المحاضرة الثالثة

الماء Water

يعد الماء ضرورة مهمة من ضروريات الحياة بعد الاوكسجين فالأنسان يستطيع العيش لمدة اسابيع معدودة بدون غذاء لكنه لا يستطيع العيش ايام معدودة وقليلة بدون الماء يعد فقدان الماء بحدود ١٠% من ماء الجسم مؤذيا للخلايا والانسجة وفقدان الجسم نسبة ٢٠ - ٢٢% من مائه يؤدي الى الموت الحتمي. مع ان فقدان جميع الكاربوهيدرات والدهون المخزونة في الجسم لا يؤثر على الحياة وكذلك فقدان ٥٠% من بروتين الجسم.

تتفاوت نسبة وجود الماء في الخلايا الحية سواء اكانت خلايا نباتية ام حيوانية فالخضروات مثل اللهانة والخس والخيار قد تقل نسبة الماء فيها الى نحو ٩٥% على حين تحتوي البذور الجافة على اقل من١٠% ماء وينطبق الكلام ايضا على الانسجة والخلايا الحيوانية.

يحتوي جنين جسم الانسان على نسبة متفاوتة ايضا من الماء فقد يحتوي الانسان في الشهر الثالث على حوالي ٩٤% وتنخفض النسبة الى ٧٥% عند الولادة وتستمر بالانخفاض بزيادة العمر حتى تثبت النسبة في الشخص البالغ. فجسم الرجل يحتوي على نسبة ٥٥- ٦٠% ماء على حين يحتوي جسم المرأة على ٥٠ - ٥٥% وهذا يعزى سببه الى احتواء جسم المرأة على نسبة اعلى من الدهن موازنة بالرجل اذ يحتوي جسمه على انسجة عضلية اكثر مما لدى المرأة كذلك زيادة وزن الجسم بزيادة الانسجة الدهنية تقل فيها نسبة الماء الموجودة في الجسم في الرجل السمين ال Obexe قد تصل نسبة الماء في حسمه الى ٤٥ % أو أقل.

وباختلاف الأنسجة أيضا تختلف، نسبة الماء فقد تصل في النسيج الدهني الى ٢٥% موازنة بالأنسجة العضلية حيث تحتوي على ٨٠ % ماء. وفي العظام والأسنان تصل إلى أقل كمياتها. وفي الاعضاء المختلفة تتفاوت نسبة الماء، فالمخ يحتوي على ٨٠- ٨٤% من الماء والكبد يحتوي على ٧٣ - ٧٦ %.

توزيع الماء في الجسم

هناك مكونان رئيسيان الماء داخل الجسم وهما:

آ- ماء خارج الخلايا Extracellular Fluid (ECF)

وهو الماء الموجود خارج الخلايا حيث يكون حوالي ٢٠٪ من وزن الجسم وهو مكون لما يأتي:

١- بلازما الدم Blood plasma

ويكون حوالي ٥% من وزن الجسم او ما يقارب ٢٥% من وزن الماء خارج الخلايا ECF.

