي (ECF حوالي ١٤ لتر عند بالغ ذكر وزنه ٧٠ كغ) و الثلثين الباقيين يتواجدان ضمن الحيز داخل الخلوي (ICF حوالي ٢٨ لتر) .
- و يقسم الحيز خارج الخلوي إلى حيزين : الحيز الخلالي بين الخلايا (يشكل ثلاث أرباع الحجم خارج الخلوي حجمه حوالي ١١ لتر) و الحيز داخل الأوعية (البلازما تشكل ربع الحجم خارج الخلوي حوالي ٣ لتر) .

تركيب سوائل الجسم: Composition of body fluids:

- السائل خارج الخلوي : Extra Cellular Fluid :** إن البطانة الشعرية تتصرف كغشاء كامل النفوذية لعبور الماء و الكاتيونات و الأنيونات و العديد من المواد الذائبة كالغلوكوز و البولة (و لكن ليس البروتين) و كنتيجة لذلك فإن تركيب المواد الذوابة ضمن السائل الخلالي و البلازما متشابهان جداً حيث يحوي كلاهما الصوديوم ككاتيون أساسي و الكلورايد كأنيون أساسي .
- إن البروتين يتصرف ككاتيون غير لانتشار و هو يتواجد بتركيز أعلى ضمن البلازما .
- إن تركيز Cl^- أعلى بقليل ضمن السائل الخلالي و ذلك بقصد الحفاظ على الحيادية الكهربائية (توازن دونان)
- السائل داخل الخلوي : Intra Cellular Fluid :** يختلف هذا السائل عن خارج الخلوي بان الكاتيون الرئيسية فيه هي البوتاسيوم و بأن الأنيون الرئيسية فيه هي الفوسفات بالإضافة لوجود كميات أكبر من البروتين ضمنه .
- بالمقارنة مع بطانة الشعريات نجد أن الغشاء الخلوي نفوذ بشكل انتقائي لمختلف الشوارد و لكنه نفوذ بشكل حر للماء و بالتالي فإن التوازن الحادث بين القوى الاسمولية يحدث باستمرار بواسطة حركة الماء عبر الغشاء الخلوي .
- إن اسمولية الحيزين داخل و خارج الخلايا متساويان في حالة التوازن . إن الماء يتحرك بسرعة بين الحيزين ليزيل أي فرق في مدرج الأسمولية و هذا المبدأ ضروري و حيوي لفهم فيزيولوجيا السوائل و الشوارد .

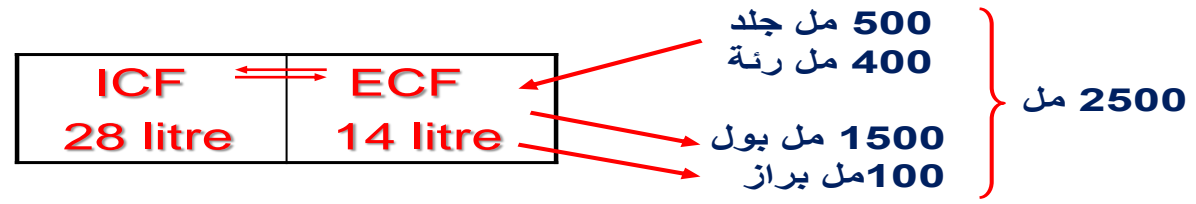
ECFV	ICFV
Na+ : 140 *	Na+ : 10 *
K+ : 4 *	K+ : 150 *
Cl- : 140 *	Hpo4- - : 150 *
Water	Water
290 mOsm/Kg	290 mOsm/Kg

الشكل (١١-١) : تركيب سوائل الجسم (* : ميللي مول / لتر)

توازن الماء : Water Balance

- إن التغيرات اليومية الطارئة على ماء الجسم الكلي هي تغيرات صغيرة (أقل من ٢,٠%) و ذلك بفضل التوازن الرائع بين الوارد المضبوط بآليات العطش و الصادر المضبوط بشكل أساسي بنظام الكلية ADH .
- إن المصادر الرئيسية لماء الجسم هي السوائل المتناولة و الماء المتواجد ضمن الطعام الصلب و الماء الذي ينتج كحاصل نهائي لعمليات الاستقلاب .. كذلك فإن السوائل الوريدية تعد مصدراً آخرًا للماء لدى مرضى المشافي .
- إن الضياعات الواقعية و الممكنة لماء الجسم تصنف تقليدياً لصنفين هما الضياعات المحسوسة و الضياعات غير المحسوسة ... إن الضياع غير المحسوس ينشأ من الجلد و الرئتين بينما ينشأ الضياع المحسوس من الكليتين و الجهاز الهضمي .
- يجب الانتباه إلى أن ما يزيد عن ٥ ليتر من السائل تفرز يوميا إلى الأمعاء على شكل لعاب و صفراء و عسارات هاضمة و لكن فقط ١٠٠ ميلي ليتر من هذه السوائل تظهر ضمن البراز .

1300 مل ماء متناول
800 مل طعام
400 مل إستقلاب
2500 مل



الشكل (١١-٢) : التوازن اليومي للماء . الوارد و الصادر بالميلي ليتر

توازن السوائل العملي : Practical fluids balance

- إن حساب الحاجة اليومية من السوائل هي عبارة عن تمرين حسابي للموازنة بين الوارد و الصادر من الماء و الشوارد، و قبل ذلك يجب أن نكون على دراية تامة بالمحتوى الشاردي للمحاليل الوريدية المستخدمة في المشافي .

المحلول	المحتوى الشاردي (ممول/ل)	الاسمولية (ميلي أسمول/كغ)
سيروم ملحي فيزيولوجي سالين ٠,٩%	١٥٤ : NA ⁺ ١٥٤ : CL ⁻	٣٠٨
سيروم مختلط غلوكوز ٥%+سالين ٠,٩%	١٥٤ : NA ⁺ ١٥٤ : CL ⁻	٥٨٦
غلوكوز ٤%+سالين ٠,١٨%	٣١ : NA ⁺ ٣١ : CL ⁻	٢٨٤
غلوكوز ٥%	لا يوجد شوارد	٢٧٨
رنجر لآكتات RL	١٣١ : NA ⁺ ١١٢ : CL ⁻ ٢٩ : HCO ₃ ⁻ (على شكل لآكتات) ٤ : Ca ⁺⁺ ٥ : K ⁺	٢٨١

الشكل (١١-٣) : المحتوى الشاردي لأهم المحاليل البللورانية المستخدمة

قواعد تسريب السوائل :

القاعدة الأولى :

- إن كل الصوديوم المسرب يبقى في السائل خارج الخلوي حيث انه لا يستطيع البقاء في الوسط داخل الخلوي بسبب عمل مضخة الصوديوم و بالتالي عند تسريب محلول ملحي فيزيولوجي فإن كل الصوديوم المسرب يبقى في الوسط خارج الخلوي . بما أن محلول سالين ٠,٩% مساوي التوتيرية فإنه لا يحدث تغير ما في اسمولية الوسط خارج الخلوي و بالتالي لا يحدث تبادل مائي عبر الغشاء الخلوي و بالتالي فإن محلول سالين الفيزيولوجي يمدد فقط الحجم خارج الخلوي .

- أما إذا تم تسريب محلول ملحي نصف نظامي ٠,٤٥% تنقص اسمولية السائل خارج الخلوي مما يسبب هجرة الماء من خارج الخلايا إلى داخل الخلايا بينما يؤدي تسريب محلول سالين مفرط التوتر ١,٨% زيادة في اسمولية السائل خارج الخلوي و بالتالي سيتحرك الماء من داخل إلى خارج الخلايا للحفاظ على اسمولية متوازنة .

القاعدة الثانية :

- إن الماء بدون صوديوم يمدد ماء الجسم الكلي و بالتالي عند تسريب الماء سيدخل إلى الحيز داخل الخلايا و خارج الخلايا بكمية تتناسب مع الحجم الأولية لهذه الأوساط .

- بعد تسريب محلول الغلوكوز ٥% يدخل الغلوكوز إلى داخل الخلايا و يستقلب ضمنها و يبقى الماء الحر الذي يتوزع بين الأحياز حسب حجمها الأولية ..

ملاحظات	ICF	ECF	تسريب ١٠٠٠ مل
يبقى الصوديوم في الـ ECF	٠	١٠٠٠ +	سالين ٠,٩%
٦٦% من ماء الجسم هو ICF	٦٦٦ +	٣٣٣ +	غلوكوز ٥%
٣٣% من ماء الجسم هو ECF	٣٣٣ +	٦٦٦+	سالين نصف نظامي ٠,٤٥%

الشكل (١١-٤) : التغيرات التي تحدث على أحياز الجسم عند تسريب السوائل .

