الفصل السادس

٦

تنظيم السوائل الجسمية والكلية

محمود ذنون ابراهيم

ـ تنظيم السوائل الجسمية
Regulation of Body Fluids or Homeostasis

يعني تنظيم السوائل الجسمية حالة توازن السوائل في الجسم . وحين يقال ان الجسم في حالة توازن سائلي ،فيعني ذلك ان المجموع الكلي للسوائل في الجسم في حالة اعتيادية ، اي الثبات النسبي لانتشار السوائل الجسمية الثلاث في داخل الجسم وهي : ـ

١. السائل في داخل الخلايا Intracellular Fluid
٢ . السائل في خارج الخلايا Extracellular Fluid ويشمل : ـ
أ . السائل في داخل الاوعية الدموية (البلازما) Plasma
ب . السائل البيني Interstitial Fluid
جـ . السوائل الخاصة مثل السائل العيني ، المفصلي، المخي الشوكي

اما حالة عدم توازن السوائل الجسمية فتعني تغير حجوم هذه السوائل وكميتها عن الحدود الطبيعية . ولاتسمح الاواصر بين بعض المركبات العضوية مثل

الالكتروليت . تحطم هذه المركبات واتخاذها هيئة محاليل . ومثل هذه المركبات تدعى غير الكتروليت (Nonelectrolytes) . اما المركبات الكيمياوية مثل كلوريد الصوديوم NaCl والتي يمكن ان تتحطم وتتخذ شكل محاليل بهيئة اجزاء منفصلة (Na^+ ، Cl^-) تدعى كهارل Electrolytes او ـ ايونات Ions وتحمل شحنات كهربائية سالبة او موجبة .

إن الكثير من هذه الايونات لها اهمية في توازن سوائل الجسم ، وكل منها يعتمد على الاخر عند حصول اي تغير عن الحدود الاعتيادية لكل منها .

اساسيات توازن السوائل :

General principles about Fluid balance

من المبادىء العامة لتوازن السوائل في الجسم مايأتي : ـ

١) يبقى توازن السوائل ثابتاً اذا كان الماء المكتسب Intake مساوياً المفقود . ومن الواضح ان اية كمية كبيرة او قليلة من الماء اذا تركت الجسم ودخلته مرة ثانية فأن حالة فقدان التوازن يمكن ان تحصل ، الا ان حجم السائل الكلي الذي سوف يزداد او ينقص لايبقى ثابتاً تحت هذه الظروف .

٢) تتضمن التغايرات في وسائل طرح الماء Output ، كي تساوي او تعادل الماء المكتسب من الاليات الصعبة لابقاء حالة توازن السائل ، بينما تكون اليات تكيف الماء المكتسب اسهل واكثر فعالية . (شكل ٦ ـ ١) يمثل الية الالدوستيرون لتخفيض الماء المفقود (حجم اليوريا) لمعادلة النقص في الماء المكتسب .

٣) تتضمن آليات السيطرة على حركة الماء بين الخلايا وسائل سريعة العمل لتوازن السوائل . وهذه الوسائل كفيلة بابقاء حجم اعتيادي للدم في حالة زيادة حجم السائل خارج الخلايا .

طرق دخول وخروج الماء في الجسم :

Avenues by which water enters and leaves body

كما هو معروف ، يدخل الماء الجسم عن طريق القناة الهضمية ومن خلال السوائل التي يشربها الكائن الحي ، وكذلك الاغذية التي يتناولها في حياته اليومية وهناك اضافات مستمرة للحجم الكلي لسوائل الجسم من قبل الملايين من خلاياه حيث تنتج كل خلية كمية من الماء بوساطة هدم الغذاء (Catabolizing Food)

شكل (٦ ـ ١) آلية الالدوستيرون والتي تميل الى حفظ السائل خارج الخلايا الاضافي (ECF) بحجم اعتيادي عندما يقل الى حد معين . الزيادة في الالدوستيرون تؤدي الى زيادة حجم السائل خارج الخلايا ، فتزيد بذلك حجم الدم وزيادة في حجم السائل البيني (الادمة Edema) وأيضا زيادة في المحتوى الكلي للصوديوم Na^+ في الجسم .

