الفصل 2

دورة الماء داخل الجسم

جسم الإنسان معبر مجرى الماء المستمر. يجري هذا العبور على ثلاث مراحل: التزويد بالماء، امتصاصه من قبل الأنسجة والخلايا، ومن ثم طرحه.

التزويد بالماء

يدخل الماء الضروري إلى الجسم عن طريق ثلاثة مسالك متفاوتة الأهمية: الفم والرئتين (على شكل بخار) والجلد.

< الفم:

إنه الطريق الرئيس لمدخل الماء، فعن طريقه تدخل أكبر كمية من السوائل إلى الجسم. ففي كل يوم يدخل نحو 2.5 لتراً من السوائل إلى أجسامنا عن طريق الفم. وهذه السوائل قد تكون على شكل ماء خالص أو ماء ممزوج.

الماء الخالص هو الذي يدخل في تركيب مشروباتنا. إنه الماء الذي نشربه كما هو أو اختلطت به مواد أخرى خاصة تعطيه طعماً مميزاً أو رائحة خاصة أو لوناً معيناً، كمسحوق القهوة أو أوراق أعشاب طبية أو سكر أو نكهات المشروبات الاصطناعية.

أما الماء الممزوج، فإنه يأتينا عن طريق الأطعمة الصلبة؛ إنه الماء الذي يدخل في تركيب أنسجتها. كالعصير الذي تحتويه الفاكهة والخضار. لما كان الماء ضرورياً لكل حياة، فإن كل موادنا الغذائية - سواء كانت من مصدر نباتي أو حيواني - تحتوي أيضاً على الماء. ولكن بعضها أغنى من بعض. فما هو إذاً محتوى المواد الغذائية المختلفة من الماء؟

إن أكثر المواد الغذائية احتواء للماء هي الخضار، وقد حاز الخيار على الرقم القياسي الأعلى، إذ إن نسبة الماء فيه 95.6%، ويليه الخس الأخضر: 94.4%، ثم الهندباء 94%. في حين محتوى الخضار الجذرية من الماء هو الأضعف: الجزر 88.6%، لفت الكرفس 88%، الشمندر 86.8%. كما أنّ لطريقة طهي المواد الغذائية دوراً كبيراً في محتواها من الماء. فإذا كان محتوى البطاطا النيئة من الماء 77.4% يبقى هذا المحتوى قريباً من 76% عند سلقها بالماء، ولكن عند قليها يصبح 20%، بل يصبح 3% في رقائق البطاطا المقلية.

الفاكهة غنية بالماء كالخضار. أغناها البطيخ الأحمر والشمام (92%). أما الفاكهة الأخرى كالتفاح والكمثرى، وغيرهما فإن محتواها من الماء قريب من 84%. أما الفاكهة المجففة، فكما يدل عليه اسمها، أقل غنى بالماء: الزبيب 24%، المشمش المجفف 24%، التمر 20%. أما الثمار الزيتية، فإنها الأفقر: اللوز 4.7%، الجوز 3%.

محتوى اللحوم الحيوانية من الماء قريب من 70%، أي مثل جسم الإنسان. الأسماك غنية بالماء إلى حد ما (بين 65 و82%)، البيض نحو 74%، اللحم الأحمر بين 56 و70%: العجل 69%، الخروف 62%، البقر

61%، الخنزير 56%. أما اللحوم المقددة فإنها فقيرة بالماء (بين 15% و50%): عجانة الكبد 37%، السلامي 28%.

الحليب ومشتقاته غنية بالماء: اللبن 86%، اللبنة 79%. وهذه النسب عالية إذا ما عرفنا أن حليب البقر الذي منه صنعت هذه المنتجات يحتوي على 87% من الماء. أما الجبن الطري، مثل الكمبير فنسبة الماء فيه 53%، والجبن الصلب (ايمنتال، قشقوان) فنسبة الماء فيه 34% فقط.

محتوى البقول والحبوب (القمح، الأرز، الشعير..) من الماء قريب من 12% عندما تكون جافة. ولكنها ما إن تُطبخ وتمتص الماء حتى تزداد نسبة الماء فيها لتصل حتى 71%. وهذا الأمر ينطبق على المعكرونة الجافة: فنسبة الماء فيها قبل السلق 9%، بعد السلق 61%. أما الخبز فنسبة الماء فيه تختلف على حسب نوعه ليتراوح بين 34 و37%. أما التوست والخبز المحمص فنسبة الماء فيهما تكون بين 7 و8%.

أما محتوى البقول من الماء، مثل العدس والحمص والصويا والفاصولياء الحب، فإنه شبيه بالحبوب، نحو 11%.

لا يحتوي السكر المكرر على الماء، أما قطع الحلوى فنسبة الماء فيها 4.5%، والشوكولاته 1%.

لما كان محتوى المواد الغذائية من الماء خاصة من الخواص العديدة التي تتمتع بها، فإنه لا يكفي وحده لتقويمها من الناحية الغذائية. فقد تكون بعض المواد الغذائية فقيرة بالماء ـ مثل الحبوب (12%) ـ إلا أنها ضرورية جداً لتحقيق التوازن الغذائي المطلوب، في حين قد تكون مواد الغذائية أخرى غنية بالماء ـ كالبطيخ ـ ولكن قيمته الغذائية ضعيفة.

إذاً، فإنـه وفقاً للمـواد الغذائية التي تشكل أساس تغذية شخص ما، يرتفـع أو ينخفض تزويده بالماء. فهو يرتفع في حال كان غذاؤه يحتوي على الكثـير من الفاكهة والخضار، وينخفض إذا كانت هذه الثمار تشكل جزءاً صغـيراً من طعامه. فهناك أناس يحصلون بفضل ما يتناولون من الفاكهة والخضار على ثلثي حاجتهم اليومية من الماء، ويحصلون على الثلث الباقي مـن المشروبات. وهناك أناس آخرين، علـى العكس تماماً، طعامهم جاف جـداً بسبب قلة الفاكهة والخضار، لـذا فإنهم مضطرون أن يحصلوا على ثلثي حاجتهم من الماء عن طريق الشرب.