تقسم المتطلبات اليومية من السوائل في فترة ما حول الجراحة ضمن ٣ نطاقات :

- حاجات الاستمرارية الطبيعية: Maintenance needs
- الضياعات غير الطبيعية : Abnormal losses
- إصلاح النقص المرافق أو السابق للعمل الجراحي: Existing deficits

حاجات الاستمرارية الطبيعية :

الماء : باستثناء الحالات المرضية فإن ضياع الماء و الشوارد يحدث ضمن البول و بالضياع التبخري من الجلد و الرئتين .. إن المريض سوي الحرارة ذي الوزن ٧٠ كغ و ذي المعدل الاستقلابي الطبيعي قد يفقد ٢٥٠٠ مل من الماء يومياً . و بالسماح بكسب ٤٠٠ مل من الماء من عمليات الاستقلاب فإن هذا المريض الافتراضي يحتاج ٢١٠٠ مل ماء يومياً و بالتالي كقاعدة عامة :

إن حجم ٣٠ - ٣٥ مل ماء/كغ/يومياً يعد حجماً مناسباً للاستمرارية .

- و بما أن الحاجة اليومية من كل من شوارد الصوديوم و شوارد البوتاسيوم هي تقريباً (١ ميلي مول / كغ / يوم) فإن الحاجة اليومية من الماء يمكن تأمينها كما يلي :

١- إعطاء ٢٠٠٠ مل من الغلوكوز ٥% + ٥٠٠ مل سالين ٠,٩% .

٢- إعطاء ٢٥٠٠ مل غلوكوز ٤% / سالين ٠,١٨%

(+ بوتاسيوم على شكل كلور البوتاسيوم بمعدل ١ غ لكل ٥٠٠ مل أي ١٣ ميلي مول لكل ٥٠٠ مل .)

الضياعات غير الطبيعية :

- إن الضياع من الجهاز الهضمي شائع جداً (الإسهال ، الإقياء ، احتجاز السوائل ضمن لمعة الأمعاء و المص عبر الأنبوب الأنفي المعدي) : يمكن الإعاضة عنها باستخدام سالين ٠,٩% مع إعاضة البوتاسيوم .

- في حال وجود حمى أو فرط تهوية يزداد الضياع غير المحسوس من الجلد و الرئتين بنسبة ١٢% لكل ارتفاع درجة مئوية واحدة في الحرارة .

- في حال الرض أو الأذية النسيجية يحدث احتجاز للسائل المشابه للبلازما و هو ما يُسمى بضياع الحيز الثالث ، ويتناسب حجمه مع اتساع رقعة و شدة الرض .

تقدير و تقييم التجفاف :

التقييم السريري يركز على ما يلي :

- التاريخ : كم من الزمن مضى على إصابة المريض بضياع السوائل غير الطبيعي ؟
- الفحص الذي يُظهر مظاهر خاصة بالتجفاف مثل : العطش ، جفاف الأغشية المخاطية ، فقد الليونة الجلدية ، هبوط الضغط أو تسرع القلب الانتصابيين ، انخفاض CVP ، و قلة النتاج البولي (أقل من ٠,٥ مل/كغ/ساعة)

التقييم المخبري :

- زيادة درجة التركيز الدموي (ارتفاع الهيماتوكريت) .
- زيادة تركيز الألبومين في الدم .

- زيادة تركيز البولة الدموية .
- زيادة اسمولية البول .

درجات التجفاف : تُقيّم حسب نسبة فقد الماء إلى :

- ١- **الخفيفة :** ضياع ٤ % من وزن الجسم (\approx ٣ ليتر عند بالغ ٧٠ كغ) ، و تترافق مع جفاف في الأغشية المخاطية مع نقص في ليونة الجلد و غوور في العينين .
- ٢ - **المتوسطة :** ضياع ٥-٨ % من وزن الجسم (\approx ٦-٤ ليتر عند بالغ ٧٠ كغ) و تظهر علامات إضافية كهبوط الضغط و تسرع النبض الانتصابيين و شح البول.
- ٣- **الشديدة :** ضياع ٨-١٠ % من وزن الجسم (\approx ٧ ليتر عند بالغ ٧٠ كغ) و المظاهر الإضافية تشمل : شدة شح البول و تأذي الوظيفة القلبية الوعائية .

إصلاح السوائل في فترة ما حول العمل الجراحي: Perioperative fluid therapy:

بالإضافة إلى المتطلبات الطبيعية للاستمرارية الطبيعية من الماء و الشوارد فإن المرضى قد يحتاجون السوائل في الفترة ما حول العمل الجراحي للحفاظ على ماء جسم كلي سوي و ذلك بعد فترة من الصيام و ليعوضوا عن الضياع غير الطبيعي السابق للجراحة و عن الضياع الدموي و ضياع السائل خارج الخلوي ضمن الحيز الثالث و كذلك لتعويض ضياع الماء بالبخار من الجلد و الرئتين .

- إن ضياع الدم بما يزيد عن ١٥ % من حجم الدم الأصلي عند البالغ يجب أن يعوّض بتسريب الدم المحفوظ ، بينما يمكن تعويض ضياع كميات أقل عن طريق استخدام المحاليل البلورانية و ذلك بتسريب ٣ أمثال حجم الدم الضائع أو باستخدام المحاليل الغروانية مثل الألبومين و ذلك بكميات مساوية لحجم النزف .

- يُعوّض ضياع الحيز الثالث بإعطاء لاكتات الصوديوم .

- في الجراحة البطنية مثل استئصال المرارة الجراحي يكفي إعطاء المريض حاجة صيام ١-١,٥ مل/كغ/ساعة صيام و ٥ مل/كغ/ساعة لتعويض فقد السوائل بالبخار و عن طريق الرئة بالإضافة لحاجة استمرارية ١,٥ مل/كغ/ساعة بالإضافة لتعويض الدم الضائع .. و قد نضطر لإعطاء كميات أكبر في العمليات الجراحية الأكبر و لكن عندها يجب الاسترشاد بقيم الـ CVP .

- أما في الفترة ما بعد العمل الجراحي فيجب إعطاء سوائل الاستمرارية الطبيعية كما سبق ، و قد نضطر لاستخدام سوائل إضافية في الظروف التالية :

- ١- عند استمرار ضياع الدم أو المصل من المفجرات الجراحية .
- ٢- عند استمرار ضياع السوائل من الجهاز الهضمي مثال : عبر الأنبوب الأنفي المعدي أو عبر النواسير .
- ٣- بعد الجراحات الكبرى لإعاضة ضياع الحيز الثالث .
- ٤- خلال فترة إعادة تدفئة المريض إذا كان قد برد أثناء الجراحة .

رد الفعل الاستقلابي للعمل الجراحي :

- ١- انحباس الصوديوم الذي قد يستمر فترة بين ٢٤-٤٨ ساعة .
 - ٢- انحباس الماء و يبدو على شكل انخفاض في مقدار البول لفترة أيام .
 - ٣- زيادة في طرح البوتاسيوم .
- و التفسير الوظيفي لهذا التغير الاستقلابي يقوم على أساس عصبي و هرموني :
- يُفرز الفص الأمامي للغدة النخامية هرمون ACTH الذي يحرض قشر الكظر على إفراز المزيد من هرمون الكورتيزول و إفراز الألدوسترون المسؤول عن عودة امتصاص الصوديوم في الأنابيب الكلوية .
- أما الفص الخلفي فيزيد من تحرر هرمون ADH و تصل سويته إلى ٤٠-٥٠ ضعفاً أثناء العملية ثم يبدأ بالتناقص لتبلغ ضعفين أو ثلاث لمدة يومين أو ثلاث وذلك بتأثير تنبيهات الألم التي تنتبه من مكان الجراحة .
- و نتيجة لما تقدم يحدث :

- ١- تمدد في البلاسما و ينخفض تركيز الصوديوم .
- ٢- نقص في النتاج البولي مع ارتفاع في تركيز البوتاسيوم في البول و ارتفاع في اسموليته .
- تستمر استجابة الشدة الجراحية حوالي ٢٤-٧٢ ساعة ، و إن الإدراج الجيد هو علامة الشفاء و انتهاء فترة الشدة .
- يتطلب مرضى القصور الكلوي تعويضاً دقيقاً و محدداً للسوائل بالاعتماد على النتاج البولي .
- تختلف حاجة الرضع و الأطفال من السوائل عن حاجة البالغين .

السوائل الوريدية الشائعة الاستعمال :

تستخدم السوائل الوريدية لتعويض الحجم البلاسمي و في المشافي يوجد نوعان من المحاليل المستخدمة في المشافي كمعويضات حجم : السوائل البللورانية و السوائل الغروانية .

المحاليل البللورانية : و أهم أنواعها المستخدمة في المشافي :

- ١- المحلول الملحي الفيزيولوجي ٠,٩ % (المحلول الملحي النظامي) (سالين ٠,٩ %) (normal saline) .
- ٢- المحلول الملحي نصف النظامي ٠,٤٥ % .
- ٣- المحلول المختلط (محلول ملحي فيزيولوجي ٠,٩ % + جلوكوز ٥ %) .
- ٤- محلول (جلوكوز - سالين) : محلول ملحي ٠,١٨ % + جلوكوز ٤ % .
- ٥- محلول سكري : جلوكوز ٥ % .
- ٦- محلول رنجر لاكتات (محلول هارتمان) .

و لقد ورد سابقاً جدول يفصل التركيب الشاردي لكل من المحاليل السابقة .