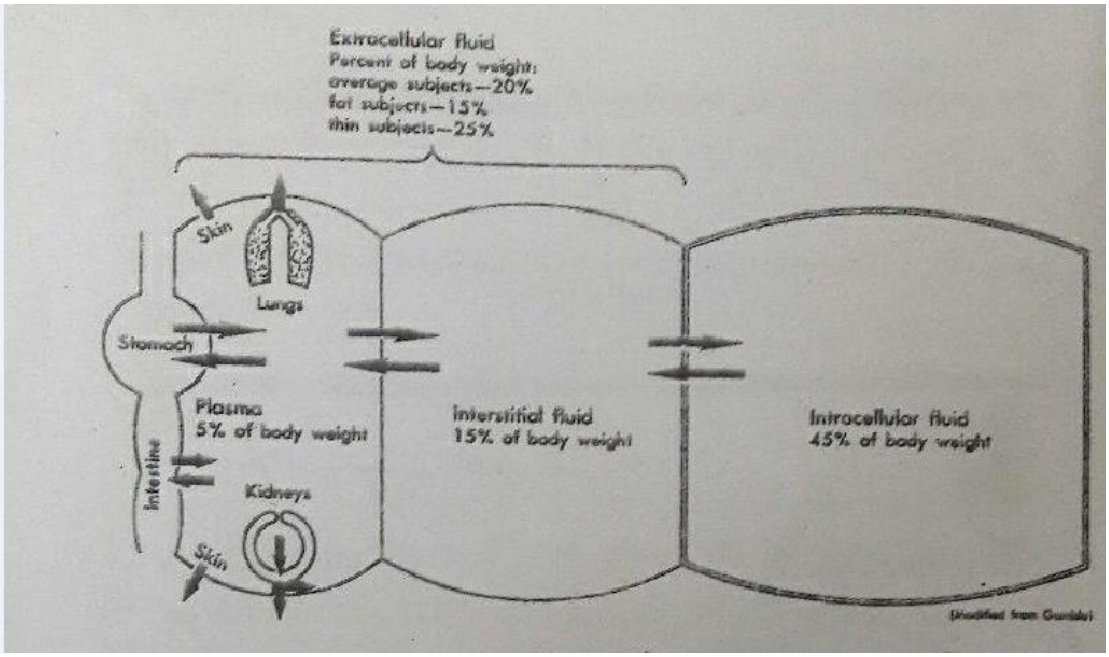
٢- ماء ما بين الخلايا Tnterstitial fluid

وهو الماء الذي يحيط بالخلايا ويشغل المساحات البينية بينها ويكون حوالي ١٥% من وزن الجسم.

وهناك مكونان يدخلان ضمن هذا الجزء من السائل احدهما الماء أو السائل الكثيف الذي في الأنسجة الرابطة والغضاريف والعظام Dense Tissure fluid والاخر وهو غير ثابت وينتقل من الخلايا الى خارجها وهو سائل الافرازات Secretory fluid مثل افرازات الجهاز الهضمي والغشاء المخاطي وغيرها .

ب- ماء داخل الخلايا (Intracellular fluid(ICF)

وهو الماء او السائل الذي داخل الخلايا وهو مكون لنحوه ٤٥% من وزن الجسم اذ يكون ضعف الماء الموجود خارج الخلايا وذلك بسبب أن الخلايا تعد الموقع الرئيسي لكل الفعاليات الحيوية المينابولزمية (انظر الشكل ٨ -١)



الوظائف الحيوية الفسيولوجية للماء Functions of water

١- توصيل العناصر الغذائية إلى الخلايا وبينها فضلا عن نقل الفضلات والسوائل الجسمية الاخرى وافرازات الجسم مثل الهورمونات والانزيمات وكذلك نقل الأجسام المضادة وغيرها.

٢ - الماء وسط مناسب تحدث فيه التفاعلات الكيميائية داخل خلايا الجسم ولا سيما في عمليات الأكسدة والاختزال.

٣ - يدخل الماء نفسه في التفاعل لتفاعلات التحلل المائي Hydrolysis مثل عمليات الهضم.

٤- يدخل الماء في تركيب جميع الأفرازات الإسمية او سوائل الجسم مثل العصارات الهضمية واللمف والدم والبول.

٥- تنظيم درجة حرارة الجسم وتلطيفها عن طريق توزيعها على خلايا الجسم او التخلص منها خلال التعرق، لذلك فان ٢٥% من الحرارة يتخلص منها عن طريق التبخر خلال الجلد والرئتين وان كل لتر من الماء المتبخر يمثلى حرارة قدرها نحو ٦٠٠ سعرة حرارية.

تنظم درجة الحرارة عن طريق المركز الحرارة Temperature regulating center الذي في جزء من الدماغ وهو الهايبرثالامس Hypothalamus الذي يتأثر بتغيير درجات حرارة الدم الذي يغذية.