النسبة المئوية لمحتوى المواد الغذائية من الماء	
الخضار	
الخيار	%95.6
الخس	%94
الجزر	%88.6
الكرفس	%88
الشوندر	%86.8
البطاطا	%77.4
الفاكهة	
البطيخ، الشمام	%92
التفاح، الكمثرى	%84
الزبيب	%24
التمر	%20
اللوز	%4.7
الجوز	%3

اللحوم	
الدجاج	%70
العجل	%69
الخروف	%62
البقر	%61
الخنزير	%56
السلامي	%28
السمك	
غادس أسمر	%82
نازلي	%80
تزويت	%77.6
إسقمري	%68.1
سلمون	%65.5
البيض	
بيض الدجاج	%74
الحليب ومشتقاته	
حليب البقر	%87
اللبن الزبادي	%86
اللبنة	%79
القشطة	%62
جبن الكممبير	%53
جبن الروكفورت	%40
جبن الكنتال	%37
جبن القشقوان	%34
جبن البارمزان	%31
الزبد	%17.4

الحبوب	
القمح	%12.6
الأرز	%12
الأرز المطبوخ	%71
الشعير	%11.1
الشوفان	%11
المعكرونة الجافة	%9
المعكرونة المطبوخة	%61
الخبز	
التوست	%8 - 7
البقول	
الفاصولياء الحب	%16.7
العدس	%11.6
الحمص	%10.6
الصويا	%7.5
المواد أخرى	
المايونيز	%40
المربى	%30
العسل	%20
قطع الحلوى	%4.5
السكر الأبيض	%0

< الرئتان:

المدخل الثاني للماء إلى جسمنا هو الطرق التنفسية. إذ يحتك الماء على شكل بخار غير مرئي، عالق في الهواء، بالأغشية المخاطية الرئوية. ويحصل امتصاص رطوبة الهواء في مستوى الحويصلات الرئوية.

مع أن عملية الامتصاص هذه ضعيفة، ولكنها موجودة، وإن كانت غير متطورة عند الإنسان. في حين تحصل بعض الحشرات على جزء كبير

مـن حاجتهـا إلى الماء عن طريق الطرق التنفسيـة حتى ولو كانت رطوبة الهواء ضعيفة.

< الجلد:

إن غلافنا الجلدي هو الآخر من أحد مداخل الماء إلى جسمنا. فكما هو الحـال فيما يتعلق بالطرق التنفسية، فإن امتصاص الماء عن طريق الجلد ضعيـف. وهذا الأمر يعد حامياً للجسم، فلو كان الجلد شديد الامتصاص للماء الذي يحتك به لتضخم الجسم على نحو خطر في كل مرة يُغمر فيها في الماء.

يُستفاد من قدرة الجسم على امتصاص الماء في العلاج. فهي تُستخدم كطريقـة مكملة لتزويـد ضحايا ضربات الشمس بالماء؛ هـؤلاء الذين بعد تعرضهم لمدة طويلة إلى الشمس أو إلى أي مصدر حراري آخر، قد خسروا بالتعـرق كميات كبيرة من الماء والأملاح. يجب على هؤلاء الأشخاص ليس فقـط أن يُعاد تزويدهم بالماء المملح على نحو تدريجي، بل أيضاً أن يغطوا بأقمشـة مبللـة بالماء، لكي ليزودوا بالماء عن طريـق الجلد ولحمايتهم من تجفاف إضافي.

لا يـزود الجلد والرئتان الجسم بالكثير من الماء بحيث يغطيان حاجته إليـه. إن الأنبـوب الهضمي هـو الطريـق الرئيس الذي عـن طريقه يُزود الجسم بحاجته من الماء، سواء على شكل مشروبات أو ماء مرتبط بغيره.

< الماء الاستقلابي:

مصـدر هذا المـاء الاستقلابـي ليس من خـارج الجسـم، وإنما من داخلـه. إنه الجسم نفسه هو من ينتجه، ليس ابتداء من الماء الموجود في

الأطعمة (الماء الممـزوج)، وإنما عن طريق استخدامه المركبات الصلبة للمواد الغذائية.

ينتـج الماء الاستقلابي عنـد تحول الشحوم والسكريـات إلى طاقة. إذ ينتهـي الأمر بالتحولات الكيميائية المختلفة التي تخضع لها هذه المواد إلى إنتاج طاقـة يمكن الاستفادة منها (الطاقة التـي تستخدمها العضلات)، وطاقـة لا يمكن الاستفـادة منها: الفضـلات، الرواسـب الاستقلابية (أو السمـوم) التـي يقتضي على الجسم طرحهـا خارجه. إنها غـاز الكربون (CO_2) الـذي يتخلص الجسـم منه عن طريق الزفـير... والماء (H_2O). يطـرح الماء الأخـير المذكور عن طريق الرئتين على شـكل بخار ماء أو عن طريـق المجـاري البولية. ولما كان الذي ينتج هذا المـاء هو الخلايا، فإنه لا يُصـب مباشـرة في أجهزة الطرح، بـل يقوم بجولة في كامـل الجسم قبل أن يصـل إلى أجهزة الطرح. ومن ثمّ فإنـه يسهم أثناء تجواله في ترطيب أنسجة الجسم.

يصل إنتاج الماء الاستقلابي اليومي عند الإنسان إلى ما يقارب 300غ. مع هـذا فإن هذا المردود غير المستهان به ليـس أولوياً. فبعض الحيوانات تعتمد عليه أكثر من اعتمادنا عليه بكثير. إذ يعد الماء الاستقلابي مصدرها الرئيسـي للسوائل. من هذه الحيوانات، يأتي في المرتبة الأولى اليربوع، وهو مـن القواضـم التي تعيش في الصحراء، والذي كمـا يبدو لنا قادر على أن يستغنـي نهائيـاً عـن الشرب، فالماء الذي هـو بحاجة إليه يـزوده عادة به جسمه عن طريق مائه الاستقلابي، وكذلك، وبكميات صغيرة، من محتوى المـواد الغذائية الصلبة مـن الماء: تحوي الحبوب نحـو 10% من الماء. ولا ننكر بأن ضعف مصدر الماء يُعوض بإجراءات الهدف منها تحجيم خسارة

السوائل إلى أكبر حد. فاليربوع يتعرق أقل من غيره من الحيوانات، ويتبول أيضاً قليلاً، وبرازه جاف جداً. إضافة إلى أنه يمضي نهاره في أنفاق تحت الأرض، في منأى عن الشمس والحرارة، ولا يخرج إلا ليلاً.