وهذا بدوره يدخل مجرى الدم . اما فقدان الماء من الجسم فيتم عبر : ـ

١ . الكلى Kidneys بشكل بول .

٢ . الرئتين Lungs بشكل ماء في هواء الزفير .

٣ . الجلد Skin بواسطة الانتشار والتعرق .

٤ . الامعاء Intestine مع البراز Faeces .

وبموجب المبدأ الرئيس لتوازن السوائل فأن الحجم الكلي للماء المكتسب يجب ان يكون مساوياً للحجم الكلي للماء المفقود . او بشكل عام « السائل المأخوذ Intake يساوي السائل المنتوج Output Fluid »

وكما موضح في الجدول ادناه : ـ

الماء المأخوذ		الماء الخارج	
السوائل المهضومة = ١٥٠٠ مل		الكلى (بول) : ١٤٠٠ مل	
الماء في الطعام = ٧٠٠ مل		الرئتين (هواء الزفير) : ٣٥٠ مل	
الماء المتكون من حرق الطعام داخل الخلايا	٢٠٠مل	الجلد (انتشار) : ٣٥٠ مل	
		الجلد (تعرق) : ١٠٠ مل	
		الامعاء (براز) : ٢٠٠ مل	
المجموع الكلي ٢٤٠٠ مل		المجموع الكلي ٢٤٠٠ مل	

علماً ان الحجوم الطبيعية والمثالية لحجوم السوائل الداخلة والخارجة من الجسم يمكن أن تتغاير من شخص الى اخر وحسب طبيعة الظروف .

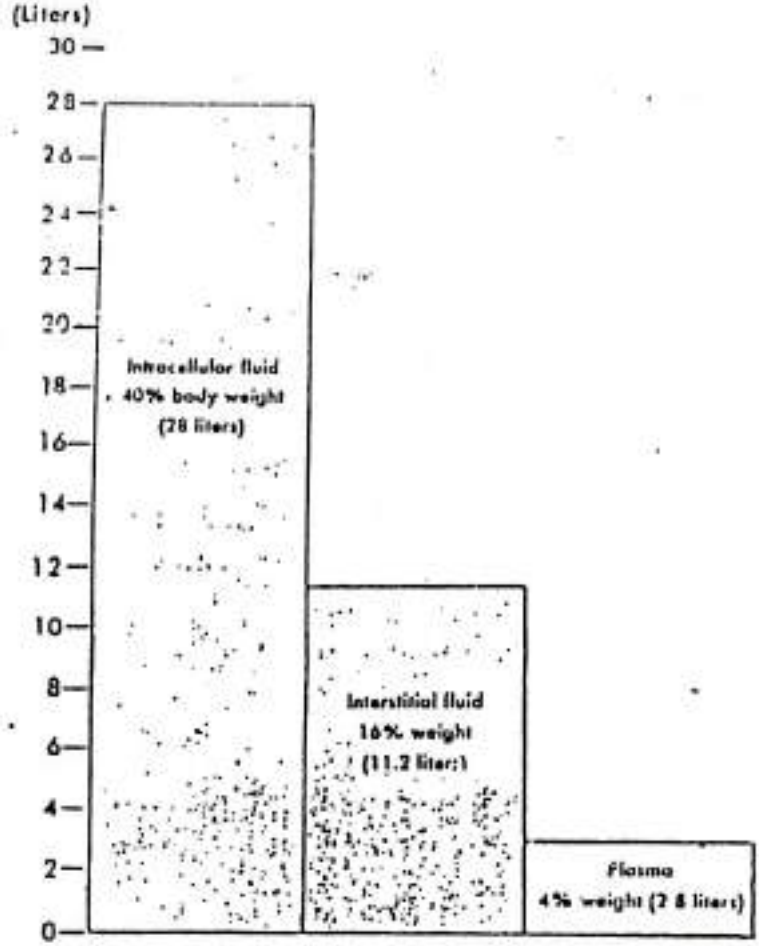
آلية تنظيم الحجم الكلي للسوائل الجسمية :

Mechanisms that maintain Homeostasis of total fluid volume.