٦ - يعتبر الماء عاملا مزيتا lubricant للخلايا مثل اللعاب الذي يساعد على البلع وكذلك المخاط mucus في الغشاء المخاطي في الجهاز الهضمي وفي القصبات الهوائية والمفاصل العظمية.

٧- أن الماء بما يحتويه من مواد بروتينات والكتروليتات وغيرها يعطي حجما وشكلا للخلايا الاعتيادي عن طريق الضغط الازموزي والتوتر الذي يحدثه بين جدار الخلايا Turgor او Normal tension.

التوازن المالي في الجسم Water Balance

يتناول الجسم يوميا كميات كبيرة من الماء ويطرح مقابلها إلى الخارج لكي يحصل التوازن المائي Water balance فالجسم يفقد كمية من الماء عن طريق الرئتين على شكل بخار ماء ويخرج مع هواء الزفير ، ويفقد الماء أيضا عن طريق الجلد أما بالتبخر عن طريق النفاذية Diffusion او عن طريق افراز الغدد العرقية Sweat glands والطريق الآخر هو الطريق الكليتين على شكل بول Urine كما يفقد عن طريق الجهاز الهضمي مع البراز fcces وجميع هذه الكميات متغيرة وأكثرها تغيرا هو الماء المفقود عن طريق الجلد والكليتين. ففي الجلد يرتبط بعملية توليد الطاقة والأيض او التمثيل وتنظيم درجة حرارة الجسم وبهذا يكون على ارتفعت درجة حرارة الجو زاد افراز الماء عن طريق التعرق، وكلما زاد جهد ونشاط الجسيم زاد التعرق أيضا. أما الفقد الرئيسي للماء في الظروف الطبيعية للشخص هو عن طريق الكليتين على شكل بول الذي بوساطته يحافظ الجسم على مستوى ثابت التوازن المائي. فعندما يشرب الإنسان كميات كبيرة من الماء يحصل فقد كبير من طريق الكليتين اما اذا تعرق الجسم وزاد جهده وهذا ما يحصل عادة في الصيف، فان الماء المطروح عن طريق الكليتين يقل في هذه الحال للمحافظة على كمية الماء الموجود في الجسم ولكي يعوض الجسم ما يفقده من الماء عن

طريق الرئتين والجلد والكليتين والبراز Water output، عليه أن يتناول الماء بقدر ما يفقده ومثلما هناك طرق مختلفة للفقد هناك ايضا طرق مختلفة لاخذ الماء Water intake.

فالجسم يحصل على الماء عن طريق الماء الموجود في المادة الغذائية الصلبة المتناولة وكذلك عن طريق شرب الماء والسوائل الأخرى وفضلا عن ذلك هناك ماء يتكون داخل الجسم نتيجة التفاعلات الحيوية التي تحدث في الخلايا ولاسيما عمليات اوكسدة الحيوية التي تؤدي إلى انتاج ثاني اركسيد الكاربون وماء ويسمى هذا الماء بماء الأكسدة او ماء الأيض Metabolic water . ويزداد هذا الماء كلما زاد الهيدروجين في المركب او قل الأوكسجين في جزيئة المادة الغذائية انظر الجدول (٨ - ١).

جدول (٨-١) كمية الماء الناتجة نتيجة اكسدة ١٠٠ غم من العناصر الغذائية

العنصر الغذائي	كمية الماء المنتجة بالمللتر
الكاربوهيدرات	٥٦ - ٦٠٨٧
البروتينات	٤٠ -٥٠
الدهون	١٠٨ – ١١٠
كحول اثيلي	١١٨

وتقدر كمية الماء المكونة نتيجة لاكسدة نحو ٣٠٠ مللتر في اليوم الواحد من قبل الشخص البالغ عند تناوله وجبات غذائية اعتيادية في الظروف الطبيعية وليتحقق التوازن يتطلب ان يكون مجموع ما يحصل عليه الجسم من الماء مساويا تقريبا لما يفقده يوميا.

الجدول ٨- ٢: يوضح التوازن الماني اليومي لشخص بالغ ويتناول ما مقداره ٢١١٠ كيلر كالرى Kcal تحت ظروف الراحة دون تأدية أي نشاط.

