# توازن المـــاء

**المفاهيم الأساسية**

- يوجد الماء في كل الجسم، كوحدة بناء متكاملة على شكل جزر راسخة، ويسري ضمن أجزائها المتصلة.
- مجموع الوحدات المائية، داخل الخلية وخارجها، تبقي على توزيع متوازن لمجموع محتوى الماء في الجسم.
- يجدد تركيز العديد من جزيئات المواد المذابة في المحلول المائي في الجسم التحولات الداخلية والتوازن المائي.
- نوع حالة التوازن الديناميكي مثل (التوازن الحيوي) ضمن كل أجزاء نظام التوازن في الجسم تبقي على الحياة.

الماء هو أكثر المواد المغذية الحيوية للإبقاء على الحياة البشرية. وفي الواقع، فإن غالبية سطح الأرض مغطى بالماء. تعتمد حياة البشر، وكل أشكال الحياة الأخرى التي تتشارك هذا الكوكب، على إمداد ثابت من الماء من خلال الدورة الحركية المستمرة للأرض. ويستطيع البشر البقاء على قيد الحياة دون طعام عدا الماء ـ فقط ـ الحاجة الدائمة للهواء، هي الأكثر إلحاحاً.

واحدة من أكثر المهمات الغذائية الأساسية، هي تلبية هذا الاحتياج، وهو الإمداد المستمر بالماء. إن ضمان التوازي المتوازن لهذا الماء الثمين لكل خلايا الجسم، يشكل الوظيفة الفيسيولوجية الأساسية.

يتطلع هذا الفصل ـ باختصار ـ إلى نظام التوازن المائي الدقيق في الجسم، كيف يعمل هذا النظام؟ ما الأجزاء المتعددة والعمليات التي تحافظ عليه؟ وبالتالي تحافظ على ديمومة الحياة نفسها.

## وظائف مياه الجسم والمتطلبات

### الماء: المغذي الأساسي

#### المبادئ الأساسية

ثلاثة مبادئ أساسية هي الأساس لفهم التوازن واستخدامات الماء في جسم الإنسان، كما يرد في النص التالي.

*الموحد الكلّي:* يشكل الجسم البشري جسداً واحداً متواصلاً من الماء. يُكَون "البحر المتضمن" بواسطة الغلاف الواقي من الجلد. يتحرك الماء بحرية ضمن الجلد المنغلق لجميع الأجزاء، والذي يتم التحكم به ـ فقط ـ بواسطة الطبيعة الكيميائية للماء[١]. ويكاد يكون كل الفضاء داخل الخلايا وخارجها مملوءة بسوائل الجسم، والتي تعتمد على المياه أساساً. وبالتالي ففي هذه البيئة الدافئة، المائية، الكيميائية، فإن كل العمليات اللازمة للحياة يُحافظ عليها. الماء بالتأكيد عنصر أساسي من العناصر الغذائية الضرورية للحياة.

*الوحدات المائية في الجسم:* الماء ببساطة لا يتدفق حول وفي جميع أنحاء الجسم. ومن ثم فإن الكلمة الدليلية "*الوحدة*" تستخدم ـ بشكل عام ـ في مجال فسيولوجية الجسم، والتي تشير إلى النظم الديناميكية داخل الجسم. إن الماء في الجسم يمكن أن يعامل ككل ـ محيطاً بكل الماء في الجسم. وكذلك في أمكنة فصل مستقلة في جميع أنحاء الجسم مثل (الوحدات داخل الخلية أو خارجها)، حيث يخزن الجسم الماء ويستخدمه. وعلى المستوى الخلوي، فإن *الأغشية الخلوية* تعزل وحدات الماء. تحول الآليات الديناميكية في الجسم الماء ـ بشكل ثابت ـ إلى أماكن في حاجة ماسه له، وتحافظ على التوازن في كل الأجزاء في الجسم.

*الجزيئات في محلول الماء:* إن تركيز *الجزيئات* وتوزيعها في المحلول المائي (في عدة أماكن في جميع أنحاء الجسم) تحدد كل التحولات والتوازنات الداخلية بين الوحدات ضمن مجموع المياه في الجسم.

### التوازن الحيوي

تصور المياه في الجسم موحد ككل، ويستمر بتوازن دقيق للإبقاء على الحياة. تسمى حالة الجسم من التوازن الديناميكي التوازن الحيوي (الاستتباب). ومنذ سنوات عديدة أظهر المفكر الفيسيولوجي W. B. مبادئ التوازن هذه "حكمة الجسم."[٢] وقد طبق مصطلح التوازن الحيوي (الاستتباب) لبناء قدرات الجسم للإبقاء على أنظمة الحياة لديه، بالرغم مما يدخل للجسم من الخارج. الجزء الأول من الكلمة، *homeo-*، هي من الكلمة اليونانية التي تعني "مشابهة". النصف الثاني من الكلمة *stasis*، هي من جذور يونانية، والتي تعني "التوازن". الجسم لديه قدرة كبيرة على توظيف العديد من المتوازنة الدقيقة والآليات المستتبة لحماية إمداداته الحيوية من الماء.

> التوازن (*Gr. homoios*، متشابهة، لا تتغير؛ *stasis*، ركود، دائمة ومستقرة) حالة التوازن الديناميكي النسبية داخل البيئة الداخلية في الجسم؛ التوازن الذي يتحقق من خلال تشغيل آليات فسيولوجية متشابكة مختلفة.

### وظائف المياه في الجسم

لخدمة وظائف الإبقاء على الحياة، فإن إمداد الماء في الجسم (١) يعمل بمثابة مذيب؛ (٢) بمثابة وسيلة نقل، (٣) يحدد الشكل والهيكل، (٤) ينظم التحكم بدرجة الحرارة، و(٥) كما يزود بتزييت الجسم.

**المذيب** : يوفر الماء المذيب السائل الأساسي لكل العمليات الكيميائية داخل الجسم. إن كلمة *hydrolysis* تستخدم لوصف هذا النشاط الكيميائي القائم على الماء.

الجزء الأول من هذه الكلمة، *-hydro*، يعني "الماء"، والجزء الثاني، *-lysis*، يعني "للكسر إلى أجزاء متفرقة". وهكذا مع الماء كمذيب رئيسي، يمكن تشكيل محاليل المياه المتعددة اللازمة عند الحاجة في جميع أنحاء الجسم، للحفاظ على الأنشطة الأيضية للإبقاء على الحياة مثل (إنتاج الطاقة وبناء الجسم) للمضي قدماً.

**النقل**: يعمم الماء في جميع أنحاء الجسم على هيئة دماء، وغيرها من الإفرازات الأخرى، وسوائل الأنسجة. يؤدي تعميم هذه السوائل، والعديد من العناصر المغذية، الإفرازات، نواتج الأيض مثل (أشكال منتجات الأيض)، والمواد الأخرى التي يمكن حملها بحرية إلى تلبية احتياجات جميع خلايا الجسم. الخلية هي الوحدة الوظيفية للحياة، واحتياجاتها الأساسية تكون من الأوكسجين والتغذية، كما أن الحاجة لجميع نشاطاتها الكيميائية، يجب تلبيتها في جميع الأوقات.

**شكل الجسم وهيكله**: يساعد الماء ـ أيضاً ـ على إعطاء الهيكل والشكل للجسم من خلال ملء الفراغات في داخل الأنسجة. وعلى سبيل المثال، فإن العضلة المخططة (من اللاتينية "الشق" أو "الخط") تحوي مياها أكثر من أي نسيج آخر في الجسم، إلا الدم.

**درجة حرارة الجسم**. الماء ضروري للمساعدة في الحفاظ على درجة حرارة ثابتة، وفي حال ارتفاع درجة الحرارة، يزيد العرق ويتبخر، وبالتالي يبرد الجسم.

**تزييت الجسم**: الماء له أيضاً تأثير على تزييت، وتشحيم أجزاء الجسم المتحركة، وعلى سبيل المثال، يساعد السائل داخل المفاصل مثل (السائل الزليلي) على توفير حركة سلسة.

**متطلبات الجسم للماء**

يختلف احتياج المياه من قبل الجسم تبعاً للعديد من العوامل: درجة الحرارة، مستوى النشاط ، الخيارات الوظيفية، الاحتياجات الأيضية، العمر، وغيرها من العوامل الغذائية.

**درجة الحرارة المحيطة** :إذا ارتفعت درجة الحرارة في البيئة المحيطة، تفقد مياه الجسم على شكل عرق للحفاظ على درجة حرارة الجسم، فإن المدخول المائي يجب أن يتلاءم مع مثل هذه الخسائر من العرق. وهذه الزيادة في درجة الحرارة قد يسببها المناخ الطبيعي أو الحرارة بسبب العمل البدني.

**مستوى النشاط**: العمل الشاق أو النشاط البدني واسع النطاق ـ كما هو الحال في الرياضة ـ يزيد الاحتياج للمياه لسببين: (١) المزيد من المياه المهدرة على هيئة عرق، و(٢) المزيد من الماء ضروري للحاجة الأيضية المشاركة في النشاط البدني.