إن إمكانية الحيوان في إنتاج الماء الاستقلابي من أحد العوامل المختلفة التي تفسر قدرة تحمل الجمال للحرارة وقلة الماء. إن سنام الجمل لا يحوي على الماء، كما يظن بعضهم، وإنما على شحوم. تشكل هذه الشحوم مخزوناً من الطاقة يتأكسد تدريجياً عند استخدامه منتجاً ماء استقلابياً.

وارد السوائل (أرقام وسطية)	
المشروبات	1.2 لتر
ماء المواد الغذائية	1 لتر
الماء الاستقلابي	0.3 لتر
المجموع	**2.5 لتر**

امتصاص الماء

يجري تزويد الجسم بالماء عند الإنسان ومعظم الحيوانات عن طريق الجهاز الهضمي، ويبقى هذا الماء خارج أنسجة الجسم مادام في الجهاز الهضمي. إذ يجب على الماء ليصل إلى أعماق الخلايا أن يغادر الجهاز الهضمي. ويحصل هذا بفضل عملية تسمى بالارتشاح الغشائي أو التناضح، التي تتكرر في كل مرة يتوجب فيها على الماء عبور غشاء ما أو الانتقال من عضو إلى آخر. نظراً لأهمية عملية الارتشاح لموضوعنا، سنقوم بوصفها على نحو مفصل.

< الارتشاح:

تحصل ظاهرة الارتشاح عندما يفصل سائلان من كثافتين مختلفتين غشاء نفوذي. يتم انتقال الماء (ارتشاحه) من الوسط الأقل تركيزاً - وأقل غنى بالمواد الصلبة العالقة فيه - نحو الوسط الأكثر تركيزاً، إلى أن تتعادل كثافة السائلين. يحصل هذا الارتشاح لأن السائل الأكثر كثافة يشكل ضغطاً أكبر على السائل الأضعف. يجبر هذا الضغط على السائل الأضعف تركيزاً على الانتقال. ولما كان الغشاء الذي يفصل بين السائلين نفوذياً، سينقل الماء إلى السائل الأكثر تركيزاً ليخفف من تركيزه. يتحقق التوازن بين السائلين إذاً عند انتقال الماء من الوسط الأقل تركيزاً فيزداد تركيزه إلى الوسط الأكثر تركيزاً فيخف تركيزه (الشكل 4).

يزداد انتقال السائل من جهة إلى جهة عبر الغشاء كلما كان ضغط الارتشاح أقوى، أي عندما يكون التفاوت بين تركيز السائلين أكبر. وهكذا كلما زاد تركيز وسط ما، زاد سحبه للماء الموجود في الوسط الآخر من الجهة الثانية للغشاء. وعلى العكس، إذا كان هناك توازن في الضغط بين طرفي الغشاء، لا يحصل في هذه الحال أي تبادل.

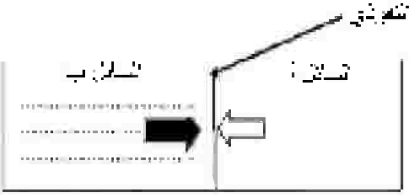
تتمتع بعض الأغشية بنفوذية يُقال عنها انتقائية، أي أنها إضافة إلى الماء تسمح بمرور مواد صلبة معينة، مثل الأملاح المعدنية والغلوكوز، وغيره. ويكون عادة انتقال المواد الصلبة في الاتجاه المعاكس لانتقال الماء، مما يسمح بتحقيق توازن أسرع ومريح بين السائلين. فتقل كثافة الوسط الأكثر تركيزاً باستقباله للماء وبتخليه عن المواد الصلبة.

أغشية الخلايا انتقائية. إنها تسمح بدخول الخلية البوتاسيوم، ولكن ليس الصوديوم ولا الكلور. يعطينا هذان المعدنان معاً كلورور الصوديوم أو ملح المائدة، وهما بالآتي يبقيان خارج الخلايا.

هل هذا يعني أن الصوديوم لا يخترق الخلية؟ الجواب : لا! إذ إلى جانب ظاهرة الارتشاح هذه، يوجد وسيلة أخرى نشيطة تسمح للخلايا امتصاص المواد التي تمنعها عادة نفوذية أغشيتها بالعبور. يجري هذا الامتصاص بمساعدة مضخات، أكثرها شهرة مضخة الصوديوم. تسمح هذه المضخات للخلايا أن تغرف وفقاً لحاجاتها من المواد التي تفيدها من الجانب الآخر لأغشيتها.

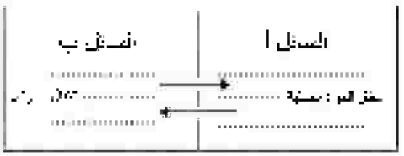
إنها التبادلات الارتشاحية، التي تحصل في كل مستويات الأغشية والأغشية المخاطية للجسم، هي التي تسمح للأنسجة امتصاص الماء وتبادلات وانتقالات السوائل من مستوى إلى آخر في الجسم.

• الضغط الإرتشاحي



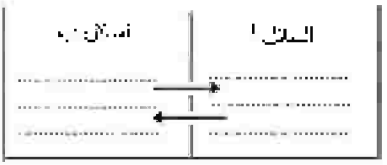
إن تركيز السائل ب أكبر من السائل أ ، والغشاء يشكل السائل ب ضغطاً إرتشاحياً أكبر على السائل أ

• انتقال الماء والمواد المحللة



لتحقيق الاتزان بين السائلين، يجري انتقال الماء من السائل أ باتجاه السائل ب (وفق نفوذية اختيارية)، وانتقال المواد المحللة بالتركيز من ب الى أ.