الجدول (٨-٢) التوازن المائي اليومي للشخص البالغ

الماء الداخل Water intake		الماء المفقود Water lost	
المصدر	الحجم (مللتر)	طريقة الفقد	الحجم (مللتر)
الماء الموجود في الغذاء	١١١٥	الكليتين (البول)	١٢٩٥
ماء الشرب	١١٨٠	الامعاء (البراز)	٥٦
ماء الايض (الاكسدة)	٢٧٩	الماء المتبخر عن طريق الجلد والرئتين	١٢١٤
المجموع	٢٥٧٤		٢٥٦٥

نلاحظ من الجدول أن هذا الشخص محققا توازنا موجبا بمقدار $^{+}$٩ مللتر وهو أمر طبيعي وان ماء الشرب مساو تقريبا لما يفقده الجسم في البول وهذا يسهل قياسه بالنسبة للفرد حيث يكون مفيدا في معرفة التوازن المائي ومراقبته ولا سيما في حالات المرض ومعرفة زيادة الفاقد المائي عن طريق الأمعاء والجلد نتيجة التغيرات التي تحدث في صحة الفرد مثل الحمى Fever او ازدياد درجة حرارة الجو.

وكما ذكرنا سابقا فإن فقد الماء يزداد بزيادة درجة حرارة الجو، اذ يزداد الماء المتبخر عن طريق الرئتين والجلد وكذلك عن طريق التعرق، ويزداد ايضا بزيادة الجهد ونشاط الفرد.

الجدول ٨- ٣ يبين كمية الماء المفقود في ظروف مختلفة من ارتفاع درجات حرارة الجو او زيادة نشاط او الجهد الذي يقوم به الفرد ولاسيما عند أداء التمارين الرياضية حيث يزداد الايض وتزداد الطاقة المتحررة ومن ثم تزداد كميات الماء المفقودة عن طريق غدد وخلايا الجهاز الهضمي يتراوح بين ٤،٥- ٩ التار يوميا يعاد امتصاص بعضها ثانية من لدن الجسم والقليل منها يطرح عن طريق البراز يقدر بحوالي ٥٠ – ١٥٠ ملتر. ويحدث امتصاص الماء من خلال جدار المعدة والأمعاء الدقيقة والغليظة ايضا.

الجدول (٨-٣): الفقد اليومي من الماء في ظروف مختلفة

طريقة الفقد	درجة حرارة الجو الطبيعية	الجو الحار	ممارسة التمارين الرياضية العنيفة لفترة طويلة
الجلد دون العرق	٣٥٠	٣٥٠	٣٥٠
الرئتين (هواء الزفير)	٣٥٠	٢٥٠	٦٥٠
التعرق	١٠٠	١٤٠٠	٥٠٠٠
البول	١٤٠٠	١٢٠٠	٥٠٠
البراز	١٠٠	١٠٠	١٠٠
المجموع	٢٣٠٠	٣٣٠٠	٦٦٠٠

تنظيم عملية التوازن المائي في الجسم Regulation of Body Water Balance

يستطيع جسم الإنسان أن يتناول ويطرح ماء بقدر٥، ٢ – ٣ لتر يوميا وكما اسلفنا ان الجسم بأخذ كمية من الماء بطرق مختلفة ويطرح الماء بطرق مختلفة ايضا يمكن السيطرة عليها عن طريق الحاجة والعطش للماء Thirst. هناك نظام معقد لشرب الماء او الاحتفاظ به وعدم فقدانه اذا قلت كميته في الجسم وبالمقابل يزداد الفقد اذا زادت كميته في الجسم وتعد الكلية الجهاز الرئيس الذي يقوم بالعملية تحت تأثير هرموني.