**الخسائر الوظيفية:** عندما تتدخل أي عملية مرض مع الأداء الطبيعي للجسم، فإن الاحتياجات من المياه تتأثر. وعلى سبيل المثال، مشاكل القناة الهضمية (GI)، والإسهال الذي طال أمده، يجعل كميات كبيرة من المياه تكون قد فقدت. في مثل هذه الحالات، استبدال فقد المياه هذا أمر حيوي لمنع الجفاف.

**الحاجات الأيضية:** يتطلب عمل الأيض الجسدي المياه. والقاعدة العامة هي أن ما يقرب من ١٠٠٠ مل من المياه على شكل مياه نقية وغيرها من المياه، مثل المشروبات أو المرطبات ـ ضرورية لكل ١٠٠٠ سعر حراري في النظام الغذائي. وفي المتوسط، فإن المشروبات تمثل حوالي ثلثي مدخول الجسم من المياه. في حين تزود الأغذية الصلبة بالثلث المتبقي.

**العمر:** يلعب العمر دوراً مهما في تحديد الاحتياجات من المياه، وخصوصاً في حالة الرضع. فالطفل الرضيع يحتاج حوالي ١٥٠٠ ملليلتر من الماء يوميًّا. واستهلاك المياه أمر حاسم بالنسبة للطفل الرضيع، بسبب ما يلي: (١) محتوى جسم الطفل الرضيع من المياه كبير (حوالي ٧٠ ٪ إلى ٧٥ ٪ من إجمالي وزن الجسم)، و(٢) كمية كبيرة نسبياً من مجموع مياه الجسم هذا خارج الخلايا، وبالتالي يفقد أكثر بسهولة.

ولتلبية احتياجات البالغين من السوائل، ولتكون الحالة العامة المائية جيدة، فمتوسط استهلاك المرأة المقيمة حوالي ٢٢٠٠ ملليلتر (٩ أكواب) من السوائل يوميًّا. والرجل المقيم ينبغي أن يستهلك حوالي ٢٩٠٠ ملليلتر (١٢ كوباً) من السوائل في اليوم الواحد.[1] ومع ذلك، فالأشخاص النشيطون جدًّا يحتاجون سوائل أكثر لتعويض الخسائر. يوجد الجفاف خاصةً في كبار السن. ويرتبط الجفاف المتوسط إلى الشديد بالهذيان، التهابات المسالك البولية، التهابات الجهاز التنفسي، تهتك الجلد، والإمساك. وهناك بحث قد وجد أن نقص مدخول السوائل للجسم والجفاف، يرتبط بشكل إيجابي بتطور مرض القلب التاجي.[3] فضلاً عن ذلك، وفي الاستعراض الأخير لما تم نشره، فإن الأفراد المسنين أظهروا انخفاض الشعور بالعطش الشامل، وتخفيض مدخول السوائل للجسم عندما يعانون من الجفاف، مقارنة مع البالغين الأصغر سنًّا[4].

**عوامل غذائية أخرى:** يمكن أن تؤثر بعض الإضافات الغذائية والأدوية على الاحتياجات من المياه، بسبب طبيعتها المدرة للبول. *المادة المدرة للبول* هي أي مادة تحفز التبول، وبالتالي تؤدي إلى فقدان السوائل. اثنان من المواد المدرة للبول، والتي تعد شائعة الاستخدام في مجتمعنا هما: الكحول والكافيين. تحتوي العديد من الأدوية على مدرات البول، خصيصاً لغرض الحد من مجمل السائل في الجسم، كما في حالة ارتفاع ضغط الدم، أو كأثر جانبي. الأفراد الخاضعون للأدوية التي تعزز فقدان المياه، ينبغي متابعتهم من الجفاف، و توازن المنحلات الكهربية.

## نظام توازن المياه البشرية

### مياه الجسم: المذيب

#### الكمية والتوزيع

في جسم الرجل، ٥٥ ٪ إلى ٦٥ ٪ من إجمالي وزن الجسم هو الماء؛ وفي جسم المرأة، ٤٥ ٪ إلى ٥٥ ٪ من الماء.[1] ارتفاع المحتوى المائي للرجال ـ بصفة عامة ـ ناتج من زيادة الكتلة العضلية الأكبر؛ لأن العضلات تحتوي على كمية كبيرة من المياه نسبيًّا. ينقسم مجموع مياه الجسم هذا إلى فئتين رئيستين أو *وحدات*، حسب موقعها في الجسم.

***مجموع المياه خارج الخلايا*** : يسمى مجموع المياه خارج خلايا الجسم *السائل خارج الخلية* (ECF). وتشكل هذه المياه مجتمعة ما يقرب من ١٥ ٪ إلى ٢٠ ٪ من مجموع وزن الجسم. حوالي ربع الـ ECF (٤ ٪ إلى ٥ ٪ من إجمالي وزن الجسم) توجد في بلازما الدم. ما تبقى من ثلاثة أرباع (١٥ ٪ من إجمالي وزن الجسم) يتكون من العناصر التالية: (١) المياه المحيطة بالخلايا وتحوي الأنسجة؛ (٢) المياه في الأنسجة الكثيفة مثل العظام؛ و(٣) المياه التي تتحرك من خلال الجسم في مختلف إفرازات النسيج.

تشمل المياه في بلازما الدم مجموع السائل في القلب والأوعية الدموية. يسمى السائل المحيط بالخلايا في الأنسجة *السائل الفراغي*. يساعد دوران النسيج على تحريك المواد داخل خلايا الجسم وخارجها لاستمرار الحياة. تشمل السوائل في مجال النقل جميع المياه في سوائل الجسم المختلفة والإفرازات، مثل تلك الخاصة بالغدد اللعابية، الغدة الدرقية، الكبد، البنكرياس، المرارة، القناة الهضمية، الغدد التناسلية، الأغشية المخاطية المختلفة، والجلد، الكلى، ومساحات العين.

***مجموع المياه داخل الخلايا*** : يسمى إجمالي المياه داخل الجسم *السائل داخل الخلية* (ICF). وتبلغ هذه المياه مجتمعة نحو ضعف تلك التي خارج الخلايا، وتكون حوالي ٣٠ ٪ إلى ٤٠ ٪ من مجموع وزن الجسم. ولا غرابة في هذا؛ لأن الخلية هي الوحدة الأساسية للحياة، إضافة إلى مجموع الأنشطة للبقاء على قيد الحياة مثل (الأيض) الذي يتم داخل الخلايا. الكميات النسبية من المياه في وحدات الجسم المائية المختلفة مقارنة في الجدول رقم (٩,١).

***توازن المياه الكلي***: يدخل الماء ويغادر الجسم عبر عدة طرق مختلفة، تسيطر عليها آليات أساسية، مثل الهرمونات والعطش. يعمل الشخص البالغ على أيض ٥و٢ إلى ٣ لترات من المياه يومياً، بتوازن بين المدخول والناتج.

***مدخول الماء*** : يدخل الماء الجسم في ثلاث أشكال رئيسة، على النحو التالي: (١) على هيئة ماء مُشَكّل في السوائل المشروبة؛ (٢) على هيئة ماء مُشَكّل في الأطعمة المأكولة؛ و(٣) كنتيجة لأكسدة الخلية عند حرق المواد

المغذية في الجسم لإنتاج الطاقة مثل (ماء الأيض أو "ماء الأكسدة"). مدخول الماء المقدر لمتوسط البالغين هو ٢٦٠٠ مل/ يـــوم.

الجدول رقم (٩,١). أحجام وحدات سوائل الجسم (*)

| سائل الجسم | الطفل الرضيع | البالغ الذكر | البالغ الأنثى |
|---|---|---|---|
| السائل خارج الخلية | | | |
| البلازما | ٤ | ٤ | ٤ |
| السائل الفراغي | ٢٦ | ١٥ | ١٠ |
| السائل داخل الخلية | ٤٥ | ٣٨ | ٣٣ |
| الإجمالي | ٧٥ | ٥٧ | ٤٧ |

من : Thibodeau GA, Patton KT: *Anatomy & physiology*, ed 3, St Louis,1996, Mosby. Art credit:Rolin Graphics.

(*) نسبة وزن الجسم.

الحاجة الماسة للمياه في كبار السن غالباً ما يتم تجاهلها. إن آلية العطش الاعتيادية عادة ما تتناقص مع التقدم في السن ، وبذلك فمن السهل أن يحدث الجفاف. يعاني العديد من كبار السن من جفاف الفم الناتج عن انخفاض حاد في تدفق اللعاب ، وبالتالي يؤثر على تناولهم للطعام. وقد تكون هذه الحالة مرتبطة باستخدام بعض الأدوية ، مرض ، أو علاج الإشعاعي على الرأس والرقبة.

الانتباه الواعي إلى ما يكفي من مدخول السوائل للجسم (ليس أقل من الحد الأدنى الموصى به من الـ ١٥٠٠ إلى ٢٠٠٠ مل يوميًا ، ولا تعتمد على العطش الطبيعي) ، هو جزئية مهمة في المحافظة على الصحة والعناية بها[٥,٨].