• تعادل الضغط الإرتشاحي



تحقق توازن بين تركيزي السائلين بفعل عملية الانتقال، وأصبح الآن الضغط الإرتشاحي متعادلاً وبالتالي توقفت الإنتقالات الإرتشاحية.

الشكل 4: الإرتشاح الإرتدادي

< التبادلات بين الأمعاء والدم:

ليتمكن الماء الموجود في القناة الهضمية من الدخول إلى الأنسجة عليه أولاً أن يعبر جدرانها ليخترق مجرى الدم. ولما كان الامتصاص يحصل بفضل ظاهرة الارتشاح، فإنه ضعيف جداً في مستوى الفم. فمع أن الشعيرات الدموية الموجودة في اللسان تسمح لامتصاص الماء بالحدوث، ولكن الزمن الذي يحتك فيه الماء باللسان قصير جداً ليحصل هذا الامتصاص.

وكذلك الأمر في مستوى المعدة، فإن الامتصاص ضعيف جداً، لأن مهمة المعدة الأولى هي هضم الطعام وليس تمثله. لذا يمر بها الماء سريعاً ليذهب إلى الأمعاء، التي مهمتها الرئيسة هي تمثل الطعام. فعندما يصل محتوى الأمعاء من الماء المستوى المناسب، تقوم المعدة بحبس الماء الفائض مؤقتاً، ولا تدعه يغادرها إلا عندما يقل معدّله في الأمعاء (مهمة المعدة التنظيمية لمرور الماء).

يغطي الغشاء المخاطي للأمعاء الدقيقة شعيرات دموية. كما أن الغشاء الذي يفصل بين داخل الأمعاء وداخل الشعيرات الدموية رقيق جداً. فهو مكون من طبقة واحدة من الخلايا، لا يتجاوز ثخنها 30 مليم من المليمتر. ومن ثمّ فإن التبادلات الارتشاحية تجري بسهولة كبيرة، إضافة إلى أن الطعام وماء المشروبات في هذا المستوى يبقى على احتكاك طويل مع الغشاء المخاطي المعوي.

وهكذا فإن امتصاص الماء يكون على نحو رئيس في مستوى الأمعاء الدقيقة، وهذا ينطبق أيضاً على المواد الغذائية. ففي الواقع 90% من الماء

الممـزوج بالمـواد أو المشروب ينتقـل إلى الدم في مستـوى الأمعاء الدقيقة؛ وخاصة في النصف الأول منها.

عندمـا يجري تناول سائل مـا وحده، أي عندما نشـرب دون أن نأكل، يكـون الماء الذي تتلقاه الأمعـاء الدقيقة من تركيز أقل من تركيز الدم. إذ يحتوي الدم على العديد من المواد التي ينقلها (غلوكوز وأملاح معدنية...) وعلـى مركباته الخاصة به (الكريات الحمراء والصفائح...). تمثل المواد الصلبـة التي يحتويها الـدم ما يقارب 10% من وزنه، مقابل 1% في الماء. ومـن ثمّ فإن الضغـط الارتشاحي يكـون أكبر في جانب الـدم، مما يؤدي إلى انتقـال ماء الأمعاء نحـو الدم. ويحصل هذا الانتقـال بسرعة كبيرة: ممـا يؤكد على هذه الظاهرة الشعـور بالارتواء سريعاً عند شرب الماء. إذ تكفي بضعة دقائق ليدخل الماء الدم، وليذهب الشعور بالعطش والتجفاف. كما يكفـي وقت قصير لأن تدخل جرعة من السوائل مبالغ فيها إلى الدم، ليزداد حجمه كثيراً، فيُحرض بوال معدِّل في مستوى الكليتين.

الوضع لا يختلف كثيراً عندما يجري تناول مشروبات مع وجبة الطعام. إذ إن امتصاص الماء يحصل بسهولة أيضاً، ولكـن بسرعة أقل. ينتج عن اختلاط المواد الصلبة بالسوائل، طبعاً، سائلاً أكثر تركيزاً من الماء. إلا أن هـذا التركيز ليس مرتفعاً جداً، فلا بد مـن أن يكون الطعام المهضوم ليناً كفايـة ليتمكن من التقدم أثناء توجهه نحو أسفل القناة الهضمية. إذ يقل تركيز الطعام المهضوم بفضل كثرة إفرازات العصارات الهضمية من جهة (تصـل إلى 7 لتر في اليوم)، والماء الذي تحتويه المواد الغذائية نفسها من جهـة أخرى. وهكذا يضعف تركيز الطعام المهضوم ليصبح أقل من تركيز الدم. وهذا الأمر يحصل تدريجياً أثناء عملية الهضم متزامناً مع مغادرة

المواد الغذائية للوسط المعوي ليدخل الدم، مما يزيد كثافته مؤقتاً. وهكذا سيستمر الضغط الارتشاحي الذي يشكله الدم، وبالمقابل يسهل انتقال الماء من الأمعاء نحو الدم. إن قدرة الأمعاء الدقيقة على امتصاص الماء غير محدودة تقريباً. عملياً، يمكننا شرب ما نشاء من الماء، وسيتمكن جسمنا من تمثله. ولن يسيل الماء خارج الجسم عن طريق الأمعاء، إلا في حالات استثنائية جداً مثل المبالغة الكبيرة أو حساسية شديدة للأمعاء.

بالرغم من القدرة الكبيرة للأمعاء الدقيقة في امتصاص السوائل، فإن الطعام المهضوم الذي يغادرها ليدخل في الأمعاء الغليظة يحتوي على ما يقارب 1 لتر من الماء، وسيجري امتصاص هذا الماء المتبقي جزئياً عن طريق الأغشية المخاطية للقولون، فوجود الماء ضروري لضمان طرح الفضلات. إذ لا يتم طرح الفضلات إلا عندما يكون فيها نسبة معينة من الماء، فإذا كانت قاسية جداً يحصل إمساك، وإذا تجاوزت نسبة الماء فيها الحد المطلوب، يحصل إسهال.

لا يجري انتقال الماء من الأمعاء نحو الدم، وكذلك انتقاله فيما بعد من الدم إلى مستوى أدنى، في مستوى الشرايين والأوردة، وإنما في مستوى الشعيرات الدموية. نظراً لأهمية الشعيرات الدموية فيما يتعلق بموضوع بحثنا، سنقوم بشرحها ووصف خصائصها باقتضاب.