والعطش هو احساس فيزيائي مميز ورغبة شديدة في اخذ الماء بسبب دافع فسيولوجى ناتج عن:

١- فقدان الماء الموجود خارج الخلايا Extracellular dehydration

٢- انخفاض كمية الدم التي يدفعها القلب Low cardiac output

٣- فقدان الماء داخل الخلايا Intracellular dehydration

٤- جفاف الأغشية المخاطية في الفم الذي يؤدي إلى جفاف الفم dryness of the mouth والبلعوم وقلة افراز الغدد اللعابية وتحدث كل هذه التغيرات الفسيولجبية نتيجة لإحد الأسباب أو الحالات الأتية:

- قلة الماء المأخوذ ويكون في الحالات الأتية:

أ- حالات عدم توفر الماء للتناول او الشرب نتيجة لأي حدث قد يكون الابتعاد عن مصادر الماء في سفينة في عرض البحر او او التية في الصحراء او غيرها.

ب- عند عدم القدرة على شرب الماء نتيجة لعجزه عن الحصول عليه وبسبب استطاعته الطلب ويحصل في الحالات الأتية:

أ- للرضع

٢- كبار السن والضعفاء جدا

- فاقدي الوعي

ج - عند عدم القدرة على البلع ولاسيما عند الإصابة بأمراض الفم والبلعوم.

٢- زيادة فقدان الماء و يحدث في الحالات الأتية:

أ- عن طريق الجلد ويحصل

١- في الجو الحار او الظروف الجوية الحارة.

٢ - التمارين العنيفة وأداء الأعمال الشاقة.

٣- الحمى fever

٤ - ارتفاع افراز الغدة الدرقية.

ب- عن طريق الرئتين ويحصل:

١- في حالة الحمى ايضا.

٢ - زيادة التنفس H yperventilization

ج- عن طريق الجهاز الهضمي ويحصل:

- استمرار التقيؤ vomiting

- الإسهال Diarrhea ويكون في الحالات المرضية مثل الديزنترى والكوليرا او الإسهال الدهني او اسهال المناطق الحارة أو التهاب الأمعاء Exteritis.

د- عن طريق الكلية يحصل على:

١- الخلل الكلوي.

٢- في حالة داء السكر Diabetes mellitus.

٣ - داء السكر الكاذب، او داء البول غير السكري Diabetes insipidus.

٤ - تناول الأغذية المركزة جدا ولاسيما أغذية الأطفال الجافة.

٥- شرب ماء البحر.