يوضح الجدول التالي مزايا و مساوئ كل من المحلول الملحي الفيزيولوجي و محلول رنجر لاكتات ، حيث يجب عملياً أن نأخذها بعين الاعتبار عند اختيار المحلول المناسب لحالة المريض السريرية

المحلول	المزايا	المساوئ
NS	- مفضل في الأديتات الدماغية	- عند تسريبه بكميات كبيرة يسبب حماض استقلابي مفرط الكلور
	- مفضل لتمديد وحدات الكريات الحمر المركزة	- زيادة الكلور تسبب نقص في معدل الرشح الكبي
RL	- أقرب لتركيب البلاسما	- بسبب احتوائه على K+ يجب الحذر باستعماله عن مريض القصور الكلوي
	- تستقلب اللاكتات إلى بيكربونات في الكبد	- وجود Ca+ قد يسبب تشكل خثرات في حال استخدامه لتمديد الكريات الحمر المركزة

الشكل (١١-٥) : مزايا و مساوئ المحلول الملحي الفيزيولوجي NS و محلول رنجر لاكتات RL

المحاليل الغروانية : أهم أنواعها المستخدمة حالياً الألبومين و الهيتاستارتش .

- **الألبومين (٥% ، ٢٥%) :** هو جزيئات بروتينات البلاسما حيث يستخلص من بلاسما المتبرع بعد معالجتها حرارياً ، يستخدم الألبومين ٥% في تعويض نقص الحجم ، الألبومين ٢٥% في علاج نقص الألبومين . التأثيرات الجانبية : الارتكاسات التحسسية ، خطورة منخفضة لنقل الأمراض الفيروسية (التهاب الكبد و الإيدز) .

- **محاليل هيتاستارتش (فوليوفين) :** هو مشتق غرواني صناعي ذو وزن جزيئي مرتفع يسبب تمدد حجم البلاسما لمدة ٢٤ ساعة و يعتبر مضاد استطباب في حالات : اضطرابات التخثر ، القصور الكلوي .

- إن آلية عمل المحاليل الغروانية تتمثل بتمديد الحجم داخل الأوعية عن طريق زيادة الضغط الحلوي .

- تستخدم المحاليل الغروانية في الحالات التالية :

- في حال فشل التعويض المبدئي باستخدام السوائل البللورانية غير كافي
- في حال كون التعويض المستمر بالسوائل البللورانية يحمل خطورة حدوث فرط حمل في بعض الحالات السريرية مثل : قصور القلب الاحتقاني ، وذمة الرئة .
- في حال نقص البروتينات .
- في حال نقص الضغط الحلوي (مرضى الحروق) .

- يتم استخدام المحاليل الغروانية في حالات نقص الحجم الحاد و غالباً ما نبدأ بالتعويض باستخدام المحاليل البللورانية الحاوية على شوارد و بعدها نكمل عملية التعويض بالمحاليل الغروانية .

تطبيق عملي : يساعد الجدول التالي في المقارنة بين المحاليل البللورانية و الغروانية ما يساعد في اختيار المحلول المناسب حسب الموجودات السريرية عند المريض و شدتها .

المحاليل	المزايا	المساوي
البللورانية	أقل كلفة أكثر توفراً	نحتاج لحجم أكبر للحصول على نفس التأثير الهيموديناميكي تبقى فترة قصيرة داخل الأوعية ≈ 30 دقيقة تسبب نقص في تركيز بروتينات البلازما ما يسبب وذمة محيطية و رئوية
الغروانية	تعوض نقص الحجم بسرعة و بكمية أقل تبقى فترة أطول داخل الأوعية تحافظ على الضغط الحثولي للبلازما وذمة دماغية أقل (في حال عدم وجود أذية في أنسجة الدماغ وذمة خلالية أقل	مكلفة تسبب اضطرابات تخثر محدودة الجرعة اختلاطات كلوية ممكنة تسبب وذمة دماغية في مكان وجود أذية بنسيج الدماغ

الشكل (١١-٦) : مقارنة بين المحاليل البللورانية و الغروانية

الاقتراحات العملية لتعويض نقص السوائل في فترة ما حول العمل الجراحي :

- ١- يجب إجراء تقييم سريري جيد للحالة
- ٢- يجب اختيار نوع المحاليل المستخدمة حسب حالة المريض ، نوع الجراحة و الصورة السريرية كما يلي :
 - ابدأ بتسريب المحلول الفيزيولوجي أو محلول رنجر لاكتات
 - انتقل لتسريب محلول رنجر لاكتات إلا في ارتفاع البوتاسيوم و في الجراحة العصبية
 - انتقل إلى المحاليل الغروانية في حال استمرار هبوط الضغط رغم تسريب كمية كافية من السوائل البللورانية
- ٣- يجب الحفاظ على ما يلي : نتاج بولي < ٠,٥ مل / كغ / ساعة ، CVP كافية ، علامات حيوية جيدة و مستقرة .

توازن الشوارد : Electrolytes balance

Sodium Balance : توازن الصوديوم

- اضطراب توازن الماء/الصوديوم: Disorders of Sodium/water balance
- فرط صوديوم الدم : hypernatraemia
- نقص صوديوم الدم : hyponatraemia

Potassium balance : توازن البوتاسيوم

- نقص البوتاسيوم : hypokalaemia
- فرط البوتاسيوم : hyperkalaemia

توازن الصوديوم في فترة ما حول العمل الجراحي

توازن الصوديوم / الماء :

- الصوديوم هو الهابطة خارج الخلية الرئيسية و هو مسؤول عادة عن القوة التناضحية الدافعة التي تحافظ على مقدار حجم السائل خارج الخلوي ECFV ، المقدار الكلي من الصوديوم في السائل خارج الخلوي هو المحدد الرئيسي لمقدار ال ECFV :
- إذا زاد مقدار الصوديوم الإجمالي في ال ECF سيزداد كذلك مقدار ECFV و سينجم عن ذلك أخيراً فرط حمل (زيادة حجم) في الوسط خارج الخلوي : قصور القلب الاحتقاني، تشمع الكبد، التناذر النفروزي هي أمثلة عن حالات مرضية يكون فيها مقدار الصوديوم مرتفعاً في الحيز خارج الخلوي ، الأمر الذي يسبب فرط حمل ECFV (فرط الحمل الحجمي) . يؤدي المقدار الكبير من صوديوم ال ECF إلى تمدد ال ECFV و يتمثل ذلك سريراً كوذمة .
- إذا انخفض مقدار الصوديوم الإجمالي في ال ECF سينخفض كذلك مقدار ECFV و سينجم عن ذلك أخيراً نفاذ في الوسط خارج الخلوي ، و يتظاهر ذلك بالطفية الجلدية ، تسرع القلب، هبوط الضغط الانتصابي .
- التركيز الطبيعي للصوديوم في المصل هو ١٣٥-١٤٥ ميلي مول / ليتر
- الحاجة اليومية للصوديوم هي ١-٢ ميلي مول / كغ / اليوم .
- ضياع الصوديوم يكون عن طريق البول بالدرجة الأولى و عن طريق العرق و البراز بنسبة أقل .
- ٩٩ % من الصوديوم الراشح في الكلية يعاد امتصاصه في الأنبوب القريب و عروة هانلة ، و لكن هناك تحكم أكبر بال ٠,٥ % المتبقية و التي يعاد امتصاصها في الأنبوب البعيد و الأنبوب الجامع للحفاظ على التوازن بين الصادر و الوارد من الصوديوم .

الهرمونات التي تزيد من عودة امتصاص الصوديوم :

هرمونات جملة الرنين - الأنجيوتنسين - الدوستيرون : تتفعل نتيجة تنبيه المستقبلات الموجودة في الخلايا المجاورة للكبيبات الكلوية التي تتحسس لنقص التروية الكلوية و منه تؤدي لاحتباس الصوديوم و الماء .

الهرمون المضاد للإدرار: يفرز استجابة لارتفاع حولية السائل خارج الخلوي فيزيد نفوذية الأنبوب الجامع للماء و يؤدي لاحتباس الماء.

الهرمونات التي تزيد طرح الصوديوم :

بيبتي الإبالة الصودية الأذيني : يفرز كإستجابة لتفعيل مستقبلات الحجم في الأوردة الكبيرة و الأذينات التي تتحسس لزيادة الامتلاء الأذيني و تؤدي لتحريض الإفراغ الكلوي للصوديوم.

فرط صوديوم الدم : Hypernatraemia

يقال بوجود فرط صوديوم الدم عندما يزيد تركيزه البلاسمي عن 145 ميلي مول/ليتر . و قد ينجم عن ضياع الماء الصافي أو ضياع السوائل منخفضة الحولية أو عن فرط تحميل الملح :

أسباب فرط صوديوم الدم :

١- ضياع الماء خارج الكلوي :

- العجز عن تناول الماء "سبات ، مسن ، بعد العمل الجراحي "
- الضياع الجلدي المخاطي : الحمى ، فرط التهوية، العاصفة الدرقية .
- ضياع هضمي : الإسهال الحلولي (التغذية المعوية بالأنبوب)، الإسهال الخمجي الحاد .

٢- ضياع الماء الكلوي :

- المدرات الحلوية "مانيتول ، غلوكوز " .