*الماء الناتج*: يترك الماء الجسم من خلال الكليتين ، الجلد ، الرئتين ، والبراز. ومن ضمن طرق الطرح هذه ، فإن الكمية الأكبر من المياه تخرج من خلال الكليتين. كمية معينة من الماء يجب أن تُطرح على شكل البول ؛ لحمل

العديد من فضلات نواتج الأيض، وهذا ما يسمى فقدان الماء *الإجباري؛ لأنه إلزامي* للبقاء على قيد الحياة، ويجب أن يتكرر يوميًّا لدوام الصحة.

يمكن أيضاً أن تطرح الكليتان كمية إضافية من الماء كل يوم، ويتوقف هذا على النشاطات وحاجة الجسم. يختلف هذا الإضافي أو *الاختياري* لفقدان الماء تبعاً للمناخ والنشاط البدني. وعلى سبيل المثال، يتطلب الرياضيون زيادة كبيرة في مدخول الماء، خصوصاً في الطقس الحار. توصي الكلية الأمريكية للطب الرياضي بشرب ٤٠٠ على ٦٠٠ مل من السوائل، من ٢ إلى ٣ ساعات قبل التمارين، مع إضافة ١٥٠ إلى ٣٠٠ مل (٦ إلى ١٢ أوقية) من السوائل كل فترة ١٥ إلى ٢٠ دقيقة خلال فترة التمرين. بعض الرياضيين يحدث لديهم زيادة ترطيب مع الجليسيرول، بسبب خواصه الأسموزية، ولكن المزيد من البحوث ضرورية قبل الاعتماد والتوصية بمثل هذا الفعل. سوف تناقش حاجات الرياضيين من السوائل في الفصل السادس عشر. وبالمتوسط، يصل طرح الماء اليومي من الجسم إلى ما مجموعه ٢٦٠٠ مل تقريباً، والتي توازن متوسط مدخول الماء. يلخص الجدول رقم (٩,٢) المدخول المقارن وناتج توازن الجسم من الماء.

الجدول رقم (٩,٢). مدخول الماء وناتجه اليومي لدى البالغين التقريبي .

| شكل الماء | المدخول (التعويض) مل/يوم | الجزء من الجسم | الناتج (الخسارة) مل/يوم | |
|---|---|---|---|---|
| | | | الإلزامي (غير محسوس) مل/يوم | اختياري (حسب الحاجة) مل/يوم |
| السوائل المشكلة مسبقاً | ١٢٠٠ـ١٥٠٠ | الرئتان الجلد | ٣٥٠ | |
| في الأغذية | ٧٠٠ـ١٠٠٠ | الانتشار | ٣٥٠ | |
| الأيض (أكسدة الغذاء) | ٢٠٠ـ٣٠٠ | العرق<br>الكليتان<br>البراز | ١٠٠<br>٩٠٠<br>١٥٠ | ٢٥٠ ±<br>٥٠٠ ± |
| الإجمالي | ٢١٠٠ـ٢٨٠٠ (تقريباً ٢٦٠٠ مل/ يوم) | الإجمالي | ١٨٥٠ | ٧٥٠ (تقريباً ٢٦٠٠ مل/ يوم). |

## جزيئات المادة المذابة في المحلول

المادة المذابة في المياه بالجسم أنواع مختلفة من الجزيئات بتراكيز مختلفة. يتحكم نوعان رئيسيان من الجزيئات في توازن الماء في الجسم وهما: المنحلات الكهربية وبروتين البلازما.

### المنحلات الكهربية

المنحلات بالكهرباء صغيرة من المواد غير العضوية (إما أن تكون أحد عناصر معدنية منفردة أو مركبات صغيرة)، والتي يمكن أن تنفصل أو تنشطر في المحلول، وتحمل شحنة كهربائية. هذه الجسيمات المشحونة تسمى

*الأيونات*، وهي مأخوذة من كلمة يونانية تعني "التائه". وبالتالي تجول هذه الجسيمات بحرية في جميع أنحاء المحلول؛ للحفاظ على توازنها الكيميائي. في أي محلول كيميائي، تكون الجسيمات المنفصلة باستمرار في توازن بين الكاتيونات والأنيونات.

*الكاتيونات*: الكاتيونات هي أيونات تحمل شحنة إيجابية، مثل (الصوديوم [$Na^+$]، البوتاسيوم [$K^+$]، الكالسيوم [$Ca^{2+}$]، والمغنسيوم [$Mg^{2+}$]).

*الأنيونات*: الأنيونات هي أيونات تحمل شحنة سالبة، مثل (الكلوريد [$Cl^-$]، الكربونات [$CO_3^{2-}$]، والفوسفات [$PO_4^{3-}$]، والكبريتات [$SO_4^{2-}$]).

يحافظ التوازن المستمر بين المنحلتين بالكهرباء الرئيستين - الصوديوم [$Na^+$] خارج الخلية، والبوتاسيوم [$K^+$] داخل الخلايا - على التوازن المائي بين وحدتي الماء الاثنتين. وبسبب صغر حجم المنحلات بالكهرباء، يمكن أن تنتشر بحرية عبر معظم الأغشية في الجسم، وبالتالي تحافظ على التوازن المستمر للماء داخل الخلية وخارجها.

يحتفظ التوازن بين تركيز الكاتيون والأنيون بحالة من الحياد الكيميائي اللازم للحياة. ويقاس تركيز المنحل بالكهرباء في سوائل الجسم بوحدة *المللي الكافئ* (mEq). ويعبر عن عدد المنحلات بالكهرباء لكل وحدة من السائل في المحلول mEq/ لتر. ويبين الجدول رقم (٩,٣) التوازن بين الكاتيونات والأنيونان في وحدات السائل داخل الخلية وخارجها. العدد الإجمالي لجزيئات الكاتيون الأنيون في كل وحدة متوازنة تماماً، وبلازما البروتين.

**بروتينات البلازما**

غالباً ما تكون بروتينات البلازما في شكل الألبومين والغلوبيولين، وهي مركبات عضوية كبيرة الحجم الجزيئي. ولا تتحرك بحرية عبر الأغشية مثل المنحلات بالكهرباء التي هي أصغر بكثير. وهكذا يتم الاحتفاظ بجزيئات بروتين البلازما بها في الأوعية الدموية، وتسيطر على حركة الماء في الجسم، وتكون بمثابة حارس لحجم الدم من خلال التأثير على تحول المياه داخل الشعيرات الدموية وخارجها في تحقيق توازن مع المياه المحيطة بها. وفي هذه الوظيفة فإن بروتين البلازما يطلق عليها اسم *غرويات*، وهي مشتقة من الكلمة اليونانية *الكولا*، التي تعني "الغراء"، والتي تبذل ضغط تناضحي غرواني (COP) للمحافظة على سلامة حجم الدم. وتساعد البروتينات الخلوية على حراسة مياه الخلية بطريقة مماثلة.

**المركبات العضوية الصغيرة**

بالإضافة إلى المنحلات بالكهرباء وبروتينات البلازما، فإن المركبات العضوية الصغيرة الأخرى تذاب في مياه الجسم، ومع ذلك، فإن تراكيزها أصغر بكثير من تأثيرها الاعتيادي في تحولات المياه. وإن كانت توجد - في بعض الحالات - في تراكيز كبيرة، وبشكل غير طبيعي، وتؤثر على حركة المياه. وعلى سبيل المثال، فالجلوكوز جزيء

صغير يدور في سوائل الجسم، ولكنه يمكن أن يؤثر في فقدان الماء من الجسم، وذلك عندما يكون في تركيزات عالية غير طبيعية مثل (مرض السكر غير المنضبط).

الجدول رقم (٩,٣). وازن تراكيز الكاتايون والأنيون في السائل خارج الخلية وداخلها(*).

| المنحل بالكهرباء | ECF (mEq/L) | ICF (mEq/L) |
|---|---|---|
| الكاتايون: | | |
| الصوديوم($Na^+$) | ١٤٢ | ٣٥ |
| البوتاسيوم($K^+$) | ٥ | ١٢٣ |
| الكالسيوم ($Ca^{2+}$) | ٥ | ١٥ |
| المغنيسيوم ($Mg^{2+}$) | ٣ | ٢ |
| الإجمالي | ١٥٥ | ١٧٥ |
| الأنيون: | | |
| الكلوريد($Cl^-$) | ١٠٤ | ٥ |
| الفوسفات ($PO_4^{3-}$) | ٢ | ٨٠ |
| الكبريتات ($SO_4^{2-}$) | ١ | ١٠ |
| البروتين | ١٦ | ٧٠ |
| الكربونات ($CO_3^{2-}$) | ٢٧ | ١٠ |
| الأحماض العضوية | ٥ | - |
| الإجمالي | ١٥٥ | ١٧٥ |

*ECF*= السائل خارج الخلية ؛ *ICF*= السائل داخل الخلية.

* هذا التوازن يبقي على الحيادية الكهربية داخل كل وحدة.

## الأغشية الفاصلة

يوجد نوعان اثنان مختلفان جدًّا من الأغشية التي تفصل مياه الجسم وتحتويها في جميع أنحاء الجسم. وهذه الأغشية، هي الغشاء الشعري وغشاء الخلية.

