# الفصل الثاني :

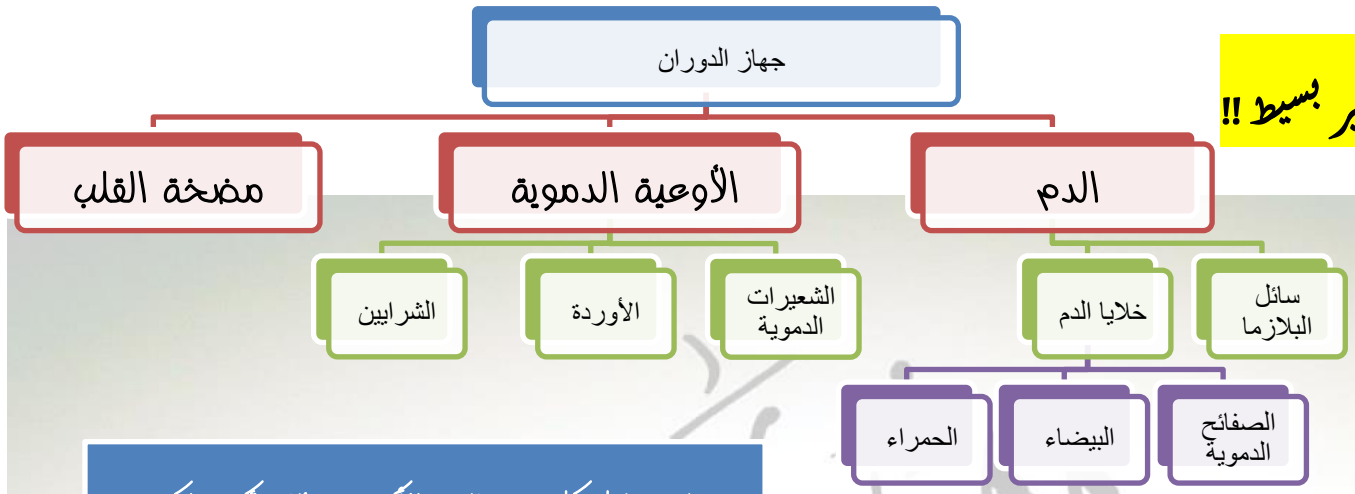
# نقل الغازات ،

# وآلية عمل الكلية ،

# والإستجابة المناعية

# الفصل الثاني : نقل الغازات ، وآلية عمل الكلية ، والإستجابة المناعية

**تذكير بسيط !!**




## تبادل الغازات ونقلها

عمليات تبادل كل من غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون

- بين الحويصلات الهوائية والدم في الرئتين
- بين خلايا الجسم والشعيرات الدموية

**تحتاج الخلايا والأنسجة إلى الأكسجين والغذاء لإتمام العمليات الحيوية وإلى التخلص من الفضلات وثاني أكسيد الكربون الناتجة من هذه العمليات وطرحها خارج الجسم .**

### نقل الأكسجين ( من الدم إلى الرئتين ) :

ينقل الشريان الرئوي الدم فقير **الأكسجين** إلى الرئتين ، ويوصله إلى الشعيرات الدموية المحيطة بالحويصلة الهوائية

← وينقل **الأكسجين** عبر جدران الحويصلة الهوائية فجدران الشعيرات الدموية وصولا إلى البلازما

**بالمقابل !!**

ينتقل ثاني أكسيد الكربون من الدم إلى الحويصلة الهوائية عبر جدران الشعيرات الدموية فجدران الحويصلة الهوائية ليخرج الزفير