تتم عملية تنظيم الحجم الكلي للماء في الجسم بطرق او وسائل تنظم الماء الخارج من الجسم (حجم البول) الى المأخوذ من قبل الجسم والذي ينظمه اليات اخرى .

أ) تنظيم حجم البول : **Regulation of urine volume**

هناك عاملان ينضمان حجم البول هما : ① معدل الترشيح خلال الكبيبة Glomerulus ، ② ومعدل اعادة امتصاص الماء عبر النبيبات الكلوية Renal tubules .



وتتم عملية قياس عدد الشحنات الايونية او الروابط الكهربائية المتكافئة (Electrovalent Bonds) والتي يرمز لها (MEq) ، Milliequivalent في المحلول حسب المعادلة الاتية : ـ

$$MEq / L = \frac{\text{(الوزن) mg / 100 ml} \times 10 \times \text{Valance (التكافؤ)}}{\text{الوزن الذري}}$$

فمثلاً يكون MEq / L لتحويل ١٥,٦ ٪ ملغم . من ايونات البوتاسيوم مساوياً (٤) لانُ الوزن الذري للبوتاسيوم = ٣٩ ، والتكافؤ = ١

$$\text{MEq / L} = \frac{١ \times ١٠ \times ١٥,٦}{٣٩} = \frac{١٥٦}{٣٩} \quad ٤$$

حركة الماء والكهارل بين البلازما والسائل البيني :

منذ عام ١٩٢٣ ، وضع ستارلنك Starling فرضية تقول أن السيطرة على حركة الماء بين البلازما والسائل البيني تتم عبر اغشية الشعيرات الدموية . واستناداً الى هذه الفرضية التي اصبحت قانونا يعرف بقانون الشعيرات الدموية (low of Capillaries) ، يتضمن هذا التبادل أربعة أنواع من الضغوط هي : ـ

١) الضغط الهيدروستاتي للدم ـ

Blood hydrostatic pressure (BHP)

ويعمل على اجبار السائل في الشعيرات الدموية للسير الى داخل السائل البيني .

٢) الضغط الاوزموزي الغروي للدم ـ

Colloid Osmotic presure (BOP)

ويعمل على سحب السائل الى داخل الشعيرات الدموية مرة ثانية .

٣) الضغط الهيدروستاتي للسائل البيني ـ

Interstitial Fluid Hydrostatic pressure (IFHP)

ويعمل على اجبار السائل البيني للسير الى داخل الشعيرات الدموية .

٤) الضغط الاوزموزي الغروي للسائل البيني ـ

Interstitial Fluid Colloid Osmotic pressure (IFOP)

ويعمل على سحب السائل الى خارج الشعيرات الدموية .

وبذلك يكون هناك ضغطين فاعلين بأتجاه واحد وضغطين بأتجاه مضاد ، والفرق بينهما يمثل ضغط الترشيح الكلي او الفعال .

الفصل السادس

٦

تنظيم السوائل الجسمية والكلية

محمود ذنون ابراهيم

ـ تنظيم السوائل الجسمية
Regulation of Body Fluids or Homeostasis

يعني تنظيم السوائل الجسمية حالة توازن السوائل في الجسم . وحين يقال ان الجسم في حالة توازن سائلي ،فيعني ذلك ان المجموع الكلي للسوائل في الجسم في حالة اعتيادية ، اي الثبات النسبي لانتشار السوائل الجسمية الثلاث في داخل الجسم وهي : ـ