< الشعيرات الدموية:

إنها أوعية دموية دقيقة جداً. ويقال أنها رقيقة جداً كالشعر (ومن هنا جاءت تسميتها بالشعيرات). في الحقيقة، إنها أكثر دقة بكثير من الشعر: قطرها يتراوح بين 5 و30 ميكرون (مليم من مليمتر). إنها صغيرة

جـداً لدرجة أن الكريات الحمراء الموجـودة فيها لا يمكنها الجريان في آن واحـد، وإنمـا الواحدة تلو الأخـرى، بالتتابع. بل إن تقدمهـا ينقطع ما أن تتقلص الشعيرات الدموية.

إنهـا كثـيرة العدد إلى أبعـد حد، فهي التـي من مهمتهـا ري الأنسجة العميقـة. إنها تقوم بترويتها بفضل تشعباتها -مثل غصن الشجر- بحيث تتمكـن من ري كل أجزاء الجسم. فإذا شبهنـا الشرايين والأوردة بمحاور الطـرق الكبيرة لبلد مـا، فإن الشعـيرات الدموية عبارة عـن مئات آلاف الطرق الفرعية التي تخدم كل منزل (الخلية).

إن جـدران االشعـيرات الدمويـة نفوذيـة: إنهـا تسمـح للمـاء والمواد الغذائيـة بالمرور، وكذلك الأمـر فيما يتعلق بالسموم التـي تنتجها. مع أن حجـم الشعيرات الدموية صغير، فـإن الشعيرات إذا مـا وُصلت أطرافها بعضها ببعض لشكلت سلسلة طولها 100000كـم (ضعفي ونصف دائرة الأرض) وسطح من التبادل مساحتـه 6.333 م^2 (وهذا ما يعادل مساحة سطح طوله 6 كم وعرضه 1.05 م)!

هـذا السطـح الكبير جداً هو موضع مرور إجبـاري لكل ما هو قادم من الخارج (عبر قنوات الهضم، الرئتين...) ليدخل إلى داخل الأنسجة، والعكس بالعكس، لكل ما هو قادم من الأنسجة (السموم) لينقل إلى الخارج.

إن كمية الدم التي يحويها الجسم لا تكفي لملء الأوردة والشرايين وكذلك كامـل الشعيرات الدموية. لذلك لا يملأ الدم أبـداً كامل شبكة الشعيرات الدموية. إن شعـيرات الأعضاء المستريحة - كالعضلات - تتقلص لتطرد الـدم الـذي تحويه ليكون متوافـراً لشعيرات الأعضـاء أو الأجزاء العاملة

والنشيطة. وهذا يفسر على سبيل المثال النعاس الذي يصاب به المرء بعد تناول وجبات الطعام: إذ تمتلئ شعيرات القنوات الهضمية بالدم حتى الثمالة، على حساب شعيرات الدماغ.

إن قدرة الشعيرات الدموية في التوسع والتقلص يسمح لها أيضاً بتحمل تغيرات وارد السوائل. إذ تتوسع عندما يدخل الكثير من الماء في الدم، فتزيد حجمها؛ وتتقلص في المقابل في الوضع المخالف.

< التبادل بين الدم والسائل الخلالي:

يوجد أكثر من 95% من الماء الذي يدخل الجسم عن طريق قنوات الهضم في الدم. ولكن حجم الدم لا يستمر في التزايد إلى ما لا نهاية مع زيادة شرب الماء، فمع أن حجم الدم يزداد، ولكن ضمن حدود. فإن لم تكن الحال كذلك، فإن الأوعية الدموية ستتمدّد وتنفجر تحت ضغط السائل، ولكن هذا لا يحصل أبداً، لأن التبادلات الارتشاحية ستقوم سريعاً بتقليص حجم الدم (كما يحصل عند طرح السائل من الدم عن طريق الكلى الذي سنتحدث عنه فيما بعد).

ففي الواقع، يقوم الماء القادم إلى الدم من قنوات الهضم بتمديد الدم، ويضعف الضغط الارتشاحي على جدران الأوعية الدموية (لا يسبب الضغط الارتشاحي لسائل ما حجمه، وإنما تركيزه). لذا، من الجانب الآخر لجدران الأوعية يوجد السائل الخلالي، الذي تركيز المواد الصلبة فيه قريب من تركيزها في الدم. هذا التقارب مرغوب به ويسمح للجسم، بفضل تعديلات طفيفة فقط ـ لتركيز الدم أو السائل الخلالي ـ بأن يوجه النقل الارتشاحي من اتجاه إلى آخر على حسب الحاجة. يجري هذا النقل

من الدم نحو السائل الخلالي في أثناء عملية التمثل الغذائي، ومن السائل الخلالي نحو الدم بغية التخلص من السموم.

وهكذا، عندما يتقلص الدم بسبب وارد السائل، تزداد كثافة السائل الخلالي، مما يؤدي إلى إقلاع النقل الارتشاحي للماء ابتداء من الدم نحو السائل الخلالي. ولما كانت هذه العملية مستمرة بلا توقف، فإن الماء الفائض الموجود في الدم يخرج منه مع دخوله أولاً بأول.

سيفيد الماء الذي يدخل في الأجزاء الواقعة بين الخلايا (البيفرجية) في تجديد السائل الخلالي حيث تطرح الخلايا فضلاتها. كما أنّه يسمح للوسط البيفرجي بأن يتنازل عن بعض مائه للخلايا، دون أن يتعرض لتجفاف خطر، فالخلايا في الواقع بحاجة إلى الماء، ومصدرها الوحيد للتزود منه هو الوسط البيفرجي. فالدم يروي الخلايا على نحو غير مباشر (انظر الشكل 3).