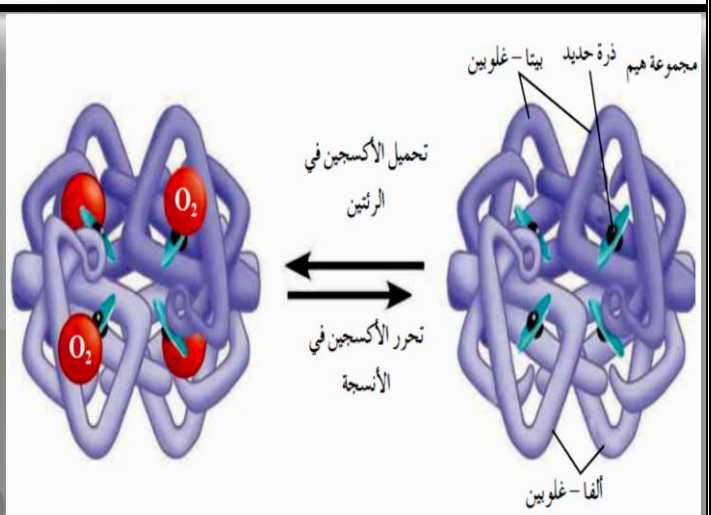
**سؤال : وضح العوامل التي تزيد من كفاءة عملية تبادل الغازات بين الحويصلات الهوائية والدم ؟**

١. الشعيرات الدموية رقيقة الجدران ( لذلك تسمح بتبادل الغازات بسهولة ) ؛ بسبب تكونها من طبقة الخلايا الطلائية الواحدة .

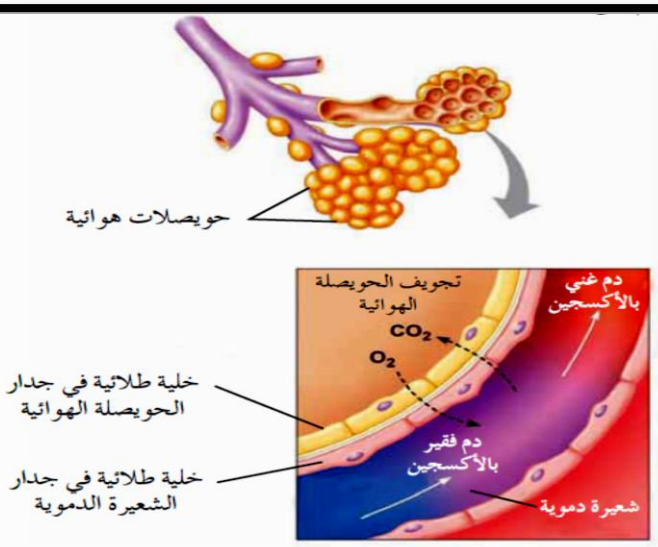
٢. مساحة السطح الواسعة للحويصلات الهوائية .

٣. جدران الحويصلات الرقيقة ؛ بسبب تكونها من طبقة الخلايا الطلائية الواحدة .

٤. وجود كمية كبيرة من الدم في الشعيرات الدموية المحيطة بالحويصلة الهوائية .




الشكل (٢-٢٧): تركيب جزيء الهيموغلوبين.




الشكل (٢-٢٦): تبادل الغازات في الرئتين.

١. وضح كيف ينتقل الأكسجين من الحويصلات الهوائية إلى خلايا الدم الحمراء .

٢. بم يرتبط الأكسجين في الدم ؟ ماذا ينتج من ذلك ؟ ٣. على ماذا يعتمد إرتباط الهيموغلوبين مع الأكسجين؟

٤. كم عدد جزيئات الأكسجين التي ترتبط مع جزيء واحد من الهيموغلوبين ؟

٥. علل : أن كمية الأكسجين التي تذوب في بلازما الدم قليلة جدا .

٦. ما العوامل التي تساعد على تحلل أكسيهيموغلوبين عندما يصل إلى أنسجة الجسم ؟

## نقل الأكسجين في الدم ( من الحويصلة الهوائية ← أنسجة الجسم )

**٢% من الأكسجين يذوب في بلازما الدم**

وهذه الكمية قليلة لا تكفي لخلايا الجسم ؛ وذلك لأن ذائبية الأكسجين في الماء قليلة .

**٩٨% من الأكسجين تنتقل بواسطة خلايا الدم**

وذلك بإرتباط الأكسجين مع الهيموغلوبين داخل لخلايا الدم الحمراء مكونا مركب أوكسيهيموغلوبين .

**سؤال : على ماذا يعتمد ارتباط أو تشبع أو تحرر الأكسجين من الهيموغلوبين ؟** يعتمد على الضغط الجزئي لغاز الأكسجين والذي يبين مدى تركيزه ، لأن الضغط الجزئي لغاز معين يناسب طرديا مع تركيزه بحيث تنقل المادة من المنطقة عالية التركيز ( مرتفعة الضغط الجزئي ) إلى المنطقة قليلة التركيز ( منخفضة الضغط الجزئي ) بالإنتشار البسيط .