١. السائل في داخل الخلايا Intracellular Fluid
٢. السائل في خارج الخلايا Extracellular Fluid ويشمل : ـ
   أ. السائل في داخل الاوعية الدموية (البلازما) Plasma
   ب. السائل البيني Interstitial Fluid
   جـ. السوائل الخاصة مثل السائل العيني ، المفصلي، المخي الشوكي

اما حالة عدم توازن السوائل الجسمية فتعني تغير حجوم هذه السوائل وكميتها عن الحدود الطبيعية . ولاتسمح الاواصر بين بعض المركبات العضوية مثل

الا الماء لا تحطم هذه المركبات واتخاذها هيئة محاليل . ومثل هذه المركبات تدعى غير متحللة .
(Nonelectrolytes) . اما المركبات الكيمياوية مثل كلوريد الصوديوم NaCl والتي يمكن ان تتحطم وتتخذ شكل محاليل بهيئة اجزاء منفصلة (Na^+ ، Cl^-) تدعى كهارل Electrolytes او ـ ايونات Ions وتحمل شحنات كهربائية سالبة او موجبة .

إن الكثير من هذه الايونات لها اهمية في توازن سوائل الجسم ، وكل منها يعتمد على الاخر عند حصول اي تغير عن الحدود الاعتيادية لكل منها .

اساسيات توازن السوائل :

General principles about Fluid balance

من المباديء العامة لتوازن السوائل في الجسم مايأتي : ـ

١) يبقى توازن السوائل ثابتاً اذا كان الماء المكتسب Intake مساوياً المفقود . ومن الواضح ان اية كمية كبيرة او قليلة من الماء اذا تركت الجسم ودخلته مرة ثانية فأن حالة فقدان التوازن يمكن ان تحصل ، الا ان حجم السائل الكلي الذي سوف يزداد او ينقص لايبقى ثابتاً تحت هذه الظروف .

٢) تتضمن التغايرات في وسائل طرح الماء Output ، كي تساوي او تعادل الماء المكتسب من الاليات الصمية لابقاء حالة توازن السائل ، بينما تكون اليات تكيف الماء المكتسب اسهل واكثر فعالية . (شكل ٦ـ١) يمثل الية الالدوستيرون لتخفيض الماء المفقود (حجم اليوريا) لمعادلة النقص في الماء المكتسب .

٣) تتضمن آليات السيطرة على حركة الماء بين الخلايا وسائل سريعة العمل لتوازن السوائل . وهذه الوسائل كفيلة بابقاء حجم اعتيادي للدم في حالة زيادة حجم السائل خارج الخلايا .

طرق دخول وخروج الماء في الجسم :

Avenues by which water enters and leaves body

كما هو معروف ، يدخل الماء الجسم عن طريق القناة الهضمية ومن خلال السوائل التي يشربها الكائن الحي ، وكذلك الاغذية التي يتناولها في حياته اليومية وهناك اضافات مستمرة للحجم الكلي لسوائل الجسم من قبل اللايين من خلاياه حيث تنتج كل خلية كمية من الماء بوساطة هدم الغذاء (Catabolizing Food)

شكل (٦ ـ ١) آلية الالدوستيرون والتي تميل الى حفظ السائل خارج الخلايا الاضافي (ECF) بحجم اعتيادي عندما يقل الى حد معين . الزيادة في الالدوستيرون تؤدي الى زيادة حجم السائل خارج الخلايا ، فتزيد بذلك حجم الدم وزيادة في حجم السائل البيني (الادمة Edema) وأيضا زيادة في المحتوى الكلي للصوديوم Na^+ في الجسم .

وهذا بدوره يدخل مجرى الدم . اما فقدان الماء من الجسم فيتم عبر : ـ

١ . الكلى Kidneys بشكل بول .
٢ . الرئتين Lungs بشكل ماء في هواء الزفير .
٣ . الجلد Skin بواسطة الانتشار والتعرق .
٤ . الامعاء Intestine مع البراز Faeces .