- البيلة التفهة "التفحية ، الكلوية"

٣- علاجي المنشأ (فرط تحميل الملح) :

- إعطاء سالين مفرط التوتر ، إعطاء NaHCO3 .

- إن الشذوذ المرافق لكل حالات فرط الصوديوم بالدم هو التجفاف داخل الخلوي الناتج عن فرط اسمولية السائل خارج الخلوي .
- في حال ضياع الماء أو السوائل منخفضة الحلوية يحدث نقص في حجم E.C.F .
- في حال فرط تحميل الملح يحدث تمدد في حجم E.C.F .

إن قياس اوسمولية البلاسما و البول و معايرة النتاج البولي تساهم في تشخيص حالة فرط الصوديوم المترافق مع نقص الحجم ...

أمثلة : $Na^+ < 145$ ميلي مول / ل مع :

* نتاج بولي منخفض و اسموليته < 300 ميلي اسمول / ل : ضياع ماء و سوائل خارج كلوي أو قلّة في تناول الماء .

* نتاج بولي مرتفع و اسمولية مرتفعة : إدرار حلوي .

* نتاج بولي مرتفع و اسمولية منخفضة : خلل في إفراز أو استجابة الكلية لهرمون ADH .

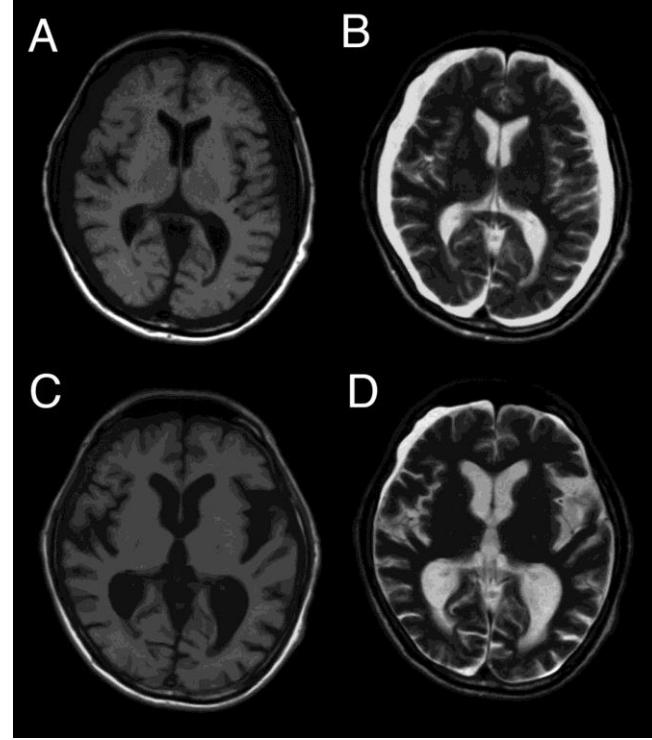
- تنعكس مظاهر فرط الصوديوم بشكل أساسي على الجهاز العصبي المركزي و تعتمد شدة التظاهرات على سرعة تطور فرط الأوسمولية .

يترافق فرط الصوديوم الحاد مع خروج سريع للماء من الوسط داخل الخلوي مما يؤدي لنقص في حجم الخلايا و في محتوى الدماغ من الماء

مسبباً زيادة النفوذية و تمزقات في الشعيرات ضمن الدماغ و في المسافة تحت العنكبوتية (الشكل) .

- يحضر المريض مع : حمى ، غثيان ، إقياء، اختلاج ، غياب وعي أو أي من التناذرات العصبية البؤرية .

- المراضة و الوفيات مرتفعة في فرط الصوديوم المعند (صوديوم أعلى من ١٦٠ ممول/ل لأكثر من ٤٨ ساعة) .



الشكل (٧-١١) : انكماش الدماغ الناتج عن فرط الصوديوم الحاد

قواعد عامة لعلاج فرط صوديوم الدم :

- لا تظهر الأعراض السريرية للتجفاف إلا بعد أن يفقد الجسم ١٠ - ١٥ % من وزنه ماء .

- لحساب نقص الماء عن مريض بالغ وزنه ٧٥ كغ و تركيز صوديوم الدم عنده ١٧٠ ممول / ل نتبع القاعدة :

نقص الماء = $Na^+ \text{ المقاس} - Na^+ \text{ المرغوب} / Na^+ \text{ المرغوب} \times TBW = (Na^+ \text{ المرغوب} / Na^+ \text{ المرغوب}) \times (75 \times 0.6) = (145/145 - 170) \times 45 = 7.7$ ليتر -

يجب أن يكون إصلاح التجفاف تدريجياً (٤٨ - ٧٢ سا) خشية حدوث وذمة دماغية :

السرعة أو المعدل الآمن يكون بإنقاص تركيز الصوديوم بمعدل ٠,٥-١ ميلي مول/ل/سا .

- ما هي السوائل المستخدمة في معالجة فرط الصوديوم ؟

في حال وجود اضطراب هيموديناميكي : يجب أولاً رفع الضغط باستعمال NS ٠,٩% ثم استعمال سوائل منخفضة الحلوية لتعويض نقص

الماء و معالجة فرط الصوديوم مثل : ديكتروز ٥% أو NS ٠,٤٥% .

في حال فرط تحميل الملح يكون العلاج بتحريض الإدرار بإعطاء مدرات العروة و تعويض النتاج البولي بالديكستروز ٥% .

حالة سريرية :

قُبل مريض عمره ٧٩ سنة (٦٠ كغ) بقصة حمى و حالة تغييم وعي جفاف فم ، طية جلدية، ضغط الدم ٩٤/١٤٨ ، النبض ١٠٤ / د ، الحرارة ٣٩,٢ C° ، تركيز الصوديوم ١٨٥ مك/ل
فحص البول : بيبة قيقية + جراثيم ، اسمولية البول ٦٤٠ ميلي اسمول/ل ، حجم البول ٠,٦ ل/٢٤ سا
ما الاضطراب الموجود ؟؟ ما التدبير ؟؟ ما التشخيص ؟؟
الاضطراب الموجود : فرط صوديوم ناجم عن ضياع سوائل خارج كلوي مع اضطراب بآلية العطش .
التدبير :

حساب كمية نقص الماء : نقص الماء الكلي = $٠,٥ \times ٦٠ \times (١٨٥ - ١٤٥ / ١٤٥) = ٨,٢$ ليتر
(TBW عند المريض المسن = $٠,٥ \times$ وزن الجسم)

يجب تعويض نقص الماء مع الانتباه لتخفيض تركيز الصوديوم ببطء : $٠,٥ - ١$ مك/كغ/سا تجنباً لحدوث وذمة دماغية
أي نحتاج ٤٠ - ٨٠ ساعة لخفض الصوديوم من ١٨٥ إلى ١٤٥ مك/ل
فنحسب سرعة تسريب السوائل المطلوبة : $٨,٢$ ليتر / ٤٠ ساعة = $٠,٢٠٥$ ل = ٢٠٥ مل / ساعة
نوع السوائل : دكستروز ٥% (DSW) حيث لا يوجد اضطراب هيموديناميكي .
تعاد معايرة الصوديوم كل ٢ - ٤ ساعات لمراقبة العلاج
التشخيص : انتان بولي شديد ، الخمج حالة شائعة لفرط صوديوم الدم في المرضى المسنين المدنفين .

نقص صوديوم الدم : Hyponatraemia

يقال بوجود نقص صوديوم الدم عندما يقل تركيزه البلاسمي عن ١٣٥ ميلي مول/ل ، و إن انخفاض تركيز الصوديوم لا يعبر عن محتوى الجسم الكلي من الصوديوم و إنما يعبر عن وجود زيادة في كمية الماء نسبة للصوديوم .
أسباب نقص الصوديوم :

- ١- نقص الصوديوم الكاذب : حالة نادرة ، تترافق مع اسمولية طبيعية للبلازما . و يكون تركيز الصوديوم خادعاً بسبب تراكم مكونات بلازمية أخرى في البلازما ، و يشاهد في حالات ارتفاع الشحوم الثلاثية أو البروتينات في الدم . تكون اسمولية المصل المقاسة مخبرياً طبيعية إنما تكون الاسمولية المحسوبة من معادلة الاسمولية منخفضة .
- ٢- نقص الصوديوم مع اسمولية مرتفعة : حالة نادرة أخرى ، تحدث غالباً بسبب ارتفاع في تركيز سكر الدم الشديد في السكري غير المضبوط (ينقص تركيز الصوديوم بمعدل ١,٦ ميلي مول لكل ارتفاع ١٠٠ ملغ/د فوق المستوى الطبيعي) ، كما تحدث عند إعطاء المانيتول ، حيث أن كلاً من الغلوكوز و المانيتول يسبب ارتفاع ازمولية الوسط خارج الخلوي ما يسبب تحرك الماء من داخل الخلايا إلى الحيز خارج الخلوي ، الأمر الذي يخفض تركيز الصوديوم خارج الخلوي .
- ٣- نقص الصوديوم مع اسمولية منخفضة : هو نقص الصوديوم الحقيقي يصنف في مجموعتين هما : النقص النضوبي و النقص التمديدي :