دور الكلية فى تنظيم التوازن المائى فى الجسم

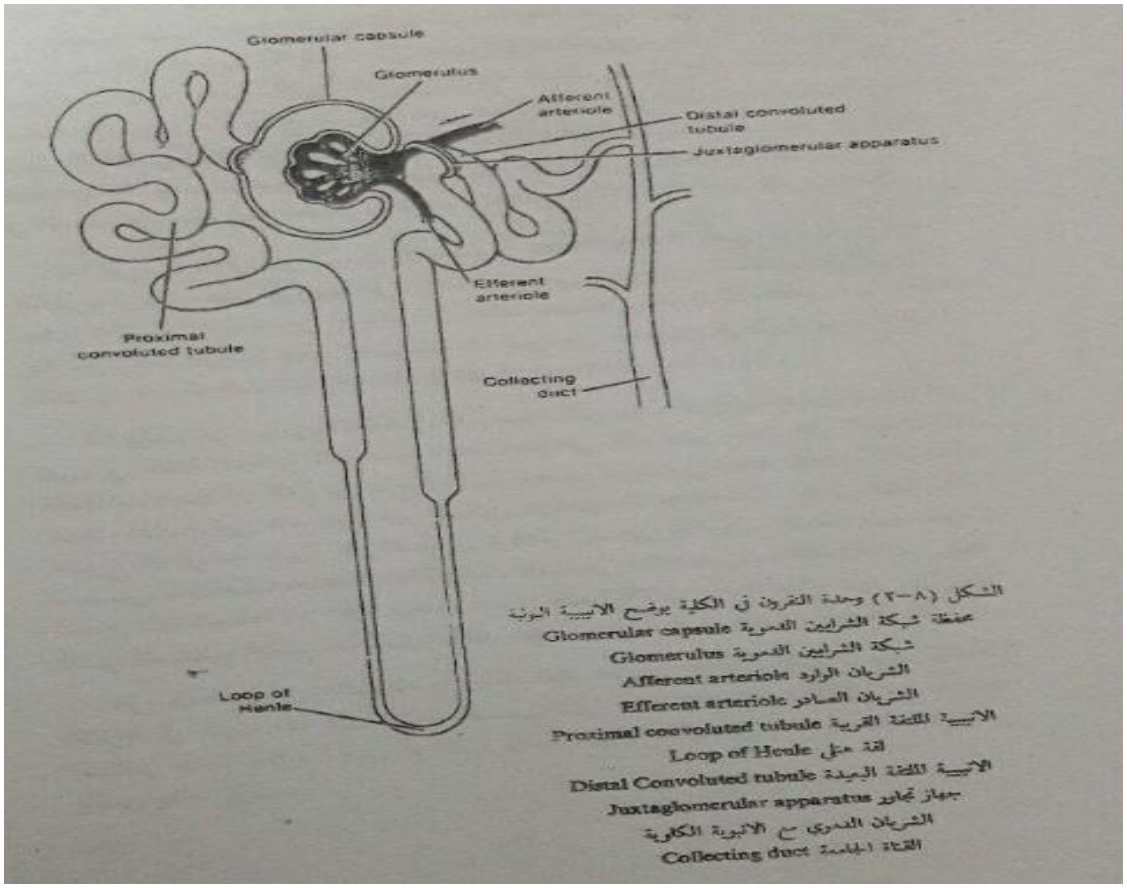
طبيعيا تستطيع الكلية من تنظيم كمية الماء الموجود في الجسم وذلك عن طريق السيطرة على كمية الماء المفقود فنستطيع احتجازه او اعادة أمتصاصه الى الخلايا والى الدم في حالة قلة الماء وافرازه والتخلص من جزء منه في حالة ارتفاع مستواه في الدم.

أن الوحدة Unit التي تكون مسؤولة عن افراز او إعادة امتصاص الماء والعناصر الغذائية الالكتروليتات مثل الكلوكوز والأحماض الأمينية والصوديوم والبوتاسيوم وغيرها في الكلية هي النفرون NephronI (هناك نحو مليون وحدة منها في كلية الانسان)، (الشكل ٨ -٢). وتتكون هذه الوحدات من انبوبة طويلة تبدا بجزء منتفخ بشكل قمع يدعى محفظة بومان Bowman's capsule يحيط بشبكة من الشعيرات الدموية تدعى glormerulus تتفرع هذه الشعيرات عن شريانين صغيرين هما الشريان الكلوي الذي يحمل الدم الى الكلية يدعي الشريان الوارد Afferent arteriole وشريان آخر يحمل الدم من الكلية و يدعى الشريان الصادر Efferent arteriole ويطلق على كل هذا الجزء المنتفخ بكرية ماليجي Renal of Malpighian corpuscle. من هذا القمع او الكرة تخرج أنبوبة دقيقة او انيبية بولية Uriniferous tubule توصل القمع بحوض الكلية وتتكون هذه الأنبوبة من اربعة أجزاء رئيسة تحدث فيها عملية اعادة امتصاص او افراز الماء والمواد الأخرى وهي:

- الأنبيبة الملتفة القريبة Proximal convoluted tubule قريبة من القمع .

- لفة هنلي Loop of Henle وهي انيبية دقيقة وسطية شبيه بالحرف U.

- الأنبيبة الملتفة البعيدة Distal convoluted tubule وهي الجزء البعيد عن القمع.
- الأنيبية الجامعة Collecting tubule .



تلتقي الأنيبية الجامعة انيبيات جامعة اخرى بوحدات اكبر حيث توصل النفرون بحوض الكلية.