وبموجب المبدأ الرئيس لتوازن السوائل فأن الحجم الكلي للماء المكتسب يجب ان يكون مساوياً للحجم الكلي للماء المفقود . او بشكل عام « السائل المأخوذ Intake يساوي السائل المنتوج Output Fluid »
وكما موضح في الجدول ادناه : ـ

الماء المأخوذ		الماء الخارج	
السوائل المهضومة = ١٥٠٠ مل		الكلى (بول) : ١٤٠٠ مل	
الماء في الطعام = ٧٠٠ مل		الرئتين (هواء الزفير) : ٣٥٠ مل	
الماء المتكون من حرق الطعام داخل الخلايا	٢٠٠مل	الجلد (انتشار) : ٣٥٠ مل	
		الجلد (تعرق) : ١٠٠ مل	
		الامعاء (براز) : ٢٠٠ مل	
المجموع الكلي ٢٤٠٠ مل		المجموع الكلي ٢٤٠٠ مل	

علماً ان الحجوم الطبيعية والمثالية لحجوم السوائل الداخلة والخارجة من الجسم يمكن أن تتغاير من شخص الى اخر وحسب طبيعة الظروف .

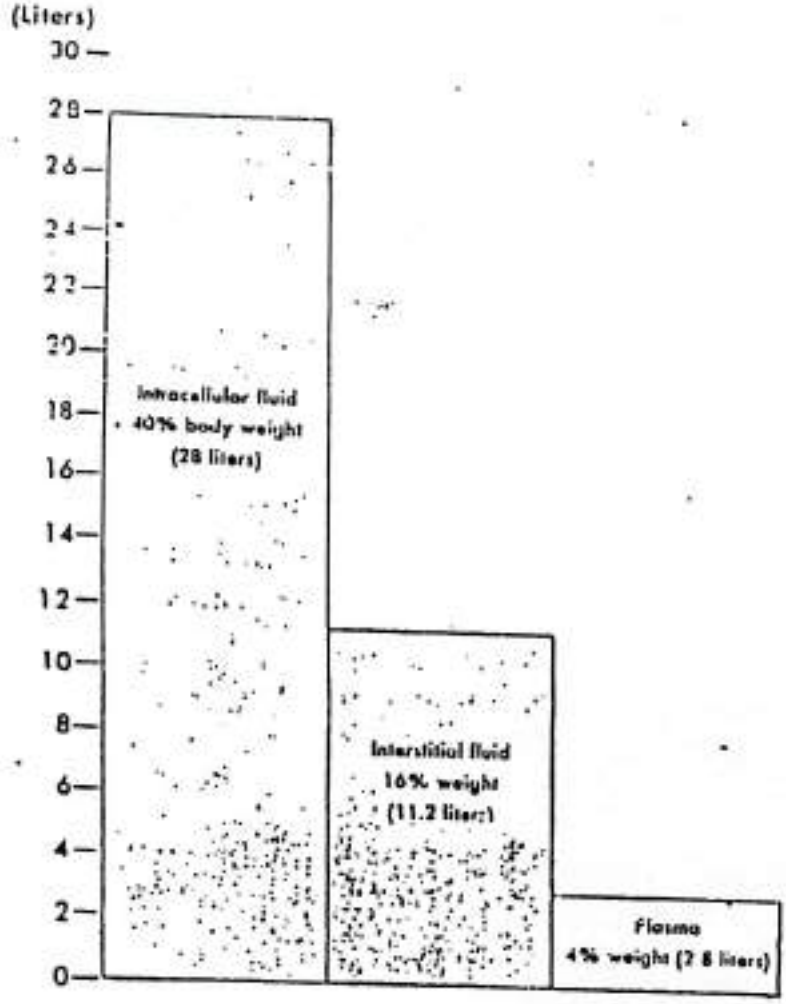
آلية تنظيم الحجم الكلي للسوائل الجسمية :

Mechanisms that maintain Homeostasis of total fluid volume.

تتم عملية تنظيم الحجم الكلي للماء في الجسم بطرق او وسائل تنظم الماء الخارج من الجسم (حجم البول) الى المأخوذ من قبل الجسم والذي ينظمه اليات اخرى .