**تركيب الهيموغلوبين**

- سلسلتان ألفا غلوبين
- سلسلتان بيتا غلوبين

١. كل سلسلة ترتبط بمجموعة عضوية تسمى الهيم ( ٤ مجموعات هيم ) .

٢. ٤ ذرات حديد ، كل مجموعة هيم تحتوي ذرة حديد .

## نقل الأكسجين في خلايا الدم ( عبر الهيموغلوبين ) :

**علل : لكل جزيء من الهيموغلوبين قادر على الارتباط بأربعة جزيئات من الأكسجين عند الإشباع ؟**
**ماذا يحصل لمركب أكسيهيموغلوبين عند وصوله إلى الشعيرات الدموية المحيطة بخلايا الجسم ؟**

يتركَّب جزيء الهيموغلوبين من أربع سلاسل من عديد الببتيد: سلسلتين من نوع ألفا غلوبين، وسلسلتين من نوع بيتا غلوبين، وترتبط بكل سلسلة مجموعة عضوية تُسمّى هيم، وتحتوي كلٌّ منها على **ذرة حديد**. ويمكن لكل ذرة حديد أن ترتبط ارتباطًا ضعيفًا بجزيء واحد من الأكسجين؛ لذا فإن كل جزيء من الهيموغلوبين قادر على الارتباط بأربعة جزيئات من الأكسجين عند الإشباع، مُكوِّنًا مركَّبًا يُدعى الأكسيهيموغلوبين (oxyhemoglobin). وما إن يصل الدم إلى الشعيرات الدموية في أنسجة الجسم المختلفة، حيث الضغط الجزئي للأكسجين قليل، حتى يتفكك جزيء الأكسيهيموغلوبين، فيتحرر الأكسجين لتستفيد منه الخلايا تبعًا للمعادلة الآتية:

$$Hb(O_2)_4 \longrightarrow Hb + 4O_2$$

**العوامل التي تساعد على تحرُّر الأكسجين من جزيء الأكسيهيموغلوبين**

| الضغط الجزئي للأكسجين $Po_2$ | درجة الحموضة pH | درجة الحرارة |
|---|---|---|
| يتحرر الأكسجين من الدم، وينتقل إلى أنسجة الجسم عندما يكون ضغطه الجزئي في أنسجة الجسم قليلًا. | يزداد تحرُّر الأكسجين عندما تقل درجة الحموضة pH، ويزيد تركيز $CO_2$، في ما يُعرَف بتأثير بور (Bohr effect). | يزداد تحرُّر الأكسجين عند ارتفاع درجة حرارة الجسم إلى حد معين، مثل: ارتفاع درجة الحرارة في أثناء ممارسة التمارين الرياضية، وفي بعض الحالات المرضية مثل الالتهاب. |

الشكل (٢-٢٨): العوامل التي تساعد على تحرُّر الأكسجين.

بعد وصول الأكسجين إلى خلايا الجسم المختلفة ؛ **فإنه يستهلك بعملية التنفس الخلوي التي ينتج منها ثاني أكسيد الكربون .**

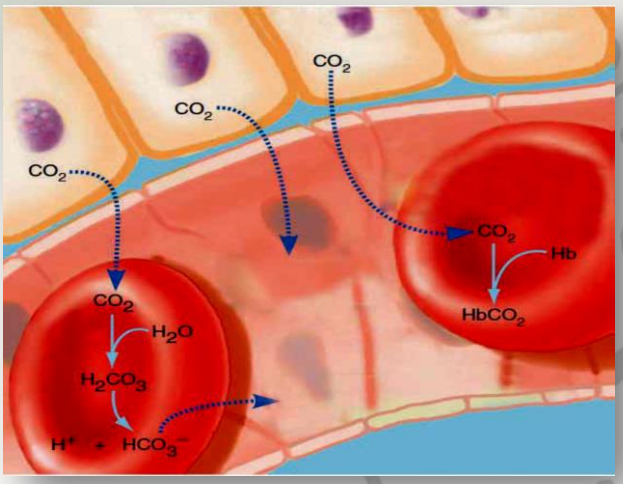
**لا بد من التخلص من ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية التنفس الخلوي ؛ وذلك لسميته للخلايا.**