### الغشاء الشعري

إن جدران الشعيرات الدموية - إلى حد ما - أغشية حرة؛ لأنها ضعيفة وسهلة الاختراق؛ ولذلك فإن

جزيئات الماء والجسيمات الصغيرة يمكن أن تتحرك بحرية عبرها. ومثل هذه الجسيمات الصغيرة التي لديها حرية الحركة عبر الجدران الشعرية، تشمل المنحلات بالكهرباء ومختلف المواد المغذية، كما أشير إلى ذلك، ولكن، الجسيمات الأكبر، مثل جزيئات بروتينات الدم، لا يمكنها المرور عبر المسام الصغيرة للأغشية الشعرية. وتظل هذه الجزيئات الأكبر في المجرى الشعري، وتمارس دور الرقابة على الضغط مثل (COP) للإبقاء على الماء يدور باستمرار داخل الشعيرات الدموية وخلايا الأنسجة المحيطة.

**غشاء الخلية**

جدران الخلية أسمك من الأغشية التي صممت خصيصاً لحماية محتويات الخلية وتغذيتها. ولإتمام هذه المهام، فإن أغشية الخلايا مشكلة - في الغالب - بتصميم على شكل ساندويش مع طبقات خارجية وقنوات نفاذية من البروتين، وهيكل داخلي من مادة دهنية. إن آليات النقل الخاصة لازمة لحمل المواد عبر أغشية الخلايا.

**القوى المحركة للمياه والمواد المذابة عبر الأغشية**

يتطلب وجود الأغشية الفاصلة مثل (غشاء الشعيرة الدموية وغشاء الخلية) قوى فيزيائية وكيميائية معينة؛ للسيطرة على حركة مياه الجسم، والجسيمات في المحلول من خلالها.

**التناضح**

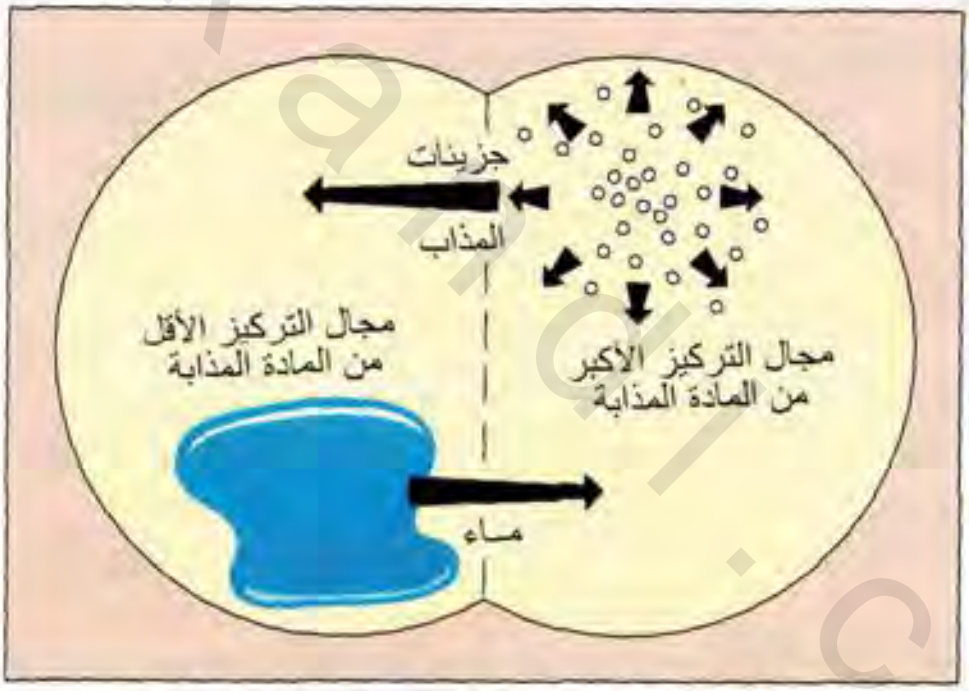
يأتي مصطلح التناضح من الكلمة اليونانية *osmos* التي تعني "القوة الدافعة أو المحركة، الاندفاع". يصف التناضح الاندفاع الأساسي للطبيعة والدافع لتحقيق التوازن أو المساواة بين القوى المعاكسة. وفي الفسيولوجيا البشرية، فإن مصطلح التناضح يصف عملية أو قوة مثل (الضغط التناضحي) الذي يدفع جزيئات الماء إلى الحركة في أنحاء الجسم. وعندما تتواجد محاليل بتراكيز مختلفة على أي جانب للأغشية شبه المنفذة في الجسم، فإن ضغط الجزيئات المزدحمة يحركها عبر الغشاء للمساعدة في توازن التركيز على كلا الجانبين. وبذلك يمكن تعريف التناضح بأنه القوة التي تحرك جزيئات الماء من المنطقة ذات التركيز الأعلى بجزيئات الماء (بمعنى آخر، مع عدد أقل من الجزيئات في المحلول) إلى المنطقة ذات التركيز الأقل بجزيئات الماء (بمعنى آخر، مع عدد أكثر من الجزيئات في المحلول). يوزع التناضح جزيئات الماء الأكثر تجانساً عبر الجسم (بمعنى آخر، توازن الماء)، وبالتالي يزود بقاعدة مذيب للمواد التي يجب على الماء حملها.

الضغط التناضحي الغرواني (COP) ضغط السائل الناتج عن جزيئات البروتينات في البلازما والخلية. ولأن البروتينات جزيئات كبيرة، فإنها لا تمر عبر الأغشية الفاصلة لجدران الأوعية الشعرية، وبذلك تظل في وحداتها التي تتواجد فيها، وتمارس سحب ناضح ثابت الحيوية التي تحمي البلازما الحيوية وأحجام سائل الخلية في هذه الأماكن.

التناضح: (*Gr. osmos* ، الدافعة) مرور المذيبات ـ مثل المياه ـ وذلك من خلال الأغشية التي تفصل المحاليل ذات التركيزات المختلفة، وبالتالي الاتجاه لمساواة ضغوط تركيز المحاليل على جانبي الغشاء.

### الانتشار

ينطبق الانتشار على الجزيئات في المحلول، مثل التناضح الذي ينطبق على جزيئات الماء. الانتشار هو القوة التي عن طريقها تتحرك هذه الجزيئات إلى الخارج بكل الاتجاهات من المنطقة ذات التركيز الأعلى بالجزيئات إلى المنطقة الأقل تركيزاً بالجزيئات (نوقشت في الفصل الخامس). الحركة النسبية لجزيئات الماء وجزيئات المادة المذابة تكون إما بواسطة التناضح أو الانتشار الذي يوازن بفعالية تراكيز المحلول، وكذا الضغوط على كلا جانبي الغشاء الفاصل. وقوتا توازن التناضح تُبين في الشكل رقم (٩,١).




الشكل رقم (٩,١). حركة الجزيئات، الماء، والمواد المذابة بواسطة التناضح والانتشار.

### الترشيح

تضغط المياه، أو ترشح من خلال المسام في الأغشية، وذلك عندما يكون الضغط خارج الغشاء مختلفاً. هذا الاختلاف في الضغط ناتج عن الاختلافات في تركيزات الجزيئات لكلا المحلولين؛ مما يسبب تحرك المياه والجزيئات الصغيرة مجيئاً وذهاباً بين الشعيرات الدموية والخلايا، وفقاً لتحويل الضغوط.

### النقل النشط

يجب أن تتحرك الجزيئات في المحلول، والتي تُعدُّ حيوية لعمليات الجسم عبر الأغشية في جميع أنحاء الجسم في جميع الأوقات حتى عندما تكون الضغوط ضد تدفقها. وهكذا فإن نوعاً من *النقل النشط* المدفوع بالطاقة يصبح لازماً لحمل هذه الجزيئات "عكس التيار" عبر الأغشية الفاصلة، ومثل آليات النقل الفعالة فإنها - عادة - ما تتطلب نوعاً من الشريك الحامل، لمساعدة حركة "عبارة" الجزيئات عبر الغشاء (كما نوقش في الفصل الخامس).

### الهضم الخلوي

تدخل أحياناً الجزيئات الأكبر، مثل البروتينات والدهون، خلايا الامتصاص من خلال عملية *الهضم الخلوي* (الشكل رقم ٩,٢) والتي تعني "شرب الخلية". وفي هذه العملية، تربط الجزيئات الأكبر نفسها إلى غشاء الخلية الأسمك، ثم يغلق عليها من قبل الخلية. وبهذه الطريقة تغطى في تجويف الخلية داخل *vacuole* (*L. vacuus*) بمعنى "فارغة"، وإضافة *-ole* إلى نهاية الكلمة، يعني "صغير")، وهي المساحة الصغيرة أو التجويف المشكل من بروتوبلازما الخلية. وفي هذا التجويف الصغير، يتم حمل جزيئات المواد المغذية عبر غشاء الخلية، ومن ثم إلى الخلية. بينما يفتح التجويف في داخل الخلية، وتقوم إنزيمات الخلية بأيض الجزيئات. إن الهضم الخلوي، هو أحد الآليات الأساسية التي تمتص الدهون من الأمعاء الدقيقة.

