

مقدمة إلى الغسيل الدموي المستمر

Continuous Kidney Replacement Therapy CKRT | CRRT

د. محمود الحريري

اختصاصي الطب الباطني وأمراض الكلى و زرع الكلية

الطبعة الأولى 2026

نبذة عن الكاتب:

د. محمود الحريري اختصاصي في الطب الباطني وأمراض الكلى و زرع الكلية ، ويتركز اهتمامه السريري والتعليمي على أمراض الكلى و الغسيل الدموي و زراعة الكلى.

يقدم هذا الكتاب مدخلا عملياً موجزاً إلى العلاج المستمر بالتحال أو الغسيل الدموي المستمر (CRRT , CKRT)، ويجمع بين المبادئ الأساسية والتطبيقات السريرية ومراجعة الأدلة ذات الصلة .

Contact:

Mahmoud Alhariri



d.m.alhariri@gmail.com



www.linkedin.com/in/alhariri-mahmoud



<https://easy-dialysis.com/>

صفحة الأصل Source page	أقسام الكتاب Book sections
4	مقدمة علمية وتاريخية
8	أساسيات وأنماط CKRT
13	CVVH -
15	CVVHD -
17	CVVHDF -
18	SCUF -
28	المدخل الوعائي والقثاطر
32	مضادات التخثر
39	تدبير السوائل
46	بدء CKRT وإيقافه
61	المضاعفات
76	الرعاية متعددة التخصصات

مقدمة علمية وتاريخية

Scientific and Historical Overview

النشأة والتطور التاريخي

Origins and Historical Development

تطوّر العلاج المستمر بالغسيل الكلوي بدايةً من أبحاث الترشيح الفائق Ultrafiltration والنقل بالحمل Convection. ففي عام 1967 نشر Henderson وزملاؤه وصفاً لتقنية الدم بالترشيح الفائق مع تعويض السوائل Replacement ، وهو عمل مبكر في مسار تطوير تقنيات الترشيح الدموي [1].

وفي عام 1974 نشر Silverstein وزملاؤه دراسة بعنوان: معالجة فرط الحمل الحجمي الشديد بالترشيح الفائق [2]. وتعدّ ورقة Kramer وزملائه المنشورة عام 1977 الوصف السريري المبكر لتقنية الترشيح الدموي الشرياني الوريدي المستمر CAVH و قد أُجري العمل في غوتينغن بألمانيا الغربية آنذاك. استُخدم فلتر دم شعري، ودفع فرق الضغط الشرياني الوريدي الدم عبر الدارة من دون مضخة دم . ركّز التقرير على سحب السوائل من مرضى لديهم فرط حمل حجمي مقاوم للمدّرات، وذكر جريئاً دمويّاً يقارب 100 مل/دقيقة ومعدل ترشيح فائق 600–200 مل/ساعة وإمكان استمرار استخدام الفلتر حتى 48 ساعة [3].

في عام 1980 وصف Kramer وزملاؤه خبرتهم لدى مرضى العناية المركزة المصابين بانقطاع البول، وخلصوا إلى أن CAVH أتاح ضبط توازن السوائل لدى مرضى لم يستجيبوا للمدّرات، كما أوردوا استخدامه للتعامل مع اليوريميا وفرط صوديوم الدم [4] اعتمدت CAVH على الضغط الشرياني للمريض عبر مدخل الشرياني. وتذكر المراجعات التاريخية أن محدودية إزالة السموم في حالات التقويض الشديد ومشكلات المدخل الشرياني دفعت إلى تطوير تقنيات وريدية-وريدية تعمل بمضخة دم .

ظهرت تقنيات CVVH المدفوعة بالمضخة في منتصف الثمانينيات، ثم انتشرت مع توفر القاطر الوريدي مزدوجة اللعة وأنظمة الضخ [5,6,10] أُضيف الانتشار Diffusion إلى الحمل بتطوير غسيل الدم الشرياني الوريدي المستمر CAVHD ؛ وتُشر وصف Geronemus و Schneider لهذه التقنية عام 1984.

ومع انتقال الدارات إلى المدخل الوريدي-الوريدي تبلورت الأنماط المعروفة حالياً CVVH و CVVHD و CVVHDF يشير كل اسم إلى مكوّن النقل الغالب أو المستخدم: الحمل في CVVH ، والانتشار في CVVHD ، والجمع بينهما في CVVHDF، [5,7] .

المقصود بالعلاج المستمر بالغسيل الكلوي أو الدموي:

Definition of Continuous Kidney Replacement Therapy

يُستخدم في هذا المقال مصطلح العلاج المستمر بالتحال أو بالغسيل الكلوي CKRT (Continuous Kidney Replacement Therapy) ويُستخدم أيضاً كذلك العلاج الكلوي البديل المستمر CRRT على نطاق واسع في الأدبيات.

لا ينبغي فهم كلمة «مستمر» على أنها تعني أنّ العلاج لا يتعرض لأي توقف؛ فالمصطلح يصف نمطاً علاجياً ممتداً مقارنةً بجلسات الغسيل المتقطع، وقد تتأثر مدة العلاج المنفذة بانقطاعات سريرية أو تقنية . [8,5]

توصي KDIGO في المصطلحات باستخدام «kidney» بدلاً من «renal» في وصف وظائف الكلى وأمراضها، ويورد kidney replacement therapy (KRT) مصطلحاً مفضلاً بدل renal replacement therapy (RRT) لذلك يُستخدم هنا CKRT ، مع الإقرار بأن CRRT ما يزال شائعاً في المنشورات والإرشادات السابقة [8].

اختيار النمط العلاجي وما يثبتته الدليل

Modality Selection and Evidence

توصي إرشادات KDIGO لعام 2012 باستخدام العلاجات المستمرة والمتقطعة بوصفها خيارات متكاملة في الأذية الكلوية الحادة، وتُقرّح CKRT بديلاً عن العلاج المتقطع القياسي لدى المرضى غير المستقرين من الناحية الهيموديناميكية، وكذلك لدى المصابين بأذية دماغية حادة أو بارتفاع الضغط داخل القحف أو وذمة دماغية معمة؛ وكلتا التوصيتين من الدرجة 2B. وتشرح الإرشادات أن إزالة السوائل والمواد المذابة تدريجياً هي الأساس الفيزيولوجي لتفضيل النمط المستمر في هذه الحالات [7] لكن توصية اختيار النمط لا تعني أن التجارب أثبتت تفوق CKRT في النتائج النهائية ففي تحليل للتجارب العشوائية شمل 30 تجربة و 3774 مريضاً ، لم يظهر فرق واضح في الوفيات بين CKRT والغسيل الدموي المتقطع، ولم يثبت فرق واضح في انخفاض الضغط أثناء العلاج؛ كما صُنّفت درجة اليقين في معظم المقارنات بأنها منخفضة إلى متوسطة. وأشار التحليل إلى احتمال زيادة التعافي الكلوي مع CKRT مقارنةً بالغسيل المتقطع، لكن التقدير لم يكن حاسماً .

لذلك لا يصح الجزم بوجود فائدة ثابتة في البقاء أو التعافي الكلوي [9] وبناءً على ذلك، يظل اختيار النمط مرتبطاً بالحالة السريرية وهدف العلاج والقدرة على تحمّل سرعة سحب السوائل وتغيير تركيز المواد المذابة ، إضافةً إلى خبرة الوحدة وإمكاناتها.

وتقرّ KDIGO بأنه لا يوجد نمط واحد مناسب لجميع مرضى الأذية الكلوية الحادة [7]

مواضع الاستخدام والحدود العملية Clinical Applications and Practical Limits

في الأذية الدماغية الحادة أو عند وجود ارتفاع في الضغط داخل القحف أو وذمة دماغية معممة، تقترح KDIGO العلاج بـ CKRT كبديلاً للعلاج المتقطع.

تذكر الإرشادات أن التغيرات السريعة في الضغط أو في تركيز المواد المذابة *solutes* أثناء العلاج المتقطع قد تؤثر في ضغط التروية الدماغية أو تزيد الوذمة والضغط داخل القحف؛ وقد استند هذا التعليل إلى بيانات رصدية وتقارير سريرية إضافةً إلى الاعتبارات الفيزيولوجية [7]. و يدعم ذلك حقيقة أن اليوريا تنتوزع في كامل ماء الجسم، لكنها تعبر الحاجز الدموي الدماغي ببطء فقط، و لذلك فإنَّ الإزالة السريعة المفرطة لليوريا من الدورة الدموية باستخدام الأشكال المتقطعة من العلاج بالتحال الدموي IHD قد تعزز انتقال ماء البلازما إلى داخل الدماغ. ويمكن لما يُسمى تأثير اليوريا العكسي *reverse urea effect* أن يؤدي إلى حدوث ارتفاع الضغط داخل القحف أو إلى تفاقمه، مع ما قد يترتب على ذلك من عواقب عصبية وخيمة.

ويرتبط **الفشل الكبدي** الشديد أيضاً بالوذمة الدماغية وارتفاع الضغط داخل القحف؛ لذلك ينبغي بالمثل تفضيل CKRT لدى هؤلاء المرضى، علماً أنه لا توجد توصية KDIGO المذكورة الفشل الكبدي وحده كاستطباب مستقل لتفضيل CKRT وتوصي الإرشادات في المرضى المصابين بالأذية الكلوية الحادة والفشل الكبدي أو الحماض اللبني *lactic acidosis* باستخدام البيكربونات بدل اللاكتات في سائل الغسيل أو التعويض؛ وهذه توصية تخص تركيب السوائل، ولا تثبت بمفردها أفضلية نمط CKRT على الأنماط الأخرى [7].

يمكن للنمط المستمر أن يتيح ضبطاً مستمراً لتوازن السوائل لدى المريض **قليل البول أو عديم البول** الذي يتلقى سوائل علاجية أو تغذية *Total Parenteral Nutrition*, TPN وقد كان ضبط السوائل، إلى جانب تدبير اليوريميا وبعض اضطرابات الشوارد، ضمن الاستخدامات التي وثّقها تقرير Kramer لدى مرضى العناية المركزة. لكن هذا لا يجعل CKRT الخيار الوحيد؛ فالقرار يظل فردياً وفق الحالة والموارد المتاحة [7,4].

ولأن إزالة السوائل و المواد المذابة في CKRT تتم على نحو تدريجي، فقد لا يحقق سرعة التصحيح المطلوبة عندما تكون هناك ضرورة سريرية لإزالة سريعة لمادة قابلة للغسيل أو لتصحيح اضطراب مهدد للحياة. وتعرض KDIGO إزالة السموم والمواد صغيرة الوزن الجزيئي بسرعة بوصفها ميزة محتملة للعلاج المتقطع؛ لذا ينبغي تحديد النمط بحسب المشكلة المراد علاجها، لا افتراض أفضلية مطلقة لأحد الأنماط [7].

References

1. Henderson LW, Besarab A, Michaels A, Bluemle LW. Blood purification by ultrafiltration and fluid replacement (diafiltration). *Trans Am Soc Artif Intern Organs*. 1967;13:216–226. Reprint: *Hemodial Int*. 2004. doi:10.1111/j.1492-7535.2004.00081.x.
2. Silverstein ME, Ford CA, Lysaght MJ, Henderson LW. Treatment of severe fluid overload by ultrafiltration. *N Engl J Med*. 1974;291:747–751. doi:10.1056/NEJM197410102911501.
3. Kramer P, Wigger W, Rieger J, Matthaei D, Scheler F. Arteriovenous haemofiltration: a new and simple method for treatment of over-hydrated patients resistant to diuretics. *Klin Wochenschr*. 1977;55:1121–1122. doi:10.1007/BF01477940.
4. Kramer P, et al. Management of anuric intensive-care patients with arteriovenous hemofiltration. *Int J Artif Organs*. 1980;3:225–230. PMID:7409920.
5. Ronco C. Continuous renal replacement therapy: forty-year anniversary. *Int J Artif Organs*. 2017;40:257–264. doi:10.5301/ijao.5000610.
6. Lepape A, Béné B, Perdrix JP, Grozel JM, Banssillon V. Double pump-driven continuous veno-venous hemofiltration (CVVH). In: *Continuous Arteriovenous Hemofiltration*. Karger; 1985:53–58.
7. KDIGO. Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney Int Suppl*. 2012;2:1–138. See sections 5.6 and 5.7.
8. Levey AS, et al. Nomenclature for kidney function and disease: executive summary and glossary from a KDIGO consensus conference. *Kidney Int*. 2020;97:1117–1129. doi:10.1016/j.kint.2020.02.010.
9. Ye Z, et al. Comparing renal replacement therapy modalities in critically ill patients with acute kidney injury: a systematic review and network meta-analysis. *Crit Care Explor*. 2021;3:e0399. doi:10.1097/CCE.0000000000000399.
10. Burchardi H. History and development of continuous renal replacement techniques. *Kidney Int Suppl*. 1998;66:S120–S124. PMID:9573587.
11. Kidney Disease: Improving Global Outcomes. Acute Kidney Injury and Acute Kidney Disease Guideline Update. Guideline status and public review materials. Accessed October 7, 2026.

المبادئ والوصفة العملية للغسيل الدموي المستمر

Principles and Practical Prescription of CKRT

يعتمد الغسيل الدموي المستمر CKRT على وصفة تجمع بين إزالة المواد المذابة Solutes، وضبط الشوارد والتوازن الحمضي القاعدي، وتدبير السوائل. ولا تتحقق هذه الأهداف بمجرد اختيار نمط العلاج؛ إذ تتأثر النتيجة بالمدخل الوعائي access، وجريان الدم، وتركيب المحاليل، ومضاد التخثر، ومدة عمل الدارة فعلياً. لذلك تُراجع الوصفة مع تغير حالة المريض، وتُقارن الجرعة الموصوفة بما وصل إليه فعلياً.

تستند التوصيات الإرشادية الواردة هنا إلى إرشادات KDIGO النهائية لعام 2012، مع الاستفادة من الدراسات والتحديثات اللاحقة. وهي مرجع أقدم يُستشهد به لعدم صدور النسخة النهائية البديلة حتى تاريخ المراجعة تشرين الأول 2026. أما تحديث KDIGO 2026 للأذية الكلوية الحادة AKI والمرض الكلوي الحاد AKD فما يزال مسودة للمراجعة العامة، ولا تُعامل توصياته بوصفها إرشادات نهائية. (2،8)

أساسيات وأنماط الغسيل الدموي المستمر

CKRT Principles and Modalities

تنتشر المواد المذابة الصغيرة solutes الموجودة بتركيز أعلى في سائل الغسيل (الديال dialysate)، مثل البيكربونات، من سائل الديال إلى الدم . ويتدفق سائل الديال على الجانب الآخر من الغشاء بعكس اتجاه جريان الدم Countercurrent، وذلك للمحافظة على تدرج gradient التركيز اللازم لإزالة المواد المذابة الصغيرة على امتداد الغشاء نصف النافذ بالكامل.

وتُعد أجهزة غسيل الكلى الحديثة تقريباً جميعها من نوع عالي التدفق High-flux dialyzers ، وهي قادرة على إزالة مواد أكبر حجماً من تلك التي كانت تزيلها أجهزة الديال القديمة منخفضة التدفق. ومع ذلك، وعلى خلاف الترشيح الدموي Hemofiltration، فإن غسيل الكلى لا يزيل الجزيئات المتوسطة الأكبر حجماً بكفاءة.

يمكن أيضاً إجراء الترشيح الفائق Ultrafiltration أثناء غسيل الكلى من خلال تطبيق فرق ضغط عبر الغشاء Transmembrane Pressure (TMP) . لكن، وعلى خلاف الأحجام الكبيرة من الترشيح الفائق المستخدمة في الترشيح الدموي لتحقيق إزالة مهمة للمواد المذابة solute ، فإن أحجام الترشيح الفائق المستخدمة في غسيل الكلى تكون صغيرة نسبياً ، وتسهم بدرجة ضئيلة في إزالة المواد المذابة الصغيرة، وإنما تُستخدم أساساً لتحقيق الإزالة الصافية للسوائل Net Volume Removal .

نظرة عامة على الأنماط

Overview of Modalities

تُسمى الأنماط بحسب آلية النقل المستخدمة، لا بحسب سرعة العلاج وحدها. حيث يعتمد الـ CVVH أساساً على الحمل convection و الـ CVVHD أساساً على الانتشار diffusion ويجمع CVVHDF بينهما أما SCUF فيركّز على الترشيح الفائق ultrafiltration وإزالة السوائل، مع بقاء إزالة مقدار محدود من المواد المذابة solutes ممكنة بالحمل [1,3].

الانتشار Diffusion

الانتشار، وهو الآلية الرئيسية لإزالة المواد المذابة solutes في غسيل الكلى المتقطع IHD ، حيث تنتقل المادة المذابة Solute عبر الغشاء تبعاً لفرق التركيز بين الدم وسائل الغسيل. وتكون هذه الآلية فعالة خاصة في إزالة الجزيئات الصغيرة، مثل اليوريا

والبوتاسيوم. ويؤدي الجريان المتعاكس للدم وسائل الغسيل إلى الحفاظ على فرق التركيز على امتداد الفلتر، مما يساعد على استمرار انتقال المادة المذابة.

الحمل Convection

أما الحمل فهو مصطلح مرتبط بـ الترشيح الفائق Ultrafiltration و الذي يعني انتقال الماء عبر الغشاء تحت تأثير فرق الضغط الفعّال. ويحمل الماء معه المواد المذابة القادرة على عبور الغشاء، وتسمى إزالة المادة المذابة بهذه الآلية الترشيح بالحمل Convection. وتعتمد كمية المادة المذابة المُزالة على حجم الرشاحة الفائقة ومعامل غريلة المادة المذابة، ولا تتطلب فرقاً في تركيز المادة المذابة بين جانبي الغشاء.

الضغط الهيدروستاتيكي عبر الغشاء، الذي تعرضه أجهزة CKRT باسم TMP، يختلف عن ضغط الترشيح الفعّال. ويمكن تقريب TMP من متوسط الضغط في الجانب الدموي مطروحاً منه ضغط الجانب السائل، مع مراعاة اختلاف مواضع الحساسات وطريقة الحساب بين الأجهزة ، أما حركة الماء فتتأثر أيضاً بفرق الضغط الأونكوتي الناتج عن البروتينات.

◀ و بذلك فالمحرك الرئيسي في الانتشار هو اختلاف تركيز المواد على طرفي الغشاء، بينما هو الضغط الهيدروستاتيكي في الآلية الثانية (الحمل) .

ملاحظة:

على الرغم من استمرار استخدام مصطلح الحمل Convection، كما هو شائع تقليدياً في أدبيات أمراض الكلى، لوصف إزالة المواد المذابة بواسطة الترشيح الدموي، فإن النقل الفيزيائي لمادة ما بواسطة الحركة الكتلية للسائل يُسمى من الناحية التقنية بصورة أدق Advection وليس Convection [9].

النمط Modality	آلية إزالة المواد المذابة solute الغالبة	سائل الغسيل الكلي Dialysate	سائل التعويض Replacement
CVVH	الحمل convection	لا	نعم
CVVHD	الانتشار diffusion	نعم	لا
CVVHDF	الحمل والانتشار diffusion, convection	نعم	نعم
SCUF	الترشيح الفائق وإزالة محدودة للمواد المذابة بالحمل ultrafiltration	لا	لا

مصطلحات ومعادلات أساسية

قبل البدء في شرح الأنماط و التفاصيل لا بدّ من فهم معاني الاختصارات :

- الـ Qb يشير إلى معدل جريان الدم (blood flow rate)
- الـ Qd يشير إلى معدل جريان سائل الغسيل الكلي (dialysate flow rate)
- الـ Qrep يشير إلى معدل جريان سائل التعويض (replacement fluid flow rate)
- الـ QUF معدل الرشاحة الفائقة الكلي الخارج من حيز الدم
- الـ Qnet معدل صافي إزالة السوائل من المريض (net fluid removal)
- الـ SC معامل الغربلة (sieving coefficient) للمواد المذابة (solute)
- الـ KUF معامل الترشيح الفائق (ultrafiltration coefficient) للفلتر
- الـ TMP الضغط عبر الغشاء (transmembrane pressure)، كما تحسبه منظومة الجهاز من ضغوط الدارة.

في تقريب مبسّط، يرتبط معدل الترشيح الفائق (ultrafiltration rate) بالعلاقة :

$$QUF \approx KUF \times TMP$$

تؤثر خصائص الغشاء والضغط عبره في تدفق الماء؛ أما الضغط الأونكوتي oncotic فيقاوم و يعاكس الترشيح بما يولده من قوة جاذبة للماء.

يمكن تقريب التصفية بالحمل (convective clearance) للمواد المذابة (solutes) بالعلاقة $K_{conv} \approx QUF \times SC$.

ويُعرّف SC بأنه نسبة تركيز المواد المذابة (solutes) في الرشاحة الفائقة (ultrafiltrate) إلى تركيزها في البلازما. هذه علاقة تقريبية ؛ فلا تساوي دائماً تصفية المواد المذابة (solutes) معدّل QUF، كما يتأثر الأداء بالتخفيف قبل الفلتر وخصائص المواد المذابة (solutes) والغشاء [1,3,4]

أما في CVVHD، فتصف نسبة تركيز المادة المذابة في سائل الغسيل الخارج إلى تركيزها في البلازما درجة إشباع ذلك السائل. وهذه النسبة تختلف مفهوماً عن معامل الغريلة، رغم إمكان اقتراب كليهما من الواحد لبعض المواد المذابة الصغيرة.

توضيح حول الـ TMP:

إذا كان TMP هو فرق الضغط الهيدروستاتيكي الذي يعرضه الجهاز، يُؤخذ فرق الضغط الأونكوتي في الحسبان بصورة منفصلة. أما إذا عُرّف الرمز بأنه ضغط الترشيح الفعّال بعد طرح الضغط الأونكوتي، فلا يُطرح هذا المكوّن مرتين. هذه ملاحظة فيزيولوجية وتعريفية، و يأتي تفصيلها بعد قليل. [5،10].

1. الترشيح الدموي المستمر عبر دارة وريدية-وريدية Continuous Venovenous Hemofiltration – CVVH

يعتمد CVVH أساساً على الحمل (convection) حيث ينتقل الماء عبر الغشاء بفعل فرق الضغط، ويتم توليد الرشاحة الفائقة (Ultrafiltrate (Uf بواسطة تدرج في الضغط عبر الغشاء Transmembrane Pressure, TMP على جانبي غشاء فلتر الدم. ويمكن تمثيل عملية الحمل بالمعادلة التالية : $Uf = Kf \times TMP$ حيث Kf هو معامل النفوذية الهيدروليكية coefficient of hydraulic permeability ، و TMP :

$$TMP = (Pb - Puf) - \pi$$

حيث:

Pb الضغط الهيدروستاتيكي في الدم
hydrostatic pressure in the blood
 Puf الضغط الهيدروستاتيكي في الرشاحة الفائقة
hydrostatic pressure in the ultrafiltrate
 π الضغط الأونكوتي للبلازما
plasma oncotic pressure

وتُقَدَّر تصفية مادة ما من خلال الحمل convection بـ Cx بواسطة:

$$Cx = Quf \times S$$

و:

$$S = Cuf / Cp$$

حيث:

S معامل الغريلة.

Cp تركيز المادة في البلازما.

Cuf تركيز المادة نفسها في الرشاحة الفائقة.

وترافق حركة الماء انتقال المواد المذابة (solutes) القابلة للعبور وفق معامل الغريلة (sieving coefficient) .

لا يُستخدم سائل غسيل كلوي في هذا النمط، ويُستخدم سائل التعويض لتعويض معظم الرشاحة الفائقة الكلية (ultrafiltrate) [1,3] .

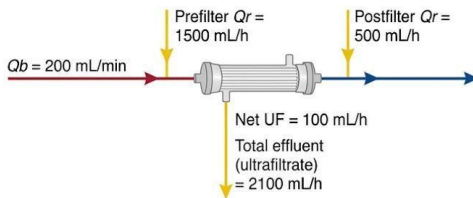
في ميزان الدارة المبسط $QUF = Qrep + Qnet$ لذلك لا تساوي QUF صافي إزالة السوائل من المريض؛ فالجزء $Qrep$ يعود إلى الدارة كسائل تعويض، أما الفرق $Qnet$ فيمثل صافي الإزالة المقصودة، مع احتساب بقية المدخلات والمخرجات في ميزان السوائل السريري [1,3] .