يبقى حجم السائل الخلالي بفضل آليات مراقبة ثابتاً. وإن كان من الممكن أن يحصل تفاوت في حجمه. إذ إن عوز السائل في هذا المستوى يؤدي إلى تجفاف الأنسجة، ومن ثمّ إلى اضطرابات عديدة سنتكلم عنها لاحقاً. كما أن الفائض من السائل في هذا المستوى البيفرجي سببه وذمات. لا تسبب هذه الوذمات زيادة حجم الخلايا، وإنما زيادة حجم بعض الأجزاء البيفرجية. نتحقق عادة من وجود الوذمة في مستوى الأرجل (وخاصة عند الكواحل) وفي الأيدي (مما يمنع نزع الخواتم من الأصابع) أو في الجفون. يسبب غالباً هذا الاضطراب كثرة تناول الملح. إذ إن من خواص الملح احتباس الماء: 11غ من الماء مقابل غرام واحد من الملح؛ لذا فإن المبالغة في تناول الملح أمر مضر بالصحة.

< التبادل بين السائل الخلالي والخلايا:

الخلايا هـي الغاية النهائية للماء الداخـل للجسم. فالخلايا هي التي تقـوم بالتغيـيرات الكيمياحيويـة العديدة والضرورية لحسـن سير ولبقاء الجسم سليماً. والخلايا هي أيضاً المقصد الرئيس للماء، إذ إن 70% من الماء الذي يحتويه الجسم موجود في الخلايا.

يدخل المـاء الموجود في السائل الخلالي داخل الخلايا سواء عن طريق الارتشـاح، أو بفضـل مضخات صغيرة خاصة منتشـرة على سطح الخلية الخارجـي. إن وجود هذه المضخات يسمح إذاً بمراقبة وإدارة أكثر إحكاماً لوارد السائل من الاعتماد على التبادلات الارتشاحية بمفردها.

يفيـد المـاء داخل الخليـة في تشكيل السائـل الخلوي الـذي عليه تعبئة الخلية. إنه يفيد أيضاً في تجديد هذا السائل، ونقل المواد من جزء لآخر في الخلايا، وفي الإسهام بطرق عديدة أخرى في الحياة الخلوية.

إلا أن هنـاك مستـوى مثالي للمـاء في الخلايا يضمن لهـا حسن سير نشاطهـا. لذا فإن كل خلـل في هذا المستوى يـؤدي إلى اضطرابات صحية وأمراضـ. والجسـم يتصـرف مباشرة عنـد كل تغير في حجـم مائه. إن أي عـوز للسائـل يؤدي إلى طلـب الخلايا للماء الذي ستغرفـه من السائل الخـلالي. وفي المقابـل، سيقـوم الجسم عند وجـود فائض للمـاء بتعديل الوضع سريعاً عن طريق طرحه خارج الخلية في السائل الخلالي.

وهكذا، فإن هناك تبادلات مستمرة وثنائية الاتجاه عبر الغشاء الخلوي، وبين مستويات داخل وخـارج الخلايا. هذه التبادلات مركزة، وتشهد على تجديد سريع ومستمر للسوائل التي يتشكل منها الجسم.

< طريق العودة:

يُستهلك الماء عند مروره بدواليب المحرك الخلوي، ويصبح من الضروري أن يغادر الخلية ليطرح خارج الجسم. يفقد هذا الماء المستهلك حيويته، ويصبح محملاً بالسموم التي تنتجها الخلايا.

ولكي يغادر الماء الجسم، يرجع إلى السائل الخلالي، ومن ثم يعود إلى الدم ليقوده إلى الأجهزة المسؤولة على طرح الماء والفضلات. وهكذا تنتهي دورة الماء في الجسم.

ولما كانت الخلايا حساسة جداً لنوعية محيطها والخلل الذي قد يطرأ عليه، فإن تجديد السوائل العضوية لا بد منه على نحو مستمر. فإذا كان الجسم، كما يقال، يبدل كل المواد الصلبة المتكون منها خلال سبع سنوات، فإن تجديد سوائله تحصل خلال أسبوعين إلى ثلاثة.

طرح الماء

يجري طرح الماء خارج الجسم بأربع طرق مختلفة.

< الكليتان:

الكليتان هما عضوا الطرح الرئيس للماء. ففي كل يوم، نطرح من 1 إلى 1.5 لتر من الماء بالتبول. فعند عبور الدم بالكبيبات الكليوية (مصاف صغيرة تتشكل منها الكلى) يُسحب جزء من مائه، العديد من الفضلات الصلبة (الأملاح المعدنية المستهلكة، حمض البول، البولة...) وفي الوقت نفسه. فمجموع هذا الماء وهذه المواد الصلبة يشكل البول. وهكذا فإن البول عبارة عن 95% ماء و5% مواد صلبة.

إن تنقية الدم وسحب جزء من مائه يتم في الكبيبات، التي يبلغ عددها مليون في كل كلية. وتحصل التنقية على نحو رئيس بفضل اختلاف الضغط الممارس على أحد جهات غشاء الكبيبة. فبما أن الضغط أقوى من جهة الدم، سيتخلص الأخير من جزء من مركباته، التي يخرج فيها عصير مهروس الفاكهة من زرد كيس القماش الذي يحتويها عند الضغط عليه بالطريقة نفسها. إن أهمية الضغط أثناء عملية التنقية تفسر تلك الرغبة بالتبول عندما يرتفع ضغط الدم (عند الفزع، وبعد شرب القهوة، أو عند السباحة في ماء شديد البرودة).

تتعلق كمية الماء المطروح عن طريق الكليتين عند الأنواع المختلفة للحيوانات بالطريقة التي يجري فيها استقلاب البروتينات. إذ يمكن للبروتينات إنتاج نوعين من الفضلات: البولة وحمض البول.

تتطلب البولة كمية كبيرة من الماء لتتمدد، ولكي تُنقل إلى خارج الجسم، عن طريق بول قليل التركيز حتى لا يهيج ويخرش غشاء الجهاز البولي المخاطي. وهذه هي حال رجل اقترب حجم ماء بوله إلى 1.5 لتر. يؤدي استقلاب البروتينات إلى إنتاج البولة، وحجم هذا البول كبير نسبياً.