**الشكل رقم (٩,٢). الهضم الخلوي الذي يصف تغليف الجزيئات الكبيرة وإحاطتها بواسطة الخلية.**

### دوران مياه النسيج: آلية تحول السائل الشعري

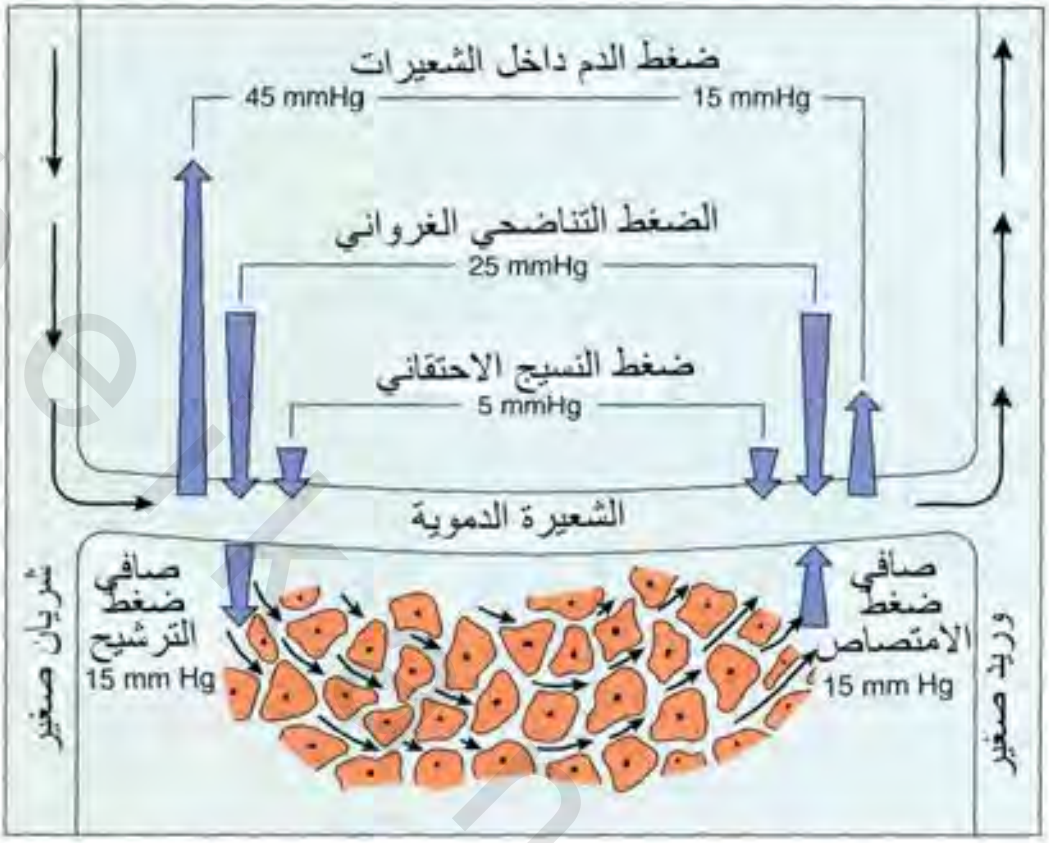
*آلية تحول السائل الشعري* واحدة من أهم الضوابط في الجسم؛ للمحافظة على التوازن المائي عموماً. وتعمل هذه الآلية عملية موازنة بين ضغوط السائل المتعارضة لتغذية حياة الخلية.

**الغرض**

تدور المياه وغيرها من المواد المغذية باستمرار على عموم أنسجة الجسم عن طريق الأوعية الدموية. ولتغذية الخلايا، يجب خروج المياه و المواد المغذية من بين الأوعية الدموية ـ الشعرية ـ إلى الخلايا. يترك الماء ونواتج أيض الخلية ومنتجات الأيض الخلية، وبعد ذلك يجب أن تعود إلى الأوعية الشعرية لتدويرها في جميع أنحاء الجسم. وبعبارة أخرى، يجب أن يدفع بالمياه الضرورية، المواد المغذية، والأكسجين بها من خلال الدورة الدموية للتداول في الأنسجة لتوزيع ما تحمله في جميع أنحاء الجسم، في حين أن الماء، نواتج أيض الخلية، و ثاني أكسيد الكربون يجب أن يُسحب مرة أخرى إلى الدورة الدموية ؛ للتخلص من نفايات الأيض الغذائي عن طريق الكليتين أوالرئتين. يحافظ الجسم على هذا التدفق الثابت من الماء عن طريق الأنسجة التي تحمل المواد ث من وإلى الخلايا، وذلك عن طريق معاكس لضغوط السائل، على النحو التالي: (١) *الضغط الهيدروستاتي*: هو ضغط الدم داخل الأوعية الشعرية من انقباض عضلة القلب، والذي يدفع الدم إلى الدوران ؛ و(٢) الضغط التناضحي الغرواني. هو الضغط الناتج عن بروتينات البلازما، والتي تستخلص سوائل الأنسجة مرة أخرى إلى الدوران الاعتيادي. تعمل عملية *الترشيح* وفقاً للاختلافات في الضغط التناضحي على أي جانب من جانبي الأغشية الشعرية.

**العملية**

عند دخول الدم ـ أولاً ـ إلى النظام الشعري من الأوعية الأكبر، قادماً من القلب والشعيرات الدموية، فإن ضغط الدم الأعلى من ضخ عضلة القلب يدفع المياه والجسيمات الصغيرة مثل (الجلوكوز) إلى الأنسجة وتنظيفها لتغذية الخلايا وصيانتها. وهذه القوة لضغط الدم مثال *الضغط الهيدروستاتي* (*hydro* تعني "المياه" و*static* تعنى "توازن"). إن جزيئات بروتين البلازما، تكون ضخمة جدًّا لتمر من خلال مسام الأغشية الشعرية. وعندما تكون سوائل الأنسجة الدوارة جاهزة لإعادة الدخول إلى الشعريات الدموية، فإن ضغط الدم الأولي يتضاءل ويصبح COP لجزيئات البروتين المركزة المتبقية في الأوعية الشعرية لها أكبر الأثر. يسحب الضغط التناضحي الغرواني المياه ونواتج الأيض إلى الدورة الدموية الشعرية، وذلك بعد أن عمل بإمداد الخلايا وحملها إلى الأوعية الأكبر حجماً ـ الوريد الصغير ـ لغرض دوران الدم وعودته مرة أخرى إلى القلب. ولا يزال هناك كمية صغيرة من الضغط الطبيعي من النسيج المقاوم للغشاء الشعري، ويعمل في جميع أنحاء هذا النظام. وتتحكم آلية هذا التحول الأساسي للسائل ـ بشكل ثابت ـ في توازن المياه من خلال دورة نسيجها الشعري ؛ لتغذية الخلايا في جميع أنحاء الجسم. تدفق السائل الحيوي من خلال النسيج يحافظ عليه، وذلك من خلال التوازن بين ضغط الدم، والضغط التناضحي لجزيئات بروتينات البلازما (الشكل رقم ٩,٣).




الشكل رقم (٩,٣). آلية تحول السائل. لاحظ توازن الضغوط التي تتحكم بجريان السائل.

### نظم الأعضاء المشمولة

بالإضافة إلى الدورة الدموية، فإن نظام التوازن المائي يستخدم اثنين آخرين من أنظمة الأعضاء الأساسية للتحكم بالتوازن المائي - بشكل عام - في الجسم. والأنظمة الأخرى المشمولة، هي دورة القناة الهضمية التي تعزز هضم المواد المغذية وامتصاصها، والدورة الكلوية التي تحافظ على مستويات الدم الطبيعية من العائد من المواد المغذية ومنتجات الأيض.

### دورة القناة الهضمية

تحتوي المياه من بلازما الدم على المنحلات بالكهرباء الحيوية، والتي تفرز باستمرار إلى القناة الهضمية؛ للمساعدة في عمليات هضم الغذاء، وامتصاص المادة المغذية. وفي الجزء المتأخر من الأمعاء، فإن معظم المياه والمنحلات بالكهرباء يعاد امتصاصها إلى الدم، وتدور مراراً وتكراراً. وهذه الحركة الثابتة للكمية الكبيرة من المياه والمنحلات بالكهرباء الموجودة في مجرى الدم، وإخفاء الخلايا، والخلايا الإفرازية، والقناة الهضمية تسمى الدورة

الهضمية. يدل القدر المطلق للدورة الهضمية الحيوية – كما هو مبين في الجدول رقم (٩,٤). على خطورة فقد السوائل من الجزء الأعلى أو الأدنى من القناة الهضمية. ويحافظ هذه الدورة عليها في محيط فسيولوجي متزن مع السائل المحيط خارج الخلايا (بما في ذلك الدم) وتحمل خطر الاختلالات السريرية، على النحو التالي:

الجدول رقم (٩,٤). الحجم الإجمالي التقريبي للإفرازات المفلية (*).

| المادة المفرزة | الحجم (مل) |
|---|---|
| اللعاب | ١٥٠٠ |
| المعدي | ٢٥٠٠ |
| الصفراوية | ٥٠٠ |
| البكرياسي | ٧٠٠ |
| المعوي | ٣٠٠٠ |
| الإجمالي | ٨٢٠٠ |

(*) تنتج بواسطة الشخص البالغ بالحجم المتوسط خلال ٢٤ ساعة.