يمكن ضخ سائل التعويض قبل الفلتر (تخفيف مسبق predilution) أو بعده (تخفيف لاحق postdilution)، أو استخدام الموضعين معاً .
يقلل التخفيف المسبق تركيز المواد المذابة (solutes) الداخلة إلى الفلتر، فينقص عادةً مقدار التصفية لكل حجم رشاشة مقارنةً بالتخفيف اللاحق؛ ويغيّر موضع الإعطاء أيضاً تركيز الدم داخل الفلتر. لذا يجب تفسير الجرعة الفعلية مع موضع سائل التعويض [1,4] .
توصي KDIGO بحجم رشاشة قدره 20–25 مل/كغ/ساعة كجرعة مستهدفة للغسيل الكلوي المستمر في الأذية الكلوية الحادة؛ والجرعة تُحسب من حجم الرشاشة الخارجية، بينما صافي إزالة السوائل يُضبط منفصلاً بحسب ميزان السوائل. قد يلزم وصف معدل أعلى لتعويض الانقطاعات العلاجية وتُزال المواد المذابة بالمعدل نفسه تقريباً . [2]

ملاحظة:

- الترشيح الفائق وحده لن يؤدي إلى تغيير تركيز المادة المذابة في البلازما، لأنها تزال مع السوائل فلا يتغير التركيز الكلي، كما أن هذا المعدل المرتفع من الترشيح الفائق سيؤدي سريعاً إلى نقص حجم الدم؛ لذلك يُعطى محلول التعويض ، و الذي يؤدي بدوره إلى خفض تركيز هذه المادة المذابة المزالة في ماء البلازما عن طريق تمديدها، خاصةً عندما لا تكون هذه المواد موجودة في محلول التعويض، مثل اليوريا.
- يجب الحفاظ على جريان دموي يبلغ 5 - 6 أضعاف معدل التعويض، أي يجب الانتباه إلى filtration fraction ، فنحاول عملياً غالباً إبقائها أقل من 20–25% في post-dilution لتقليل الـ hemoconcentration/clotting. (استثناء: لا ينطبق بالقدر نفسه على المواد المرتبطة بالبروتين أو بطيئة الانتقال بين الحجرات). [9,10].

مثال توضيحي :



قيم التدفق في المثال:
200 Qb مل/دقيقة
1500 Qr مل/سا قبل الفلتر و 500 مل/سا بعده.
UFnet مقدارها 100 مل/سا
Qef يساوي 2100 مل/ساعة

الجرعة في المثال السابق هي 2100 مل/ساعة و تساوي 30 مل/كغ/ساعة عند شخص وزنه 70 كغ ، و يبلغ الجريان الدموي (200 مل/د أي 12.000 مل/ساعة و هو حوالي 6 أضعاف معدل التعويض 2000 مل/سا).

2. الغسيل الكلوي الدموي المستمر عبر دارة وريدية-وريدية Continuous Venovenous Hemodialysis – CVVHD

يعتمد CVVHD أساساً على الانتشار diffusion حيث تتحرك المواد المذابة solutes عبر الغشاء وفق تدرج التركيز بين الدم وسائل الغسيل الكلوي (من التركيز الأعلى إلى الأدنى) ويُمرر سائل الغسيل الكلوي عادةً بعكس اتجاه جريان الدم للمحافظة على تدرج التركيز على امتداد الفلتر .

لا يُستخدم سائل تعويض عادةً؛ وتتحقق إزالة السوائل الصافية من خلال التوازن السلبي الكلي (أي: زيادة حجم السائل الخارج على مجموع السوائل الداخلة إلى المريض) . [3,1]
يمكن تقدير انتشار المادة المذابة Sd بواسطة المعادلة

$$Sd = (Cg / Mt) \times D \times T \times A$$

حيث:

Cg تدرج التركيز concentration gradient

Mt سماكة الغشاء membrane thickness

D عامل انتشار المادة المذابة diffusion coefficient of the solute

T درجة حرارة المحلول

A مساحة سطح الغشاء membrane surface area

ويتأثر Cg بصورة عامة بكل من:

Qd معدل تدفق سائل الغسيل .

Qb معدل تدفق الدم.

ولكن لأن Qd أقل بكثير من Qb ، إذ تكون القيم النموذجية Qd من 5 - 80 مل/دقيقة مقابل: Qb من 100 - 200 مل/دقيقة ، فإن سائل الغسيل يصل عادةً إلى إشباع شبه كامل بالمواد المذابة أثناء الـ CVVHD.

وبالتالي يصبح Qd العامل المحدد لمعدل إزالة المواد المذابة الصغيرة، بينما يكون تأثير Qb محدوداً ضمن نطاقات Qd و Qb المستخدمة عادةً في CVVHD.

ملاحظة:

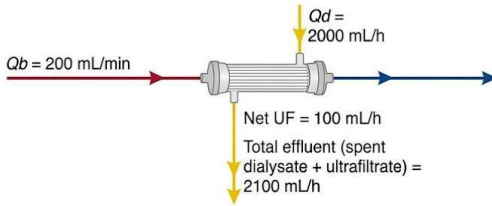
ربما كان استخدام قانون فيك في هذا السياق أوضح و أدق، مع التنبيه إلى أنّ الصيغة الآتية تقريب مبسّط لمعدل انتقال المادة المذابة عبر مسار انتشار متجانس، وليست معادلة مباشرة

$$J = -D \frac{dc}{dx} \quad \text{حساب التصفية في جهاز الغسيل:}$$

وعند افتراض تدرج تركيز شبه خطي عبر مسار سماكته δ ، يمكن تقريب معدل انتقال المادة المذابة بالعلاقة: $\frac{D \times A}{\delta} \times \Delta C \approx$ معدل انتقال المادة المذابة.

حيث J هو تدفق المادة المذابة لكل وحدة مساحة وزمن، و D معامل الانتشار الفعّال، و A مساحة السطح المتاحة للانتشار، و δ سماكة مسار الانتشار، و ΔC فرق التركيز بين طرفيه. وتشير الإشارة السالبة في قانون فيك إلى أن الانتشار يكون باتجاه انخفاض التركيز. وهذه علاقة تقريبية؛ إذ تتأثر حركة المادة المذابة أيضاً بمقاومة طبقات الدم وسائل الغسيل والغشاء، وببنية الغشاء والجريان داخله. [5]

توجد في بعض الفلاتر عالية النفوذية ظواهر الترشيح الداخلي internal filtration والترشيح العكسي backfiltration على طول الألياف، وقد ينتج عنها نقل حملي إضافي. لكن مقدارها يعتمد على تصميم الفلتر والهندسة المائية للدائرة، ولا ينبغي وصفها كآلية أساسية مضمونة في كل CVVHD أو إدراجها تلقائياً ضمن الجرعة الحملية الموصوفة [5,3] .



مثال توضيحي:

Q_b 200 مل/دقيقة

Q_d 2000 مل/ساعة

UF_{net} 100 مل/ساعة

Q_{ef} يساوي 2100 مل/ساعة.

ملاحظة مهمة:

في الغسيل المتقطع IHD نحتاج جريان دم (حوالي 300 - 500 مل/د) وسائل غسيل (500 - 800 مل/د أي حوالي 30-48 لتر/ساعة) مرتفعين لأننا نريد تحقيق إزالة كبيرة للمواد المذابة خلال جلسة قصيرة لا تتجاوز عادةً بضع ساعات . أما في الغسيل المستمر CRRT فالإزالة تتم ببطء ولكن بشكل مستمر على مدار 24 - 72 ساعة، لذلك تكفي جريانات أقل بكثير (جريان دم 100 - 200 مل/د و جريان سائل الغسيل حوالي 1 - 2 لتر /ساعة). [9،10]

أي :

- يكون جريان سائل الغسيل أعلى ب 1.5 - 2 ضعف من جريان الدم في الـ IHD
- بينما يكون جريان الدم أعلى بحوالي 3 أضعاف أو أكثر من جريان سائل الغسيل في الـ CKRT و ذلك لأن هدف الـ IHD هو الحصول على تصفية و إزالة قصوى للسموم و المواد المذابة ، بينما في الـ CRRT يكون الهدف تأمين clearance مستمر ومستقر هيموديناميكياً . لذلك يعتمد IHD أكثر على Qb و Qd المرتفعين، بينما تعتمد جرعة CRRT أساساً على total effluent dose .

3. الغسيل الكلوي والترشيح الدموي المستمران عبر دارة وريدية-وريدية

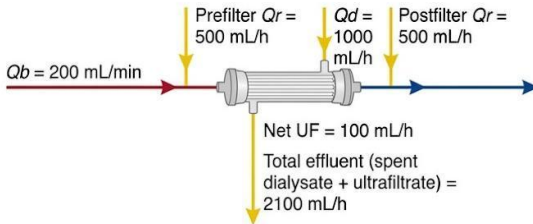
Continuous Venovenous Hemodiafiltration – CVVHDF

يجمع CVVHDF بين الانتشار diffusion عبر سائل الغسيل الكلوي والحمل convection عبر الترشيح الفائق ultrafiltration، ولذلك يستخدم سائل الغسيل الكلوي وسائل التعويض معاً .

يسهم Qd في التصفية الانتشارية، وتسهم الرشاحة الفائقة ومعامل الغريلة في التصفية الحملية. يتيح هذا النمط تشغيل الآليتين في الدارة نفسها، لكنه لا يعني تلقائياً تصفية سريرية أعلى أو نتيجة أفضل من CVVH أو CVVHD عند تساوي الجرعة الفعلية والظروف الأخرى [1-3] .

يتكوّن حجم الرشاحة الخارجة في CVVHDF من سائل الغسيل الكلوي مع الرشاحة الكلية؛ وتتضمن الرشاحة الكلية سائل التعويض وصافي إزالة السوائل. أما التصفية الفعلية فلا تُستنتج من مجموع التدفقات وحده من دون مراعاة التخفيف المسبق، والانقطاعات، وخصائص المواد المذابة solutes والغشاء .

وتظل توصية KDIGO بجرعة رشاحة فعلية أو مُسلمة delivered يبلغ 20-25 مل/كغ/ساعة موجهة للعلاج المستمر عموماً ، وليست معدلاً خاصاً بـ QUF أو CVVHDF وحده [2,1] .



مثال توضيحي:

Qb 200 مل/دقيقة
Qr 500 مل/سا قبل الفلتر و 500 بعده
Qd 1000 مل/سا
UFnet 100 مل/سا
Qef يساوي 2100 مل/ساعة.

4. الترشيح الفائق المستمر البطيء

Slow Continuous Ultrafiltration – SCUF

لا يستخدم SCUF سائل غسيل كلوي أو سائل تعويض عادةً؛ وتتمثل غايته في سحب السوائل ببطء. تتولد الرشاحة الفائقة نتيجة فرق الضغط الهيدروستاتيكي على جانبي مرشح الدم، ويكون معدل تدفق الدم Qb عادةً 100–200 مل/دقيقة .

ويحدث مع الماء انتقال للمواد المذابة القابلة للعبور عبر الغشاء، لذلك فالتصفية ليست صفراً، لكنها محدودة مقارنةً بالأنماط المصممة لإزالة المواد المذابة solutes عبر الانتشار diffusion أو أحجام كبيرة من الحمل convection .

يُختار هذا النمط عندما يكون الهدف الأساسي هو إزالة السوائل، لا تصحيح اضطراب في المواد المذابة solutes يتطلب تصفية علاجية [3,1]

في تجربة UNLOAD قورنت إزالة السوائل الوريدية بالمدرات الوريدية لدى مرضى قصور القلب الحاد؛ وكانت نقطتا النهاية الأساسيتان تغيّر الوزن وضيق النفس عند 48 ساعة، ولم يظهر فرق إحصائي في الوفيات وفي CARRESS-HF، التي شملت 188 مريضاً بقصور قلب حاد وازدياد في الكرياتينين واحتقان مستمر، قورن الترشيح الفائق بالعلاج الدوائي المتدرج؛ كان تغيّر الوظيفة الكلوية عند 96 ساعة أفضل مع العلاج الدوائي، وكان نقص الوزن متقارباً ، وسُجلت أحداث ضارة خطيرة أكثر في مجموعة الترشيح الفائق [7,6]

المكونات ومسار الدم والسوائل

Components and Blood and Fluid Pathways

تتكون الدارة عادةً من مدخل وعائي مزدوج للمعدة (قثطرة الغسيل)، ومضخة دم، وفلتر، ومضخات لسائل الغسيل أو محاليل التعويض، وأنظمة لمراقبة الضغط وموازنة السوائل. يتطلب التشغيل الآمن اتباع تعليمات الجهاز والفلتر والبروتوكول المعتمد في الوحدة.

الترشيح الفائق الصافي وتوازن السوائل

Net Ultrafiltration and Fluid Balance

يشير UFnet في معادلات الدارة إلى الترشيح الفائق الصافي على مستوى الجهاز، أي صافي إخراج الماء من الدارة بعد احتساب محلول التعويض. ولا يساوي ذلك تلقائياً صافي توازن سوائل المريض؛ فتوازن المريض يشمل جميع السوائل الداخلة والخارجة من الجسم.

مراقبة الضغوط في دارة جهاز الغسيل

Pressure Monitoring in the CKRT Circuit

تختلف أسماء مواضع الضغط وتعريفاتها الدقيقة بحسب الجهاز.

في المخطط التوضيحي التالي، يرمز

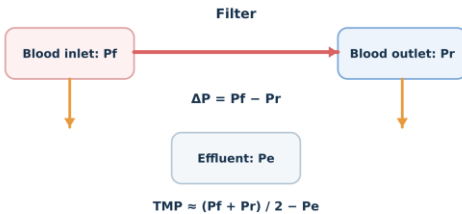
• Pa وتعني الضغط في خط المدخل الوعائي قبل مضخة الدم (اصطلاحاً الشرياني أو الخط الأحمر)

• Pf وتعني الضغط بين مضخة الدم ومرشح الدم، ويُسمى أيضاً ضغط الفلتر pressure

• Pr وتعني الضغط في خط رجوع الدم إلى المريض (اصطلاحاً الوريدي أو الخط الأزرق)

• Pe وتعني الضغط في خط السائل الخارج.

Pressure monitoring: schematic relationships



تمثيل للضغوط ΔP و TMP

ولا يمكن قياس الضغط داخل الفلتر نفسه بسهولة، لكن يمكن تقديره بأخذ متوسط الضغط عند مدخل المرشح ومخرجه. أي أن ضغط الفلتر التقريبي يساوي $(P_f + P_r) / 2$ وبشكل عام ينبغي اعتماد تعريفات الشركة المصنعة للجهاز .

تفسير الضغوط Pressure Interpretation

تُفسر ضغوط الدارة بالنسبة إلى القيم الأساسية بعد بدء العلاج، وعند جريان دم معروف. فضغط السحب قبل مضخة الدم يكون عادةً سلبياً، ويزداد سلبياً عندما تزداد مقاومة سحب الدم. أما ضغط العودة فيرتفع عند زيادة مقاومة المسار الراجع. ويتأثر كلاهما بجريان الدم ووضعية القطرة والمريض والأنابيب.

يمثل فرق الضغط الدموي عبر الفلتر ΔP الفرق بين الضغط عند مدخله ومخرجه. وقد يشير ازدياده عند Qb ثابت إلى زيادة المقاومة داخل الفلتر. أما TMP فيعبر عن فرق الضغط بين الجانبين الدموي والسائل. وقد يرتفع عند نقص نفوذية الغشاء أو تغير ظروف الجريان، لكنه ليس اختباراً مستقلاً يشخص نوع الانسداد.

مقاربة عملية للإنذارات

Practical Approach to Alarms

العلامة Sign	الأسباب المحتملة Possible causes	خطوات التحقق Initial checks
ازدياد سلبية ضغط السحب	انثناء خط السحب؛ التصاق فوهة القطرة بالجدار؛ سوء التوضع؛ خثرة؛ زيادة Qb بالنسبة إلى قدرة المدخل	فحص الخط والمشابك؛ ربط الإنذار بالوضعية؛ تقييم وظيفة المعتين والقطرة؛ مراجعة الجريان
ارتفاع ضغط العودة	انثناء الخط الراجع؛ انسداد أو سوء تموضع اللمعة الراجعة؛ مقاومة في المسار الراجع	فحص الأنبوب والمشابك ومسار العودة؛ تقييم القطرة قبل افتراض تخثر الفلتر
ارتفاع ΔP عبر الفلتر	ازدياد المقاومة داخل الألياف؛ تخثر محتمل؛ تغير جريان الدم	مقارنة القيم عند Qb مماثل؛ مراجعة مظهر الدارة ومضاد التخثر ومدة عمل الفلتر

العلامة Sign	الأسباب المحتملة Possible causes	خطوات التحقق Initial checks
ارتفاع TMP مع تغير ضغط السائل الخارج	انخفاض نفوذية الغشاء أو مشكلة في مسار السائل الخارج أو تغير إعدادات الترشيح	فحص الأكياس والأنابيب والحساسات؛ مراجعة QUF؛ تفسير الاتجاه مع ΔP والكفاءة
إنذار الهواء أو تسرب الدم	دخول هواء؛ اتصال غير محكم؛ خلل في الحجرة أو الحساس؛ تسرب حقيقي عبر الغشاء	تطبيق إجراء الأمان الخاص بالجهاز؛ التحقق من الدارة؛ اتخاذ قرار الاستبدال وإعادة الدم وفق سبب الإنذار والبروتوكول

يجب النظر إلى هذا الجدول كإطار لاستكشاف السبب، وليس تعويضاً عن تعليمات الجهاز. وقد تجتمع عدة أسباب في الإنذار نفسه؛ لذلك لا يُنسب كل ارتفاع في TMP إلى «انسداد المسام»، ولا يُشترط أن يرتفع TMP و ΔP معاً كي يكون التخرن موجوداً .

ضعف الجريان ونقص الجرعة

Flow Dysfunction and Underdelivery

قد يحافظ الجهاز ظاهرياً على وصفة صحيحة، لكن الإنذارات المتكررة توقف المضخة وتقلل زمن العلاج. وقد يؤدي عكس خطي القثطرة إلى تحسن مؤقت في الجريان، لكنه قد يزيد إعادة الدوران Recirculation؛ ولذلك لا يُعد نجاحه دليلاً على تصحيح السبب. يُعاد تقييم وظيفة المدخل عند تكرار الانقطاعات أو انخفاض التصفية رغم سلامة الإعدادات.

Practical Points

يُسجل نوع الإنذار، ووقت حدوثه، و Q_b ، ووضع المريض، والضغط قبل التدخل وبعده. ويُفحص المدخل والأنابيب ومسار السائل الخارج قبل زيادة مضاد التخرن. وعند الاشتباه بخثرة واضحة أو تسرب دم أو تلوث الدارة، يُتبع بروتوكول الأمان الخاص بالجهاز في قرار الاستمرار أو الاستبدال وإعادة الدم.

خلل المدخل الوعائي

Vascular Access Dysfunction

غالباً ما يتظاهر خلل المدخل الوعائي بقيم شديدة وغير طبيعية لكل من:

Pa ، فيصبح سالباً جداً

Pr ، فيصبح موجباً جداً

انسداد مسام فلتر الدم

Hemofilter Clogging

في حالة Clogging ، يبقى مسار الدم عبر الفلتر مفتوحاً ، لكن مسامات الغشاء تصبح مسدودة نتيجة التصاق (امتزاز) البروتينات. ويؤدي ذلك إلى ارتفاع الضغط عبر الغشاء TMP من دون تغيير مهم في فرق الضغط عبر الفلتر $\Delta(P)$.

الامتزاز Adsorption هو ارتباط بعض المواد بسطح الغشاء أو بنيته. وتختلف سعته وانتقائيته باختلاف المادة المصنّعة، وقد تتناقص فعاليته مع التشبع.

تخثر الفلتر

Hemofilter Clotting

على العكس من حالة انسداد المسام clogging فإنّ الدم المتخثر يؤدي إلى انسداد Clotting مسار الدم و مسامات الغشاء. ونتيجة لذلك يرتفع كل من ΔP و TMP في الوقت نفسه .

خصائص الفلاتر الحديثة

Modern Filter Characteristics

تستخدم أجهزة الغسيل CKRT الحديثة فلاتر دموية عالية التدفق ذات ألياف مجوفة Hollow-fiber high-flux hemofilters، ويمكن استخدامها لغسيل الكلى أو للترشيح الدموي. وقد أصبحت المرشحات عالية التدفق معياراً معتاداً في الدول المتقدمة لكل من IHD و CKRT .

يشير مصطلح High-flux إلى قدرة الغشاء على إزالة مواد ذات حجم أكبر أثناء غسيل الكلى، ويسهم الترشيح الداخلي والترشيح العكسي بصورة خاصة في إزالة المواد الأكبر حجماً .

في المرشحات عالية التدفق، قد يصل الحد الأعلى لحجم الجزيئات التي يمكن إزالتها أثناء غسيل الكلى إلى نحو 10.000 دالتون، وهو أعلى بكثير من المرشحات منخفضة التدفق التي استُخدمت تاريخياً في IHD ، والتي كان الحد التقريبي فيها 1000 دالتون.

أما استخدام المرشحات عالية التدفق في الترشيح الدموي Hemofiltration ، فقد يسمح بإزالة جزيئات يصل حجمها إلى نحو 40.000 دالتون. لكن من المهم الانتباه إلى أن هذه الحدود الحجمية قد تتباين في تقدير القدرة الفعلية داخل الجسم، لأن الحجم الفعال لمسامات الغشاء ينخفض خلال ساعات من الاستخدام نتيجة امتزاز بروتينات البلازما على المرشح.

الفرق بين Flux و Efficiency

بعكس الـ Flux ، تصف الكفاءة Efficiency الحد الأقصى لتصفية الجزيئات الصغيرة الذي يمكن لمرشح معين تحقيقه بطبيعته. وتعكس هذه الكفاءة بصورة أساسية:

- مساحة سطح الغشاء.

- نفوذية الغشاء للمواد المذابة.

ولأن التصفية أثناء الغسيل المستمر تكون عادةً محدودة بواسطة Qd و/أو Qr ، فإن الفلتر المستخدمة في هذه الأجهزة تكون عادةً أقل كفاءة من الفلتر المستخدمة في الغسيل المتقطع IHD بسبب مساحة سطحها الأصغر. فعلى سبيل المثال: في الـ CKRT نحو 1 م² في الـ IHD نحو 2 م² وهي أحجام نموذجية لدى البالغين.

شحنة الغشاء والامتزاز

Membrane Charge and Adsorption

تؤثر شحنة الغشاء بدرجة ما في إزالة المواد المذابة (ولا سيما الجزيئات متوسطة الحجم التي تُزال بالحمل) كما تؤثر في ميل المواد المذابة إلى الامتزاز على الغشاء .

عموماً ، تكون الجزيئات المتوسطة والكبيرة أقل ميلاً للامتزاز على الأغشية غير المشحونة، مثل الأغشية المصنوعة من Polyarylethersulfone – PAES ، مقارنةً بالأغشية سالبة الشحنة، مثل أغشية AN69 المكوّنة من بوليمر مشترك من الأكريلونيتريل وميث أليل سلفونات الصوديوم.

وبالتالي، يُحتمل - لكنه لا يكفي - أن تكون الأغشية غير المشحونة أقل عرضةً لحدوث انسداد المسام Clogging مقارنةً بالأغشية سالبة الشحنة.

إزالة الجزيئات الأكبر أثناء غسيل الكلى

Removal of Larger Molecules during Hemodialysis

على الرغم من أن إزالة المواد المذابة الصغيرة أثناء غسيل الكلى تحدث بصورة رئيسية بواسطة الانتشار Diffusion فإن إزالة المواد المذابة الأكبر حجماً تحدث في معظمها نتيجة الترشيح الداخلي Internal filtration و الترشيح العكسي Back-filtration اللذين يحدثان أثناء غسيل الكلى.