في حين تطرح بعض الحيوانات - مثل الطيور والزواحف - بولاً قليلاً وخفيفاً. إذ إن استقلاب البروتينات لديها يؤدي على نحو رئيس إلى تشكل حمض البول، وهي مادة لا تنحل في الماء مما يجعلها تحافظ على قوامها الصلب. وهذا يفسر على سبيل المثال لماذا لا تبول الطيور مثل معظم الحيوانات، وإنما تطرح مادة كثيفة ومخاطية.

تقوم الكلى إضافة إلى دورها في تنقية الدم بمراقبة محتوى الجسم من الماء. فعندما يكون وارد الماء غير كاف، وقد أصبح يعوز الأنسجة السوائل، تقوم الكلى بطرح الفضلات المفروض التخلص منها في قليل من البول. بالمقابل، عندما يكون وارد الماء مرتفعاً جداً، تقوم الكلى بطرح سوائل أكثر من المعتاد.

< الجلد:

يترك الماء الجسم عن طريق الجلد على شكل عرق. يتكون العرق من 99% ماء و1% مواد صلبة. هذه المواد الصلبة عبارة عن أملاح معدنية مستهلكة (صوديوم، فوسفور..) أو فضلات عضوية (بولة، حمض البول...). فالجلد يطرح إذاً الفضلات نفسها التي تطرحها الكلى، وإنما على نحو أقل تركيزاً (يحتوي البول على 5% من الفضلات الصلبة مقابل 1% بالنسبة للعرق).

يجري إنتاج العرق وطرحه عن طريق الغدد العرقية: ففي أجسامنا ما بين 70 إلى 120 غدة في كل سم^2 من الجلد. تجري عملية التنقية التي يقوم بها الجلد بالطريقة نفسها التي تقوم بها الغدد الكبيبية في الكلى: إذ يدفع اختلاف الضغط من جانب إلى آخر إلى مرور جزء من الماء والفضلات الموجودين في الدم إلى داخل الغدد العرقية. وهكذا ما إن يتكون العرق حتى يُتخلص منه عن طريق مجاري رفيعة جداً نحو سطح الجلد.

يسمح العرق بطرح الماء المستخدم والفضلات، وكذلك يساعد في تنظيم حرارة الجسم عندما ترتفع. إذ إنه يتبخر عندما يحتك بالهواء، فيسحب الماء الموجود على الجلد بعض الحريرات (الحرارة) من الجسم؛

مما يساعد على انخفاض حرارته. يلجأ الجسم إلى هذا النظام في تنظيم حرارة الجسم في كل مرة ترتفع فيها حرارة الوسط، أو عندما يقوم الجسم بمجهود، أو عندما ترفع درجة حرارته. يزداد التعرق وخسارة الماء الناتجين مع ارتفاع حرارة الجسم.

يطرح الجسم الماء عن طريق الجلد ترشحاً أو تعرقاً. فالترشح عبارة عن إفرازات تحصل باستمرار، وهي غير مرئية بالعين المجردة: إنها القطرات الناعمة من العرق التي تظهر على سطح الجلد مباشرة. أما التعرق فإنه يحصل في أوقات معينة، ويتميز بإفراز كبير ومرئي للعرق.

ينتج الجسم في كل دقيقة نحو 0.3 غ من العرق عن طريق مجموع غدد العرقية الموجودة في كامل الجسم، وهذا يمثل 540 غ في 24 ساعة. هذا الرقم يمثل العرق الذي ينتجه الجسم في حال الراحة، والذي يطرحه الجسم ترشحاً. ولكن عند بذل الجهد يرتفع هذا الرقم إلى 1 لتر أو أكثر في الساعة. وعند ارتفاع درجة الحرارة الشديد، فإن اقتطاع السوائل من الدم لتشكيل العرق يصبح أكثر بكثير. إذ عند إجراء بعض القياسات على أشخاص في حمام البخار، تبين أنهم يفقدون 40 غ من العرق في الدقيقة، أي 1200 غ في نصف ساعة. وعند الحمى، يطرح بعض المرضى 5 إلى 6 لترات من العرق يومياً. وهذا الأمر ليس ممكناً لولا أن الماء المفقود يجري تعويضه عن طريق شرب الماء. يغادر الماء المشروب وسط الأمعاء إلى الدم، ومنه إلى غدد العرقية. إذا كانت حاجة الجسم إلى الماء غير ملبّاة لتعويض الماء المفقود، فإن السائل سيستقطع ليس فقط من الأمعاء، بل أيضاً من السائل الخلالي. وإذا لم يكتف الجسم بعد، سيسحب من مستويات أعمق، أي من الخلايا. وعندما يكون هذا السحب كبير ومتكرر، سيعاني الجسم

مـن التجفاف. ومن ثم سيضعـف إنتاج العرق، ومن ثـمّ سيزداد تركيزه. ومن هنا نستنتج وجوب شرب الماء لتحقيق توازن مائي للجسم.

لا تملك بعض الحيوانات، كالكلاب، جلداً يسمح لها بالتنفس كفاية عن طريقـه لتنزيل حرارة الجسم بعد بذل جهد كبـير. لذا فإن عملية التبخر تحصـل عن طريق الرئتـين. فعن طريق سحب اللسـان وبالتنفس السريع تنشأ في مستوى المجاري التنفسية عملية تبخير مشابهة لتلك التي تحصل عند الإنسان في مستوى الجلد.

< الرئتان:

تخرج كمية من السائل من الجسم عن طريق الزفير على شكل بخار. تبلـغ كميـة الماء المطروح عن طريـق هذه الآلية مـن 300 غ إلى 500 غ في اليـوم. وترتفع عند بـذل جهد مكثف من 2 إلى 3 مـل في الدقيقة، مقابل 0.25 مل عند الراحة. ويحصل هذا الأمر أيضاً في الطقس الجاف والحار، إذ لا بـد مـن الحفاظ على مستـوى رطوبة معين في داخـل الرئتين لكي لا تجف الأغشية المخاطية الرئوية. لأنه إذا حصل هذا بالرغم من كل شيء فـإن الأغشية المخاطية ستتأذى وتتصلـب، مما قد يؤدي إلى اضطرابات صحية كالسعال.