*قانون التوازن الفسيولوجي*: سوائل القناة الهضمية جزء من وحدات السائل خارج الخلية، والتي تتضمن أيضاً الدم. تتواجد كل هذه السوائل في توازن فسيولوجي، ويعنى حالة من توازن الضغط التناضحي الناجم عن المساواة في تراكيز المنحلات بالكهرباء، وغيرها من الجزيئات المذابة. وعلى سبيل المثال، فإذا قام أي شخص يشرب الماء (المياه وحدها دون أي مواد مذابة، أو أي غذاء مرافق)، تدخل المنحلات بالكهرباء والأملاح الأمعاء من مصدر الدم المزود المحيط، لتحقيق التعادل في الضغوط. وإذا تم هضم محلول ذي تركيز عال بالغذاء، فإن مياه إضافية يتم سحبها إلى الأمعاء من الدم المحيط؛ لتخفيف محتوى الأمعاء. وفي كل حالة من هذه الحالات، وتتحرك المياه والمنحلات بالكهرباء ضمن أجزاء الوحدة السائلة خارج الخلية المقصورة، للمحافظة على المحاليل لتكون *متساوية التوتر، أو في اتزان فيسيولوجي* (ذات تركيز مكافئ من الجزيئات) في القناة الهضمية مع السائل المحيط. وإذا كان الخلل من الضغوط يسري دون وازع، فإنه ـ في نهاية المطاف ـ ينتج عنه سحب السائل من داخل وحدة الخلية في محاولة لاستعادة التوازن؛ مما يخلق خطرًا بالغ الأهمية لجفاف الخلية. (انظر مربع التطبيقات السريرية، "مبادئ العلاج بالإماهة الفموية").

**تطبيقات سريرية**

**مبادئ المعالجة بمحاليل الإماهة الفموية:**

تملي مبادئ امتصاص المنحلات بالكهرباء أساليب الإماهة بالنسبة للأطفال الذين يعانون من الإسهال. وبالرغم من أن الإسهال عادة ما يعد مشكلة بديهية في البلدان النامية، وأنه مسؤول عن الوفيات لربع إلى نصف جميع الأطفال تحت سن ٤ سنوات على مستوى العالم. وعلى الرغم من أن ٩٠ ٪ من الوفيات بسبب الإسهال مرتبط بفقدان السوائل، فإن مجرد الإمداد بالماء وحده يمكن أن يكون خطيراً.

العلاج بالحقن (IV) الذي طوره دارو في فترة عام ١٩٤٠، والتزويد بكلوريد الصوديوم ـ الأساس ـ والبوتاسيوم في الماء في مجال المياه، أثبت أنه ناجح جدًا (انظر الشكل).

ولسوء الحظ، فإن، المعالجة بـ IV تكون غير متاحة لأولئك الذين هم في أمس الحاجة إليها. وهناك عدد كبير من الأسر المعزولة الفقيرة في كل من البلدان المتقدمة والنامية لا يحصلون على الرعاية الصحية؛ بسبب عدم توفر المواصلات أو المال. ولحسن الحظ وعلى الرغم من ذلك، فإن منظمة الصحة العالمية (WHO)، قد طرحت علاج الإماهة الفموي (ORT) بأقل تكلفة، ويستخدم في الولايات المتحدة، وكذلك في البلدان غير المتطورة.

إذا توفرت المياه الصالحة للشرب، فإن محاليل ORT يمكن أن تخلط بسهولة في المنزل تحت إشراف عامل الصحة العامة، وتديرها أفراد العائلة. المكونات هي لتر واحد من الماء النظيف، ٣,٥ جراماً من ملح الطعام (بمعنى آخر، كلوريد الصوديوم)، ٢,٥ جراماً من صودا الخبز (بمعنى آخر، الصوديوم بيكربونات)، ٢,٥ جراماً من كلوريد البوتاسيوم، و ٢٠ جراماً من الجلوكوز. يعتمد ORT على مبادئ امتصاص الصوديوم في الأمعاء الدقيقة.

**نقل مركبات الأيض**

عدد من مركبات الأيض ـ أساساً ـ الجلوكوز، ولكن ـ أيضاً ـ أحماض أمينية محددة، الببتيدات الثنائية، والسكاكر الثنائية تعتمد على الصوديوم لعبور جدار الأمعاء.

**آثار المواد المضافة**

يعتمد المعدل الذي يمتص به الصوديوم على وجود مواد مثل الجلوكوز أو غيرها مثل منتجات أيض البروتين. ويؤدي وجود مواد أكثر إلى امتصاص أفضل للصوديوم.

**امتصاص الماء**

يتعزز معدل امتصاص الماء بزيادة امتصاص الصوديوم. وبالتالي فإن محلول أملاح الصوديوم والبوتاسيوم، بالإضافة للجلوكوز يمكن أن تُعطى عن طريق الفم. وبالإضافة إلى ORT، فإن الرضع والأطفال الأكبر سناً الذين يعانون من الإسهال الحاد - أيضاً - يجب تغذيتهم، وبالتالي فإن العبء المضاف لسوء التغذية بسبب الصوم يتم تجنبه.

استندت تجربة الصوم على الاعتقاد السابق بأن التعافي يكون أفضل في حال ترك مجال للأمعاء بأخذ الراحة واستعادة نشاطها. وعلى النقيض من ذلك، ينبغي تغذية الأطفال على النظام الغذائي العادي لما يتناسب مع أعمارهم مثل (حليب الأم، الخلطة، أو الأغذية الصلبة)؛ للسماح لتحديد كمية الطعام التي يحتاجونها، وإعطاء غذاء إضافي عند الخسار الإسهال لاستعادة الخسائر الغذائية. ينبغي توجيه الاختيارات الغذائية حسب مستويات التحمل الفردية. يسمى استخدامم النظام الغذائي القديم BRAT بـ (الموز، الأرز، عصير التفاح، والشاي أو التوست)؛ نظراً لأنه لا يشمل غذاء مثالي يستهلك من قبل الرضع والأطفال الصغار، بل - فقط - تشكل الانخفاض في الطاقة - المواد المغذية.

مريض يعطى إماهة فموية من:

**Christensen BL, Kockrow EO: *Foundations of nursing*, ed. 4, St Louis, 2004, Mosby.**

***تطبيقات سريرية***: قانون مساواة التوتر له نتائج سريرية كثيرة. وعلى سبيل المثال، ماذا سيحدث لو خضع المريض لسحب محتويات المعدة، والذي كان قد شرب الماء؟ أو إذا كان المريض يجري تغذيته عن طريق أنبوب، وقدمت له خلطة بسرعة شديدة بتخفيف مركز جدًّا؟ في الحالة الأولى، فإن المياه قد تؤدي بالمعدة على إنتاج المزيد

من الإفرازات التي تحتوي على المنحلات بالكهرباء، ثم ستضيع المنحلات بالكهرباء بسبب عملية سحب المحتويات. وبدوره فإن البلازما، من حيث توفيره لهذه المنحلات بالكهرباء، لا يُجدي لأنه سيتم استنزاف هذه المنحلات بالكهرباء تدريجيًّا وسيكون غير قادر على توفيرها لخلايا الأنسجة. أما في الحالة الثانية، فالمحلول المركز (عالي التوتر) الذي قُدم في الأنبوب، قد يتسبب بالمياه أن تتحول إلى الأمعاء لتخفيف المحلول، وبذلك يحدث تقلص سريع لحجم الدم المحيط. ويمكن أن ينتج عن هذه الحالة أعراض الصدمة؛ مما يعكس الجهود التي يبذلها الجسم لاستعادة حجم الدم.

ونظراً للكميات الكبيرة من المياه والمنحلات بالكهرباء المعنية المتضمنة، فإن خسائر القناة الهضمية العليا والسفلى هي السبب الأكثر شيوعاً لقضية المشاكل السريرية للسوائل والمنحل بالكهرباء. وتظهر مثل هذه المشاكل - على سبيل المثال - في حالات القيء المستمرة، أو الإسهال لفترات طويلة، حيث إن كميات كبيرة من المنحلات بالكهرباء والمياه الثمينة ستضيع (انظر لمربع التطبيقات السريرية، "الآثار السلبية من الجفاف المستمر"). ويبين في الجدول رقم (٩,٥)، التركيز الكبير من المنحلات بالكهرباء المشاركة في دورة القناة الهضمية.

الجدول رقم (٩,٥). التركيز التقريبي لعدد معين من المنحلات بالكهرباء في السوائل الهضمية (*).

| المادة المفرزة | $Na^+$ | $K^+$ | $Cl^-$ | $HCO_3^-$ |
|---|---|---|---|---|
| اللعاب | ١٠ | ٢٥ | ١٠ | ١٥ |
| المعدية | ٤٠ | ١٠ | ١٤٥ | ٠ |
| البنكرياسية | ١٤٠ | ٥ | ٤٠ | ١١٠ |
| الصائمية | ١٣٥ | ٥ | ١١٠ | ٣٠ |
| الصفراوية | ١٤٠ | ١٠ | ١١٠ | ٤٠ |

(*) بوحدة mEq/L.