النقص النضوبي : يحدث عندما يترافق نقص ماء الجسم الكلي مع نقص أكبر في شوارد الصوديوم الكلية ، إن تقييم الحالة الحجمية عندها يظهر وجود نقص الحجم و إن هذا الضياع قد يكون كلياً أو خارج كلوي :

- ضياع الصوديوم الشديد الكلوي : يحدث في داء أديسون و استخدام المدرات التيازيدية و الحمض الأنوبي الكلوي و اعتلالات الكلية المضيفة للملح ، وعادة ما يزيد تركيز صوديوم البول في هذه الحالات عن ٢٠ممول،/ليتر
- ضياع الصوديوم خارج الكلوي : يحدث عادة من الجهاز الهضمي (اسهال ، إقياء) أو بسبب احتجازه ضمن الحيز الثالث (التهاب البريتوان ، بعد الجراحة)

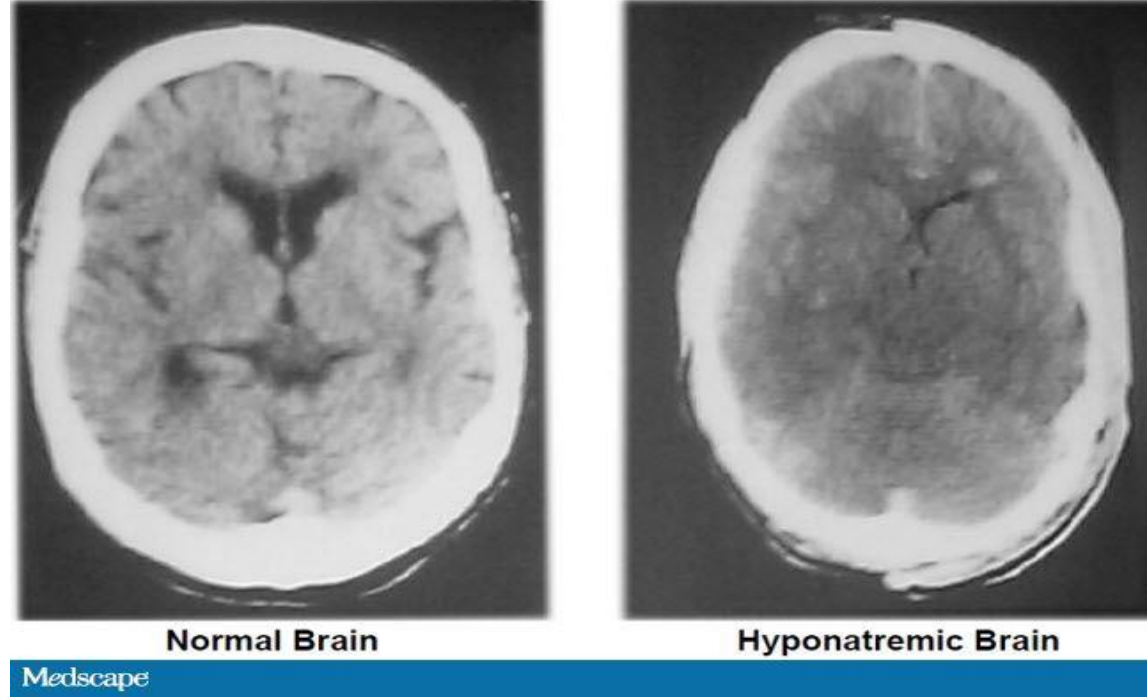
النقص التمديدي : يترافق مع فرط الحجم و الوذمة كما في : قصور القلب الاحتقاني و التشمع الكبدي و المترمة النفروزية و فرط الأسترونية الثانوي ، كما يمكن أن يترافق نقص الصوديوم التمديدي مع حجم طبيعي بدون وجود علامات فرط حجم أو وذمات كما في : العلاج الوريدي غير المناسب بسوائل وريدية منخفضة المحتوى من الصوديوم ، متلازمة الإفراز غير الملائم من الهرمون المضاد للإدرار SIADH ، و في قصور الدرق و القصور الكظري ، كما يحدث كاختلاط لعملية تجريف البروستات بالتنظير البولي و هو ما يسمى : متلازمة استئصال البروستات عن طريق الاحليل (TURP) TransUrethral Resection of the Prostate syndrome

تحدث بسبب استخدام كميات كبيرة من السوائل أثناء تجريف البروستات مثل الغليسين و نادراً الماء المقطر و هي سوائل منخفضة الاسمولية و لا تحتوي على شوارد ، و بسبب الحجم العالي من هذه السوائل مع تطبيق ضغط عالي أثناء التجريف لغسل الأجزاء المجرفة يحدث امتصاص جزء من السوائل المستخدمة إلى الدوران عن طريق الشبكة الوريدية للبروستات و الجيوب الوريدية المحيطة به ، و في حال كانت هذه الكمية مرتفعة يحدث نقص حاد و شديد في تركيز صوديوم الدم بآلية تمديدية (أقل من ١٢٠ ممول / ليتر) قد يكون مهدداً للحياة .

الأعراض :

إن النقص السريع في تركيز الصوديوم يمكن أن يسبب أعراضاً شديدة ، و نفس النسبة في النقص إذا حدثت بشكل بطيء خلال عدة أيام فقد لا يكون هناك أية أعراض .

يسبب نقص اسمولية البلازما تحرك الماء إلى الحيز داخل الخلوي و إن التمدد الذي يصيب خلايا الدماغ (الوذمة الدماغية) هو المسؤول عن الأعراض : هياج ، نعاس ، خبل ، اختلاجات ، سبات ، موت .



الشكل (١١-٨) : الوذمة الدماغية الناجمة عن نقص الصوديوم الحاد .

علاج نقص الصوديوم :

- يعالج النقص النضوبي الحاد و العرضي بإعطاء سالين ٣% (٥١٤ ممول/ل) حتى يبلغ تركيز الصوديوم ١٢٥ ميلي مول / ليتر و يتم التعويض ببطء و حذر خلال مدة لا تقل عن ١٢ ساعة بسبب خطر حدوث متلازمة زوال النخاعين التناضحية .
- كمية Na^+ اللازمة = ماء الجسم الكلي \times (Na^+ المرغوب - Na^+ المقاس) .
- يعالج النقص المتوسط و الخفيف بإعطاء سالين ٠,٩% .
- يعالج النقص التمديدي بتحريض الإدرار .
- يكون الإصلاح برفع تركيز الصوديوم بمعدل ١ ميلي مول / ليتر / ساعة حتى زوال الأعراض .

حالة سريرية :

مريض ٦٥ سنة ، ٧٠ كغ ، بعد انتهاء عملية تجريف بروسنات بالتنظير تحت التخدير القطني حدث لديه ضعف وعي و اختلاجات ، أظهرت التحاليل المخبرية نقصاً في تركيز صوديوم الدم (١١٥ ممول/ل) مع نقص اسمولية (٢٦٠ ميلي أسمول / كغ) .

التشخيص : متلازمة TURP ، النقص الحاد و الشديد في تركيز الصوديوم تسبب بأعراض عصبية شديدة

العلاج : رفع الصوديوم بإعطاء سيروم ملحي مفرط الحلوية ببطء حتى زوال الأعراض العصبية ، نستخدم سالين ٣% حتى رفع تركيز الصوديوم لتركيز حوالي ١٢٥ ممول/ل ، نحسب الكمية المطلوبة من الصوديوم بالمعادلة :

$$\text{كمية } Na^+ \text{ اللازمة} = \text{ماء الجسم الكلي} \times (Na^+ \text{ المرغوب} - Na^+ \text{ المقاس})$$

$$= (٧٠ \times ٠,٥) \times (١٢٥ - ١١٥) =$$

$$= ٣٥ \times ١٠ = ٣٥٠ \text{ ممول صوديوم}$$

- المحلول الملحي مفرط الحلوية ٣% يحتوي ٥١٣ ممول / ليتر ، فالكمية المطلوبة = ٣٥٠ / ٥١٣ = ٠,٧ ليتر تقريباً

يجب رفع تركيز الصوديوم بمعدل ١ ميلي مول / ليتر / ساعة ، أي لرفع التركيز من ١١٥ إلى ١٢٥ بمعدل ١ في الساعة نحتاج ١٠ ساعات ، نوزع ٠,٧ ليتر على ١٠ ساعات فيكون معدل تسريب السالين ٣% = ٧٠ مل / ساعة ، نعاير الصوديوم كل ٢ ساعة مع المراقبة

بالعناية المشددة .

- بعد زوال الأعراض نعيد تقييم تركيز الصوديوم و نكمل التعويض ببطء باستخدام سالين نظامي .

توازن البوتاسيوم في فترة ما حول العمل الجراحي :

توازن البوتاسيوم الطبيعي :

البوتاسيوم هو الهابطة داخل الخلية الرئيسية . و إن المحافظة على تركيز بوتاسيوم البلازما ثابتاً ضروري من أجل الوظيفة الخلية الطبيعية، النظم القلبي و النقل العصبي العضلي الملائم .