ما المقصود بـ الترشيح الداخلي Internal filtration والترشيح العكسي

Internal Filtration and Backfiltration

هو حركة الماء عبر غشاء الـ dialyzer في اتجاهين مختلفين داخل نفس جلسة الـ high-flux HD بسبب تغير فرق الضغط عبر الغشاء على طول الشعيرات. هذه الظاهرة معروفة جيداً في أغشية الـ high-flux

التوضيح:

في الجزء القريب من مدخل الدم يكون الضغط الهيدروستاتيكي داخل الشعيرات الدموية مرتفعاً نسبياً ، لذلك يكون الـ TMP المحلي باتجاه

Blood → membrane → dialysate

فتعبر كمية من ماء البلازما إلى حجرة سائل الغسيل ، وهذه هي Internal filtration أو direct filtration وعندما يعبر الماء يسحب معه المواد التي تستطيع اجتياز الغشاء، أي يحدث / convection solvent drag ولهذا فهو مهم خصوصاً لإزالة الـ middle molecules التي تنتقل بالـ diffusion ببطء ، مثل β_2 -microglobulin .

أما عندما يتقدم الدم نحو نهاية الـ فلتر، ينخفض ضغط الدم داخل الشعيرات بسبب المقاومة على طول الألياف ، وفي الوقت نفسه يتغير ضغط الدياليسات، ولذلك قد تنقلب إشارة الـ TMP عند هذه النقطة ، بحيث يصبح:

Dialysate → membrane → blood

فتدخل كمية من ماء الدياليسات عبر الغشاء إلى الدم ، وهذا يسمى الترشيح العكسي Backfiltration .

هناك نقطة مهمة جداً : الـ backfiltration بحد ذاته لا يزيل السموم من الدم و لكن اجتماع الـ internal filtration + backfiltration يسمح بحدوث حجم كبير من الحركة الحملية الداخلية للسوائل، حتى عندما تكون الـ net ultrafiltration المطلوبة من المريض صغيرة.

ولذلك فمن الأفضل أن نقول : تسمح النفوذية العالية لغشاء الـ High-flux بحدوث ترشيح داخلي وإعادة ترشيح عكسي على طول الفلتر، مما يولد نقلاً حملهياً داخلياً يعزز إزالة الجزيئات المتوسطة والكبيرة نسبياً مقارنة بالانتشار وحده.

أما في الـ online HDF فنحن نزيد هذا المبدأ بدرجة كبيرة وبصورة منظمة ، فنُخرج حجماً كبيراً من ماء البلازما عبر convection ثم نعوضه بسائل substitution ، ولذلك تكون إزالة الـ middle molecules عادةً أكبر بكثير من الـ high-flux HD التقليدي. وهذا التفريق تؤكد أحدث وثيقة توافقية من

EuDial/ERA ونقطة السلامة المهمة: بما أن الـ backfiltration يعني أن سائل الدياليسات يمكن أن يعبر نحو دم المريض، فإن نقاوة الدياليسات، وخصوصاً ultrapure dialysis fluid، بالغة الأهمية لتجنب انتقال الملوثات والـ endotoxin fragments .

تصفية المواد المذابة Clearance

يمكن تقدير تصفية الفلتر للمواد المذابة صغيرة الحجم مثل البوتاسيوم واليورينا بواسطة Qef ، وذلك بعد أن تصبح نفوذية الغشاء ثابتة، أي بعد الوصول إلى حد الإشباع الامتزازي للغشاء. وتساوي تصفية المادة المذابة حاصل ضرب معدل السائل الخارج في معامل الغريلة (S) Sieving coefficient، أي $Clearance = Q_{ef} \times S$ ويمثل معامل الغريلة:

$$S = C_{ef} / C_p$$

حيث:

Cef تركيز المادة المذابة في السائل الخارج.

Cp تركيز المادة المذابة في البلازما. ويتحدد معامل الغريلة وفق معامل الانعكاس للغشاء

:Reflection coefficient (σ)

$$S = 1 - \sigma$$

وتعتمد علاقة $S = 1 - \sigma$ على تعريف المعامل والنموذج، وليست مساواة مطلقة لكل ظروف النقل.

فالمادة المذابة التي تملك قيمة غريلة $S = 1$ تمر بحرية عبر الفلتر ، في حين أن المادة التي تكون قيمة $S = 0$ لديها، لا يمر عبر الغشاء إطلاقاً. أما بالنسبة إلى الجزيئات متوسطة الحجم، فتعتمد التصفية على خصائص الغشاء و على حجم الترشيح الفائق، أي التصفية بالحمل. وبالنسبة إلى المواد التي تتعرض للامتزاز، فقد تكون إزالتها من الدم أعلى من التصفية المحسوبة عبر المرشح حتى عندما تكون قيمة S منخفضة، ما يؤدي إلى عدم تطابق بين التصفية من الدم والتصفية عبر الفلتر.

إزالة الوسائط الالتهابية

inflammatory mediators

من الجدير بالذكر أن الجزيئات متوسطة الحجم التي يمكن إزالتها أو امتزازها أثناء الترشيح الدموي تشمل عدداً من الوسائط الالتهابية مثل : IL-1، IL-6، IL-8، Tumor necrosis factor α وقد دُرست الإزالة بالحمل لهذه السيتوكينات باستخدام الترشيح الدموي عالي الحجم HVHF أي High-Volume Hemofiltration كعلاج لدى المرضى المصابين بـ الأذية الكلوية الحادة الإنتانية، الصدمة الإنتانية، بعد جراحة القلب، وحالات حرجة أخرى .

وعلى الرغم من أن بعض الدراسات أظهرت أن HVHF قد يقلل الحاجة إلى الأدوية القابضة للأوعية، فإن التجارب العشوائية المضبوطة لم تُظهر فائدة في النتائج السريرية المهمة، مثل الوفيات أو استعادة وظيفة الكلى. كما لم تُظهر التجارب تفوقاً أكيداً لأي من CVVH أو CVVHD أو CVVHDF أو لأي جهاز محدد.

ولذلك فإن اختيار نمط CKRT أو الجهاز في العديد من المراكز يعتمد في النهاية بدرجة أكبر على توافر الأجهزة محلياً و أنماط الممارسة المحلية، أكثر مما يعتمد على الاختلافات النظرية بين آليات إزالة المواد المذابة أو على الخصائص المحددة لكل جهاز.

References

1. Claure-Del Granado R, Clark WR. Continuous renal replacement therapy principles. *Semin Dial*. 2021;34(6):398–405. doi:10.1111/sdi.12967.
2. KDIGO. Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney Int Suppl*. 2012;2:1–138. Sections 5.8.4 and 5.8.
3. Tandukar S, Palevsky PM. Continuous renal replacement therapy: who, when, why, and how. *Chest*. 2019;155(3):626–638. doi:10.1016/j.chest.2018.09.004.
4. Park HC, Lee YK. Who is the winner, pre-, post-, or mixed-dilution hemodiafiltration? *Kidney Res Clin Pract*. 2021;40(3):332–334. doi:10.23876/j.krcp.21.172.
5. Mohajerani F, Clark WR, Ronco C, Narsimhan V. Mass transport in high-flux hemodialysis: application of engineering principles to clinical prescription. *CJASN*. 2022;17(5):749–756. doi:10.2215/CJN.09410721.
6. Costanzo MR, et al. Ultrafiltration versus intravenous diuretics for patients hospitalized for acute decompensated heart failure (UNLOAD). *J Am Coll Cardiol*. 2007;49(6):675–683. doi:10.1016/j.jacc.2006.07.073.
7. Bart BA, et al. Ultrafiltration in decompensated heart failure with cardiorenal syndrome (CARRESS-HF). *N Engl J Med*. 2012;367:2296–2304. doi:10.1056/NEJMoa1210357.
8. Kidney Disease: Improving Global Outcomes. Acute Kidney Injury and Acute Kidney Disease Guideline Update. Guideline status and public review materials. Accessed October 7, 2026.
9. Teixeira J, Hiremath S, Kabli A. Continuous Kidney Replacement Therapies: Core Curriculum 2025. *American Journal of Kidney Diseases*, 2025; 85, 767-786.
10. Neyra JA, Yessayan L, Thompson Bastin ML, Wille KM, Tolwani AJ. How To Prescribe And Troubleshoot Continuous Renal Replacement Therapy: A Case-Based Review. *Kidney360*. 2021;2:371-384.

المدخل الوعائي والقثاطر Vascular Access

اختيار القثطرة وموقعها

Catheter and Site Selection

يحتاج CKRT إلى قثطرة وريدية مركزية مزدوجة اللمعة dual lumen catheter e.g. Shaldon . تسمح بتدفق الدم اللازم بكفاءة .

تقترح إرشادات KDIGO بدء العلاج في AKI بقثطرة غير نفقية غير ذات كفة مع ترتيب المواقع الآتي: الوداجي الداخلي الأيمن، ثم الفخذي، ثم الوداجي الداخلي الأيسر، مع جعل تحت الترقوة Subclavian vein خياراً أخيراً لتقليل خطر التضيق الوريدي المركزي Central venous stenosis لدى مرضى AKI [1] .

الترتيب الإرشادي :

Suggested Site Order

1. الوداجي الداخلي الأيمن VJl re .
2. الفخذي v. fem .
3. الوداجي الداخلي الأيسر VJl le .
4. تحت الترقوة؛ خيار أخير V. sub cl .

الإدخال والعناية

Insertion and Care

توصي إرشادات KDIGO باستخدام الموجات فوق الصوتية عند إدخال القثطرة في الوريد الوداجي الداخلي أو الفخذي. تُطبق احتياطات مكافحة العدوى والعناية بالقثطرة وفق بروتوكول المؤسسة والإرشادات المعتمدة. يُختار حجم القثطرة وطولها وفق موقع الإدخال ووصفة CKRT والجهاز، وتُتحقق وظيفة كل لمعة قبل بدء العلاج .

الوريدي الوداجي مقابل الفخذي

Jugular versus Femoral Access

في تجربة CATHEDIA العشوائية التي شملت 750 مريضاً، لم يختلف معدل استعمار القثطرة إجمالاً على نحو ذي دلالة بين الموقعين، وكانت معدلات عدوى مجرى الدم المرتبطة بالقثطرة متقاربة. وظهر اختلاف بحسب مؤشر كتلة الجسم في تحليل مجموعة

فرعية: كان استعمار القثطرة أقل مع الموقع الفخذي لدى ذوي BMI أقل من 24.2، وأقل مع الموقع الوداجي لدى ذوي BMI أعلى من 28.4. هذه نتائج تجربة ومجموعة فرعية؛ ويوازن اختيار الموقع أيضاً مع عوامل المريض وخبرة الفريق [2].

الناسور والطعم الوعائي (الفيستولا أو الشنت)

Fistula and Graft Access

يتطلب استخدام الناسور الشرياني الوريدي أو الطعم الوعائي للوصول إلى CKRT احتياطات خاصة لحماية المدخل الوعائي وتقليل مخاطر النزف أو الخثار أو أدية الشنت. يُتخذ قرار استخدامها على أساس حالة المدخل وتقييم الفريق، ولا تُعامل كبديل روتيني للقثطرة المركزية [1].

العناية بالقثطرة

Catheter Care

تُراجع الحاجة إلى القثطرة يومياً، وتُزال عندما تنتفي الحاجة إليها. ويشمل خفض خطر العدوى تعقيم الجلد والوصلات، والعناية بالضماد، وتقليل فتح الدارة غير الضروري. وتُتبع تعليمات الوقاية الخاصة بقثاطر الغسيل؛ فلا تُعمم توصيات القثاطر المركزية الأخرى على مراهم موضع خروج قثطرة الغسيل من دون مراعاة الاستثناءات وتوافق المستحضر مع مادتها.

يُختار محلول الإغلاق وتركيزه وحجمه بحسب القثطرة والبروتوكول المعتمد. فحجم الإغلاق مرتبط بالحجم الداخلي لكل لمعة، وإعطاء حجم زائد قد يؤدي إلى وصول المحلول إلى الدوران. كما يجب التفريق بين استخدام السترات لإغلاق القثطرة واستخدامها كمضاد تخثر إقليمي أثناء CKRT؛ فالدليل على أحدهما لا يثبت فاعلية الآخر.

لا يُستنتج أن السترات تتفوق على الهيبارين في جميع نتائج الإغلاق وجميع التراكيذ والقثاطر. كذلك تُحجز محاليل الإغلاق المضادة للميكروبات لاستطبابات محددة وفق سياسة المؤسسة؛ إذ تعتمد فائدتها ومخاطرها على تركيبها وسياق استخدامها.

محلول إغلاق القثطرة والتبديل

Catheter-Locking Solutions

يُحدد محلول إغلاق القثطرة بحسب نوعها وتركيز القفل المعتمد وتعليمات المؤسسة لا يُستنتج من تجربة مضاد التخثر داخل الدارة أن محلول قفل القثطرة هو نفسه أو أن له الأثر السريري ذاته [1]. يمكن استخدام الهيبارين أو سترات ثلاثي الصوديوم Trisodium citrate كمحاليل لإغلاق القثطار بعد إدخاله وقبل بدء CKRT أو أثناء فترات انقطاع العلاج.

وتشير الدراسات إلى أن سترات ثلاثي الصوديوم تتفوق على الهيبارين لأنها ترتبط بانخفاض معدلات النزف و الخثار والعدوى. ولا يُوصى بالاستخدام الروتيني لـ :

- القناطر المشبعة بالمضادات الحيوية.
- المضادات الحيوية الموضعية.
- أو محاليل إغلاق القنطرة المحتوية على مضادات حيوية. وذلك لأنها قد تعزز:
- حدوث العدوى الفطرية.
- وتطور مقاومة مضادات الميكروبات.

لا يُجرى تبديل القناطر بشكل روتيني لمجرد الوقاية من العدوى؛ بل تُتبع الإرشادات المؤسسية عند الاشتباه بعدوى أو انسداد أو خلل وظيفي [3]. وعندما يصبح واضحاً أن استعادة وظيفة الكلى إلى درجة الاستغناء عن KRT ليست وشيكة، ينبغي التفكير في وضع قنطرة غسيل دائمة مثل tunneled cuffed hemodialysis catheter or Demers.

أما إعادة تمرير سلك إرشاد Rewiring داخل قنطرة غسيل الكلى المؤقت عند حدوث خلل في وظيفتها، فهي غالباً غير فعالة، وفي كثير من الحالات قد يكون وضع قنطرة في موقع جديد أكثر توفيراً للوقت ويؤدي إلى تحسين وظيفة القنطرة . [4]

References

- [1] KDIGO. Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney Int Suppl.* 2012;2:1–138. <https://kdigo.org/wp-content/uploads/2016/10/KDIGO-2012-AKI-Guideline-English.pdf>
- [2] Parienti JJ, et al. Femoral vs jugular venous catheterization and risk of nosocomial events in adults requiring acute renal replacement therapy: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2008;299(20):2413–2422. doi:10.1001/jama.299.20.2413.
- [3] CDC. Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections. <https://www.cdc.gov/infection-control/hcp/intravascular-catheter-related-infections/summary-recommendations.html>
- [4] Teixeira J, Hiremath S, Kabli A. Continuous Kidney Replacement Therapies: Core Curriculum 2025. *American Journal of Kidney Diseases,* 2025; 85, 767-786.

مضادات التخثر Anticoagulation

اختيار استراتيجية مضاد التخثر

Choosing an Anticoagulation Strategy

على الرغم من أن إرشادات KDIGO لعام 2012 الخاصة بالأذية الكلوية الحادة AKI توصي باستخدام مضاد التخثر بهدف إطالة عمر الفلتر، فإن نسبة كبيرة من المراكز، تُقدّر بنحو 33%–50% تبدأ CKRT من دون مضاد تخثر، ثم تضيف مضاد التخثر لاحقاً إذا حدث تخثر ميكرو للفلتر. ويُعد كل من الهيبارين والسترات أكثر مضادات التخثر استخداماً في الـ CKRT .

توصي إرشادات KDIGO بالسترات على الهيبارين في حالات ملائمة مع عدم وجود موانع لاستخدامها وبوجود الخبرة اللازمة ، مع ضرورة اتباع بروتوكول ومراقبة محددين [1].

الهيبارين

Heparin

يمتاز الهيبارين بأنه منخفض التكلفة، ومألوف الاستخدام سريرياً، و كذلك يمكن إعطاؤه إما عن طريق مضخة وريدية منفصلة أو داخل دارة الـ CKRT في الجزء الواقع قبل الفلتر. ويُفضّل إعطاؤه قبل الفلتر داخل الدارة، لأنه يؤدي إلى زيادة تركيز الهيبارين داخل الفلتر. لكن الهيبارين غير قابل للإزالة بالغسيل الكلوي، ولذلك فإن إعطاءه قبل الفلتر يؤدي مع ذلك إلى تأثير مضاد للتخثر جهازى systemic anticoagulation ، ما لم يُستخدم معه عامل عاكس لتأثيره antidote, reversal agent . وفي حالات أقل شيوعاً ، يُستخدم الهيبارين مع عامل المعاكسة البروتامين Protamine لتحقيق مضاد تخثر فقط خلل دارة الغسيل. وكما هو متوقع، يرتبط استخدام الهيبارين من دون عاكس تأثيره بزيادة خطر النزف.

عند الاشتباه بـ HIT تُراجع احتماليته سريرياً وتُوقف مصادر الهيبارين عند الاستطباب، بما فيها محاليل إغلاق القثاطر. وإذا كان HIT حاداً ويستلزم مضاد تخثر جهازى، فإن RCA وحده لا يعالج الخطر الخثري الجهازى؛ ويُختار مضاد تخثر غير هيباريني بحسب الحالة ووظائف الأعضاء. هذه نقطة مستندة إلى إرشادات ASH، وليست نتيجة تجربة مقارنة أنماط CKRT. [4]

السترات الإقليمية RCA regional citrate anticoagulation

بعكس الهيبارين، لا يؤدي RCA إلى تأثير مضاد للتخثر جهازى، حيث تُعطى السترات في هذه الطريقة في الجزء من الدارة الواقع قبل الفلتر، ويكون الهدف عادةً الوصول إلى تركيز سترات ضمن الدارة يبلغ 3-6 ممول/لتر تختلف جرعات السترات ومواقع التسريب والأهداف المخبرية باختلاف المحلول والجهاز والبروتوكول؛ لذلك لا تُثقل أهداف رقمية بين البروتوكولات دون تحقق [1، 3].

وتقوم السترات بخلب (ربط و تعطيل) الكالسيوم، مما يؤدي إلى خفض تركيز الكالسيوم الشاردي داخل الفلتر إلى مستوى منخفض، عادةً أقل من 0.4 ممول/لتر وبذلك تُثبِّط سلسلة التخثر داخل الفلتر.

يُعوَّض الكالسيوم عادةً للمريض عبر تسريب منفصل (أو - وهو الأشيع - مباشرة قبل إعادة الدم المفلتر للمريض) للحفاظ على مستوى الكالسيوم الشاردي الجهازى . قارنت تجربة RICH السترات الإقليمية بالهيبارين الجهازى لدى مرضى العناية الحرجة. كان وسيط عمر الفلتر 46.5 ساعة مع السترات و 26 ساعة مع الهيبارين. كانت مضاعفات النزف أقل في مجموعة السترات 5.1% مقابل 16.9%، بينما كانت العدوى الجديدة أعلى 68.0% مقابل 55.4%. لم تُظهر التجربة فرقاً ذا دلالة في وفيات 90 يوماً ، وكانت قدرتها على حسم أثر الاستراتيجية على الوفيات محدودة لأنها أوقفت مبكراً [2].

مصير السترات أثناء CKRT Citrate Disposition during CKRT

عادةً ما يُزال معظم السترات مع السائل الخارج من الـ CKRT ومع ذلك، تصل نسبة متغيرة لكنها مهمة من السترات إلى جسم المريض، حيث يتم استقلابها بصورة رئيسية في الكبد (و بدرجة أقل في العضلات و الكليتين). ولعكس تأثير السترات، وتعويض الكالسيوم المفقود (في صورة مركبات سترات - كالسيوم) ، والوقاية من نقص كالسيوم الدم المهدد للحياة، يجب إعطاء الكالسيوم وريدياً بصورة مستمرة. ويمكن إعطاؤه (كما ذكر سابقاً) :

- في الطرف الراجع للمريض من دارة الـ CKRT

- أو عن طريق مضخة كالسيوم منفصلة.

تُضبط جرعة السترات نسبةً إلى جريان الدم ووفق الكالسيوم الشاردي بعد الفلتر، بينما يُضبط تسريب الكالسيوم وفق الكالسيوم الشاردي الجهازى. ويستهدف كثير من

البروتوكولات كالسيوم شاردي بعد الفلتر يقارب 0.35–0.25 ممول/ل، لكن المجال المعتمد يعتمد على البروتوكول وطريقة القياس. ولا تُتَقَلَّ معدلات تسريب بوحدة مل/ساعة بين مستحضرات سترات مختلفة التركيز. [2،5]

مراقبة الكالسيوم والسترات

Calcium and Citrate Monitoring

تتضمن بروتوكولات RCA المعتادة مراقبة متسلسلة لكل من الكالسيوم الشاردي داخل الفلتر والكالسيوم الشاردي الجهازى في دم المريض، وذلك للسماح بتعديل سرعات ضخ السترات والكالسيوم.

إذا كان الكالسيوم الشاردي داخل الفلتر أعلى من الهدف، تُزاد سرعة ضخ السترات، والعكس صحيح.

وإذا كان الكالسيوم الشاردي الجهازى منخفضاً تُزاد سرعة ضخ الكالسيوم، والعكس صحيح. وأخيراً ، وكما سيُشرح لاحقاً ، ينبغي مراقبة الكالسيوم الكلي مرة واحدة على الأقل يومياً ، وذلك للكشف عن احتمال تراكم السترات citrate accumulation . وتتوفر عدة تراكيب مختلفة للسترات المستخدمة لمضاد التخثر، ويحتاج كل منها إلى بروتوكول خاص للاستخدام.

الـ RCA لدى مرضى أمراض الكبد

RCA in Liver Disease

تاريخياً ، كان مرض الكبد يُعد مضاد استطب لـ RCA (لأنَّ السترات تستقلب في الكبد بصورة أساسية) . لكن البيانات الحديثة تشير إلى أن RCA يمكن استخدامه لدى مرضى أمراض الكبد مع مراقبة دقيقة. ومن الجدير بالذكر أن اضطرابات التخثر المرتبطة بأمراض الكبد تترافق في الوقت نفسه مع زيادة خطر النزف وكذلك أيضاً زيادة خطر التخثر، ولذلك يرتبط مرض الكبد أيضاً بـ قصر عمر فلتر الـ CKRT وقد تم تطوير بروتوكولات خاصة تهدف إلى تقليل خطر تراكم السترات عندما تُستخدم في حالات يكون فيها استقلاب السترات غائباً أو شديد الضعف . [6]

ويشير توافق Delphi المنشور عام 2026 إلى إمكان استعماله بحذر في الصدمة الشديدة والقصور الكبدى الشديد عند توافر الخبرة والمراقبة؛ وهذه توصيات توافق خبراء، وليست إثباتاً عشوائياً لسلامة جميع البروتوكولات في هذه الفئات . [6]

لا تكفي اختبارات الكبد التقليدية لتقدير القدرة على استقلاب السترات. ويُراجع معها اتجاه اللاكتات، والتروية، والغازات والشوارد، والحاجة إلى الكالسيوم، ونسبة الكالسيوم الكلي إلى

الشاردي. وعند تدهور هذه المؤشرات يُعاد تقييم الاستراتيجية سريعاً، بما في ذلك خفض حمولة السترات أو إيقافها واختيار بديل بحسب السبب.

التمييز بين زيادة القاعدة (القلاء الاستقلابي) وتراكم السترات Alkali Overload versus Citrate Accumulation

قد تُستقلب السترات إلى بيكربونات؛ ولذلك قد يرتبط حمل السترات بارتفاع البيكربونات والقلاء الاستقلابي. أما تراكم السترات فيحدث عندما تقل قدرة الجسم على استقلاب السترات، وقد يظهر مع انخفاض الكالسيوم الشاردي أو ارتفاع نسبة الكالسيوم الكلي إلى الشاردي. تُفسر هذه المؤشرات مع السياق السريري واتجاه النتائج المتتابعة، ولا يُعتمد على مؤشر منفرد، للتفاصيل أنظر الإختلاطات و المضاعفات [1,3].