**تطبيقات سريرية**

**الآثار الجانبية للجفاف المستمر التدريجي.**

يمكن أن يؤدي فقد كمية قليلة، مثل خسارة ٣٪ من مجموع وزن الجسم بسبب الجفاف إلى إعاقة الأداء الجسدي. الأداء الجسدي مرتبط بذلك الفرد المعني. العدَّاء الذي يفقد - تدريجياً - مياه

جسمه في شكل عرق، دون الاستبدال بالسوائل المناسبة، من المرجح أن يعاني من انخفاض السرعة أو التحمل. ومع ذلك، فإن الشخص المسن الذي خسر أو خسرت أيضاً ٣ ٪ وزن الجسم، يمكن أن يعاني بوضع أكثر تعقيداً - بدرجة من الآثار الجانبية.

وعلى سبيل المثال، فإذا كان هذا الفرد المسن قد فقد سوائل الجسم؛ بسبب القيء المفرط أو الإسهال، أو ببساطة من نقص استهلاك المياه، فإن الأداء الجسدي يمكن أن يحول به درجات السلم. قد يؤدي إعاقة "الأداء الجسدي" لهذا الفرد إلى سقوطه. وذلك بدوره يمكن أن يقدم سلسلة من المضاعفات الطبية. الأشخاص الذين يعانون من الحمى، الإسهال، والقيء يمكن أن يخسروا من وزن الجسم بشكل سريع جداً من السوائل. وبالمثل، يزيد خطر الجفاف في الأجواء الحارة، الرطبة، وعلى ارتفاعات تزيد عن ٨٢٠٠ قدم. * الرقم الذي يظهر في هذا المربع يدل على تطور المضاعفات المرتبطة بمجموع الخسارة من مياه الجسم. علماً أن رد فعل العطش غير موجود حتى ما يقرب من ٠,٥ ٪ من مجموع الخسارة من مياه الجسم. وهذا هو السبب في أن الاعتماد على العطش للدلالة على الاحتياجات من السوائل ليس دائماً المؤشر الأكثر حساسية. ومع مرور الوقت تشعر بالعطش، وتكون قد فقدت مياه الجسم الثمينة.

**نسبة الخسارة من وزن الجسم**

**الآثار الجانبية للجفاف المستمر التدريجي**

((From: Mahan LK, Escott-stump S, Krause's food, nutrition, & diet therapy, ed. 11, Philadelphia, 2004, Saunders.)

*Manore MM, Barr SI, Butterfield GE: American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, Dietitians of Canada Joint position statement: nutrition and athletic performance,MedSciSports Exerc 32(12):2130,2000

### الدورة الكلوية

تحفاظ الكلى على مستويات مناسبة لجميع المكونات في الدم عن طريق الترشيح، وبعد ذلك ـ بشكل انتقائي ـ تتم إعادة امتصاص المياه ثانية، والمواد اللازمة التي يتطلب حملها في جميع أنحاء الجسم. ومن خلال هذا "الغسل" المستمر للدم بواسطة الملايين في المحافظ الكلوية في الكلى، وبذلك يتم توازن المياه، وتحقيق المحلول الصحيح للدم الذي تتم المحافظة عليه. وعندما يحدث المرض في الكليتين، فإن عملية الترشيح هذه لا تعمل بصورة طبيعية، ويحدث اختلالات المياه (انظر الفصل الحادي والعشرين).

### التحكم الهرموني

تعمل وظيفتا تحكم أساسية للهرمون في الكلى؛ للمساعدة في الحفاظ على توازن المياه المستمر في الجسم، كما سيناقش في الأجزاء التالية.

*آلية عمل الهرمون المضاد لإدرار البول*: الهرمون المضاد لإدرار البول (ADH)، كما يسمى *الفازوبريسين*، ينتج بواسطة الغدة النخامية. والهرمون المضاد لإدرار البول عبارة عن آلية للمحافظة على المياه التي تعمل على المحافظ الكلوية؛ للحث على إعادة امتصاص المياه. وفي حالة أي إجهاد لتهديد أو فقدان حقيقي لماء الجسم، يفرز هذا الهرمون؛ للحفاظ على ماء الجسم الحيوي.

*آلية الألدوستيرون* : هرمون الألدوستيرون تنتجه الغدد الكظرية، والتي تقع على قمة كل كلية، وذلك استجابة لانخفاض معدل ترشيح الكلى، وانخفاض مستوى الصوديوم. يحفز الألدوستيرون المحافظ الكلوية لإعادة امتصاص الصوديوم؛ ولذلك هو في المقام الأول آلية للحفاظ على وجود الصوديوم، بل ويمارس سيطرة ثانوية على امتصاص استيعاب المياه (بسبب أن الماء يتبع الصوديوم). كلا الهرمونين ADH والألدوستيرون يمكن تنشيطها بواسطة الأحوال المجهدة، مثل نزف الجسم، أو الخضوع لعملية جراحية.

## نظام التوازن الحامضي- القاعدي البشري

يجب الإبقاء على الدرجة المثالية للحامضية أو القاعدية في العديد من محاليل مياه الجسم والإفرازات لدعم حياة البشر. ويحدث التوازن الحيوي عن طريق محاليل كل من الأحماض والقواعد بمساعدة نظام المادة الحاجزة.

**الأحماض والقواعد**

مفهوم الأحماض والقواعد مرتبط بأيونات *الهيدروجين*، سواء برمز قياسها، pH (البهاء)، أو بتعريف مصطلحها *كحامض وقاعدة*.

**القياس**

تكون المادة أكثر أو أقل حامضية، تبعاً لدرجة تركيز أيونات الهيدروجين. وبالتالي فإن درجة الحموضة يعبر عنها بـ pH. *الاختصار pH* مستمد من المصطلح الرياضي الذي يشير إلى قوة تركيز أيون الهيدروجين. الرقم الهيدروجيني ٧ هو نقطة محايدة بين الحامضي والقاعدي. ولأن الرقم الهيدروجيني هو في الواقع تأثير للمعامل الرياضي السلبي. وفي حال ارتفع تركيز أيون الهيدروجين (بمعنى آخر، مزيد من الحامض)، كلما انخفض الرقم الهيدروجيني. وفي حال انخفاض تركيز أيون الهيدروجين (بمعنى آخر، الأقل من الحامض)، ارتفع الرقم الهيدروجيني.

ونظراً لأن الرقم الهيدروجيني ٧، هو نقطة محايدة، فإن المواد ذات الرقم الهيدروجيني أقل من ٧ تكون حامضية. المواد ذات الرقم الهيدروجيني أعلى من ٧ تكون قاعدية.

***الأحماض***: يعرف الحامض بأنه المركب الذي يمتلك الكثير من أيونات الهيدروجين الكافي لإطلاق أيونات الهيدروجين في حال وجوده في المحلول.

***القواعد (القلويات)***: تعرف المادة القاعدية بأنها المركب الذي يمتلك القليل من أيونات الهيدروجين. وبالتالي يأخذ أيونات الهيدروجين في حال وجوده في المحلول، ويقلل - بشكل فعال - من درجة حموضة المحلول.

**نظام المادة الحاجزة للحامض - القاعدة**

الجسم معني بدرجة الحامضية، وذلك بالإبقاء على نظام المادة الحاجزة للحموضة من خلال الحفاظ على الزيادة، إما في المادة الحامضية أو القاعدية. إن نظام المادة الحاجزة عبارة عن خليط من المكونات الحامضية والقاعدية – شريك حامضي وآخر قاعدي– والتي تحمي المحلول سوياً من الاختلالات الكبيرة في الرقم الهيدروجيني، حتى في حال إضافة مادة قاعدية أو حامضية قوية. وعلى سبيل المثال، فإذا أضيف الحامض القوي إلى محلول يحوي نظام المادة الحاجزة، فإن الجزء القاعدي يتفاعل مع هذا الحامض؛ ليكون حامضاً أضعف. أما إذا أضيفت مادة قاعدية قوية إلى المحلول الذي يحوي نظام المادة الحاجزة، فإن الجزء الحامضي يتفاعل مع هذه القاعدة؛ ليكون قاعدة أضعف.

**نظام المادة الحاجزة الرئيس**

يحتوي جسم الإنسان على العديد من أنظمة المادة الحاجزة؛ نظراً لوجود مجال ضيق للرقم الهيدروجيني لحياة البشر. إن نظام المادة الحاجزة يتمثل في حامض الكربونيك ($H_2CO_3$) / قاعدة البيكربونات ($NaHCO_3$)، وعلى الرغم من ذلك يعد نظام المادة الحاجزة رئيس نظراً للأسباب الثلاثة التالية.

***مواد متوفرة :*** المواد الخام لإنتاج حامض الكربونيك ($H_2CO_3$) متوفرة أساساً. الماء ($H_2O$)، وثاني أكسيد الكربون ($CO_2$) متاحة دائماً.