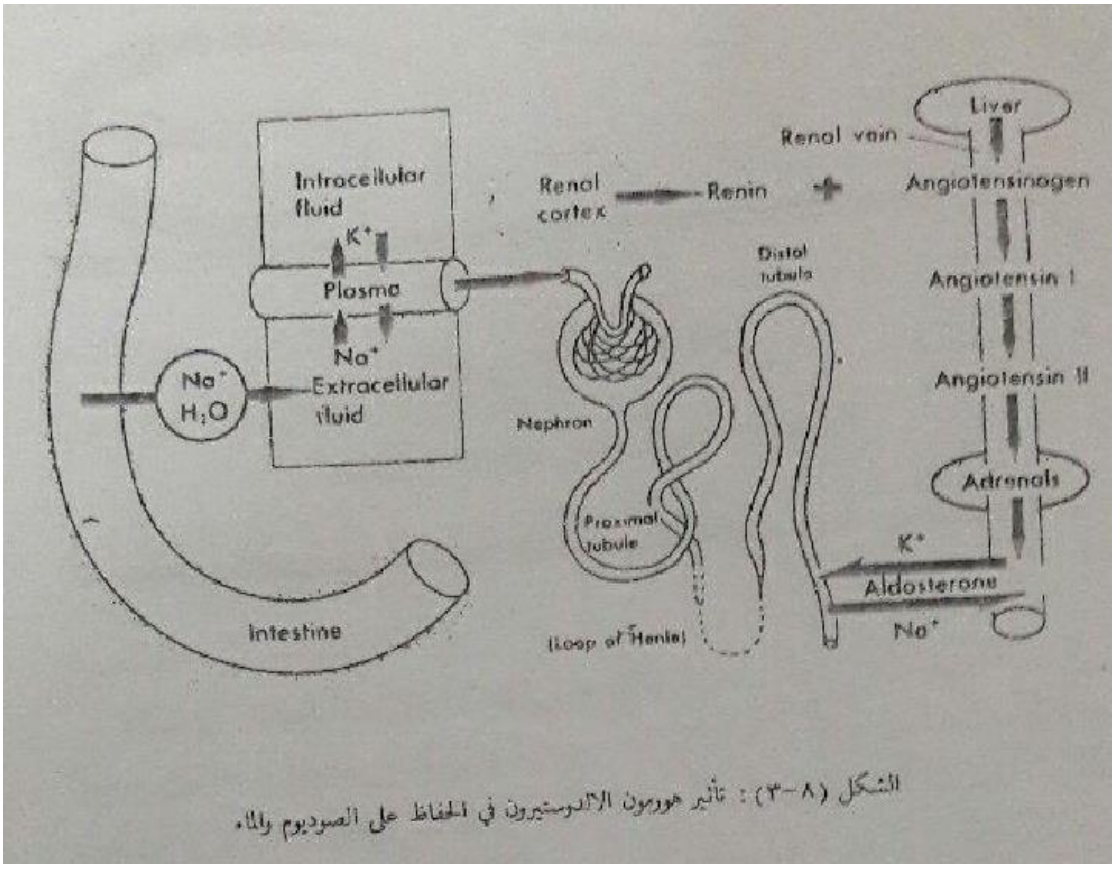
بعد عملية ترشيح الماء من الدم في الشعيرات الدموية الى محفظة يومان ثم إلى الأنيبية البولية يعاد امتصاص نحو ٩٩ ٪ من ماء الترشيح يعاد إلى الدم وان ١ ٪ فقط من ماء الترشيح يسمح له بالخروج على شكل بول. وهذا يعني أن الكلية تؤدي دورا اساسيا في المحافظة على الماء عن طريق تحكمها في كمية الماء التي تطرحها إلى الخارج على شكل بول وتحافظ الكلية على كمية ثابتة من الماء في الدم. وهكذا فهي تطرح كميات كبيرة من البول اذا كانت كمية الماء التي يتناولها الجسم في الغذاء كبيرة، على حين يقل حجم البول بدرجة كبيرة عندما تنقص كمية الماء التي يتناولها الجسم. وهكذا نجد أن الكلية قادرة على افراز بول مركز او بول مخفف تبعا لكمية الماء الموجود في الدم. ينظم عملية اعادة امتصاص الماء هورمون تفرزه الغدة النخامية pituitary gland هو هرمون فاسوپرسن Vasopressin الذي يحفز خلايا الكلية في النفرون على امتصاص الماء الراشح واعادته إلى الدم ولذا يستمى الهورمون المضاد للادرار antidiuretic hormone (ADH) عندما تقل كمية الماء في الدم يصبح الدم