المراقبة والتمييز بين الاضطرابات Monitoring and Metabolic Differentiation

المؤشر Parameter	ما الذي يوجّه تفسيره Clinical interpretation
الكالسيوم الشاردي بعد الفلتر Postfilter iCa	كفاية مضاد التخثر داخل الدارة؛ تُراجع العينة والهدف قبل تعديل السترات
الكالسيوم الشاردي الجهازى Systemic iCa	توازن الكالسيوم لدى المريض والحاجة إلى تعديل تعويضه
الكالسيوم الكلي ونسبة tCa/iCa	ارتفاع النسبة واتجاهها قد يدعمان تراكم السترات؛ يجب توحيد وحدات القياس
الحاجة المترابطة إلى الكالسيوم	قد تكون علامة إنذار لتراكم السترات أو زيادة الخسائر؛ تُفسر مع بقية النتائج
pH والبيكربونات وفجوة الشوارد Anion gap	تمييز القلاء الناتج عن حمولة القاعدة من الحماض والاضطرابات المختلطة
الصوديوم والمغنزيوم واللاكتات	تأثير تركيب المحلول والخسائر وحالة التروية؛ الأهمية لاتجاه القيم والسياق

اللاكتات كمؤشر لخطر تراكم السترات

Lactate as a Marker of Citrate Accumulation Risk

قد يكون مستوى اللاكتات مؤشراً أكثر فائدة من اختبارات وظيفة الكبد التقليدية لتحديد خطر تراكم السترات، فاللاكتات، مثل السترات، أنيون عضوي organic anion يُستقلب طبيعياً بصورة رئيسية في الكبد. [7]

وبالتالي، فإن ارتفاع مستوى اللاكتات بغض النظر عن السبب، مثل الصدمة أو مرض الكبد، يشير إلى ضعف استقلاب اللاكتات، وقد يدل أيضاً على خطر وجود ضعف في استقلاب السترات.

ويمكن استخدام المستويات التالية بصورة تقريبية لتقدير خطر تراكم السترات:

- لكتات أقل من 4 ممول/ل خطر منخفض .
- لكتات 4-8 ممول/ل خطر متوسط .
- لكتات أكثر من 8 ممول/ل خطر مرتفع .

الـ RCA مقارنةً بالهيبارين الجهازى

RCA versus Systemic Heparin

يؤدي استخدام السترات RCA إلى زيادة تعقيد العلاج ويتطلب مراقبة مخبرية أكثر تكراراً. ومع ذلك، فقد أظهرت التجارب مراراً تفوق RCA على الهيبارين الجهازى فيما يتعلق بـ:

- إطالة عمر الفلتر.
- وتقليل المضاعفات النزفية .

وكانت أحدث وأكبر هذه الدراسات هي تجربة RICH متعددة المراكز، و التي ورّعت عشوائياً نحو 600 مريض إلى: [2]

- الهيبارين الجهازى.

- أو مضاد التخثر الإقليمي بالسترات.
- وأظهرت الدراسة أن الـ RCA - مقارنةً بالهيبارين الجهازى - أدى إلى :
- إطالة عمر الفلتر بشكل ملحوظ بنحو 15 ساعة
- انخفاض عدد أحداث النزف.
- عدم وجود فرق مهم في معدل الوفيات.

تتطلب بروتوكولات RCA تدريباً ومراقبة مستمرة. لا تمثل هذه النقاط وصفة علاجية ولا تحدد أهدافاً مخبرية رقمية؛ المرجع التنفيذي هو بروتوكول المؤسسة وتعليمات الجهاز [1،3].

- متابعة الكالسيوم الشاردي الجهازي والدارة وفق تواتر البروتوكول المحلي.
- متابعة الكالسيوم الكلي، الشوارد، البيكربونات، وغازات الدم بحسب حالة المريض وبروتوكول الوحدة.
- إعادة تقييم توازن الكالسيوم والسترات عند تغير الحالة الاستقلابية أو وظائف الكبد والدوران .
- التصعيد إلى الفريق المختص عند ظهور اضطراب حمضي-قاعدي أو اضطراب كالسيوم متفاقم.

الهيبارين ومضادات التخثر الأخرى

Heparin and Other Anticoagulants

يُستخدم الهيبارين الجهازي في بعض الحالات، مع تقييم خطر النزف وموانع الاستعمال ومراقبة التخثر وفق البروتوكول [1]. الأدلة المقارنة في تجربة RICH تخص السترات والهيبارين ضمن ظروف تلك التجربة، ولا تُعمم تلقائياً على جميع مضادات التخثر أو جميع المرضى [2].

خيارات أخرى لمضاد التخثر في CKRT

Alternative Anticoagulants for CKRT

تشمل الخيارات الأقل استخداماً لمضاد التخثر ضمن دارة CKRT

- مثبطات الثرومبين المباشرة

- Nafamostat mesylate وهو مثبط لإنزيمات السيرين البروتياز ويُستخدم منذ عقود في شرق آسيا . لكن حتى الآن لا تتوفر تجارب عشوائية مضبوطة كبيرة تقييم استخدام هذه الخيارات بصورة كافية. [2،4]

References

- [1] KDIGO. Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney Int Suppl.* 2012;2:1–138. <https://kdigo.org/wp-content/uploads/2016/10/KDIGO-2012-AKI-Guideline-English.pdf>.
- [2] Zarbock A, Küllmar M, Kindgen-Milles D, et al. Regional citrate versus systemic heparin anticoagulation during continuous kidney replacement therapy: the RICH randomized clinical trial. *JAMA.* 2020;324(16):1629–1639. doi:10.1001/jama.2020.18618.
- [3] Kovvuru K, et al. Complications associated with continuous renal replacement therapy. *Semin Dial.* 2021. doi:10.1111/sdi.12970.
- [4] Cuker A, et al. American Society of Hematology 2018 guidelines for management of venous thromboembolism: heparin-induced thrombocytopenia. *Blood Adv.* 2018;2:3360-3392.
- [5] Neyra JA, Yessayan L, Thompson Bastin ML, Wille KM, Tolwani AJ. How To Prescribe And Troubleshoot Continuous Renal Replacement Therapy: A Case-Based Review. *Kidney360.* 2021;2:371-384.
- [6] Jacobs R, Schneider A, Hoste E, et al. Metabolic complications of citrate anticoagulation in continuous renal replacement therapy (crrt): a delphi consensus on indications, monitoring and management. *Crit Care.* 2026;30:358.
- [7] Schneider AG, Journois D, Rimmelé T. Complications of regional citrate anticoagulation: accumulation or overload? *Crit Care.* 2017;21:281.

تدبير السوائل Fluid Management

المحاليل وتوازن السوائل في الغسيل الكلوي المستمر Solutions and Fluid Balance during CKRT

محاليل CKRT وتركيبها: CKRT Solution Composition

تختلف محاليل الغسيل والتعويض بصورة أساسية في تراكيز الصوديوم والبوتاسيوم والبيكربونات و أيضاً الكالسيوم والمغنزيوم والفوسفات والغلوكوز. وهذا يسمح بإدارة دقيقة ومتزامنة ومستقلة لكل من توازن السوائل وتركيب البلازما.

فعلى سبيل المثال، يمكن إبقاء تركيز الصوديوم في البلازما عند أي قيمة مستهدفة، في الوقت الذي يُحافظ فيه على توازن السوائل متعادلاً أو سلبياً أو إيجابياً . ينبغي اختيار التركيب وفق التحاليل المتتابعة ووصفة العلاج والبروتوكول المحلي، مع مراجعة توافق المحلول مع مضاد التخثر والجهاز [1،4] .

اضطراب صوديوم الدم

قد يؤدي استخدام محاليل الصوديوم القياسية في مريض لديه نقص صوديوم شديد إلى تصحيح أسرع من المرغوب.

وُصفت استراتيجيات تشمل محاليل منخفضة الصوديوم أو إضافة محلول الدكستروز 5% (D5W) إلى الدارة؛ وتعتمد الطريقة ومعدلها على الوصفة، ومعدل السائل الخارج، وتركيز الصوديوم المستهدف، ومراقبة صوديوم الدم [1،2] .

في IHD يمكن تعديل تركيز الصوديوم في سائل الديال بصورة مستمرة ضمن نطاق محدود، عادةً: 130-145 ممول/ل، وذلك بشكل أوتوماتيكي أو عبر تغيير عبوات سائل الغسيل و وصلها إلى الوعاء المناسب أو المرغوب فيه . لكن الحصول على تراكيز فعّالة للصوديوم خارج هذا النطاق أمر غير عملي بسبب معدل Qd المرتفع نسبياً المستخدم في IHD أما في CKRT ، فعلى الرغم من أن تراكيز الصوديوم في المحاليل المصنّعة مسبقاً ثابتة، فإن الانخفاض النسبي في Qd و Qr يسمح بتعديل تركيز الصوديوم الفعّال بسهولة أكبر، وهذا بدوره يتيح تصحيحاً بطيئاً ومضبوطاً لحالات نقص أو فرط صوديوم الدم الشديد.

يمكن استخدام معادلات المزج لتقدير تركيز الصوديوم النهائي في الدارة، لكن الحساب لا يمثل وحده خطة تصحيح سريرية و يستلزم التطبيق مراقبة الصوديوم المتكررة و يجب احتساب أي D5W ضمن مدخول السوائل للمريض [2،1] .

تصحيح نقص صوديوم الدم الشديد باستخدام CKRT Severe Hyponatremia Correction with CKRT

قد يؤدي بدء CKRT بمحلول صوديومه 140 ممول/ل لدى مريض ناقص الصوديوم بشدة إلى تصحيح أسرع من المطلوب. وتُحدد الخطة بحسب شدة الأعراض ومدة الاضطراب وخطر متلازمة انحلال الميالين التناضحي ODS [5].

في نقص الصوديوم المزمن أو مجهول المدة، وخاصةً عند ارتفاع خطر ODS، يُستهدف عادةً ارتفاع محافظ يقارب 6-4 ممول/ل خلال 24 ساعة، ويُتجنب تجاوز 8 ممول/ل خلال أي 24 ساعة لدى مرتفعي الخطورة. وهذه الحدود تخص صوديوم الدم الفعلي من جميع أسباب تغييره.

إنّ وجود أعراض عصبية شديدة يفرض معالجة إسعافية مناسبة بالتوازي مع CKRT. وقد يرتفع الصوديوم نتيجة بدء إدراج مائي أو تعويض البوتاسيوم أو تغير المدخول، حتى إن لم تتغير إعدادات الجهاز. لذلك لا تكفي معادلة المحاليل وحدها للتنبؤ بمسار صوديوم الدم.

أمّا خفض تركيز الصوديوم الفعّال في المحلول فيتم عن طريق:

1. تخفيف محلول CKRT بإضافة ماء معقم إلى الكيس.
2. أو إزالة جزء من محلول CKRT واستبداله بالماء المعقم. لكن هذه الطريقة تكون عموماً غير عملية عند استخدام المحاليل التجارية الجاهزة، لأن كميات كبيرة من الماء المعقم لا تكون متوافرة بصورة روتينية في المستشفيات بسبب مخاطر إعطائه جهازياً للمريض عن طريق الخطأ، كما أن إضافة السوائل إلى الأكياس المعقمة الجاهزة أو سحبها منها يحمل مخاطر عدم الدقة أو عدم التعقيم. وقد تكون المؤسسات التي تُحضّر فيها محاليل CKRT داخل الصيدلية أكثر قدرةً على تخصيص محاليل منخفضة الصوديوم، إلا أن هذه الطريقة تحمل بدورها خطر أخطاء التحضير والتلوث الميكروبي.

استخدام D5W لتعديل الصوديوم Using D5W to Modify Sodium

هناك طريقة أخرى عند استخدام المحاليل التجارية الجاهزة، وهي إعطاء ضخ إضافي من D5W – Dextrose 5% in Water ويمكن إعطاؤه داخل دارة CKRT ، عادةً بعد الفلتر أو عن طريق ضخ جهازى منفصل.

لدى المرضى المصابين بنقص صوديوم الدم، يمكن حساب حجم D5W المطلوب إعطاؤه باللتر في الساعة للوصول إلى تركيز الصوديوم المستهدف وفق المعادلة :

$$VD5W = Q_{ef} \times ([Na^+]_{CKRT} - [Na^+]_T) / [Na^+]_T$$

حيث:

الـ VD5W حجم D5W باللتر/ساعة.

Q_{ef} معدل التدفق الكلي للسائل الخارج باللتر/ساعة. $[Na^+]$ تركيز الصوديوم في سائل الديال و/أو محلول التعويض. $T[Na^+]$ تركيز الصوديوم المستهدف.

مثال:

إذا أردنا الوصول إلى تركيز صوديوم 125 ممول/ل باستخدام محلول CKRT يحتوي على صوديوم بتركيز 140 ممول/ل ومعدل سائل خارج كلي 2.5 لتر/ساعة فإن:

$$VD5W = 2.5 \times (140 - 125) / 125$$

$$= 0.3 \text{ L/h}$$

أي:

300 مل/ساعة من D5W ويُزال الحجم الإضافي من D5W بصورة مستمرة عن طريق الترشيح الفائق وفق معدل الترشيح الفائق الصافي المطلوب.

ويختلف إعداد UFnet الظاهر على الجهاز بحسب احتسابه D5W ضمن سوائل التعويض أو بوصفه مدخولاً خارجياً. الرقم 125 هنا هو تركيز المزج المستهدف في النموذج، وليس تنبؤاً بصوديوم دم المريض بعد ساعة، ولا هدفاً يُختار بصورة آلية. ويتطلب استعمال العلاقة تحديد موضع التسريب وطريقة حساب الجريانات وما إذا كان D5W داخلاً في موازنة الجهاز، واحتساب السوائل الأخرى والسترات عند وجودها. [1]

رفع تركيز الصوديوم الفعّال

Increasing Effective Sodium Concentration

عندما تكون هناك حاجة إلى محاليل CKRT ذات تركيز صوديوم فعّال مرتفع، إما لتصحيح فرط صوديوم الدم الشديد بصورة تدريجية أو لتحقيق فرط صوديوم علاجي، فيمكن استخدام المحلول الملحي مفرط التوتر بإحدى طريقتين:

1. إضافته إلى محاليل CKRT ، عادةً باستخدام كلوريد الصوديوم 23.4%.
2. أو ضخه داخل دارة CKRT أو جهازياً، عادةً باستخدام كلوريد الصوديوم 3%.

لدى مريض وزنه 60 كغ، فإن جرعة مناسبة من السائل الخارج بمعدل 25 مل/كغ/ساعة، تساوي 1500 مل/ساعة وبوجود صوديوم بتركيز 140 ممول/ل في محلول CKRT فإن 140 ممول/ل تسرب من خلال 1.5 لتر/ساعة (هذا يعني سيتم تسريب 210 ممول/ساعة من الصوديوم) ، بغض النظر عن نمط CKRT المستخدم.

يمكن بعد ذلك ضخ محلول كلوريد الصوديوم 3% بمعدل 50 مل/ساعة سواء داخل دارة الـ CKRT وغالباً بوصفه محلول تعويض بعد الفلتر أو عبر خط وريدي منفصل. ويحتوي كلوريد الصوديوم 3% على 513 ممول/لتر

وبالتالي تكون كمية الصوديوم الإضافي المسرب بسرعة 50 مل/ساعة هي : 513 ممول/لتر مضروبة بـ 0.05 لتر/ساعة (50 مل/ساعة) هي 25.7 ممول/ساعة من الصوديوم الإضافي.

وبالجمع بين المصدرين:

210 ممول/ساعة (من محلول الغسيل) + 25.7 ممول/ساعة (تسريب إضافي) ، هو: 235.7 ممول/ساعة من الصوديوم ضمن حجم إجمالي 1.55 لتر/ساعة (حجم سائل التعويض + حجم محلول الصوديوم 3% خلال ساعة).

وبالتالي يصبح تركيز الصوديوم الفعال :

$$235.7 \text{ ممول/ساعة} \div 1.55 \text{ لتر/ساعة} = 152 \text{ ممول/ل}$$

الفكرة السريرية الأساسية في هذا المثال هي أن استخدام CKRT عادي بـ 140 Na كان سيخلق gradient كبيراً 154 عند المريض في بداية جلسة العلاج، مقابل 140 في سائل الغسيل . وقد يؤدي إلى خفض غير مرغوب فيه للصوديوم والأسمولية عند مريض لديه cerebral edema و intracranial hypertension لذلك تمت إضافة NaCl بتركيز 3% لجعل الـ effective CKRT sodium قريب من 152 ممول/لتر ، بحيث يصبح gradient صغيراً جداً، وبالتالي الحفاظ على therapeutic hypernatremia مع CKRT بشكل أكثر استقراراً

الخلاصة : تركيز Na في محلول CKRT الأساسي هو 140 ممول/ل التركيز الفعال للوصفة بعد إضافة 3% NaCl هو 152 ممول/ل صوديوم دم المريضة في بداية الحالة 154 ممول/ل أما صوديوم الدم بعد ساعة فيحتاج حساباً حركياً ، ولن يساوي 152 مباشرة.

البوتاسيوم والبيكربونات في محاليل CKRT

Potassium and Bicarbonate in CKRT Solutions

لأن الجرعة اليومية الكلية لتصفية المواد المذابة التي يوفرها CKRT أعلى من الجرعة التي يوفرها IHD ثلاث مرات أسبوعياً أو حتى يومياً ، فإن تركيز البوتاسيوم المطلوب في محاليل CKRT للسيطرة على فرط بوتاسيوم الدم لا يحتاج عادةً إلى أن يكون منخفضاً بقدر ما هو مطلوب في الـ IHD. فعادةً ما يكون 4 ممول/لتر من البوتاسيوم كافياً ، إلا إذا كان فرط بوتاسيوم الدم شديداً . وقد استُخدم الأسيتات أو اللاكتات تاريخياً بوصفهما العوازل الرئيسية في محاليل KRT ، لكن محاليل CKRT الحديثة أصبحت تعتمد بصورة شبه حصرية على البيكربونات. ويتراوح تركيز البيكربونات النموذجي بين 22–35 mEq/L.

محاليل CKRT المتضمنة للسترات ك مضاد تخثر RCA

CKRT Solutions for RCA

تكون محاليل CKRT المستخدمة مع مضاد التخثر بالسترات (RCA) Regional Citrate Anticoagulation عادةً خالية من الكالسيوم، ما يسهّل خفض تركيز الكالسيوم داخل المرشح .

وتحتوي هذه المحاليل أيضاً عادةً على تركيز بيكربونات أقل، يبلغ نحو 25 mEq/L مقارنةً بمحاليل CKRT القياسية الأخرى التي يكون تركيز البيكربونات فيها عادةً نحو: 35 mEq/L والهدف من ذلك هو أخذ الحمل القلوي alkali load الناتج عن السترات بعد استقلالها في الكبد في الحسبان. وبخلاف اللاكتات، الذي ينتج كمية مولية مساوية من البيكربونات عند استقلابه، فإن كل جزيء سترات يُستقلب إلى 3 جزيئات من البيكربونات. ومن المهم أيضاً أن بعض محاليل CKRT التجارية المحتوية على الفوسفات أصبحت متوفرة حالياً ، بينما تكون محاليل CKRT التقليدية خالية من الفوسفات.

تحقيق توازن السوائل

Achieving Fluid Balance

كما ذكر سابقاً ، من أهم المزايا العملية لـ CKRT قدرته على إزالة السوائل بصورة مستمرة وتدرجية. وتستخدم أجهزة CKRT تقنيات قياس وزنية Gravimetric أو قياس حجمية Volumetric لقياس معدلات جريان السوائل بدقة. ويؤدي ذلك إلى تحقيق دقة أكبر بكثير في التحكم بالحجم مقارنةً بالمضخات التقليدية المستخدمة لإعطاء السوائل الوريدية.

التمييز بين UFnet وتوازن المريض Machine UFnet and Patient Fluid Balance

الـ UFnet على مستوى الجهاز هو صافي إزالة الجهاز بعد طرح معدل محلول التعويض من معدل الترشيح الفائق الكلي . أما توازن السوائل لدى المريض فيشمل جميع السوائل الداخلة والخارجة، بما فيها الأدوية والتغذية والسوائل الوريدية والبول ومخراجات أخرى. لذا لا يعادل رقم UFnet توازن المريض الكلي [4].

Machine UFnet ≠ Patient net fluid balance <

وصف الترشيح الفائق الصافي Net Ultrafiltration Prescription

توجد عدة طرق لوصف الترشيح الفائق الصافي. وأكثر الطرق شيوعاً هي أن يقوم طاقم التمريض بإجراء تعديلات كل ساعة على معدل الترشيح الفائق الصافي للجهاز للوصول إلى الأهداف الموصوفة لتوازن السوائل الصافي لدى المريض، سواء كانت هذه الأهداف ساعية أو يومية.

وعلى الرغم من وجود العديد من التجارب الجارية، فما تزال البيانات الصارمة التي تحدد أفضل استراتيجية لإدارة الحجم باستخدام CKRT غير كافية. ولدى أي مريض بحالة حرجية يحتاج إلى CKRT ، ينبغي لفريق أمراض الكلى وفريق العناية الحرجية استخدام جميع البيانات المتاحة المتعلقة بالحالة الديناميكية الدموية و حالة السوائل. ويُفضل أن تتضمن هذه البيانات مقاييس ديناميكية لحالة الحجم، وذلك لتوجيه وصف الترشيح الفائق الصافي. إضافةً إلى ذلك، فإن الطبيعة المتغيرة باستمرار للحالات الحرجية تستلزم إعادة تقييم متكرر ومتسلسل لأهداف الترشيح الفائق ومدى تحمل المريض له. [6]

الفوسفات في محاليل CKRT Phosphate in CKRT Solutions

كثير من المحاليل المستخدمة في CKRT لا تحتوي على الفوسفات؛ لذلك قد يحدث نقص فوسفات الدم أثناء العلاج المستمر. في دراسة رصدية كبيرة، ارتبطت المحاليل المحتوية على الفوسفات بانخفاض حدوث نقص الفوسفات مقارنةً بالمحاليل غير المحتوية عليه (21% مقابل 62%) و تعتبر هذه علاقة رصدية وليست إثباتاً على تحسن النتائج السريرية [3]. تُراجع تراكيز الفوسفات دورياً ، ويُختار التعويض أو المحلول المحتوي على الفوسفات وفق نتيجة المختبر، والتركيب المتاح، والبروتوكول.

1. مراجعة صوديوم الدم وتواتر القياس عند تعديل تركيز الصوديوم في المحلول أو إضافة D5W.
2. متابعة البوتاسيوم، الفوسفات، المغنزيوم، الكالسيوم، والبيكربونات وفق حالة المريض.
3. تسجيل UFnet الموصوف والمحقق إلى جانب توازن السوائل الكلي للمريض.
4. إعادة مطابقة إعداد المضخة مع وصفة العلاج بعد كل تغيير في المحاليل أو معدلات التدفق.

References

- [1] Rosner MH, Connor MJ Jr. Management of Severe Hyponatremia with Continuous Renal Replacement Therapies. Clin J Am Soc Nephrol. 2018 May 7;13(5):787-789. doi: 10.2215/CJN.13281117. Epub 2018 Feb 20. Erratum in: Clin J Am Soc Nephrol. 2018 Aug 7;13(8):1247. doi: 10.2215/CJN.06120518. PMID: 29463598; PMCID: PMC5969490.
- [2] Neyra JA, et al. How To Prescribe And Troubleshoot Continuous Renal Replacement Therapy: A Case-Based Review. Kidney360. 2021.
- [3] Baeg SI, et al. Association of Phosphate Containing Solutions with Incident Hypophosphatemia in Critically Ill Patients Requiring Continuous Renal Replacement Therapy. Kidney360. 2021.
- [4] KDIGO. Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. Kidney Int Suppl. 2012;2:1–138.
- [5] Sterns RH, et al. Treatment Guidelines for Hyponatremia: Stay the Course. Clin J Am Soc Nephrol. 2024;19:129-135.
- [6] Murugan R, Kashani K, Palevsky PM. Precision net ultrafiltration dosing in continuous kidney replacement therapy: a practical approach. Intensive Care Med Exp. 2023;11:83.