أ) تنظيم حجم البول : **Regulation of urine volume**

هناك عاملان يضمان حجم البول هما : ① معدل الترشيح خلال الكبيبة Glomerulus ، ② ومعدل اعادة امتصاص الماء عبر النبيبات الكلوية Renal tubules .



وتتم عملية قياس عدد الشحنات الايونية او الروابط الكهربائية المتكافئة (Electrovalent Bonds) والتي يرمز لها (MEq) ، Milliequivalent في المحلول حسب المعادلة الاتية : ـ

$$\text{MEq / L} = \frac{\text{(الوزن) mg / 100 ml} \times 10 \times \text{Valance (التكافؤ)}}{\text{الوزن الذري}}$$

فمثلاً يكون MEq / L لتحويل ١٥,٦ ٪ ملغم . من ايونات البوتاسيوم مساوياً (٤) لانّ الوزن الذري للبوتاسيوم = ٣٩ ، والتكافؤ = ١

$$\text{MEq / L} = \frac{١٥,٦ \times ١٠ \times ١}{٣٩} = \frac{١٥٦}{٣٩} \quad ٤$$

حركة الماء والكهارل بين البلازما والسائل البيني :

منذ عام ١٩٢٣ ، وضع ستارلنك Starling فرضية تقول أن السيطرة على حركة الماء بين البلازما والسائل البيني تتم عبر اغشية الشعيرات الدموية . واستناداً الى هذه الفرضية التي اصبحت قانونا يعرف بقانون الشعيرات الدموية (low of Capillaries) ، يتضمن هذا التبادل أربعة أنواع من الضغوط هي : ـ

١) الضغط الهيدروستاتي للدم ـ

Blood hydrostatic pressure (BHP)

ويعمل على اجبار السائل في الشعيرات الدموية للسير الى داخل السائل البيني .

٢) الضغط الاوزموزي الغروي للدم ـ

Colloid Osmotic presure (BOP)

ويعمل على سحب السائل الى داخل الشعيرات الدموية مرة ثانية .

٣) الضغط الهيدروستاتي للسائل البيني ـ

Interstitial Fluid Hydrostatic pressure (IFHP)

ويعمل على اجبار السائل البيني للسير الى داخل الشعيرات الدموية .

٤) الضغط الاوزموزي الغروي للسائل البيني ـ

Interstitial Fluid Colloid Osmotic pressure (IFOP)

ويعمل على سحب السائل الى خارج الشعيرات الدموية .

وبذلك يكون هناك ضغطين فاعلين بأتجاه واحد وضغطين بأتجاه مضاد ، والفرق بينهما يمثل ضغط الترشيح الكلي او الفعال .

نفاذية اغشية الكريات الحمر للماء ولعدد من المواد الاخرى :-

يحيط بالخلية الحية غشاء رقيق جدا يدعى **بالغشاء البلازمي Plasma membrane** يتحكم في دخول المواد المختلفة الى الخلية وخروجها منها.

للغشاء البلازمي خواص نفوذية مختلفة :-

1- شديد النفوذية لجزيئات الماء والكليسرين.

2- قليل النفوذية للكلوكوز.

3- عديم النفوذية تقريبا لمعظم الايونات مثل الصوديوم والبوتاسيوم ((وذلك لأنها لا تستطيع ان تخترق اغشية الكريات الا بصعوبة بالغة)).

تخترق جزيئات المواد المختلفة الغشاء البلازمي بطريقة **الانتشار Diffusion.**

يكون للغشاء البلازمي اثر فعال في عبور جزيئات المواد من خارج الخلية الى داخلها او بالعكس تدعى هذه الظاهرة والتي تستهلك كمية من الطاقة **بالنقل الفعال Active Transport.**

يمكن دراسة عدد من مظاهر نفوذية الغشاء البلازمي باستخدام كريات الدم الحمر حيث ان الغشاء الذي يحيط بها هو في الحقيقة الغشاء البلازمي مع طبقة رقيقة جدا من السايتوبلازم الملتصق به في الجهة الداخلية.