يبلغ تركيز بوتاسيوم المصل الطبيعي ٣,٥ - ٤,٥ ممول / ليتر، أما تركيز البوتاسيوم داخل الخلية فيبلغ ١٤٠ ممول / ليتر يحافظ على المدرج الواسع عبر الخلية للبوتاسيوم من خلال مضخة Na-K-ATPase المتوضعة في غشاء الخلية .

إن الحاجة اليومية ١ ميلي مول / كغ / اليوم ، و هو ما يحتويه الغذاء المتوازن ، كما أن هناك مصادر هامة خفية للبوتاسيوم مثل : تحطم النسج، نقل الدم، النزف المعدي المعوي و البوتاسيوم الموجود في السوائل الوريدية و المستحضرات الدوائية .

إن الإطراح الكلوي هو الطريق الأكثر أهمية حيث يطرح ٩٠% من البوتاسيوم في البول و يطرح فقط ١٠% في البراز، وهناك مجال واسع للإطراح الكلوي للبوتاسيوم يتراوح بين ١٠ - ٧٠٠ ممول / ٢٤ ساعة ، و تنخفض قدرة الكلية على طرح البوتاسيوم المفرط عندما ينخفض معدل الرشح الكبي دون ٢٠% كما في القصور الكلوي .

هناك عدة عوامل تؤثر في تبادل الصوديوم-البوتاسيوم في الأنبوب البعيد مثل الألدوسترون الذي يزيد من عودة امتصاص الصوديوم و طرح البوتاسيوم .

كما أن هناك العديد من العوامل التي تؤثر في حركة البوتاسيوم عبر الغشاء الخلية و أهمها :

- الأنسولين : يسبب دخول البوتاسيوم إلى داخل الخلايا .
- تنبيه المستقبلات الأدرينية B2 : يسبب انزياح البوتاسيوم لداخل الخلايا .
- درجة حموضة البلازما : يميل الحمض لجعل شوارد البوتاسيوم تخرج من الخلايا بالتبادل مع شوارد الهيدروجين مما يرفع تركيز بوتاسيوم البلازما ، في حين يفعل القلاء العكس .
- اسمولية البلازما المرتفعة قد تسبب انزياح البوتاسيوم إلى خارج الخلايا .

نقص البوتاسيوم :

يقال بوجود نقص بوتاسيوم عندما ينخفض تركيزه في المصل لأقل من ٣,٥ ميلي مول / ل .

أهم أسباب نقص البوتاسيوم :

- ١- نقص الوارد .
- ٢- عودة التوزع النسيجي : الأنسولين ، القلاء الحاد ، الأدوية المقلدة لـ B2 ، الشلل الدوري ناقص البوتاسيوم..
- ٣- زيادة الضياع :

أ- منشأ هضمي : إسهال ، إقياء (بوتاسيوم البول > ٢٠ ممول/٢٤ ساعة)

ب- منشأ كلوي : (بوتاسيوم البول < ٢٠ ممول/٢٤ ساعة)

- العلاج بالمدرات .
- فرط الألدوستيرونية الأولي أو الثانوي .
- ارتفاع التوتر الخبيث .
- تضيق الشريان الكلوي .
- الحمض الأنبوبي الكلوي .
- القصور الكلوي .

أعراض نقص البوتاسيوم :

١- التظاهرات العصبية العضلية (الضعف، الوهن، العلوص الشللي، سوء وظيفة العضلات التنفسية، انحلال العضلات المخططة .)

٢- التظاهرات المعدية المعوية (الإمساك ، القهم و الغثيان) .

٣- تبدلات تخطيطية :

- بطء عود الاستقطاب (تطاول PR) .

- زيادة عرض مركب QRS .

- انخفاض الوصلة ST .

- تدني ارتفاع الموجة T .

- ظهور موجة U .

علاج نقص البوتاسيوم :

- إن كل نقص ١ ميلي مول/ل في تركيز البوتاسيوم يعكس نقصاً حوالي ١٥٠-٤٠٠ ميليمول من البوتاسيوم الكلي في الجسم ، و كمية

البوتاسيوم الكلية في الجسم تتناسب مع وزن الجسم و حجم الكتلة العضلية

- إعطاء البوتاسيوم فموياً (و هو الأفضل) على شكل كلور بوتاسيوم أو بيكربونات بوتاسيوم ، و يمكن إعطاؤه وريدياً في الحالات الخطرة و المهددة للحياة أو عند المرضى غير القادرين على تحمل البوتاسيوم الفموي .
- يجب ألا يزيد معدل التسريب الوريدي عن ١٠ ميلي مول / ساعة و ذلك لإفساح المجال لحدوث التوازن مع الحيز داخل الخلوي .
- في الحالات الإسعافية يمكن تسريبه بسرعة أكبر بواسطة قنطرة وريدية كبيرة
- عادة ما يترافق نقص البوتاسيوم مع نقص في المغنيزيوم .

فرط البوتاسيوم

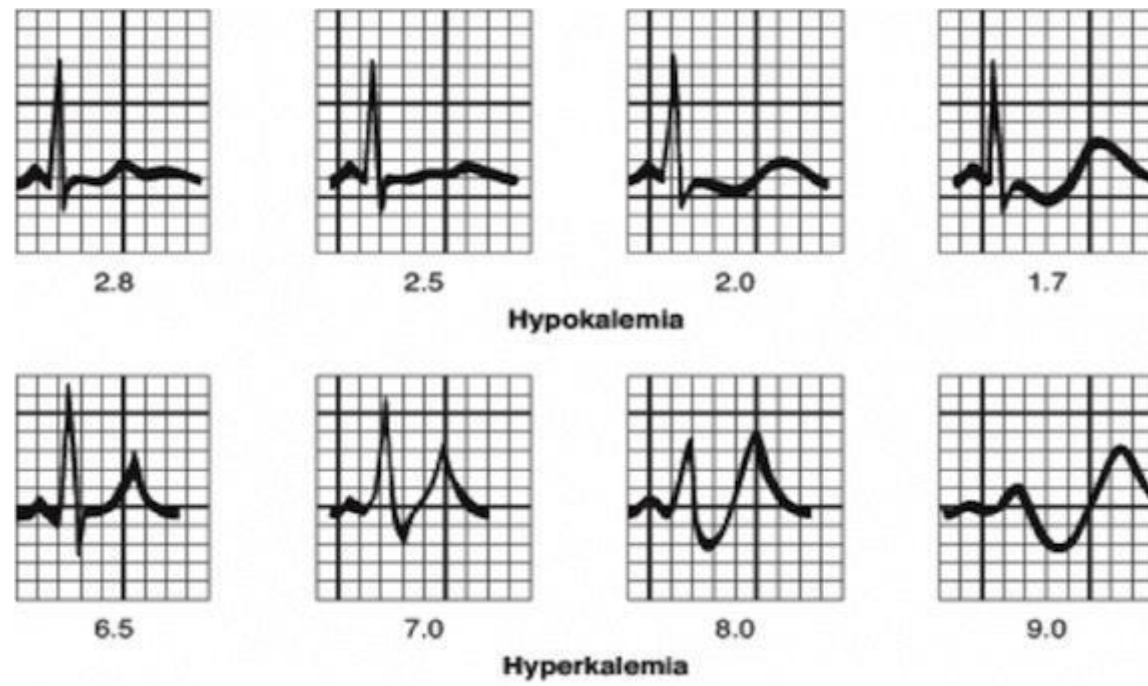
يقال بوجود فرط بوتاسيوم عندما يزيد تركيزه في المصل عن ٥ ميلي مول / ليتر .

أسباب فرط البوتاسيوم :

- ١- كاذب : يكون تركيز البوتاسيوم مرتفعاً بشكل خادع بسبب الانحلال ضمن الزجاج ، استخدام التورنيكة ، فرط الخنثار ، الجهد .
- ٢- تأذي الإطراح : القصور الكلوي ، المدرات الحافظة للبوتاسيوم ، عوز الألدوستيرون .
- ٣- عودة التوزع النسيجي : الحماض ، أذية نسيجية (حروق - رضوض) ، السوكساميتونيوم ، الانحلال العضلي و التخر الورمي ، الانسمام بالديجوكسين .
- ٤- زيادة الوارد : نقل الدم ، زيادة الإعطاء الوريدي .

أعراض فرط البوتاسيوم :

- ١- يكون فرط البوتاسيوم الخفيف لا عرضي و تظهر الأعراض السريرية عند $K^+ < 6,5$ و هي ضعف عضلي غامض يتطور لشلل رخو
- ٢- تظهر التبدلات التخطيطية :
- عند $K^+ < 5,5$ تظهر موجة T المؤنفة .
- عند K^+ بين ٧-٨ ميلي مول/ل نشاهد : زيادة عرض QRS ، غياب P و في النهاية تتراكب QRS على T و قد يحدث رجفان بطني .



الشكل (٩-١١) : التغيرات التخطيطية المشاهدة في حالة نقص البوتاسيوم و في حالة فرط البوتاسيوم .