بدء CKRT وإيقافه Initiation and Discontinuation

توقيت البدء

Timing of Initiation

يبدأ العلاج بصورة إسعافية عند وجود اضطراب مهدد للحياة في السوائل أو الشوارد أو التوازن الحمضي القاعدي لا يمكن ضبطه بالمعالجة المناسبة. ومن الأمثلة فرط البوتاسيوم المقاوم، والحمض الشديد غير المسيطر عليه، والوذمة الرئوية المرتبطة بزيادة الحجم، والمضاعفات اليوريمية. ويُنظر إلى السياق السريري واتجاه النتائج، لا إلى قيمة كرياتينين أو يوريا منفردة.

عند غياب استطباب إسعافي، يُوازن القرار بين حاجة المريض إلى إزالة السوائل والمواد المذابة وبين قدرة الكلى المتبقية والمسار المتوقع. وتستدعي المراقبة المحافظة متابعة يمكن الاعتماد عليها واستعداداً لبدء العلاج عند تدهور الحالة. ولا تتحول قلة البول لمدة محددة وحدها إلى استطباب آلي مستقل عن بقية المعطيات [1].

فقد يؤدي بدء CKRT في وقت متأخر أكثر من اللازم إلى حدوث مضاعفات ناجمة عن الأذية الكلوية الحادة AKI وعن فرط الحمل الحجمي. وفي المقابل، فإن البدء المبكر أكثر من اللازم قد يعرض مريضاً ربما لم يكونوا بحاجة فعلية إلى العلاج بالغسيل الكلوي لمخاطره المحتملة.

في تجربة STARRT-AKI، لم تخفض استراتيجية البدء المُسرَّع Accelerated الوفيات خلال 90 يوماً مقارنةً بالاستراتيجية القياسية، بينما ازدادت بين الناجين نسبة الاعتماد على العلاج بالغسيل الكلوي. تدعم النتيجة تجنب البدء المُسرَّع روتينياً عند غياب استطباب عاجل؛ لكنها لا تبرر تأخير العلاج عند وجود استطباب واضح [2].

في AKIKI و IDEAL-ICU لم يظهر نفع ثابت للبدء المبكر لدى المرضى المشمولين بالتجربتين. بل إن بعض الإشارات إلى احتمال حدوث ضرر مع البدء المُسرَّع قد لوحظت، ومنها:

- ضعف استعادة وظيفة الكلى.

- زيادة حدوث إنتانات مجرى الدم المرتبطة بالقثطار Catheter-Related Bloodstream Infections

- ارتفاع معدلات انخفاض ضغط الدم.

- وزيادة حدوث نقص فوسفات الدم. [3،4]

أما تجربة AKIKI-2 الأحدث، فقد وزّعت المرضى عشوائياً إلى استراتيجية بدء قياسية مقابل استراتيجية (أكثر تأخيراً More delayed)، لدى مرضى مصابين بأذية كلوية حادة شديدة ومستوفين معايير إدراج محددة. لم تتحسن النتيجة الأولية، وهي الأيام الخالية من الغسيل خلال 28 يوماً، مع مزيد من التأخير. وكانت الوفيات الخام في اليوم 60 نحو 55% مقابل 44%، بفارق لم يبلغ الدلالة في المقارنة غير المعدلة. لكن التحليل متعدد المتغيرات أظهر زيادة خطر الوفاة مع الاستراتيجية الأشد تأخيراً: HR 1.65، وفاصل ثقة 95% من 1.09 إلى 2.50، و $P = 0.018$.

لذلك فإنه لا توجد فائدة واضحة من البدء المُسرّع بالعلاج بالتحال الكلوي، ولكن في المقابل تشير الدراسة إلى أن المرضى قد يتعرضون للضرر إذا تم تأخير العلاج بشكل مفرط يتجاوز استراتيجيات البدء القياسية.

في النهاية يجي التأكيد على اختلاف معايير التجارب و عدم استخدامها كبديل عن تقييم المريض [3-5].

الاستطبانات وإعادة تقييم الأهداف

Indications and Reassessment of Goals

بالنسبة إلى معظم المرضى، ينبغي بدء CKRT، كما ذكر سابقاً استجابةً إلى استطبانات سريرية واضحة ولموسة، وأكثرها شيوعاً:

- فرط حمل حجمي لا يمكن تدبيره بما يكفي بوسائل أخرى.
- فرط بوتاسيوم أو اضطراب حمضي-قاعدي شديد acid-base disorder لا يستجيب للتدبير المناسب.
- مضاعفات يوريمية uremic أو استطبانات أخرى يحددها الفريق وفق حالة المريض.

أما لدى المرضى الذين يُعدّون مرشحين مناسبين لتصعيد مستوى الرعاية، فمن المرجح أيضاً أن يكون بدء CKRT خياراً معقولاً عند استمرار قلة البول لمدة 48 – 72 ساعة. ومن الجدير بالذكر أن معدل الوفيات الإجمالي في هذه التجارب العشوائية، وكذلك في العديد من الدراسات الأخرى التي شملت مرضى بحالات حرجة لديهم AKI ويحتاجون إلى العلاج بالتحال الكلوي، يبلغ نحو 50%.

وفي غياب استطبانات للعلاج بالغسيل الكلوي يهدد الحياة بشكل وشيك، ينبغي عادةً أن تكون مناقشة بدء CKRT بمثابة دافع لكل من أطباء العناية المركزة وأطباء الكلى لإعادة تقييم الإنذار العام للمريض. وبالنسبة إلى العديد من المرضى، قد يكون من المناسب إجراء

مناقشة معهم أو مع ممثليهم حول أهداف الرعاية Goals of care قبل الحصول على الموافقة لبدء CKRT.

تقييم التعافي الكلوي

Assessment of Kidney Recovery

يُراجع يومياً ما إذا كانت الكلى قادرة على تلبية حاجة المريض من دون دعم. وتشمل المراجعة تحسين السبب المرضي، واستقرار الدوران، وتراجع الحاجة إلى إزالة السوائل، واتجاه الإدرار والكرياتينين والشوارد. وقد تكون زيادة الإدرار علامة مبكرة، لكنها لا تثبت وحدها كفاية تصفية المواد المذابة، خاصةً مع استعمال المدرات.

طُرحت في دراسات رصدية ومراجعات عتبات تقريبية للإدرار، مثل أكثر من 500 مل/اليوم من دون مدرات، أو أكثر من 2000 مل/اليوم مع المدرات، لبدء التفكير بتجربة الاستغناء عن العلاج. هذه مؤشرات للمراجعة وليست شروطاً كافية أو حدوداً مثبتة تنطبق على الجميع. وتُفسر بحسب مدخول السوائل والقدرة على ضبط الحجم.

يمكن الاستفادة من تصفية الكرياتينين المقاسة بجمع بول محدد المدة، إذا كان الجمع موثقاً وأخذت عينه دم مناسبة زمنياً. لكن تغير كرياتينين البلازما سريعاً، وتأثير CKRT الجاري، والإفراز الأنبوبي للكرياتينين، كلها تحد من الدقة. ولا تُستخدم معادلات eGFR المعتادة بوصفها تقديراً دقيقاً للوظيفة الكلوية في حالة غير مستقرة. [9]

الإيقاف أو الانتقال إلى نمط آخر

De-escalation and Discontinuation

على الرغم من أن هناك تجارب عشوائية مضبوطة جارية، فإنه لا توجد حالياً (باستثناء LIBERATE-D) بيانات من تجارب سريرية يمكن الاستناد إليها لتوجيه خفض شدة CKRT أو إيقافه. تستند قرارات إيقاف CKRT أو الانتقال إلى علاج متقطع بشكل عام إلى استعادة وظيفة الكلى، وإدرار البول، واستقرار الحالة الديناميكية الدموية، وقدرة المريض على تحمل نمط العلاج البديل و تُستخدم المؤشرات ضمن التقييم السريري [1].

LIBERATE D

درست LIBERATE-D مرضى AKI يحتاجون إلى الغسيل، لكنهم أصبحوا مستقرين من الناحية الديناميكية الدموية، مع التخطيط لاستمرار الغسيل المتقطع. قارنت الدراسة إجراء الغسيل عند تحقق استجابات استقلابية أو سريرية محددة، بإجرائه ثلاث مرات أسبوعياً إلى حين تحقق معايير التعافي.

كان التعافي عند الخروج، بحسب تعريف الدراسة، 64% مقابل 50%، مع فرق مطلق 13.8 نقطة مئوية في التحليل غير المعدل. أما بعد التعديل المحدد مسبقاً، فكانت نسبة الأرجحية 1.56 وفاصل الثقة 95% من 0.86 إلى 2.84، أي إن التقدير المعدل لم يحسم وجود الفائدة. وتدعم الدراسة إعادة تقييم الحاجة إلى كل جلسة في مرحلة التعافي، لكنها لا تثبت معياراً مباشراً لإيقاف CKRT لدى المريض غير المستقر، وتحتاج نتائجها إلى تأكيد أوسع. [10]

كما أن استمرار الحاجة إلى الأدوية القابضة للأوعية، ووجود توازن سوائل تراكمي أكثر إيجابية، يرتبطان بحدوث انخفاض ضغط الدم أثناء جلسة غسيل الكلى لدى المرضى الذين ينتقلون من CKRT إلى غسيل الكلى المتقطع IHD وبشكل عام، يُعدّ تحقيق استقرار ديناميكي دموي دون الحاجة إلى دعم بالأدوية القابضة للأوعية أحد المعايير الشائعة التي تدفع إلى التفكير في الانتقال من CKRT إلى IHD. كما يقترح الخبراء ضرورة تصحيح فرط الحمل الحجمي قبل إيقاف CKRT أو قبل الانتقال إلى نمط آخر من العلاج بالإحلال الكلوي.

جرعة (Dose) CKRT

توصي KDIGO بوصفة جرعة تتيح جرعة مُعطاة فعلياً من 20 إلى 25 مل/كغ/ساعة من حجم السائل الخارج للبالغين المصابين بـ AKI الذين يتلقون CKRT. [1] على خلاف غسيل الكلى المتقطع (IHD)، حيث يُستخدم قياس اليوريا قبل العلاج وبعده لحساب التصفية وكفاية الجرعة، يُستخدم في العلاج المستمر (CKRT) معدل التدفق الكلي للسائل الخارج (Total Effluent Flow Rate, Qef) بوصفه مؤشراً بديلاً عن التصفية (تم شرح ذلك سابقاً). ويمثل Qef التصفية الإجمالية الناتجة عن:

- الانتشار Diffusion

- الحمل Convection

- والترشيح الفائق الصافي Net Ultrafiltration

وعلى الرغم من أن بعض التجارب المبكرة أشارت إلى فائدة محتملة للجرعات الأعلى، فإن تجربتين عشوائيتين كبيرتين لاحقتين، هما VA/NIH ATN trial و RENAL [13,14] أظهرتا أن الجرعات الأعلى من CKRT أي 40-35 مل/كغ/ساعة لم تحقق أي فائدة مقارنة بالجرعات الأقل 25-20 مل/كغ/ساعة بل ارتبطت الجرعات الأعلى بمعدلات أعلى قليلاً لبعض المضاعفات، بما في ذلك:

- نقص فوسفات الدم.

- انخفاض ضغط الدم.

• وبناءً على هاتين التجريبتين، أصبح معيار الرعاية هو استهداف جرعة CKRT مُعطاة فعلياً Delivered dose مقدارها 20–25 مل/كغ/ساعة.

إنّ هذه الجرعة القياسية من CKRT توفر تصفية لحظية أبطأ بكثير من IHD ، لكنها تعطي جرعة كلية يومية أو أسبوعية أعلى من إزالة المواد المذابة مقارنةً بـ IHD ثلاث مرات أسبوعياً ، بل وحتى مقارنةً بـ IHD اليومي.

الجرعة الأسبوعية التقريبية Typical weekly standardized Kt/Vurea	التصفية النظرية القصوى Maximal theoretical clearance (mL/min)	النمط Modality
2	280	IHD، ثلاث مرات أسبوعياً
5	280	IHD، سبع مرات أسبوعياً
2	16	PD، سبع مرات أسبوعياً
7	25	CKRT، CVVH بعد الفلتر، 25 mL/kg/h
8	28	CKRT، CVVH قبل الفلتر، 35 mL/kg/h
10	35	CKRT، CVVH بعد الفلتر، 35 mL/kg/h
10	35	CKRT، CVVHD، 35 mL/kg/h
متغيرة Variable	متغيرة Variable	PIKRT
16	90–140	الكلية الطبيعية Normal kidney

Ref.: Continuous Kidney Replacement Therapies: Core Curriculum 2025
American Journal of Kidney Diseases, 2025; 85, 767-786

قد تقل الجرعة المحققة عن الموصوفة عند توقف العلاج أو بسبب تخثر الفلتر أو الإجراءات خارج الوحدة. لذلك يُراجع سجل ساعات العلاج الفعلية ومعدل السائل الخارج المحقق. ويُراعى عند حساب Qef أن تكون عناصر الوصفة و UFnet معرفة بالطريقة نفسها على الجهاز [1].

البند Item	المعنى Meaning
الجرعة الموصوفة	معدل السائل الخارج الذي يحدده الفريق
الجرعة المحققة	ما وصل فعلياً للمريض بعد احتساب وقت التشغيل والانقطاعات
قياس شدة العلاج	حجم السائل الخارج مل/كغ/ساعة؛ لا يصف وحده الحالة السريرية

الفرق بين الجرعة الموصوفة والجرعة المُعطاة فعلياً

Prescribed and Delivered Dose

في الممارسة العملية، تؤدي عدة عوامل إلى أن تكون الجرعة الفعلية المحققة أو المُعطاة من CKRT أقل من الجرعة الموصوفة، ومن هذه العوامل:

- فقدان جزء من المساحة السطحية الفعالة بسبب تخثر الفلتر أو انسداد مسامه.
- الوقت اللازم لتغيير الفلتر.
- الحاجة إلى إجراء فحوص تصويرية أو إجراءات خارج وحدة العناية المركزة.
- وعوامل أخرى.

وتشير الدراسات الرصدية إلى أن الجرعة المُعطاة فعلياً من CKRT ، وليس الجرعة الموصوفة، هي التي ترتبط بالنتائج السريرية، إلا أن هذه العلاقة قد تتأثر بعوامل مربكة. وللتغلب على الفرق المعتاد بين الجرعة الموصوفة والجرعة المُعطاة، أوصى بعض الخبراء بزيادة الجرعة الموصوفة تجريبياً بنسبة 25%-20% إلا أن الجرعة المُعطاة فعلياً كانت أقل قليلاً من الجرعة الموصوفة في جميع مجموعات تجربتي ATN و RENAL

فعلى سبيل المثال، في مجموعات الجرعة المنخفضة: في ATN كانت 17.5 مقابل 20 مل/كغ/ساعة في RENAL كانت 22 مقابل 25 مل/كغ/ساعة ومع ذلك، كانت النتائج السريرية متكافئة عند إعطاء جرعات فعلية تراوحت بين 17.5-22 مل/كغ/ساعة. ولذلك فقد لا تكون هناك ضرورة لزيادة الجرعة الموصوفة إلى أكثر من 25 مل/كغ/ساعة.

هل يمكن استخدام جرعات أقل من 20 مل/كغ/ساعة ؟

على الرغم من أن هذا الأمر ما يزال موضع جدل، فمن الممكن نظرياً أن تكون الجرعات الموصوفة الأقل من 20 مل/كغ/ساعة، ليست أقل فعالية من الجرعات القياسية. وهناك تجارب جارية لدراسة ذلك، لكن لا توجد حالياً بيانات من تجارب عشوائية مضبوطة تدعم هذه الاستراتيجية. كما أن مقاييس أكثر شمولاً لكفاية إزالة المواد المذابة قد تكون مهمة بقدر أهمية Qef الموصوف، ومنها:

- استتباب الشوارد.
- التوازن الحمضي-القاعدي
- تركيز البوتاسيوم
- درجة الحموضة pH
- ومن المخاطر المحتملة للجرعات الأعلى المُعطاة من CKRT حدوث إزالة زائدة أو غير مرغوب فيها لـ:
- الشوارد، ولا سيما الفوسفات
- المغذيات الدقيقة
- الأدوية

تأثير موضع إعطاء محلول التعويض في الجرعة

Replacement Fluid Position and Delivered Dose

يؤثر موقع إعطاء محلول التعويض ضمن دائرة CKRT في الجرعة، خاصةً في الـ CVVHDF و CVVH

التعويض بعد الفلتر

Postfilter / Postdilution

عندما يُعطى محلول التعويض بعد الفلتر ، أي بطريقة التخفيف بعد الفلتر Postdilution، تكون إزالة المواد المذابة بأقصى كفاءة؛ لأن تركيز المادة في الرشاحة الفائقة يكون مساوياً لتركيزه في ماء البلازما. لكن المقابل لذلك هو أن ترشيح ماء البلازما غير المخفف يؤدي إلى زيادة ملحوظة في تركيز كريات الدم الحمراء والبروتينات ، على امتداد الفلتر ، ما يزيد خطر تخثر الفلتر .

الكسر الترشيحي

Filtration Fraction

يُقدَّر خطر التخثر الناتج عن تركيز الدم داخل مرشح CKRT تقليدياً عن طريق حساب الكسر الترشيحي (FF) Filtration Fraction ، وهو نسبة معدل الترشيح الفائق الكلي إلى معدل تدفق ماء البلازما.

ولتقليل خطر التخثر، ينبغي الحفاظ على FF أقل من 25% - 20%، أي ما يرشح أقل من ربع الجريان الدموي . وذلك إما عن طريق:

- الحفاظ على معدل تدفق دم Qb مناسب و أعلى ب 4 أضعاف معدل الرشح .

- أو التفضيل النسبي لاستخدام محلول التعويض قبل الفلتر .

وقد يكون مضاد التخثر بالسترات RCA استثناءً محتملاً، إذ تشير الخبرة السريرية إلى أنه قد يسمح باستخدام قيم أعلى من FF .

توضيح:

في CVVH بعد الفلتر، يمكن تقريب FF بقسمة معدل الترشيح الفائق الكلي على جريان البلازما. وعند وجود تعويض قبل الفلتر، يدخل جريانه في مقام العلاقة التقريبية التالية:

$$FF \approx QUF / (Q_{plasma} + Q_{r,pre})$$

$$QUF = Q_{r,pre} + Q_{r,post} + UF_{net}$$

يُستخدم غالباً هدف عملي أقل من 25%-20% لتقليل تركيز الدم، خاصةً مع التعويض بعد الفلتر، لكن العلاقة بين FF والتخثر تتأثر بمضاد التخثر والغشاء والجريان والتخفيف. كما أن FF في predilution لا يعكس خطر تركيز الدم بالطريقة نفسها التي يعكسه بها في postdilution. وقد طُرح الهيماتوكريت بعد الفلتر مؤشراً إضافياً، مع محدودية الدليل على أفضل مؤشر منفرد.

FF يساوي 25% يعني ترشيح ربع الجريان المستخدم في مقام تعريفه، ولا يعني ترشيح ربع الجريان الدموي الكلي. لذلك لا تُستبدل المعادلة بقاعدة عامة من نوع «Qb أربعة أضعاف الرشح» من دون إدخال الهيماتوكريت وموضع التعويض ووحدات الجريان. [12،15]

مثال حسابي متكامل:

لدى مريض وزنه 70 كغ، وُصفت CVVH بالجريانات التالية: Qb يساوي 200 مل/دقيقة، والتعويض قبل الفلتر 1500 مل/ساعة، وبعده 500 مل/ساعة، و UFnet يساوي 100 مل/ساعة. نضيف لهذا المثال التعليمي هيماتوكريت مقداره 0.30، ونفترض عدم وجود تسريبات أخرى تحتاج إلى احتساب منفصل، ومعامل غريلة يقارب الواحد للمادة المذابة المدروسة.

الخطوة Calculation step	الحساب Calculation	النتيجة Result
جريان السائل الخارج Qeff	$1500 + 500 + 100$	2100 مل/ساعة
الجرعة الاسمية Nominal dose	$2100 \div 70$	30 مل/كغ/ساعة
جريان البلازما التقريبي Qplasma	$200 \times 60 \times 0.70$	8400 مل/ساعة
عامل التخفيف Dilution factor	$8400 \div (8400 + 1500)$	0.848 تقريباً
التصفية المصححة بالتقريب Correction estimate	2100×0.848	1782 مل/ساعة تقريباً
الجرعة المصححة أثناء التشغيل Dose during operation	$1782 \div 70$	25.5 مل/كغ/ساعة تقريباً
الكسر الترشيحي FF	$2100 \div (8400 + 1500)$	21.2% تقريباً

هذه النتائج محسوبة من المعطيات المذكورة باستخدام نموذج التخفيف المبسط، وليست نتائج دراسة أو قياساً مخبرياً لتصفية المريض. وهي تبين سبب اختلاف الرقم الاسمي 30 عن تقدير التصفية المصحح. وإذا لم توافق خصائص المادة المذابة افتراضات النموذج، يُراجع التصحيح أو تُقاس التصفية من عينات مناسبة.

إذا عملت الدارة في المثال السابق 22 ساعة فقط خلال اليوم، وكانت بقية الإعدادات ثابتة، فإن الجرعة الاسمية المحققة من حجم السائل الخارج على كامل اليوم تساوي:

$$\text{Effluent dose over 24 h} = (2100 \times 22) / (70 \times 24) = 27.5 \text{ mL/kg/h}$$

أما متوسط التصفية المصححة بالتخفيف وفق نموذج المثال فيساوي:

Corrected average dose $\approx 25.45 \times (22 / 24) = 23.3 \text{ mL/kg/h}$

الفرق بين القيمتين ناتج عن تصحيح التخفيف، بينما الانخفاض عن جرعة التشغيل ناتج عن ساعتين من التوقف. وإذا تغيرت الإعدادات خلال اليوم، يُحسب حجم السائل الخارج أو التصفية المقدرة لكل فترة على حدة، ثم تُجمع الفترات؛ ولا يُضرب إعداده نهاية اليوم في 24 ساعة.

التعويض قبل الفلتر

Predilution

عند إعطاء محلول التعويض قبل الفلتر، أي بطريقة Predilution يكون عمر الفلتر أطول؛ لأن ماء البلازما يُخفف قبل الترشيح الفائق، مما يقلل الـ FF كما ذكر أعلاه. لكن في المقابل، يُخفف تركيز المواد المذابة قبل دخول الدم إلى الفلتر، ما يؤدي إلى انخفاض التصفية بدرجة معينة. ويمكن تقدير مقدار هذا التأثير من خلال حساب عامل التخفيف Dilution factor ومن الجدير بالذكر أن FF يكون في أدنى مستوياته عند استخدام CVVHD كما تشير بيانات رصدية وبيانات شبه عشوائية إلى أن CVVHD قد يؤدي إلى عمر أطول للمرشح مقارنةً بـ CVVH مع محلول تعويض قبل المرشح.

الهيماتوكريت بعد الفلتر كمؤشر بديل

Postfilter Hematocrit as an Alternative Index

على الرغم من أن FF هو المؤشر التقليدي المستخدم لوصف تأثير تركيز الدم على خطر تخثر الفلتر، فقد طُرح حديثاً الهيماتوكريت بعد المرشح Postfilter hematocrit بوصفه مقياساً بديلاً للتنبؤ بخطر التخثر. إلا أن البيانات المتاحة لإثبات تفوق أي من المؤشرين على الآخر ما تزال محدودة.