التناضح Osmosis:-

هو صافي حركة انتقال جزيئات الماء عبر غشاء نصف نافذ من منطقة ذات كثافة مائية مرتفعة (تركيز مخفف للذوائب) الى منطقة ذات كثافة مائية منخفضة (تركيز اعلى للذوائب) دون الحاجة لاستهلاك طاقة.

التحلل الدموي Haemolysis:- هو الظاهرة التي تحدث نتيجة وضع كريات الدم الحمر في الماء المقطر او محلول مخفف جدا حيث تدخل جزيئات الماء الى داخل الكريات وبذلك تنتفخ وتنفجر.

المحلول ناقص التوتر Hypotonic Solution:- هو المحلول الذي يسبب تحلل الكريات الحمر او يسبب انتفاخ الانواع الاخرى من الخلايا الحية.

اذا وضعت الكريات في محلول شديد التركيز فإنها تفقد كمية من الماء وتصاب بالانكماش Crenation،ويدعى مثل هذا المحلول **المفرط التوتر Hypertonic Solution.**

المحلول المثلي التوتر Isotonic Solution :-هو المحلول الذي تبقى فيه كريات الدم الحمر على حجمها عند وضعها في تركيز معين لمحلول اي مادة معينة لان كمية الماء المفقود يساوي تماما كمية الماء المكتسب .

يعتمد الضغط التناضحي Osmotic Pressure على :-

عدد الجزيئات او الايونات المذابة فيه وليس على حجم هذه الدقائق لذا فان الضغط التناضحي لمحلول مادة معينة ذات وزن جزيئي عالي (كالبروتينات) هو أوطأ بكثير من الضغط التناضحي لمادة اخرى ذات وزن جزيئي واطئ.

تجربة عدد من الخواص التضوحية لكريات الدم الحمر :-

1- خذ ثلاث انابيب اختبار نظيفة واشر عليها بالأحرف أ، ب، ج على التوالي وحضرها كما يأتي :-

أ-الانبوبة (أ) 5 مل من الماء المقطر.

ب- الانبوبة (ب) 5 مل من (0.9) % محلول كلوريد الصوديوم.

ج- الانبوبة (ج) 5 مل من (5) % محلول كلوريد الصوديوم.

2- اضف قطرة واحدة من الدم المؤكسل Oxalate Blood الى كل من الانابيب في اعلاه ورجها جيدا.

3- لاحظ شفافية كل انبوبة وفسر ذلك.

4- افحص قطرة من الانبوب (أ) تحت المجهر ولاحظ التغير للكريات الحمر وفسر ذلك

5- اي المحاليل الثلاثة مثلي التوتر وايها ناقص التوتر وايها مفرط التوتر مع كريات الدم الحمر.

تفسير النتائج:-

الحالة الاولى عند المحلول ناقص التوتر **Hypotonic** :- عند وضع كريات الدم الحمر في الماء المقطر يلاحظ انفجار كريات الدم الحمر وذلك لان الماء المقطر اقل في التركيز من التركيز داخل الكريات فيدخل الماء الى داخل الكريات وبذلك تنتفخ تدريجيا مما يؤدي الى انفجارها.

الحالة الثانية Isotonic :-عند وضع كريات الدم في محلول كلوريد الصوديوم (0,9)% تبقى الكريات على حجمها نتيجة تساوي الضغط الأسموزي لان التركيز داخل خلايا الدم مساو لتركيز المحلول الملحي المتعادل.

الحالة الثالثة Hypertonic:- عند وضع الكريات الحمر في محلول كلوريد الصوديوم بنسبة (0.05) يلاحظ انكماش الكريات الحمر وسبب ذلك ان المحلول الملحي المستخدم اكثر تركيزا من تركيز المواد داخل الكريات الحمر مما يسبب خروج الماء منها وحدوث حالة الانكماش.