معالجة فرط البوتاسيوم :

- ١- المعاكسة الكيماوية للتأثيرات الغشائية : و ذلك بإعطاء الكالسيوم (١٠% وريدياً ٠,٥ مع / كغ يعطى خلال ١٠-٥ دقائق) و هو ما يجب القيام به في المعالجة الإسعافية لمعاكسة التأثيرات القلبية لفرط البوتاسيوم .
- ٢- تشجيع القبط الخلوي لل K^+ : و هي معالجة مؤقتة :
- غلوكوز + أنسولين (٥٠ غ أنسولين + ٢٠ وحدة أنسولين خلال ١-٢ ساعة)
- بيكاربونات الصوديوم (٥٠ ميلي مول وريدياً خلال ١٠-٥ دقيقة) .
- ٣- إزالة البوتاسيوم من الجسم : و هي المعالجة النهائية:
- مدرات العروة
- في القصور الكلوي : Kayexalate سلفونات بوليستيرين الصوديوم
- الرحض البيروتواني أو الغسيل الكلوي .
- ٤- تحديد و إصلاح السبب المستبطن .

الفصل ١٢

التوازن الحمضي القلوي : Acid-Basic balance

مقدمة : introduction

تعريف أساسية : Basic Definitions

اضطرابات الحمض - أساس : Acid - Basic Disorders

- الحمض الاستقلابي : Metabolic Acidosis
- القلاء الاستقلابي : Metabolic Alkalosis
- الحمض التنفسي : Respiratory Acidosis
- القلاء التنفسي : Respiratory Alkalosis

قراءة غازات الدم الشريانية : Interpretation of the Arterial Blood Gas

التوازن الحمضي القلوي

مقدمة :

- إن مصطلح الـ PH الدم هو تعبير عن قياس درجة حموضة او قلوية الدم ، هناك تناسب عكسي بين قيمة الـ PH و عدد شوارد الهيدروجين (H+) في الدم :

كلما زاد تركيز شوارد (H+) كلما كانت الـ PH أخفض ، و بالعكس كلما قلّ تركيز شوارد (H+) كلما كانت الـ PH أعلى .

يتم الضبط الدقيق لـ PH الدم ضمن مجال ضيق ما بين (٧,٣٥ - ٧,٤٥) و على الجسم أن يحافظ على هذه القيمة بهدف الحفاظ على الاستقلاب الخلوي الطبيعي .

• عندما تنخفض قيمة الـ PH عن ٧,٣٥ يكون الدم حامضياً و هذا يسبب تغيرات في عمل أعضاء الجسم تتجلى بـ :

١- نقص قلووية العضلة القلبية .

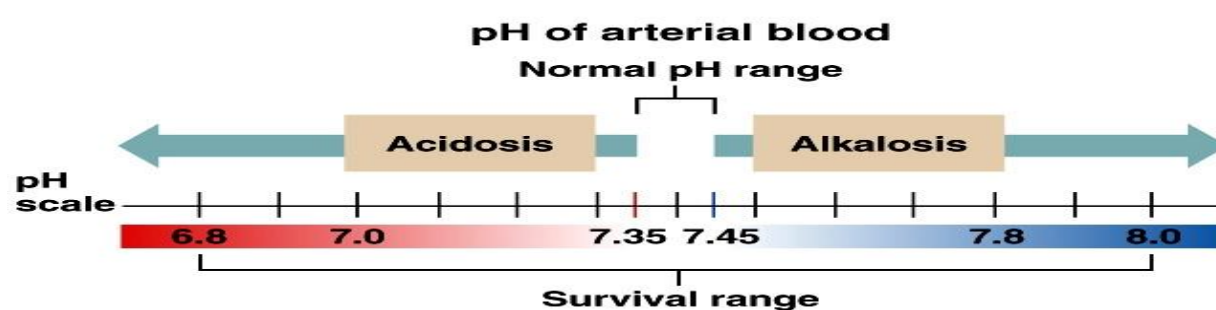
٢- نقص الاستجابة الوعائية للكاتيكولامينات .

٣- نقص فعالية بعض الأدوية (الصادات ، معاكسات المرخيات العضلية)

• عندما ترتفع قيمة الـ PH عن ٧,٤٥ يكون الدم قلويّاً و هذا يسبب نقصاً في تحرر الأوكسجين للأنسجة و اضطراباً في الوظيفة العصبية و العضلية .

إن التغيرات الشديدة في قيمة الـ PH أكثر من ٨ أو أقل من ٦,٨ تسبب توقف الخلايا عن العمل و في حال عدم التداخل السريع سيؤدي ذلك للموت .

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



الشكل (١٢-١) : قيم الـ PH القابلة للحياة

يستطيع الجسم ان يحافظ على التوازن الحمضي القلوي و على الـ PH ضمن المجال الطبيعي بواسطة نظام الدوائري :

بيكربونات	نظام الدوائري الكيماوي (داخل الخلوي)	خط الدفاع الأول ضد تغيرات الـ PH
فوسفات		
بروتين		
الرئة	نظام الدوائري الفيزيولوجي (خارج الخلوي)	خط الدفاع الثاني ضد تغيرات الـ PH
الكلية		

الاستجابة الدائرية الرئوية : ينتج CO2 عن الاستقلاب الخلوي الطبيعي و يُحمل في الدم إلى الرئة منحل في الماء على شكل حمض الكربون H2CO3 ، في حال زيادة تركيز غاز الكربون تزداد كمية حمض الكربون في الدم و سيخفض ذلك من قيمة PH الدم ، إن أي تغيير في تركيز الـ CO2 ينبه المراكز العصبية الخاصة بالتنفس مما يحرض الرئة سواء بزيادة أو إنقاص سرعة و عمق التخدير حتى يعود تركيز الـ CO2 إلى مستواه الطبيعي ، إن تفعيل الرئة لتصحيح الاضطراب الحمضي القلوي يكون سريعاً خلال ١ - ٣ دقائق.

الاستجابة الدائرية الكلوية : تنظم الكلية تركيز البيكربونات HC03⁻ بطريقتين :

١- عودة امتصاص جميع HC03⁻ المرتشحة عن طريق الأنبوب القريب .

٢- الإفراغ الكلوي لشاردة الهيدروجين H⁺ عن طريق الأنبوب الجامع .

على الرغم من كوت الكلية مؤثر فعال في تنظيم التوازن الحمضي القلوي إلا أنها تتأخر في الاستجابة و قد تستغرق ساعات إلى أيام حتى تتمكن من إصلاح الخلل الموجود .

اضطرابات التوازن الحمضي القلوي :

الحماض التنفسي : يعرف بوجود PH > ٧,٣٥ مع PaCo2 < ٤٥ ملم زئبق .

(PaCo2 : الضغط القسيمي لغاز الكربون في الدم الشرياني)

يحدث الحماض بسبب تراكم الـ CO2 الذي ينحل بالماء و يشكل حمض الكربون الذي بدوره يسبب انخفاض PH الدم و حماض تنفسي .

إن كل الحالات التي تسبب نقص تهوية يمكن أن تؤدي لحدوث حماض تنفسي :

- تثبيط الجهاز العصبي المركزي (تثبيط تهوية مركزي) كما في أذيات الرأس الرضية أو بسبب بعض الأدوية المثبطة أو أدوية التخدير .
- تثبيط عضلات التنفس (أذية نخاع ، أمراض عصبية عضلية، أدوية الحصار العصبي العضلي أي المرخيات العضلية) .
- آفات رئوية تعيق التهوية (انخماص رئة ، ریح صدرية ، وذمة رئة أو الانسداد القصي) .
- الصمة الرئوية الكبيرة .
- نقص التهوية الناجم عن الألم (في جدار الصدر أو البطن ما يمنع المريض من التنفس الفعال خشية تفاقم الألم ، تشوهات جدار الصدر ،انتفاخ البطن) .

التطبيقات السريرية :

يتظاهر احتباس CO2 الشديد بالنعاس و عدم الاستجابة للتنبهات ، و يتمثل علاج الحماض التنفسي بزيادة التهوية .

يوجد العديد من الطرق لزيادة التهوية حسب المشكلة الموجودة : قد نحتاج في بعض الحالات القابلة للعلاج السريع إلى تطبيق التهوية اليدوية المريض بالأمبو و القناع الوجهي لحين علاج السبب مباشرة و بسرعة مثل : تفجير الریح الصدرية، تسكين الألم أو معاكسة الأدوية المثبطة لمركز التهوية ، و في حال كون المسبب لنقص التهوية غير قابل للعلاج السريع فقد تتطلب الحالة تنبيب المريض و وضعه على التهوية الآلية حتى تتم معالجة السبب .

غالباً ما يحتاج مرضى نقص التهوية لأوكسجين إضافي و لكن من المهم أن نتذكر أن الأوكسجة لوحدها لا تحل المشكلة إنما يجب التركيز على التهوية الجيدة لطرح CO2 المتراكم .

القلاء التنفسي : يعرف بوجود PH < ٧,٤٥ مع PaCo2 > ٣٥ ملمز .

إن كل الحالات التي تسبب فرط تهوية يمكن أن تؤدي لحدوث قلاء تنفسي :

- الاستجابة النفسية مثل القلق و الخوف .
- الألم في مناطق بعيدة عن الصدر و البطن
- زيادة المتطلبات الاستقلابية كما في : ال حمى ، انتان الدم ، الحمل و الانسمام الدرقي .