إعادة تقييم جرعة CKRT

Reassessment of CKRT Dose

على الرغم من أن إعطاء 20–25 مل/كغ/ساعة، مناسب لمعظم المرضى الذين يُعالجون بـ CKRT في معظم الظروف، ينبغي إعادة تقييم الجرعة بصورة متكررة، لأن الحالات الحرجة تتغير ديناميكياً مع الوقت. وفي بعض الحالات، قد تصبح جرعات أعلى من 25 مل/كغ/ساعة ضرورية. ومن الأمثلة على ذلك:

- انحلال العضلات المخططة Rhabdomyolysis

- متلازمة انحلال الورم Tumor Lysis Syndrome في هذه الحالات، يتفاقم نقص تصفية البوتاسيوم الناجم عن AKI بسبب تحرر كميات كبيرة جداً من البوتاسيوم إلى الدورة

الدوائية، وقد تكون هناك حاجة إلى جرعات CKRT تصل إلى أكثر من 40 مل/كغ/ساعة للمحافظة على السيطرة الاستقلابية. [16]

الجمع بين IHD و CKRT في فرط بوتاسيوم الدم الشديد Combining IHD and CKRT in Severe Hyperkalemia

في هذه الحالات، قد يكون من الضروري الاستفادة من التصفية اللحظية العالية لـ IHD في البداية لتصحيح فرط بوتاسيوم الدم المهدد للحياة بسرعة، ثم يُتبع ذلك مباشرةً بـ CKRT لتوفير جرعة كلية يومية مستمرة وأعلى من التصفية بهدف الحفاظ على السيطرة الاستقلابية. وعندما تُستخدم جرعات مرتفعة من CKRT، فإنه بعد تحقيق السيطرة الاستقلابية وتحسن العملية المرضية الأساسية، ينبغي خفض الجرعة تدريجياً للعودة نحو المجال القياسي. والهدف من ذلك هو تجنب الإزالة المفرطة لـ:

- الفوسفات
- المغذيات الدقيقة
- الأدوية.

متى يستخدم الـ CKRT عالي الجرعة في الحمض اللبني؟ High Dose CKRT and Lactic Acidosis

من الحالات التي لا ينبغي فيها استخدام CKRT عالي الجرعة بصورة روتينية، رغم استمرار الجدل حول الموضوع هي: علاج الحمض اللبني Lactic acidosis، ولا سيما الحمض اللبني من النوع A، أي الناتج عن الصدمة أو نقص التروية النوعي لأحد الأعضاء.

وعلى الرغم من أن اللاكتات جزئي صغير وقابل للذوبان في الماء، وبالتالي يمكن إزالته بسهولة نسبياً بالغسيل الكلوي، مع $S \approx 1$ ، فإن العلاج بالغسيل الكلوي عموماً له تأثير محدود جداً في مستويات اللاكتات في المصل. والسبب في ذلك أن معدل التصفية الذي يقدمه CKRT، حتى عند استخدام جرعات مرتفعة جداً، مثل 50 مل/دقيقة، يظل منخفضاً للغاية مقارنةً بالتصفية الداخلية الطبيعية للاكتات. وقد قُدرت التصفية الداخلية للاكتات لدى المرضى ذوي الحالات الحرجة بنحو 750 - 2000 مل/دقيقة. وبالتالي فإن CKRT لا يكون له عادةً سوى تأثير ضئيل في مستويات اللاكتات في المصل، ولهذا يمكن عموماً تفسير تغيرات مستوى اللاكتات لدى المرضى الخاضعين لـ CKRT بالطريقة نفسها تقريباً التي تُفسر بها لدى المرضى غير الخاضعين لـ CKRT. [17،18]

الحماض اللبني من النوع B Type B Lactic Acidosis

على الرغم من أنه أقل شيوعاً ، فإن العلاج بالغسيل الكلوي يؤدي دوراً مهماً في علاج الحماض اللبني من النوع B الناجم عن سمية دوائية، مثل تسمم الميتفورمين. ولكن في هذه الحالة يُفضَّل غالباً غسيل الكلى المتقطع IHD على CKRT ، بسبب قدرته على تحقيق تصفية أعلى.

تدفق الدم Blood Flow

مقارنةً بـ غسيل الكلى المتقطع IHD، فإن المجال المعتاد لمعدل تدفق الدم Qb المستخدم في العلاج المستمر بالتحال الكلوي CKRT يكون أقل بكثير. وكما ذكر سابقاً ، فإن Qb يكون له عادةً تأثير ضئيل جداً في جرعة CKRT ضمن نطاق الجرعات المعتاد. لكن عند استخدام CKRT بجرعات مرتفعة، قد يبدأ Qb بالتأثير في التصفية ، وفي هذه الحالات، يلزم وجود Qb كافٍ بالنسبة إلى Qd أو Qr,pre للحفاظ على إزالة عالية الكفاءة للمواد المذابة.

وبخلاف ذلك، فإن الحفاظ على Qb مناسب ضروري للوقاية من تخثر مرشح الدم . ورغم أن زيادة Qb ستؤدي دائماً ، من الناحية الرياضية، إلى خفض الكسر الترشيحي Filtration Fraction، فإن الفائدة المحتملة لإطالة عمر الفلتر تبدأ بالتناقص مع الزيادات الإضافية في Qb ، وعلى الأرجح عندما يتجاوز نحو 250 مل/دقيقة.

فعلى سبيل المثال، قامت إحدى التجارب بتوزيع 100 مريض يتلقون CKRT إما دون مضاد تخثر أو مع الهيبارين، بصورة عشوائية إلى معدل تدفق دم 150 مل/دقيقة أو 250 مل/دقيقة ، ولم تجد الدراسة فرقاً في عمر الفلتر بين المجموعتين. ويُحتمل أن يعود ذلك إلى أن زيادة Qb ، عند وجود مقاومة ثابتة في الدارة، تزيد أيضاً من خطر حدوث إنذارات الضغط، وتؤدي إنذارات الضغط هذه إلى توقف مضخة الدم أو خفض سرعتها، وهو ما قد يعزز تخثر الفلتر إذا تكرر حدوثه .

Qb عند استخدام السترات كـ مضاد تخثر RCA Blood Flow during RCA

عند استخدام السترات كمضاد تخثر Regional Citrate Anticoagulation ، يُوصى عموماً باستخدام معدل تدفق دم أقل، مثل 120–150 مل/دقيقة. ويرجع ذلك إلى سببين رئيسيين:

- إن خفض الـ Qb يقلل كمية السترات اللازمة للحفاظ على مضاد تخثر كافٍ، وبالتالي يقلل خطر المضاعفات الاستقلابية المرتبطة بـ RCA
- إن الـ RCA فعال بدرجة تكفي للحفاظ على بقاء الفلتر مفتوحاً حتى عند استخدام Qb منخفض نسبياً.

بناء وصفة الغسيل الدموي المستمر Constructing a CKRT Prescription

البند item	ما يجب توثيقه Required documentation
الاستطباب والنمط Indication and modality	سبب البدء؛ اختيار CVVHD أو CVVH أو CVVHDF؛ الحاجة إلى دعم مستمر
الوزن والجريانات Weight and flows	الوزن المستخدم؛ Qb؛ Qd؛ التعويض قبل الفلتر وبعده؛ الوحدات
الجرعة Dose	Qeff والجرعة الاسمية؛ طريقة تصحيح predilution عند استعمالها؛ هدف الجرعة الفعلية
السوائل Fluid removal	UFnet؛ هدف توازن المريض؛ معايير تخفيض الإزالة أو إيقافها
المحاليل Solutions	التركيب الكامل؛ توافق المحاليل مع RCA؛ التسريبات الإضافية وكيفية احتسابها
مضاد التخثر Anticoagulation	الاستراتيجية؛ الأهداف؛ مواقع التسريب والعينات؛ خطة توقف الدارة
المراقبة Monitoring	الشوارد والغازات والكالسيوم عند RCA؛ الضغوط والانقطاعات؛ موعد إعادة التقييم
التعافي والمتابعة Recovery and review	مؤشرات تجربة الإيقاف أو الانتقال؛ مراجعة الأدوية والتغذية وفق الجرعة الفعلية

References

- [1] KDIGO. Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney Int Suppl.* 2012;2:1–138. <https://kdigo.org/wp-content/uploads/2016/10/KDIGO-2012-AKI-Guideline-English.pdf>.
- [2] STARRT-AKI Investigators. Timing of Initiation of Renal-Replacement Therapy in Acute Kidney Injury. *N Engl J Med.* 2020;383:240–251. doi:10.1056/NEJMoa2000741.
- [3] Gaudry S, et al. Initiation Strategies for Renal-Replacement Therapy in the Intensive Care Unit. *N Engl J Med.* 2016;375:122–133. doi:10.1056/NEJMoa1603017.
- [4] Barbar SD, et al. Timing of Renal-Replacement Therapy in Patients with Acute Kidney Injury and Sepsis. *N Engl J Med.* 2018;379:1431–1442. doi:10.1056/NEJMoa1803213.
- [5] Gaudry S, et al. Delayed versus more-delayed initiation of renal-replacement therapy for severe acute kidney injury (AKIKI 2). *Lancet.* 2021;397:1293–1300. doi:10.1016/S0140-6736(21)00350-0.
- [6] Palevsky PM, et al. Intensity of Renal Support in Critically Ill Patients with Acute Kidney Injury. *N Engl J Med.* 2008;359:7–20. doi:10.1056/NEJMoa0802639.
- [7] Bellomo R, et al. Intensity of Continuous Renal-Replacement Therapy in Critically Ill Patients. *N Engl J Med.* 2009;361:1627–1638. doi:10.1056/NEJMoa0902413.
- [8] EXTRIP Workgroup. Extracorporeal Treatment for Metformin Poisoning: Systematic Review and Recommendations. *Crit Care Med.* 2015;43(8):1716–1730. doi:10.1097/CCM.0000000000001002.
- [9] Klouche K, et al. Weaning from Kidney Replacement Therapy in the Critically Ill Patient with Acute Kidney Injury. *J Clin Med.* 2024;13:579.
- [10] Liu KD, et al. A Conservative Dialysis Strategy and Kidney Function Recovery in Dialysis-Requiring Acute Kidney Injury: The Liberation From

Acute Dialysis (LIBERATE-D) Randomized Clinical Trial. JAMA. 2026;335:326-335.

[11] Lee J, et al. Korean Society of Nephrology 2025 evidence-based clinical practice guideline for continuous kidney replacement therapy. Kidney Res Clin Pract. 2026.

[12] Neyra JA, Yessayan L, Thompson Bastin ML, Wille KM, Tolwani AJ. How To Prescribe And Troubleshoot Continuous Renal Replacement Therapy: A Case-Based Review. Kidney360. 2021;2:371-384.

[13] VA/NIH Acute Renal Failure Trial Network. Intensity of Renal Support in Critically Ill Patients with Acute Kidney Injury. N Engl J Med. 2008;359:7-20.

[14] RENAL Replacement Therapy Study Investigators. Intensity of Continuous Renal-Replacement Therapy in Critically Ill Patients. N Engl J Med. 2009;361:1627-1638.

[15] Hatamizadeh P, Tolwani A, Palevsky PM. Revisiting Filtration Fraction as an Index of the Risk of Hemofilter Clotting in Continuous Venovenous Hemofiltration. Clin J Am Soc Nephrol. 2020;15:1660-1662.

[16] Tandukar S, Palevsky PM. Continuous Renal Replacement Therapy: Who, When, Why, and How. Chest. 2019;155:626-638.

[17] Calello DP, et al. Extracorporeal Treatment for Metformin Poisoning: Systematic Review and Recommendations From the Extracorporeal Treatments in Poisoning Workgroup. Crit Care Med. 2015;43:1716-1730.

[18] Teixeira J, Hiremath S, Kabli A. Continuous Kidney Replacement Therapies: Core Curriculum 2025. American Journal of Kidney Diseases, 2025; 85, 767-786

المضاعفات و الإختلاطات

Complications

يمثل العلاج المستمر بالغسيل الدموي Continuous Kidney Replacement Therapy (CKRT) وسيلة لضبط السوائل والمواد المذابة عند المريض ذي الحالة الحرجة، لكنه يعرّض المريض لمخاطر تتداخل فيها شدة المرض، والمدخل الوعائي، والدارة خارج الجسم، ومضاد التخثر، وتركيب المحاليل. لذلك لا يكفي تصحيح نتيجة مخبرية أو إلغاء إنذار الجهاز؛ بل يجب تحديد الآلية المسؤولة، وتقدير أثرها في المريض، ثم تعديل العلاج ومراقبة الاستجابة. تشمل المضاعفات أذيات القثطرة، وتعطل الدارة، والنزف، واضطرابات الحرارة والدوران والشوارد والحمض والقاعدة، والإزالة غير المقصودة للأدوية والمغذيات. [1,2,3]

الإطار السريري ومستوى الدليل

Clinical framework and evidence level

تستند توصيات هذا الفصل إلى الإرشادات النهائية، ثم التجارب العشوائية، ثم الدراسات الرصدية والمراجعات والتوافقات. ما يزال تحديث KDIGO 2026 الخاص بالأذية والمرض الكلويين الحادين مسودة للمراجعة العامة وفق موقع KDIGO عند التحقق في 7 تشرين الأول 2026؛ ولا يُعامل هنا بوصفه إرشاداً نهائياً. تُذكر إرشادات KDIGO 2012 لأنها المرجع النهائي المتاح لهذا الموضوع، مع الاستعانة بالأدلة اللاحقة لتحديث المسائل التي تطورت. المجالات التشغيلية، مثل تواتر القياسات وتعديل المضخات، تتطلب بروتوكولاً معتمداً في الوحدة يتوافق مع الجهاز والمحاليل المستخدمة. [4,5]

مضاعفات المدخل الوعائي

Vascular access complications

الأذيات الميكانيكية والوقاية

Mechanical injury and prevention

قد يترافق إدخال قثطرة الغسيل Dialysis catheter مع وخز شرياني أو نزف أو ورم دموي، واسترواح الصدر Pneumothorax أو النزف الصدري Hemothorax بحسب موضع الإدخال، وسوء التموضع أو الانصمام الهوائي. ويجب أن يوازن اختيار الموضع بين جريان الدم، وسهولة العناية، وخطر العدوى والختار، والحفاظ على الأوعية اللازمة للغسيل لاحقاً. تقترح KDIGO البدء بالوريد الوداجي الداخلي الأيمن عند ملائمته، وتجنب تحت الترقوة قدر الإمكان بسبب خطر التضيق الوريدي. [3,4]

توصي الإرشادات باستخدام التوجيه بالأمواج فوق الصوتية Ultrasound guidance على يد ممارس مدرب، والتعقيم واحتياطات الحاجز المعقم الكامل، وتوثيق موضع القثطرة والتحقق من جاهزيتها قبل الاستخدام وفق موضع الإدخال وبروتوكول الوحدة. لا يُفسر غياب مقاومة عند غسل القثطرة وحده بوصفه دليلاً على إمكان تحقيق الجريان الدموي المطلوب طوال العلاج. [4، 6]

خلل القثطرة وإعادة الدوران

Catheter dysfunction and recirculation

قد ينجم انخفاض الجريان الفعلي عن انثناء الأنابيب، أو تماس طرف القثطرة مع جدار الوعاء، أو سوء موضعها، أو خثرة داخلها أو حولها. يسبب الانقطاع المتكرر للمضخة ركودة الدم، ويقلل ساعات العلاج الفعلية، وقد يُقصر عمر الفلتر. لذلك تبدأ معالجة التخرثر المتكرر بفحص المدخل والأنابيب واتجاهات الضغوط، قبل زيادة مضاد التخرثر بصورة آلية. [1، 7]

تدل ضغوط السحب شديدة السلبية على مقاومة في الخط الذي يسحب الدم من المريض، بينما قد يدل ارتفاع ضغط العودة على مقاومة في الخط الراجع إليه؛ وتتأثر القراءات بالجريان ووضعية المريض والجهاز. يمكن لعكس خطي السحب والعودة أن يحسن الجريان مؤقتاً، لكنه قد يزيد إعادة الدوران Recirculation، ولذلك لا يُعد حلاً دائماً لخلل القثطرة. يُوثق التغير وتُقيّم الحاجة إلى تعديل الموضع أو استبدال القثطرة. [7]

عدوى مجرى الدم والخثار

Bloodstream infection and thrombosis

تشمل الوقاية نظافة اليدين، وتعقيم الوصلات، والعناية بموضع الدخول والضمد، وتقليل التلاعب غير الضروري، ومراجعة الحاجة إلى القثطرة يومياً. لا توصي CDC بتبديل القثاطر المركزية أو قثاطر الغسيل دورياً لمجرد الوقاية من العدوى.

وعند الاشتباه بعدوى مجرى الدم المرتبطة بالقثطرة Catheter Related Bloodstream Infection (CRBSI)، تُجمع الزرعات وتُبحث المصادر الأخرى، ويُقرر نزع القثطرة أو استبدالها وفق شدة المرض والجراثيم والاختلاطات؛ ولا تُنزع اعتماداً على الحمى وحدها. [6]

قد يظهر الخثار الوريدي المرتبط بالقثطرة بوذمة الطرف أو العنق، أو ضعف الجريان، أو بصورة غير عرضية. يُستخدم التصوير الملائم لتأكيد التشخيص عند الاشتباه، ويُفصل التدبير بحسب خطر النزف، والحاجة إلى القثطرة، وموقع الخثار. لا ينبغي الخلط بين خثار الوريد أو القثطرة وبين تخرثر الفلتر، لأن لكل منهما تقييماً وتدبيراً مختلفين. [2، 3]

مضاعفات الدارة والفلتر Circuit and filter complications

التخثر وانخفاض نفوذية الغشاء Clotting and membrane fouling

يتسبب توقف الدارة والحاجة إلى استبدالها بصورة غير مخططة في انقطاع التصفية، وتراجع الجرعة المُعطاة فعلياً Delivered dose، وفقد الدم إذا تعذر إرجاعه، وزيادة استهلاك الفلاتر والعبء التمريضي. تشمل العوامل القابلة للتعديل انخفاض جريان الدم، وتكرر الإنذارات، وخلل وظيفة القثطرة، وعدم كفاية مضاد التخثر، وتركيز الدم داخل الفلتر Hemoconcentration.

يزيد الترشيح بالحمل بعد الفلتر Postdilution CVVH من أهمية الكسر الترشيحي Filtration fraction، بينما يقلل التعويض قبل الفلتر Predilution تركيز الدم لكنه قد يخفض التصفية الفعلية. [2، 7]

لا يمثل ارتفاع الضغط عبر الغشاء Transmembrane Pressure (TMP) مرادفاً للتخثر. فقد يرتفع بسبب ترسب البروتينات وانخفاض نفوذية الغشاء Membrane fouling، أو تغير الجريان، أو انسداد مسار السائل الخارج. أما ارتفاع فرق الضغط عبر الحيز الدموي للفلتر Filter pressure drop فقد يدعم وجود مقاومة دموية متزايدة. تُفسر الاتجاهات المتتابة معاً، وتُراجع تعريفات الضغوط وطريقة حسابها في الجهاز نفسه.

[7]

المشكلة Problem	النمط المتوقع Expected pattern	ما يُراجع أولاً Initial review
خلل المدخل Access dysfunction	ازدياد سلبية ضغط السحب أو ارتفاع ضغط العودة؛ إنذارات مرتبطة بالوضعية	القثطرة، الانثناءات، موضع الطرف، الجريان الفعلي
انخفاض نفوذية الغشاء بسبب الترسبات Membrane fouling	ارتفاع تدريجي في TMP؛ قد لا يرتفع فرق الضغط الدموي بالمقدار نفسه	اتجاه الضغوط، السائل الخارج، نفوذية الغشاء
تخثر الدارة Circuit clotting	مقاومة دموية متزايدة أو خثرات مرئية؛ قد يرتفع TMP أيضاً	توقيات المضخة، مضاد التخثر، تركيز الدم والكسر الترشيحي

فقد الدم ونقص الصفيحات

Blood loss and thrombocytopenia

يُقدَّر الدم المفقود عند تعذر إعادة الدم من الدارة من حجم الدم داخل طقم الأنابيب والفتر المحدد، ولا يُفترض حجم موحد لجميع الأجهزة. تُضاف هذه الخسارة إلى النزف السريري والسحب المتكرر للعينات عند تفسير فقر الدم. لا تُعاد محتويات دارة متخثرة أو يُحاول دفع الخثرات إلى المريض؛ وتُتبع شروط الإرجاع الآمن الخاصة بالجهاز والوحدة. [2]

وعلى الرغم من أن العلاقة بين CKRT ونقص الصفيحات كانت معروفة سريرياً منذ سنوات، فإن بيانات رصدية حديثة أكدت من جديد وجود ارتباط بين CKRT ونقص عدد الصفيحات الدموية لدى المرضى المعالجين به. لكن درجة الانخفاض تكون عادةً محدودة نسبياً، في حدود 33%–50% من القيمة الأساسية. وبالنظر إلى تعدد الأسباب المحتملة لنقص الصفيحات لدى المرضى ذوي الحالات الحرجة، ينبغي اعتبار CKRT سبباً لنقص الصفيحات فقط بعد استبعاد الأسباب الأخرى.

تشمل التشخيصات التفريقية الإنتان، والتخثر المنتشر داخل الأوعية Disseminated Intravascular Coagulation (DIC)، والأدوية، والتخفيف، والأجهزة الأخرى، ونقص الصفيحات المحرض بالهيبارين Heparin Induced Thrombocytopenia (HIT). يُراجع الرقم السابق، وحجم الانخفاض، وتوقيته، ووجود خثار جديد، والتعرض لجميع مصادر الهيبارين. [2، 8]

الانحلال الدموي والتفاعلات الحادة

Hemolysis and acute reactions

ينبغي التفكير في الانحلال الدموي Hemolysis عند ارتفاع غير مفسر في البوتاسيوم، أو انخفاض الهيموغلوبين مع ارتفاع LDH وانخفاض Haptoglobin، أو تغير لون البلازما. تُفحص الخطوط بحثاً عن الانتشاء أو الانسداد والمشكلات الميكانيكية، وتُراجع الأسباب الأخرى، ومنها الأجهزة المرافقة.

هام جداً: عند الاشتباه بانحلال داخل الدارة، يُوقف العلاج وتُقيَّم الحالة فوراً، ولا يُعاد الدم المشتبه بانحلاله بسبب خطر تحميل المريض بالبوتاسيوم. هذه قاعدة سلامة مستمدة من أدبيات طوارئ الغسيل، ويجب تطبيقها مع بروتوكول CKRT المحلي. [9]

قد تتظاهر التفاعلات التحسسية تجاه الغشاء أو الأنابيب بهبوط ضغط مفاجئ، أو تشنج قسبي، أو طفح بعد بدء العلاج. كما يمكن دخول الهواء عند انكشاف وصلات أو انفصالها، رغم وجود كواشف الهواء. عند الاشتباه بتفاعل شديد أو انصمام هوائي Air embolism،

يُوقف ضخ الدم وتؤمن الدارة وتبدأ الاستجابة الإسعافية وفق بروتوكول الوحدة. لا تتجاوز أنظمة الإنذار أو كواشف الهواء بهدف مواصلة العلاج. [3، 9]

اضطرابات الدوران والحرارة Hemodynamic and thermal disturbances

انخفاض الضغط والترشيح الفائق الصافي Hypotension and net ultrafiltration

لا يمنع CKRT حدوث انخفاض الضغط Hypotension. قد يكون السبب إزالة سوائل تتجاوز قدرة إعادة امتلاء البلازما Plasma refilling، أو نزفاً أو توسعاً وعائياً إنتانياً أو قصوراً قليبياً أو اضطراب نظم. لذلك تتطلب الاستجابة تقييم المريض والدارة معاً، ولا يجوز إسناد كل انخفاض ضغط إلى CKRT أو إعطاء سوائل بصورة تلقائية. [3، 10]

عند تدهور التروية، يمكن خفض الترشيح الفائق الصافي Net Ultrafiltration (UFnet) أو إيقاف إزالة السوائل مؤقتاً مع استمرار تصفية المواد المذابة إن أمكن، ريثما يُعالج السبب وتُعاد مراجعة الخطة. يعتمد القرار على الضغط واتجاه جرعات الأدوية القابضة للأوعية والاحتقان والنتاج القلبي والتروية، لا على هدف توازن السوائل وحده. [10]

ترتبط معدلات UFnet المرتفعة بنتائج أسوأ في بعض التحليلات الرصدية، لكن هذا الارتباط لا يحدد حداً آمناً موحداً أو يثبت السببية. كما قد يضر تراكم السوائل. المطلوب وصف متدرج يوازن إزالة الاحتقان مع تحمل الدوران، وإعادة تقييمه عند تغير الحالة أو المدخول أو مدة تشغيل الجهاز. [10]

انخفاض الحرارة Hypothermia

يفقد المريض الحرارة عبر مرور الدم خارج الجسم وتبادل الحرارة مع السوائل. في دراسة رصدية استعادية شملت 300 مريض، حدث انخفاض حرارة معرّف بمتوسط مرجح زمنياً أقل من 36 درجة مئوية لدى 23.7% خلال أول 24 ساعة؛ وهذه نسبة خاصة بتلك المجموعة وليست معدل حدوث ثابتاً. ارتباطها بالوفيات لا يثبت أنها السبب. [11]

تُدرج الحرارة ضمن المراقبة، وتُستخدم أنظمة التدفئة المعتمدة عند الحاجة، مع مراقبة الاستجابة. قد يخفي تبريد المريض الحمى، ولذلك لا ينفي غيابها الإنتان. تُراجع حرارة المريض قبل العلاج وأثناءه وبعد تعديل الجريان أو وسائل التدفئة. [11]

مضاعفات مضادات التخثر

Anticoagulation complications

الهيبارين ونقص الصفائح المحرض به

Heparin and HIT

يزيد الهيبارين الجهازى خطر النزف وقد يسبب HIT.