***سهولة الضبط :*** الرئتين والكلى يمكنها بسهولة ضبط التغيرات في درجة الحموضة، وبسرعة إعادة سوائل الجسم إلى مستوى الرقم الهيدروجيني الطبيعي. إن فرط التنفس (زيادة عمق ومعدل التنفس) تزيد من إطلاق $CO_2$، الحامض، وبالتالي تعيق حدوث الحماض. وعلى العكس من ذلك، إن قصور التنفس (انخفاض عمق ومعدل التنفس) يؤدي إلى الاحتفاظ بـ $CO_2$، وفي نهاية المطاف تزيد درجة الحموضة في الدم لتخفيف القلاء. الرقم الهيدروجيني الطبيعي للسائل خارج الخلية، هو ٤,٧، بالمجال من ٣٥,٧ إلى ٤٥,٧. ويجب الإبقاء على الرقم الهيدروجيني ضمن هذا المجال الضيق للإبقاء على الحياة. تعمل الرئتان والكلى سوياً جنباً إلى جنب لمنع حدوث الحموضة أو القلاء الأيضي أو التنفسي.

***نسبة القاعدة — للحامض:*** نظام المادة الحاجزة البيكربونات قادر على الحفاظ على درجة الحموضة الأساسية لسوائل الجسم نظراً لأن البيكربونات (القاعدية) تشكل نحو ٢٠ مرة أكثر وفرة من حامض الكربونيك. هذه *النسبة* ١ : ٢٠ يتم الحفاظ عليها بالرغم أن الكميات المطلقة لكلا الشريكين يمكن أن تتأرجح خلال فترات الضبط. إما أن يدخل الحامض أو القاعدة المضافة لهذا النظام أولاً، على النحو الذي يتم فيه الإبقاء على النسبة ١ : ٢٠، وبمرور الوقت، فإن الرقم الهيدروجيني للسائل خارج الخلية (ECF) يبقى ثابتاً.

## الخلاصـــــــــة

يتكون جسم الإنسان مما يقرب من ٥٠ ٪ إلى ٦٠ ٪ في الماء. وتتمثل المهام الرئيسة لمياه الجسم بإعطاء الشكل والهيكل لأنسجة الجسم، توفير البيئة المائية الضرورية لعمل الخلية، ومراقبة درجة حرارة الجسم.

تتوزع مياه الجسم في الجسم إلى وحدتين تجميعيتين للمياه في الجسم: داخل الخلية وخارج الخلية. تشكل المياه داخل الخلايا الجزء الأكبر، وهو ما يمثل نحو ٣٥ ٪ من إجمالي وزن الجسم. يتألف الماء خارج الخلايا من السائل في الفراغات بين الخلايا مثل (السائل الفراغي والليمفاوي)، بلازما الدم، الإفرازات في مجال النقل مثل (دورة القناة الهضمية)، وكمية أصغر من السائل في الغضاريف والعظام.

مجمل التوازن المائي في الجسم يحتفظ به بواسطة مدخول السوائل وطرحها. نوعان من جزيئات المواد المذابة مسؤولة عن مراقبة توزيع مياه الجسم، على النحو التالي : (١) المنحلات بالكهرباء، وهي غالباً العناصر المعدنية ذات الشحنات ؛ و(٢) بروتين البلازما، وذلك أساساً الألبومين. تؤثر جزيئات المواد المذابة على حركة الماء عبر الأغشية الخلوية أو الشعرية، وبالتالي السماح لدورة النسيج لتغذية الخلايا.

يستخدم نظام المادة الحاجزة الحامضي- القاعدي الذي يسيطر عليه - أساساً- عن طريق الرئتين والكلى، المنحلات بالكهرباء وأيونات الهيدروجين، للحفاظ على رقم هيدروجيني طبيعي للسوائل خارج الخلية ECF نحو ٧,٤. مستوى الرقم الهيدروجيني هذا، ضروري للحفاظ على حياة الخلية.

## أسئلة التفكير النقدي

١- لماذا يعد إجمالي مياه الجسم "مجموعة موحدة ؟ "ماذا يعني مصطلح *وحدة الجسم*؟ كيف يمكن لهذا المصطلح أن ينطبق على توازن مياه الجسم؟

٢- عرف مصطلح *التوازن الحيوي*. أعط أمثلة على كيفية الحفاظ على هذه الحالة في الجسم.

٣- صف خمسة عوامل تؤثر على الاحتياجات من المياه. أدرج وصف خمسة وظائف لمياه الجسم.

٤- طبق المعرفة التي حصلت عليها لآلية تحول السائل الشعري لحساب إجمالي الوذمة التي تظهر في أجسام الأطفال الذين يعانون سوء تغذية طاقة البروتين.

## أسئلة التحدي في الفصل

### صح أم خطأ

صل المصطلحات أدناه بما يناسبها من المصطلحات المدرجة فيما يلي:

| التعريفات | المصطلحات |
|---|---|
| ١- المنحل بالكهرباء الرئيس يحرس المياه خارج الخلايا. | أ) التناضح |
| ٢- الأيون يحمل شحنة كهربائية سلبية. | ب) المواد المذابة |
| ٣- الصوديوم ـ آلية محافظة أو عامل سيطرة. | ت) الانتشار |
| ٤- المرور اليسير لجزيئات الماء عبر الأغشية التي تفصل بين المحاليل ذات التراكيز المختلفة من جانب التركيز الأقل لجزيئات المذاب عن تلك ذات التركيز الأعلى في الجانب الآخر، وبالتالي تميل إلى تحقيق التوازن. | ث) الكاتيون |
| ٥- المادة (عنصر أو مركب) في المحلول، توصل التيار الكهربائي وتتجزأ إلى الكاتيونات والأنيون. | ج) السائل الفراغي |
| ٦- الجزيئات في المحلول، مثل المنحلات بالكهرباء والبروتينات. | ح) التوازن الحيوي (الاستقرار المتجانس) |

٧- حالة من التوازن الديناميكي الذي يحافظ على إبقاء الكائن الحي بين جميع أجزائه، والتي يسيطر عليها الكثير من آليات التوازن الدقيق.

٨- المنحل بالكهرباء الرئيس يحرس المياه داخل الخلايا.

٩- بروتين البلازما الرئيس الذي يحرس ويحافظ على حجم الدم.

١٠- السائل الموجود داخل جدران الخلايا.

١١- الأيون يحمل شحنة كهربائية إيجابية.

١٢- وسيلة الجسم للحفاظ على دورة الماء للنسيج عبر معارضة ضغوط السائل.

١٣- القوة التي تمارسها السوائل المحتواه مثل (ضغط الدم).

١٤- حركة الجزيئات في جميع أنحاء المحلول عبر الأغشية من منطقة التركيز الأكثف بالجزيئات لجميع المساحات المحيطة به.

١٥- نوع من السائل خارج الخلايا.

١٦- حركة الجزيئات في المحلول عبر أغشية الخلايا، وعكس الضغوط التناضحية الطبيعية التي تنطوي على الناقل والطاقة للعمل.

خ) الأيون

د) البوتاسيوم

ذ) الألبومين

ر) الضغط الهيدروستاتيكي

ز) الصوديوم

ع) المنحل بالكهرباء

غ) النقل النشط

س) الألدوستيرون

ش) آلية تحول السائل الشعري

ط) السائل داخل الخلية

يُرجى الرجوع إلى قسم موارد الطلاب فيما يتعلق بهذا النص، قم بزيارة الموقع الإلكتروني "اقتراحات لمزيد من الدراسة".

## المراجع


1. Kleiner SM: Water: an essential but overlooked nutrient, *J Am Diet Assoc* 99(2):200, 1999.
2. Cannon WB: The wisdom of the body, New York, 1932, W.W. Norton and Co.
3. Chan J and others: Water, other fluids, and fatal coronary heart disease: the Adventist health study, *Am J Epidemiol* 155(9):827.2002.
4. Kenny WL, Chiu P: Influence of age on thirst and fluid intake, *Med Sci Sports Exerc* 33(9):1524, 2001.
5. Harrell R and others: How geriatricians identify elder abuse and neglect, *Am Med Sci* 323(1):34, 2002.
6. Wakefield B and others: Moring hydration status in elderly veterans, *West J Nurs Res* 24(2):132, 2002.


obeikandl.com

7. Manore MM, Barr SI, Butterfield GE: American College of Sports Medicine, American Dietetic Assosiation, Dietitians of Canada Joint position statement: nutrition and athletic perfoemance, *Med Sci Sports Exerc* 32(12):2130, 2000.

8. Wagner DR: Hyperhydration with glycerol: implications for athletic performance, *J Am Diet Assoc* 99(2):207, 1999.

## مراجع إضافية

* American College of Sports Medicine: www.acsm.org

* Sports, Cardiovascular, and Wellness Nutritionists (SCAN): www.nutrifit.org

The preceding organizations provide up-to-date recommendations for water and electrolyte balance, specifically for athletes, in addition to a plethora of other health information.

* Speedy DB and others: Exercise-associated hyponatremia: a review, Emerg Med 13(1):17, 2001.

* Gardner JW: Death by water intoxication, *Mil Med* 67(5):432, 2002.

Both articles explore the dangers associated with excess water intake. As with most things, there is always a limit at which point too much is not always a good thing, water included.

Although dehydration is a much more common problem, overhydration can be very dangerous. Thus distinguishing the signs and symptoms of the two hydration extremes is critical.

* Robinson JR: Water, the indispensable nutrient, *Nutr Today* 5(1):16, 1970.

This classic but still current article by a New Zealand physician who is a world authority clearly describes the processes involved in body water balance. This article is filled with excellent charts and diagrams to illustrate key principles.

obeikandl.com