< الأمعاء:

تعـدّ الأمعـاء أضعف الأعضـاء في طرح المـاء. مـع أن 150غ من البراز الـذي نطرحـه يوميـاً شكلـه صلـب، إلا أن محتواه مـن السائـل يصل إلى 120غ. هذا السائل ضروري ليسهل عملية التفريغ. لذا عند المعاناة من بعض

الاضطرابات المعوية، يصبح وجود الماء وطرحه مرتفع على نحو غير طبيعي (عدة لترات). ومن ثمّ يصبح البراز سائلاً وهذا ما يسمى بالإسهال.

إن وجود الماء بكميات كبيرة في البراز يُفسر بطريقتين:

- في حال الإسهال غير المعدي، فإن التوتر أو وجود مواد مخرشة للغشاء المخاطي (مواد سيئة الهضم، مواد تالفة، مواد متعفنة) يؤدي إلى زيادة إفراز دفاعية تهدف إلى تخفيف تركيز البراز ليصبح أقل تخريشاً. ولكن إذا لجأ الجسم تكراراً إلى هذه الآلية، فإنه سيخسر الكثير من الماء، ومن ثمّ قد يعاني من التجفاف.
- في حال الإسهال المعدي، تخرب الجراثيم أو الفيروسات خلايا جدران الأمعاء، مما يمنعها من امتصاص السائل الذي تلقته عن طريق الشرب والطعام والعصارات الهضمية. يمدد هذا الماء الفائض البراز، ويعطيها قوام سائلي. وبما أن الماء لم يعد يصل إلى الدم ولا الخلايا، فإن احتمال التجفاف وارد وكبير، لأن القنوات الهضمية هي المدخل الرئيس للماء إلى الجسم.

مع طرح السوائل نكون قد وصلنا إلى نهاية دورة الماء في الجسم. إلا أن مرور الماء عبر كل المستويات (جهاز الهضم والدم والسائل الخلالي ومن ثم السائل الخلوي) ليصل إلى داخل الخلية، ومن ثم طريق العودة ليغادر الجسم، ليس إلا جانباً من دورة الماء، فالماء داخل هذه الدورة الكبيرة يجري في دورات أصغر. سنذكر منها اثنتين - الأولى على علاقة بقنوات الهضم، والثانية بالكليتين - لنبين مدى اعتماد الجسم، الذي يعمل في دائرة مغلقة جزئياً، على جريان سوائله المستمر ليبقى حياً.

فقدان السوائل (أرقام وسطية بالليتر)	
عن طريق البول	1.51
عن طريق العرق	0.51
عن طريق الرئتين	0.41
عن طريق الأمعاء	0.11
المجموع	**2.51**

< دورة الماء في مستوى القناة الهضمية:

تسحب الغدد الهضمية لتفرز عصاراتها الماء الضروري لها من الدم. وكمية هذا الماء المسحوب لا بأس بها؛ لأن جهازنا الهضمي يفرز في كل يوم 7 لترات من العصارات الهضمية: 1 لتر لعاب، 1.5 لتر عصارة معدية، 0.75 لتر صفراء، 0.75 لتر عصارة بنكرياسية، 3 لترات عصارات معوية.

ومع أن هذه المفرزات تحصل على حساب الماء الموجود في الدم، فإن حجم الدم لا يقل. فالماء الذي يتزود به الدم من جديد هو السائل الذي يحصل عليه الجسم من المشروبات والأطعمة، و كذلك عن طريق القناة الهضمية نفسها. إذ إن العصارات الهضمية المستخدمة لهضم وتليين المواد الغذائية لا تُطرح مع البراز عند نهاية الهضم. إذ يقوم الجسم بإعادة امتصاص جزء كبير منها عن طريق الأغشية المخاطية للأمعاء الدقيقة والقولون.

لا يأخذ البراز معه إلا 120 غراماً من السائل. وهكذا، من 7 لترات ماء مستخدمة لإنتاج العصارات الهضمية، سيعاد امتصاص 6.88 لتر

(أو 97% من حجم المفرزات الهضمية) عن طريق الأغشية المخاطية للأمعاء، لتذهب بعدها إلى الدم، فيعاد استخدامها في أماكن أخرى في الجسم. في الحقيقة، إن عملية إعادة الامتصاص التي يقوم بها الجهاز الهضمي أكبر من ذلك. فهي لا تعتمد فقط على 6.88 لتر من العصارات الهضمية المنتجة يومياً، بل أيضاً على 1.2 لتر من ماء المشروبات و1 لتر من الماء الموجود في الأطعمة.

موازنة الماء في مستوى الجهاز الهضمي (الأرقام وسطية باللتر)			
الوارد		**الصادر**	
ماء ممزوج	1 ل	الماء في البراز	1.1 ل
مشروبات	1.2 ل		
لعاب	1 ل		
عصارات معدية	1.5 ل		
عصارات بنكرياسية	0.75 ل		
صفراء	0.75 ل		
عصارات معوية	3 ل	الماء المعاد امتصاصه	9.1 ل
			9.2 ل
المجموع	9.2 ل	**المجموع**	

< دورة الماء في مستوى الكلى:

تؤدي تنقية الجسم من السموم عن طريق الكلى إلى استقطاع 120 مل من الماء في الدقيقة. وهذا يمثل في 24 ساعة 180 لتراً من الماء المستقطع من الدم. وهكذا نطرح 180 لتراً من البول يومياً. فماذا يحصل إذاً بـ 178 لتراً الباقية؟ إنه يعاد امتصاصها في جزء خاص في الكليتين (القنوات

الملتويـة)، ومن ثم تُعـاد إلى الدم. بفضل هذه الإمكانيـة، يتجنب الجسم خسارة كمية من السوائـل الضرورية لتنقية الدم، وهي كمية كبيرة بحيث لا يمكن للجسم تعويضها من وارد خارجي.

ومـن هنـا نتبين من جديـد روائع قدرات جسمنـا التأقلميـة. إذ يقوم جسمنـا ليحافظ على حياته مـع وارد محدود من السوائـل بإعادة تكرير واستخـدام الماء الـذي في حوزته إلى أكبر حد، وذلـك بنقله من جزء إلى آخر ليسهم في أعماله العديدة.