تقترح KDIGO 2012 استخدام مضاد التخثر الإقليمي بالسترات Regional Citrate Anticoagulation (RCA) بدلاً من الهيبارين أثناء CKRT لدى المرضى الذين لا توجد لديهم موانع لاستخدام السترات (و قد ذكر ذلك بالتفصيل سابقاً). [4]

عند الاشتباه بـ HIT تُستخدم درجة 4Ts لتقدير الاحتمال، ثم الفحوص المناسبة. توصي ASH بإيقاف الهيبارين عند الاحتمال المتوسط أو المرتفع، واختيار مضاد غير هيباريني وفق خطر النزف والاستطباب. لا يكفي RCA وحده لعلاج خطر الخثار الجهازى فى HIT الحاد، لأنه يضبط الدارة أساساً؛ ويجب أن يشارك اختصاصي أمراض الدم فى التدبير عند الحاجة. إرشادات ASH المذكورة منشورة عام 2018، وتظل مرجعاً اختصاصياً لهذه المسألة. [8]

اضطرابات السترات

Citrate related disorders

التراكم مقابل زيادة الحمل القلوي

Accumulation versus alkali overload

يربط RCA الكالسيوم الشاردي داخل الدارة ويقلل التخثر، بينما يحتاج المريض إلى تعويض الكالسيوم. يمكن لاستقلاب السترات الواصلة إلى المريض أن يولد حمولة قلبية؛ ويعادل استقلاب مليمول من سترات الصوديوم الثلاثية نحو ثلاثة مليمولات من البيكربونات، لكن الأثر الصافي يعتمد على تركيب المحلول وإزالة السترات والبيكربونات. [13]

و تعتبر تراكم السترات Citrate accumulation أكثر مضاعفات الـ RCA إثارةً للقلق و تسمى أيضاً سمية السترات Citrate toxicity أو Citrate lock و ينشأ عندما تتجاوز كميتها القدرة على استقلابها، فتتراكم معقدات السترات والكالسيوم. أما زيادة حمل السترات أو القاعدة Citrate or buffer overload فتحدث مع استقلاب محفوظ وحمل قلوي زائد.

ويوجد نمط ثالث هو عدم كفاية حمولة القاعدة **Insufficient buffer delivery**: حماض مستمر من دون دلائل التراكم. هذا التفريق أساسي لأن زيادة إزالة السترات قد تساعد في التراكم أو القلاء، لكنها قد تزيد النمط الثالث سوءاً. [13]

المعيار Parameter	تراكم السترات Accumulation	زيادة القاعدة Overload	نقص القاعدة Insufficient delivery
الآلية Mechanism	استقلاب غير كافٍ	استقلاب جيد وحمل قلوي زائد	الحمل القلوي غير كافٍ
نسبة tCa/iCa	تميل إلى الارتفاع 2.5 أو أكثر تدعم الاشتباه	غالباً غير مرتفعة	غالباً غير مرتفعة
الكالسيوم الجهازى وتعويضه	قد ينخفض iCa وتزداد الحاجة للتعويض	لا توجد عادة حاجة متصاعدة	لا توجد عادة حاجة متصاعدة
الحمض والقاعدة Acid base	حماض أو اضطراب مختلط	قلاء استقلابي	حماض مستمر
اتجاه التدبير Manageme nt	تقليل الحمل وزيادة الإزالة وقف RCA إذا استمر	مراجعة السترات والبيكربونات والإزالة	مراجعة التصفية وإعطاء القاعدة بعد استبعاد التراكم

التشخيص والمراقبة

Diagnosis and monitoring

تُحسب نسبة الكالسيوم الكلي إلى الشاردي **Total to ionized calcium ratio** (tCa/iCa) بوحدات متماثلة. لا تُقسم قيمة الكالسيوم الكلي بوحدة mg/dL مباشرة على iCa بوحدة mmol/L. لتحويل الكالسيوم الكلي إلى mmol/L تُقسم قيمته بوحدة mg/dL على نحو 4.01.

مثال تعليمي: 10 mg/dL تعادل نحو 2.49 mmol/L؛ وإذا كان iCa يساوي 1.00 mmol/L كانت النسبة نحو 2.49، وليست 10. [13]

يدعم الارتفاع المتتابع للنسبة إلى 2.5 أو أكثر الاشتباه بالتراكم، خصوصاً إذا ترافق مع انخفاض iCa الجهازى، وتساعد تعويض الكالسيوم، وحمض متفاهم. لا يكفى الرقم المنفرد، وقد يخفى اضطراب مختلط تغير pH. ولا يُستخدم تصحيح الكالسيوم بالألومين تلقائياً لتوليد النسبة؛ فالتوافق الحديث يقر بأن أثر هذا التصحيح محل خلاف. [14]

يُقاس iCa الجهازى من عينة ممثلة للمريض بعيداً عن تلوثها بتسريب الكالسيوم، بينما يُقاس iCa بعد الفلتر من موضعه المحدد لمراقبة مضاد التخثر. المجال الشائع بعد الفلتر 0.25-0.35 mmol/L، لكن الهدف مرتبط بالبروتوكول ودقة محلل غازات الدم في التراكيز المنخفضة. تُكثف المراقبة عند البدء وبعد تعديل الجرعات أو تغير الدوران، ويُقاس الكالسيوم الكلوى دورياً؛ لا يوجد تواتر واحد مثبت لجميع الحالات. [14]

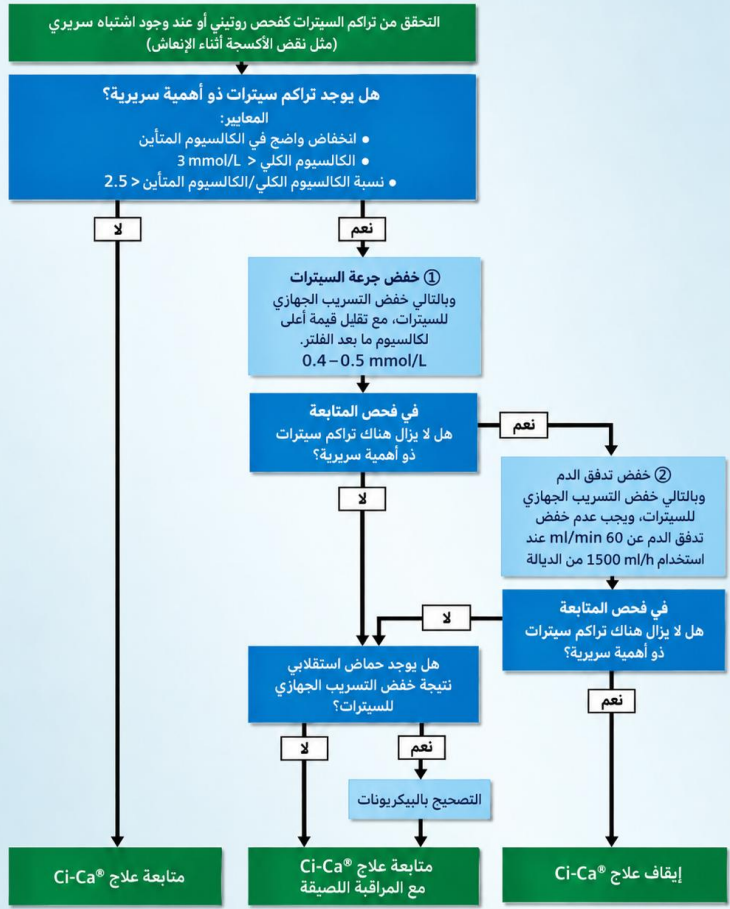
عوامل الخطر والتدبير

Risk factors and management

عند الاشتباه بالتراكم، تُراجع جرعة السترات الواصلة إلى المريض وتعويض الكالسيوم، وتُعالج التروية، ويُخفض الحمل بما يتوافق مع اقتران جريان الدم ومضخة السترات، وتُزاد إزالة السترات عند ملاءمتها. إذا استمر الخلل رغم التعديل يُوقف RCA وتُختار استراتيجية بديلة مع استمرار العلاج بالغسيل الكلوى المناسب. لا يكفى رفع الكالسيوم وحده؛ كما أن زيادة التصفية تستلزم مراجعة جرعات الأدوية وخسائر الشوارد. [14]

أما القلاء مع نسبة مستقرة وحاجة كالسيوم غير متصاعدة، فيوجه إلى مراجعة الحمل القلوى الكلوى، وتركيز البيكربونات، ونسبة جريان الدم إلى السائل الخارج. ويُبحث في الحمض المستمر عن نقص الجرعة الفعلية، واللاكتات والكيونات، وعدم كفاية حمولة القاعدة، قبل افتراض تراكم السترات. يجب ألا تُعدّل مضخة واحدة بمعزل عن بقية وصفة RCA. [13]

إمكانيات التعامل عند تراكم السترات



https://freseniusmedicalcare.com/content/dam/fresenius-medical-care/austria/pdf/Ci-Ca_Therapiebrochure_D.pdf

اضطرابات الشوارد والحمض والقاعدة Electrolyte and acid base disorders

نقص فوسفات الدم Hypophosphatemia

يستطيع CKRT إزالة الفوسفات باستمرار مع إعادة توزيعه من الخلايا، ولذلك قد يتحول فرط الفوسفات الأولي إلى نقص خلال العلاج.

ويرتبط ارتفاع خطر نقص فوسفات الدم مع CKRT مقارنةً بـ IHD بـ حركية انتقال الفوسفات بين حجرات الجسم (Intercompartmental kinetics) وكما هو الحال مع البوتاسيوم، فإن معظم الفوسفات موجود داخل الخلايا، لكن بخلاف البوتاسيوم، الذي يوجد داخل الخلية أساساً في صورة أيون (شاردي) حر، فإن معظم الفوسفات داخل الخلايا يكون مرتبطاً بالبروتينات والجزيئات الأخرى، وبالتالي فإن الفوسفات داخل الخلايا يصل إلى التوازن مع الحيز خارج الخلوي ببطء فقط.

و بسبب هذه الحركية البطيئة، فإن العامل الرئيسي الذي يحدد مقدار إزالة الفوسفات بواسطة KRT هو مدة العلاج . فعلى الرغم من أن IHD يزيل الفوسفات بكفاءة من الحيز خارج الخلوي، فإن جلسة IHD واحدة لا تزيل إلا كمية متواضعة من إجمالي مخزون الفوسفات في الجسم. أما الطبيعة المستمرة لـ CKRT فتتغلب على بطء إعادة توزيع redistribution الفوسفات بين الحجرات. ولذلك، عند استخدام محاليل CKRT الخالية من الفوسفات، يحدث نقص فوسفات الدم عادةً خلال نحو 48 ساعة من بدء CKRT.

قد يسبب النقص الشديد ضعف العضلات التنفسية وانهلال العضلات المخططة واضطراب وظيفة القلب. لا يُفسر تأخر الفطام من التهوية بسبب الفوسفات وحده، لكنه عامل قابل للتصحيح. [15]

لم يجد تحليل Meta Analysis منشور عام 2025 ارتباطاً إحصائياً واضحاً بين نقص الفوسفات أثناء CKRT والوفيات، لكنه وجد ارتباطاً بمدة أطول للتهوية والإقامة في العناية. تعتمد هذه العلاقات على دراسات رصدية متباينة، فلا تثبت السببية أو أن التعويض يحسن البقاء. [16]

تقترح الإرشادات الكورية الموسومة لعام 2025، والمنشورة في 2026، استخدام محاليل تحتوي على الفوسفات للوقاية من النقص، بتوصية مشروطة ودليل منخفض جداً. يُراجع التركيب الكامل للمحلول، بما فيه البوتاسيوم والغلوكوز والكالسيوم، ولا يُستخدم عند استمرار فرط الفوسفات دون تقييم. يمكن التعويض المعوي أو الوريدي بحسب الشدة، لكن

إضافة الفوسفات إلى الأكياس تتطلب إجراء صيدلانياً معتمداً للتحقق من التوافق والتعقيم والتركيز؛ ولا تُجرى ارتجالياً بجانب السرير. [17]

البوتاسيوم والمغنسيوم والكالسيوم Potassium magnesium and calcium

يُختار تركيز البوتاسيوم في محاليل الغسيل والتعويض بحسب القيمة الحالية واتجاهها، لا بحسب نتيجة بدء العلاج فقط. قد يؤدي استمرار السوائل الخالية من البوتاسيوم بعد تصحيح فرطه إلى نقصه، خصوصاً مع الإنسولين. وبالعكس، يستدعي فرط البوتاسيوم المستمر مراجعة الانقطاع والجريان والجرعة، إضافة إلى تحلل الأنسجة أو الانحلال الدموي. [15]

يمكن أن ينخفض المغنسيوم بسبب الإزالة، ويزداد ذلك مع خلبه بالسترات. تُراجع تراكيزه عند اضطراب النظم أو نقص البوتاسيوم المقاوم للتعويض. ويُضبط تعويض الكالسيوم خلال RCA اعتماداً على iCa الجهاز، مع فحص موضع العينة والمضخة قبل الاستجابة لقيمة غير متوقعة. [15]

الصوديوم والأسمولية Sodium and osmolality

قد يصحح محلول CKRT القياسي اضطراب الصوديوم بسرعة غير مرغوبة، خصوصاً في نقص الصوديوم المزمن، أو يخفض صوديوم مريض يُحافظ لديه على فرط صوديوم علاجي بسبب أذية دماغية. تُحدد خطة التصحيح قبل التشغيل، ويُحسب أثر السوائل الإضافية ومحلول السترات والتغذية والبول. يستلزم أي تخصيص للمحاليل إشرافاً صيدلانياً وخطة قياس متكرر وتوثيقاً للتركيز الفعلي. [7، 18]

لا يعادل تركيز الصوديوم المحسوب في المحلول صوديوم دم المريض بعد ساعة؛ فالأخير يتأثر بماء الجسم وتغيرات المدخول والإطراح. كما قد يسرع عودة الإدرار تصحيح نقص الصوديوم حتى دون تغيير الجهاز. تُعدّل الخطة بحسب القياسات المتتابة، ولا يُعتمد على معادلة المزج وحدها. [18]

الغلوكوز والكيونات Glucose and ketones

يؤثر CKRT في توازن الغلوكوز بحسب تركيبه في السوائل وتركيز الدم والجرعة. بعض المحاليل التجارية المحتوية على الفوسفات خالية من الغلوكوز؛ ولا يجوز تعميم ذلك على جميع المستحضرات. تُراجع التغذية وتسريب الغلوكوز والإنسولين معاً، خاصة عند انقطاع التغذية أو تغير تشغيل الجهاز. [19]

وُصفت سلسلة من ثماني حالات لمرضى ذوي حالات حرجة مصابين بالسكري حدث لديهم تكوّن كيتونات مع سكر غير مرتفع أثناء استخدام محلول CKRT خالٍ من الغلوكوز. كان الحمض ذو فجوة الشوارد Anion gap يتفاقم رغم تحسن اللاكتات، وتحسنت الكيتونات بعد زيادة الإمداد بالطاقة والدكستروز مع الإنسولين المناسب. هذا دليل من سلسلة حالات، ولا يحدد معدل حدوث أو يثبت أن المحلول وحده هو السبب. [19]

عند وجود حمض غير مفسر ذي فجوة شوارد مرتفعة، يُقاس بيتا هيدروكسي بيوتيرات β hydroxybutyrate وتُراجع اللاكتات والسترات والجرعة الفعلية والسياق الدوائي والغذائي. لا يستبعد سكر طبيعى الحمض الكيتوني سوي سكر الدم Euglycemic ketoacidosis ، يُفصل العلاج وفق السبب مع مراقبة البوتاسيوم والسكر وتجنب زيادة السوائل غير المحسوبة. [19]

فقد المغذيات والإزالة الدوائية

Nutrient losses and drug removal

لا تميز الأغشية بين الجزيئات المطلوب التخلص منها والجزيئات المفيدة القابلة للعبور. وثقت دراسات فقد أحماض أمينية ومغذيات دقيقة أثناء العلاج بالغسيل الكلوي، يتغير بحسب النمط والجرعة والغشاء والحالة الغذائية. يُذكر نطاق 10-20 غراماً من الأحماض الأمينية يومياً في سياق تقريبي، وليس مقداراً ثابتاً يضاف حسابياً إلى احتياج كل مريض. [20، 21]

كذلك قد ينتج نقص التعرض الدوائي أو السمية عن وصفة غير ملائمة، أو تغيير التنصيف المتبقية، أو انقطاع العلاج. تُعد خسائر الأدوية والمغذيات جزءاً من سلامة CKRT وتُراجع ضمن خطة الرعاية اليومية المفصلة في القسم التالي. لا تثبت ملاحظة خسارة عنصر في السائل الخارج أن تعويضه بجرعات عالية يحسن النتائج. [21، 22]

المراقبة والاستجابة المبكرة

Monitoring and early response

يُفصّل تواتر القياسات بحسب الاستقرار وخطر الاضطراب ومضاد التخثر، ويُكتف بعد بدء العلاج أو تعديل الوصفة. الجدول التالي إطار تنظيمي مستمد من آليات المضاعفات، وليس بروتوكول جرعات أو جدول قياس إلزامياً موحداً. [2، 7، 14، 15]

المجال Domain	ما يُتابع What to monitor	متى يلزم التصعيد Escalation trigger
الدوران Hemodynamics	الضغط، التروية، الأدوية القابضة للأوعية، UFnet	تدهور التروية أو عدم تحمل إزالة السوائل
الدائرة Circuit	الجريان، اتجاه الضغوط، الإنذارات، ساعات الانقطاع	خثرات، إنذارات متكررة، فقد دائرة غير مخطط
RCA	iCa جهاززي وبعد الفلتر، tCa/iCa، تعويض الكالسيوم، pH	نسبة متصاعدة مع نقص iCa أو زيادة التعويض
الشوارد Electrolytes	الصوديوم، البوتاسيوم، الفوسفات، المغنزيوم	تغير سريع، نقص شديد، اضطراب نظم
الاستقلاب Metabolism	الغلوكوز، اللاكتات، الكيتونات عند الاستطباب	حماض غير مفسر أو سكر منخفض
السلامة Safety	الحرارة، النزف، الصفائح، موضع القثطرة	تفاعل حاد، انحلال، اشتباه عدوى أو HIT

References

- [1] Teixeira JP, Hiremath S, Kabli AO, Rewa OG, Clark EG. Continuous Kidney Replacement Therapies Core Curriculum 2025. *AJKD*. 2025;85:767-786.
- [2] Gautam SC, Lim J, Jaar BG. Complications Associated with Continuous RRT. *Kidney360*. 2022;3:1980-1990.
- [3] Tandukar S, Palevsky PM. Continuous Renal Replacement Therapy Who When Why and How. *Chest*. 2019;155:626-638.
- [4] KDIGO. Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney Int Suppl*. 2012;2:1-138.
- [5] KDIGO. Acute Kidney Injury and Acute Kidney Disease guideline update status. Accessed October 7, 2026.
- [6] CDC. Summary of Recommendations for Prevention of Intravascular Catheter Related Infections. 2011 guideline; official summary updated 2024.
- [7] Neyra JA, Yessayan L, Thompson Bastin ML, Wille KM, Tolwani AJ. How To Prescribe And Troubleshoot Continuous Renal Replacement Therapy A Case Based Review. *Kidney360*. 2021;2:371-384.
- [8] Cuker A, et al. American Society of Hematology 2018 guidelines for management of venous thromboembolism heparin induced thrombocytopenia.
- [9] Saha M, Allon M. Diagnosis Treatment and Prevention of Hemodialysis Emergencies. *CJASN*. 2017;12:357-369.
- [10] Murugan R, et al. Fluid Overload and Precision Net Ultrafiltration in Critically Ill Patients.
- [11] Pornsirirat T, et al. Incidence of hypothermia in critically ill patients receiving continuous renal replacement therapy in Siriraj Hospital Thailand. *Acute Crit Care*. 2024;39:379-389.
- [12] Zarbock A, et al. Effect of Regional Citrate Anticoagulation vs Systemic Heparin Anticoagulation During Continuous Kidney Replacement Therapy on Dialysis Filter Life Span and Mortality. *JAMA*. 2020;324:1629-1639.
- [13] Schneider AG, Journois D, Rimmelé T. Complications of regional citrate anticoagulation accumulation or overload. *Crit Care*. 2017.

- [14] Metabolic complications of citrate anticoagulation in continuous renal replacement therapy a Delphi consensus on indications monitoring and management. Crit Care. 2026.
- [15] Baeg SI, Lee K, Jeon J, Jang HR. Management for Electrolytes Disturbances during Continuous Renal Replacement Therapy. Electrolyte Blood Press. 2022;20:64-75.
- [16] Association of Hypophosphatemia during Continuous Kidney Replacement Therapy and Clinical Outcomes A Systematic Review and Meta Analysis. Blood Purif. 2025;54:71-80.
- [17] Lee J, et al. Korean Society of Nephrology 2025 evidence based clinical practice guideline for continuous kidney replacement therapy. Kidney Res Clin Pract. 2026.
- [18] Teixeira JP, Neyra JA, Tolwani A. Continuous KRT A Contemporary Review. CJASN. 2023;18:256-269.
- [19] Ting S, Chua HR, Cove ME. Euglycemic Ketosis During Continuous Kidney Replacement Therapy With Glucose Free Solution A Report of 8 Cases. AJKD. 2021;78:305-308.
- [20] Oh WC, et al. Micronutrient and Amino Acid Losses During Renal Replacement Therapy for Acute Kidney Injury.
- [21] Nutrients and micronutrients at risk during renal replacement therapy a scoping review. 2021.
- [22] Therapeutic Drug Monitoring of Antibiotic Drugs in Patients Receiving Continuous Renal Replacement Therapy or Intermittent Hemodialysis A Critical Review.