• الأدوية المحرزة لمركز التنفس و بعض أذيات الجهاز العصبي المركزي .
التطبيقات السريرية : إن علاج القلاء التنفسي يعتمد على علاج المسبب ، إن مريض القلاء التنفسي يقوم بزيادة كبيرة في العمل التنفسي و يجب مراقبته بشكل لصيق بسبب احتمال حدوث تعب في عضلات التنفس حيث تستنفذ العضلات طاقتها و يحدث قصور تنفسي .

الحمض الاستقلابي : يعرف بوجود $PH > 7,35$ مع تركيز بيكربونات $HCO_3^- > 22$ مك / ل .

يحدث الحمض التنفسي سواء بسبب نقص الأوكسجين أو بسبب زيادة الحموض .
 لمعرفة سبب الحمض التنفسي نقوم بحساب فجوة الصواعد و التي هي : الفرق في التركيز بين الشوارد الموجبة (الهوابط) (Cations) و الشوارد السالبة (الصواعد) (Anions) في البلازما و تحسب بالمعادلة التالية :

$$\text{Anion gap} = [Na^+ + K^+] - [HCO_3^- + Cl^-]$$

$$= 15 \pm (3) \text{ mmol.L}$$

و يوجد بعض الهوابط غير المقاسة مثل : الكالسيوم و المغنيزيوم و بعض الغاماغلوبولينات ، كما يوجد بعض الصواعد غير المقاسة مثل: الألبومين و السلفات و الفوسفات و الصواعد العضوية المتنوعة .

الحمض الاستقلابي مع فجوة صواعد طبيعية :

ينتج عن ضياع الـ HCO_3^- حيث يتم تعويض البيكربونات السالبة الناقصة بحبس شوارد الكلور السالبة للحفاظ على التوازن الكهربائي للجسم و يكون ارتفاع شوارد الكلور مساوي لهبوط البيكربونات فتبقى نتيجة المعادلة السابقة بدون تغيير أي تكون فجوة الصواعد طبيعية أسباب الحمض الاستقلابي مع فجوة صواعد طبيعية :

- ضياع HCO_3^- : هضمي (إسهال ، نواسير) ، كلوي (حمض انبوبي)
- فرط تحميل بـ Cl^- : تسريب سوائل ملحية بكمية كبيرة و بسرعة (حمض مفرط الكلور) .

الحمض الاستقلابي مع فجوة صواعد مرتفعة :

ينتج عن وجود حموض داخلية المنشأ (حمض خلوني، حمض لبني، الانسمام بالسالي سيالات) أو إضافة حموض خارجية المنشأ (الايتيلين غليكول ، الميتانول) : تحرر هذه الحموض شاردة H^+ فتتدراً بواسطة HCO_3^- و بسبب وجود حموض إضافية غير معايرة (سالبة الشحنة) لا ترتفع شوارد الكلور ، فتكون فجوة الصواعد المحسوبة بالمعادلة السابقة مرتفعة .

علاج الحمض الاستقلابي :

يعتمد علاج الحمض الاستقلابي على معالجة السبب و الانتباه لحالة الأوكسجة النسيجية و تحسينها تجنباً لحدوث استقلاب لاهوائي يفاقم الحمض الموجود أصلاً ، لذلك يجب التركيز على تحسين تروية نسيجية كافية .
 تحتاج بعض نماذج الحمض الاستقلابي للمعالجة بـ HCO_3^- و البعض لا يحتاج .
 إذا هبط الـ PH دون 7,10 ينبغي التفكير بإعطاء البيكربونات اسعافياً بغض النظر عن سبب الحمض .
 يمكن إعطاء البيكربونات عندما يكون هناك فقد بيكربونات كما في القصور الكلوي و يعط وريدياً ببطء .
 إن المبالغة بإعطاء بيكربونات الصوديوم قد يسبب قلاء مفاجئ .

القلاء الاستقلابي : يعرف بوجود $PH < 7,35$ مع $HCO_3^- < 22$ مك / ل

أسباب القلاء الاستقلابي :

- فقد الحموض : إقياء ، مص مفرزات المعدة، نقص كلور الدم ، الاستعمال المفرط للمدرات البولية ، فرط الألدوستيرونية.
 - زيادة تحميل الأوكسجين : استعمال مضادات الحموضة بكثرة ، المبالغة في إعطاء البيكربونات، استعمال اللاكتات في غسيل الكلية.
- العلاج :** إن علاج القلاء الاستقلابي هو من أصعب العلاجات يمكن تشجيع طرح البيكربونات عن طريق الكلية باستخدام بعض الأدوية مثل : (Diamox®) acetazolamide ، و أحياناً نلجأ لإعطاء الحموض وريدياً في الحالات الشديدة .

قراءة غازات الدم الشريانية :

الخطوات الستة السهلة لقراءة عينة غازات الدم الشريانية :

١- هل الـ PH طبيعي (7,35 - 7,45) :

• $PH > 7,35$: يوجد حمض .

• $PH < 7,45$: يوجد قلاء .

٢- هل الـ $PaCO_2$ طبيعي (35 - 45 ملم زئبق) :

• $PaCO_2 > 35$ ملمز : يوجد فرط تهوية .

- $PaCO_2 < 45$ ملمز : يوجد نقص تهوية .
 - ٣- هل الـ HCO_3^- طبيعية (٢٢ - ٢٦ ممول/ل) :
 - $HCO_3^- > 22$ ممول/ل : يوجد نقص بيكربونات .
 - $HCO_3^- < 22$ ممول/ل : يوجد زيادة بيكربونات .
 - ٤- اربط الـ CO_2 و الـ HCO_3^- مع الـ PH لتحديد نوع الاضطراب البدئي (الأساسي) :
 - إذا كان الخلل في الـ CO_2 يتوافق مع الخلل في الـ PH يكون الاضطراب البدئي تنفسياً .
 - إذا كان الخلل في الـ HCO_3^- يتوافق مع الخلل في الـ PH يكون الاضطراب البدئي استقلابياً .
 - ٥- هل الـ CO_2 أو الـ HCO_3^- تعاكس الـ PH (لتحديد وجود أو عدم وجود معاوضة) :
 - إذا كانت الـ CO_2 تعاكس الـ PH يكون هناك معاوضة تنفسية .
 - إذا كانت الـ HCO_3^- تعاكس الـ PH يكون هناك معاوضة استقلابية .
 - ٦- هل PaO_2 طبيعي (< 80 ملم زئبق) و هل SaO_2 طبيعي ($< 90\%$) أم يوجد نقص أكسجة مرافق .
- ملاحظة : في حال تشخيص وجود حماض تنفسي نقيس فجوة الصواعد لمعرفة سبب الحماض (فقد بيكربونات أم حموض إضافية) .

حالة سريرية

مریضة ٣٠ سنة ، غير قادرة على إعطاء معلومات ، تسرع قلب ، ضغط ٦٠/٩٠ ، صوديوم = ١٦٠ مك/ل ، بوتاسيوم = ٣ مك/ل كلور = ١٣٥ مك/ل ، غلوكوز = ١٨٠ مك/ل ، البولة = ٢٨ مع/دل .

غازات الدم : PH = ٧,٢٨ ، $HCO_3^- = ١٢$ مك/ل ، $Pco_2 = ٢٦$ ملمز ، $PaO_2 = ٩٠$ ملمز ما التشخيص ؟

قراءة عينة غازات الدم الشريانية :

١- PH = ٧,٢٨ : حماض .

٢- $CO_2 = ٢٦$ ملمز : فرط تهوية .

٣- $HCO_3^- = ١٢$ مك/ل : نقص بيكربونات .

٤- نقص البكربونات يتوافق مع الحماض : حماض استقلابي

٥- فرط التهوية يتعكس مع الحماض فهو إذا آلية معاوضة : حماض استقلابي معاوض جزئياً

(معاوضة جزئية لأن الـ PH غير طبيعية)

٦- $PaO_2 = ٩٠$ ملمز : لا يوجد نقص أكسجة مرافق

حماض استقلابي يجب حساب فجوة الصواعد :

فجوة الصواعد = (٣ + ١٦٠) - (١٢ + ١٣٥) = ١٦٣ - ١٤٧ = ١٦ = فجوة صواعد طبيعية : فقد بيكربونات؟؟

بعد نقل ١ لتر سيروم ملحي تحسن و عي المريضة و ذكرت قصة حمى ، إسهال مائي و مغص بطني منذ خمسة أيام

و عليه نستنتج أن فقد البكربونات هضمي : نحسب كمية البكربونات اللازمة و نبدأ بتسريبها ببطء مع مراقبة مخبرية .

يجب تعويض نقص الحجم الموجود و المشخص بالوهط الدوراني و فرط صوديوم الدم و ذلك بتسريب سيروم ملحي فيزيولوجي (حساب

نقص السوائل + حاجة الاستمرارية) ، مراقبة غازات دم شريانية و شوارد كل ٢ - ٤ ساعات لتعديل خطة العلاج .

..... أ.د. نجوى رقماني