مركزا ويزيد ضغطه الازموزي وتتأثر بهذه الزيادة في الضغط خلايا خاصة في جزء الدماغ وهو الهايبوثلامس Hypothalamus تسمى مستقبلات Osmoreceptors فبعد تحسسها ترسل اشارات عصبية الى الغدة النخامية تؤدي الى تحرير هرمون ADH الى الدم ثم ينتقل الى الكلية اذ يؤثر في نفاذية جدران الانبيبة البولية للماء (وبصورة خاصة خلايا الانبيبة الملتفة البعيدة ولفة هنلي) فتزيد من امتصاصها للماء الذي تعيده الى الدم ونتيجة لذلك يقل حجم البول المطروح وعلى العكس من ذلك عندما تزيد كمية الماء في الدم نتيجة زيادة الماء المتناول يصبح الدم مخفف فينخفض الضغط الازموزي له وينتج عن هذا نقص في كمية هرمون ADH المتحرر في الدم مما يؤدي الى نقص امتصاص الماء في الكلية واخراج كميات كبيرة من البول او الادرار diuresis وقد وجد ان حجم البول المطروح يقل تحت تأثير هذا الهرمون الى ٠،٣٥ مللتر في الدقيقة على حين يصل الحجم في غياب هذا الهرمون الى ١٨ – ٢٠ مللتر في الدقيقة.

اما الهرمون الثاني فهو هرمون الالدستيرون Aldosterone الذي تفرزه قشرة الغدة الكظرية ويعمل هذا الهرمون على زيادة امتصاص الصوديوم والاحتفاظ به من لدن خلايا الانبيبية البولية، ومن ثم يؤدي الى اعادة امتصاص الماء او الاحتفاظ به، وعندما يقل افراز هذا الهرمون يفقد الجسم كميات كبيرة من الصوديوم في البول ومن ثم يؤدي ذلك إلى فقد كميات كبيرة من الماء والشكل (٨ -٣).

اذا توقف إفراز هرمون ADH في الدم نتيجة لأي سبب قد يكون تدمير الخلايا التي تفرزه في الغدة النخامية فان عملية إعادة امتصاص الماء تغير حيث تقل كميات الماء المعاد امتصاصها إلى الدم بل تطرح في البول فيصيح البول غزيرا poiyuria ومخففا وهذا يحدث لدى مرضى داء البول غير السكري Dialbestes Insipidus. يؤدي فقدان الماء السريع كما في داء البول غير السكري او التقيئ المستمر والاسهال الشديد الى حدوث ما يسمى بالجفاف Dehydration ويموت الشخص اذا استمرت الحالة واذا لم يعط الماء في مدة أقصاها٦٠-٧٢ ساعة. تحصل هذه الحالات عند الاصابة بمرض الكوليرا الذي لا يستطيع الجسم معه استرداد الماء المفقود عند استمرار التقيؤ والاسهال الشديد.

على العكس من ذلك يؤد به زيادة افراز هورمون ADH والالدستيرون وكذلك الافراط في شرب الماء الى حالات التسمم المائي Water intoxication ومن أعراضها انخفاض درجة حرارة الجسم ثم التقيؤ وكثرة التبول والارتعاش والاغماء وفقدان الوعي والذي يعقبه الموت.



الشكل (٨-٣) : تأثير هورمون الالدوستيرون في الحفاظ على الصوديوم والماء.

المصدر: تغذية انسان، عبد الله محمد ذنون الزهيري، ط٢، ٢٠٠٠.