الرعاية متعددة التخصصات Multidisciplinary Care

تتطلب رعاية المريض على CKRT دمج وصفة العلاج بالغسيل الكلوي مع علاج الحالة الحرجة، والتغذية، والأدوية، والحركة، وأهداف المريض. فالقراءات المستقرة على الجهاز لا تعني بالضرورة أن الجرعة الموصوفة قد أعطيت كاملة، كما أن انخفاض اليوريا لا يثبت أن جرعات المضادات الحيوية مناسبة أو أن هدف توازن السوائل قد تحقق. تقوم الرعاية على مسؤوليات واضحة، وتواصل عند تغيير العلاج، ومراجعة منتظمة لما وُصف وما تحقق فعلاً. [1، 2]

تنظيم الفريق والمسؤوليات

Team organization and responsibilities

تقترح الإرشادات الكورية نهجاً متخصصاً أو متعدد التخصصات لتحسين عمر الفلتر وتقليل الانقطاع. تعتمد هذه التوصية على توافق الخبراء ودراسات استعادية، ولا توجد أدلة عشوائية تثبت خفض الوفيات بإنشاء الفريق وحده. تُفصل البنية حسب موارد المؤسسة مع المحافظة على خبرة الكلى والعناية والتمريض والصيدلة والتغذية والتأهيل. [2]

عضو الفريق Team member	المسؤولية الرئيسية Main responsibility	نقطة التنسيق Coordination point
أمراض الكلى Nephrology	الاستطباب، النمط، التصفية، مضاد التخثر، التعافي	إعادة تقييم الحاجة والوصفة والمدخل
العناية المركزة Critical care	التروية والاحتقان وعلاج الحالة الحرجة	هدف السوائل وتحمل الإزالة والإجراءات
التمريض Nursing	التشغيل، القياسات، الإنذارات، تسجيل العلاج المُعطى فعلياً	إبلاغ التغيرات والانقطاع وفقد الدارة
الصيدلة Pharmacy	الجرعات، TDM، توافق المحاليل	كل تغيير في التصفية أو الانقطاع أو النمط

عضو الفريق Team member	المسؤولية الرئيسية Main responsibility	نقطة التنسيق Coordination point
التغذية Dietetics	الطاقة والبروتين والمغذيات الدقيقة	المدخل الفعلي وخسائر العلاج وتحمل التغذية
التأهيل Rehabilitation	الحركة المتدرجة وحماية الخطوط	استقرار المريض وتأمين القطرة والدارة

هذا توزيع عملي للمسؤوليات، وليس نموذجاً تنظيمياً اختُبر بوصفه حزمة واحدة في تجربة عشوائية. ينبغي أن تحدد الوحدة صاحب قرار تعديل الوصفة، ومن يملك تعديل UFnet ضمن حدود مكتوبة، ومتى تُستدعى المراجعة الطبية. تُوثق التعليمات بحيث لا تتعارض أهداف توازن السوائل مع سلامة الدوران. [2، 3]

المراجعة اليومية للوصفة

Daily CKRT prescription review

تُراجع الوصفة يومياً، وعند أي تغيير مهم في الدوران أو الشوارد أو البول أو الأدوية. توصي KDIGO بقياس الجرعة المُعطاة فعلياً ومراجعتها؛ فالوصفة وحدها لا تصف التصفية التي تلقاها المريض. يوضح الجدول التالي عناصر المراجعة مبنياً على عناصر الوصفة المعروفة. [4، 5]

العنصر Item	السؤال السريري Clinical question
الحاجة Indication	هل يستمر استطباب CKRT وهل أهدافه محددة؟
النمط Modality	هل CVVH أو CVVHD أو CVVHDF يحقق الأهداف الحالية؟
الجرعة Dose	ما الموصوف وما المحقق بعد حساب الانقطاع والتخفيف قبل الفلتر؟
السوائل Fluid balance	ما هدف المريض الكلي وما UFnet اللازم ضمن تحمله؟
المدخل والفلتر Access and filter	هل الجريان مستقر وما سبب الإنذارات أو قصر عمر الفلتر؟

العنصر Item	السؤال السريري Clinical question
مضاد التخثر Anticoagulation	هل الهدف محقق وهل توجد علامات نزف أو اضطراب استقلابي؟
المحاليل Solutions	هل تركيب الصوديوم والبوتاسيوم والفوسفات والقاعدة مناسب؟
الأدوية Drugs	هل تغيرت الجرعة الفعلية أو الوظيفة المتبقية وهل يلزم TDM؟
التغذية والحركة Nutrition and mobility	ما المدخول المُعطى فعلياً وهل يمكن زيادة التغذية والتدرج في التأهيل؟
التعافي Recovery	هل تحسنت وظيفة الكلى بما يسمح بتجربة الإيقاف أو الانتقال إلى نمط آخر؟

توازن المريض مقابل إزالة الجهاز

Patient balance versus machine removal

يختلف UFnet المسجل في الجهاز عن توازن المريض الكلي. يشمل توازن المريض الأدوية والتغذية ومشتقات الدم والبول والمصارف وسائر المدخول والمخرجات؛ كما تُطابق سوائل السترات والكالسيوم مع طريقة احتساب الجهاز لتجنب ازدواج التسجيل أو إغفالهما. [3]

مثال:

إذا كان المدخول الخارجي 3000 مل/اليوم، والمخرجات خارج الجهاز 500 مل/اليوم، والهدف توازن سلبي بمقدار 1000 مل، فإن الإزالة المطلوبة عبر CKRT تساوي 3500 مل/اليوم. تعادل نحو 146 مل/ساعة عند التشغيل 24 ساعة، أو 175 مل/ساعة إذا اقتصر على 20 ساعة. لا يعني الحساب أن المعدل الأخير محتمل دورانياً؛ ويجب تعديل الهدف أو المدخول أو خطة إعطاء العلاج بحسب استقرار المريض. [3]

الحركية الدوائية وجرعات الأدوية Pharmacokinetics and drug dosing

محددات التصفية

Determinants of clearance

تُفهم التصفية الكلوية Total clearance على أنها مجموع التصفية الكلوية المتبقية، والتصفية غير الكلوية، والتصفية عبر الدارة خارج الجسم. تتغير هذه المكونات مع التعافي وشدة المرض. وتتأثر إزالة الدواء بوزنه الجزيئي، والجزء الحر Unbound fraction، وحجم التوزيع Volume of distribution (Vd)، والغشاء، والنمط والجريان، والامتزاز Adsorption. لا تكفي قيمة الكرياتينين أثناء CKRT لتقدير الوظيفة الكلوية المتبقية أو جرعة الدواء. [6، 7]

في الترشيح بالحمل، تُقدّر التصفية تقريباً من حاصل ضرب معامل الغرلة Sieving coefficient (SC) بمعدل الترشيح، مع مراعاة التخفيف قبل الفلتر. وفي الغسيل الانتشاري CVVHD يعتمد التقريب على معامل الإشباع Saturation coefficient CVVHDF. أما CVVHDF فيجمع آليتين متداخلتين، ولا يجوز جمع تقديرات مستقلة بطريقة تفترض غياب هذا التداخل. كما لا يلتقط السائل الخارج وحده الامتزاز على الغشاء. [7]

جرعة التحميل وجرعة الصيانة

Loading and maintenance doses

تتعلق جرعة التحميل Loading dose أساساً بحجم التوزيع والتركيز المستهدف، بينما تتعلق جرعة الصيانة Maintenance dose بالتصفية.

لذلك لا يعني AKI أو CKRT خفض جرعة التحميل تلقائياً. قد يزيد الإنتان والإنعاش بالسوائل حجم توزع الأدوية المحبة للماء، فتحتاج إلى تحميل ملائم لتحقيق التعرض المبكر؛ ويُفصل ذلك وفق الدواء والوزن والعدوى والسياس السريري. [7]

لا تمثل عبارة «جرعة المريض على CKRT» فئة ثابتة! يُسجل مع التوصية اسم الدواء والاستطباب، والنمط، والسائل الخارج الفعلي، ووزن الحساب، والوظيفة المتبقية، والانقطاع، وتوقيت الفلتر الجديد. تُعاد المراجعة عند عودة الإدرار أو تغيير النمط أو توقف CKRT، لأن الإبقاء على الجرعة القديمة قد يسبب نقص التعرض أو التراكم. [6]

ينبغي الجمع بين سرعة إعطاء علاج تجريبي ملائم وبين تفصيل جرعات الصيانة بحسب التصفية المتغيرة. تساعد المراقبة العلاجية للأدوية Therapeutic Drug Monitoring (TDM) في كشف نقص التعرض والسمية؛ لكنها تحتاج إلى توثيق وقت الجرعة والعينة والانقطاع، وطريقة التسريب والهدف الحركي الدوائي والديناميكي PK/PD. لا تُفسر قيمة التركيز دون هذه المعلومات. [8]

توصي نتائج Conference Report and Expert Panel المنشورة في 07.05.2020 باستخدام TDM لعدد من المضادات لدى المرضى ذوي الحالات الحرجة، ومنها الفانكوميسين والأمينوغلوكوزيدات والبيتا لاكتام واللينيزوليد عند توافر القياس. هذه توصيات خبراء مدعومة ببيانات تعرض دوائي؛ ولا تعني أن TDM أثبت خفض الوفيات في كل دواء أو كل مجموعة CKRT. [8]

بالنسبة إلى الفانكوميسين Vancomycin في عدوى MRSA الغازية الخطيرة، توصي الإرشادات التوافقية الأمريكية باستهداف المساحة تحت المنحنى AUC خلال 24 ساعة بين 400 و 600 مغ/سا/لتر، عندما تكون MIC المقترضة 1 mg/L. لا يُعمم الهدف على كل استعمال للفانكوميسين، وتحتاج طريقة التقدير أثناء CKRT إلى مراعاة التصفية المتغيرة والقياسات الملائمة. المرجع منشور عام 2020 ويظل مدرجاً بوصفه الإرشاد الحالي على موقع IDSA. [9]

يمكن أن يساعد التسريب المطول أو المستمر للبيتا لاكتام β lactams في المحافظة على التعرض فوق MIC، بعد جرعة تحميل مناسبة ومراجعة ثبات المستحضر والتوافق الوريدي. لم تحقق تجربة BLING III فرقاً ذا دلالة إحصائية في وفيات 90 يوماً في تحليلها الأساسي، مع تحسن الشفاء السريري.

لكن تحليل Meta Analysis المعاصر الذي جمع التجارب العشوائية وجد انخفاضاً في وفيات 90 يوماً مع التسريب المطول، بنسبة خطر 0.86 وفاصل مصداقية 95% من 0.72 إلى 0.98. هذا دليل في الإنتان والصدمة الإنتانية عامة، ولا يحدد جرعة CKRT خاصة؛ لذلك يُختار نمط التسريب مع الصيدلي ولا يعوض عن ضبط الجرعة أو القياس عند توافره. [10، 11]

التغذية العلاجية Clinical nutrition

التقييم والطاقة

Assessment and energy

تُراجع الحالة الغذائية السابقة، والمدخول المحقق، وشدة التقويض، والتغذية المتوقفة، واحتباس السوائل. لا تكفي عبارة «تغذية كلوية» لتحديد المستحضر المناسب، لأن CKRT قد يسمح بمدخول بروتين وشوارد يختلف عن احتياجات المريض المستقر على غسيل مزمن.

تُختار التغذية المعوية Enteral nutrition عند ملاءمتها، ويُبحث الدعم الوريدي Parenteral nutrition إذا تعذر تحقيق الاحتياج وفق سياق العناية. [12]

تُقَدَّر الطاقة بصورة فردية، وبفضل القياس بالمسعر غير المباشر Indirect calorimetry حين يكون ملائماً ومتاحاً. تُحسب السرعات غير الغذائية Non nutritional calories القادمة من الجلوكوز والسترات المستقلة والأدوية مثل البروبوفول، مع اعتبار أن التعرض لها يتغير بتغير الوصفة. لا يُفترض أن كل السترات المضخوخة تصل إلى المريض أو تتحول إلى طاقة، لأن جزءاً منها يُزال. [12، 13]

البروتين ودراسة EFFORT

Protein and EFFORT Protein evidence

تقترح ESPEN 2024 للمريض ذي الحالة الحرجة المصاب بـ AKI أو AKI فوق CKD أو الفشل الكلوي الذي يتلقى CKRT أو PIKRT مدخول بروتين 1.5 غ/كغ/اليوم، يمكن رفعه حتى 1.7 غ/كغ/اليوم. توصية المجال ذات درجة 0 وتوافق خبراء؛ وليست نتيجة تجربة تثبت أفضل رقم لجميع المرضى. يُفضل الوزن المعتاد أو وزن ما قبل الدخول عند توافره، ولا يُستخدم وزن متأثر بفرط السوائل مباشرة لحساب الاحتياج. [12]

في تجربة EFFORT Protein، لم يحسن استهداف جرعات بروتين أعلى زمن الخروج حياً من المستشفى، وأشارت النتائج إلى احتمال ضرر في بعض مرضى AKI. ويستدعي التحليل اللاحق للحالات المصابة بـ AKI الحذر؛ لكنه لا يثبت أن المجال الموصى به في ESPEN ضار، ولا يحدد جرعة مثلى لكل مريض على CKRT. لا يُعتمد هدف مرتفع جداً لجميع المرضى لمجرد وجود خسائر في السائل الخارج. [14، 15]

تُتابع كمية البروتين المقدمة فعلياً، واليوريا، والتحمل الهضمي، والشوارد، ومسار التقويض.

مثال حسابي على توصية ESPEN: وزن معتاد 70 كغ يعطي 105 غ/اليوم عند 1.5 غ/كغ، و 119 غ/اليوم عند 1.7 غ/كغ. لا تُضاف خسارة الأحماض الأمينية المقدرة مرة ثانية تلقائياً فوق هذا الهدف، لأن ذلك قد يؤدي إلى احتسابها مرتين. [12]

الفيتامينات والعناصر النادرة

Vitamins and trace elements

وثقت دراسات تغيرات في الأحماض الأمينية والفيتامينات القابلة للذوبان في الماء وبعض العناصر النادرة أثناء AKI والعلاج بالغسيل الكلوي. وتبين أن الالتهاب والمدخول والتوزيع بين الأنسجة قد يغير التراكيز أيضاً، فلا تعكس قيمة بلازمية منخفضة دائماً عجزاً قابلاً للتعويض بالجرعة نفسها. [16، 17، 18]

تُراجع الإمدادات المعتادة ومخاطر النقص عند سوء التغذية أو CKRT المطول، وتُطلب قياسات مستهدفة حين تغير القرار السريري. لا توجد أدلة كافية لنظام تعويض فوق فيزيولوجي موحد لكل العناصر عند جميع المرضى، ولا يكفي قياس خسارة عنصر لإثبات فائدة جرعات عالية منه.

المراجعة النطاقية لعام 2021 والدراسات الفيزيولوجية الأقدم تُستخدم هنا لوصف الخسائر، لا لإثبات استراتيجيات علاجية محسومة. [17، 18]

إعادة التغذية

Refeeding

يُقيم خطر متلازمة إعادة التغذية Refeeding syndrome عند انقطاع المدخول أو سوء التغذية، لأن هبوط الفوسفات والبوتاسيوم والمغنزيوم قد يتزامن مع خسائر CKRT.

تُزاد التغذية بصورة مدروسة، وتُراقب الشوارد والمدخول، ويُنسق التعويض بين التغذية والصيدلة والكلية. وقد يستلزم ارتفاع خطر النقص تعديل محاليل CKRT بالتوازي مع خطة التغذية. [13]

الحركة والتأهيل البدني

Mobilization and rehabilitation

لا يشكل وجود CKRT مانعاً مطلقاً للحركة، لكن قرارها يعتمد على الاستقرار الدوراني والتنفسي، والوعي، والنزف، وسلامة القثطرة والدارة. وجدت مراجعة منهجية إمكان تنفيذ التأهيل والحركة المبكرة حول السرير عند اختيار المرضى، مع جودة إجمالية محدودة وتباين في تسجيل الأحداث ومستويات الحركة. لذلك لا تُفسر النتيجة بوصفها ضماناً لسلامة كل نشاط. [19]

يُندرج النشاط من حركة سلبية إلى مشاركة فعالة وجلس أو نشاط مناسب وفق تقييم الفريق. يتولى عضو محدد حماية القثطرة والخطوط أثناء الحركة، وتُراجع أطوالها وثباتها ومكان الجهاز والإنذارات. يُوقف النشاط عند ظهور عدم تحمل أو خطر سحب القثطرة أو انفصال الدارة. وتظل هذه التدابير مرتبطة بحالة المريض وخبرة الفريق، ولا يوجد بروتوكول حركة واحد يناسب جميع المرضى. [19]

الانتقال والتعافي والتواصل

Transition recovery and communication

تُراجع عودة البول، والتصفية الكلوية عند إمكان قياسها، والاحتياجات المستمرة للسوائل والشوارد، وإمكان الانتقال إلى PIKRT أو IHD أو تجربة إيقاف.

توصي KDIGO بإيقاف العلاج بالغسيل الكلوي عندما تصبح وظيفة الكلى كافية لتلبية احتياجات المريض، أو عندما لا يعود العلاج متسقاً مع أهداف الرعاية. لا تثبت كمية بول منفردة أو كرياتينين منخفض على الجهاز التعافي الكافي. [20]

عند توقف CKRT أو الانتقال إلى نمط آخر، تُسلم خطة للأدوية والشوارد والتغذية والسوائل ومضاد التخثر، مع توثيق وقت توقف آخر دارة ونتائج آخر قياسات. ويشمل الشرح للمريض أو ممثليه أهداف الدعم وما تحقق وما يزال غير مؤكد، دون استخدام عمر الفلتر بدلاً من نتائج المريض. تساعد هذه المعلومات الفريق الذي يتابع المريض على تعديل العلاج بعد الانتقال. [20، 2، 6]

ضمان الجودة ومؤشرات الأداء

Quality assurance and performance indicators

البنية وإجراءات الرعاية والنتائج

Structure process and outcome

تشمل البنية التدريب، وتوافر الكوادر والمحالييل والقياسات، والقدرة على صيانة الأجهزة. وتشمل إجراءات الرعاية وصف الجرعة وتسجيل الانقطاع والتعامل مع الإنذارات والمراقبة والتواصل. أما النتائج فتشمل سلامة المريض وتحقيق أهداف العلاج والتعافي والنتائج السريرية. طُورت مؤشرات CKRT عبر مراجعات وتوافق Delphi، ولا توجد عتبات عالمية مثبتة لكل مؤشر. المرجع التأسيسي لعام 2018 أقدم من الأدلة السريرية الحديثة، ويُستخدم للإطار المنهجي. [21]

لوحة المتابعة التشغيلية

CKRT dashboard

الجدول التالي مقترح تطبيقي مستند إلى إطار مؤشرات الجودة، مع تعريفات تشغيلية يجب تثبيتها محلياً. لا تمثل المؤشرات جميعها مقاييس صالحة للمقارنة بين المؤسسات دون توحيد التعريفات وضبط اختلاف المرضى. [21]

المؤشر Indicator	التعريف المقترح Operational definition	فائدته Interpretation
جرعة السائل الخارج المُعطاة فعلياً Delivered effluent dose	حجم السائل الخارج الفعلي خلال 24 ساعة ÷ وزن الحساب ÷ 24؛ ويُسجل تقدير التصفية المصحح بالتخفيف بصورة منفصلة	كشف الفرق بين الجرعة الموصوفة والمُعطاة فعلياً
الانقطاع Downtime	ساعات توقف العلاج وسبب كل توقف ضمن اليوم	تمييز الأعطال والتخثر والنقل والإجراءات
عمر الفلتر Filter life	ساعات التشغيل الفعلية لكل فلتر وسبب انتهائه	تقييم المدخل ومضاد التخثر والتشغيل
توقف الدارة غير المخطط Unplanned circuit loss	عدد مرات استبدال الدارة بصورة غير مخططة مقسوماً على عدد أيام العلاج، مع توثيق سبب الاستبدال	تقدير العبء وفقد الدم القابل للوقاية

المؤشر Indicator	التعريف المقترح Operational definition	فائدته Interpretation
تحقيق UFnet	الإزالة المحققة مقارنة بالهدف مع توازن المريض	تقييم ضبط السوائل ضمن التحمل
أحداث RCA	نقص iCa، ارتفاع النسبة، القلاء بحسب تعريفات الوحدة	متابعة السلامة الاستقلابية
النزف Bleeding	أحداث النزف بتعريف موحد وشدتها ونقل الدم	تقييم سلامة مضاد التخثر
الشوارد والحرارة Electrolytes and temperature	أحداث النقص أو انخفاض الحرارة نسبةً إلى عدد أيام العلاج أو عدد المرضى، مع تثبيت المقام المستخدم	قياس أثر بروتوكولات الوقاية
التعرض الدوائي Drug exposure	بلوغ هدف TDM عندما يُطلب مع توثيق توقيت العينة	متابعة ملائمة الجرعات
عبء الإنذارات Alarm burden	إنذارات لكل ساعة تشغيل مصنفة بحسب السبب	توجيه التدريب وتحسين التشغيل

التدقيق والتحسين

Audit and improvement

تبدأ دورة التحسين بتثبيت التعريفات والمقامات، ثم قياس خط أساس، واختيار مشكلة قابلة للتعديل، وتطبيق تدخل محدد وإعادة القياس. إذا قصر عمر الفلتر مثلاً، تُراجع أسباب انتهاء كل دارة، بدلاً من تغيير مضاد التخثر لجميع المرضى. ويجب فصل التبديل المخطط والنقل والتعافي عن التخثر عند تحليل عمر الفلتر. [21]

تُراقب مؤشرات الموازنة Balancing measures أيضاً: فقد يحسن تدخل عمر الفلتر لكنه يزيد النزف أو اختبارات المختبر أو عبء العمل. كما لا يثبت تحسن الجرعة أو انخفاض الإنذارات تحسن الوفيات؛ ويحتاج تفسير النتائج السريرية إلى مراعاة شدة المرض وتغير خصائص المرضى وشدة حالاتهم. يُستخدم التدقيق لتوجيه التعليم وتحسين إجراءات الرعاية، مع مراجعة الأحداث الخطيرة فردياً. [21، 2]

References

- [1] Teixeira JP, Hiremath S, Kabli AO, Rewa OG, Clark EG. Continuous Kidney Replacement Therapies Core Curriculum 2025. *AJKD*. 2025;85:767-786.
- [2] Lee J, et al. Korean Society of Nephrology 2025 evidence based clinical practice guideline for continuous kidney replacement therapy. *Kidney Res Clin Pract*. 2026.
- [3] Fluid Balance in Continuous Renal Replacement Therapy Prescribing Delivering and Review. *Blood Purif*. 2024;53:533.
- [4] KDIGO. Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney Int Suppl*. 2012;2:1-138.
- [5] Neyra JA, Yessayan L, Thompson Bastin ML, Wille KM, Tolwani AJ. How To Prescribe And Troubleshoot Continuous Renal Replacement Therapy A Case Based Review. *Kidney360*. 2021;2:371-384.
- [6] Therapeutic Drug Monitoring of Antibiotic Drugs in Patients Receiving Continuous Renal Replacement Therapy or Intermittent Hemodialysis A Critical Review.
- [7] Li L, et al. Recommendation of Antimicrobial Dosing Optimization During Continuous Renal Replacement Therapy. *Front Pharmacol*. 2020;11:786.
- [8] Abdul Aziz MH, et al. Antimicrobial therapeutic drug monitoring in critically ill adult patients a Position Paper. *Intensive Care Med*. 2020.
- [9] Rybak MJ, et al. Therapeutic monitoring of vancomycin for serious MRSA infections revised consensus guideline. *AJHP*. 2020;77:835-864.
- [10] Dulhunty JM, et al. Continuous vs Intermittent Beta Lactam Antibiotic Infusions in Critically Ill Patients With Sepsis The BLING III Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2024;332:629-637.
- [11] Prolonged vs Intermittent Infusions of Beta Lactam Antibiotics in Adults With Sepsis or Septic Shock A Systematic Review and Meta Analysis. *JAMA*. 2024;332:638-648.
- [12] Sabatino A, et al. ESPEN practical guideline on clinical nutrition in hospitalized patients with acute or chronic kidney disease. *Clin Nutr*. 2024;43:2238-2254.

[13] Nutrition support for patients with renal dysfunction in the intensive care unit a narrative review. *Nutr Clin Pract.* 2025;40:35-53.

[14] Heyland DK, et al. The effect of higher protein dosing in critically ill patients with high nutritional risk EFFORT Protein. *Lancet.* 2023.

[15] The impact of higher protein dosing on outcomes in critically ill patients with acute kidney injury a post hoc analysis of the EFFORT protein trial. *Crit Care.* 2023.

[16] Oh WC, et al. Micronutrient and Amino Acid Losses During Renal Replacement Therapy for Acute Kidney Injury.

[17] Nutrients and micronutrients at risk during renal replacement therapy a scoping review. 2021.

[18] Micronutrients in critically ill patients with severe acute kidney injury a prospective study. *Sci Rep.* 2020.

[19] Mayer KP, et al. Safety and Feasibility of Physical Rehabilitation and Active Mobilization in Patients Requiring Continuous Renal Replacement Therapy A Systematic Review. *Crit Care Med.* 2020;48:e1112-e1120.

[20] KDIGO. Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney Int Suppl.* 2012;2:1-138.

[21] Rewa OG, Eurich DT, Gibney RTN, Bagshaw SM. A modified Delphi process to identify rank and prioritize quality indicators for CRRT care in critically ill patients. *J Crit Care.* 2018;47:145-152.

النهاية