# نقل ثاني أكسيد الكربون في الدم

من
خلايا الجسم المختلفة
↓
يكون فيها الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون **عالياً**

$CO_2$

إلى
الشعيرات الدموية المحيطة بالخلايا المختلفة للجسم
↓
يكون فيها الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون **قليلاً**




أشكال انتقال غاز ثاني أكسيد الكربون في الدم

- ٧% مذاب في البلازما
- ٩٣% مذاب في خلايا الدم الحمراء
  - ٢٣% على شكل كاربامينوهيموغلوبين ( إتحاد الهيموغلوبين مع ثاني أكسيد الكربون )
  - ٧٠% على شكل $HCO_3^-$

## أشكال إنتقال غاز ثاني أكسيد الكربون في الدم :

أ. **غاز ثاني أكسيد الكربون ذائب في بلازما الدم** : إن نسبة ثاني أكسيد الكربون التي يستطيع الدم نقلها ذائبة في البلازما قليلة ، وهي ٧% من ثاني أكسيد الكربون المنقول .

ب. **كاربامينوهيموغلوبين** : هو المركب الذي ينتج من اتحاد ثاني أكسيد الكربون بالهيموغلوبين . وتبلغ نسبة ثاني أكسيد الكربون المنقول بهذا الشكل نحو ٢٣% من ثاني أكسيد الكربون الكلي المنقول .

( **سؤال : مالذي يحصل لمركب كاربامينوهيموغلوبين عند وصوله إلى الشعيرات الدموية المحيطة بالحويصلات الهوائية في الرئتين ؟** )

**يتفكك على نحو سريع إلى ثاني أكسيد الكربون وهيموغلوبين .**

ج. **أيونات الكربونات الهيدروجينية $HCO_3$** : حيث يتحد الجزء الأكبر من ثاني أكسيد الكربون ( يمثل ٧٠% من $CO_2$ الكلي المنقول ) مع الماء الموجود داخل خلايا الدم الحمراء بمساعدة إنزيم كربونيك أنهيدريز ، مكونا حمض الكربونيك $H_2CO_3$ .

$$CO_2 + H_2O \xrightleftharpoons{\text{كربونيك أنهيدريز}} \underset{\text{حمض الكربونيك}}{H_2CO_3} \rightleftharpoons \underset{\text{أيونات الكربونات الهيدروجينية}}{HCO_3^-} + \underset{\text{أيونات الهيدروجين}}{H^+}$$

*** آلية إنتقال ثاني أكسيد الكربون على شكل أيونات كربونات هيدروجينية :**

**(من أنسجة الجسم إلى ( الدم ) الشعيرات الدموية المحيطة بها )**

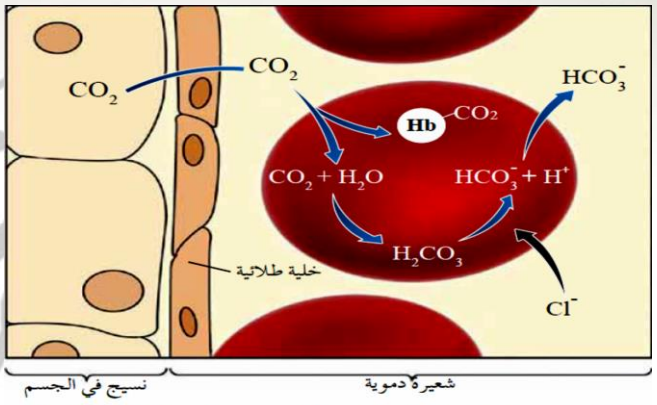
١. يتحد الجزء الأكبر من ثاني أكسيد الكربون ( يمثل ٧٠% من $CO_2$ الكلي المنقول ) مع الماء الموجود داخل خلايا الدم الحمراء بمساعدة إنزيم كربونيك أنهيدريز ، مكونا حمض الكربونيك $H_2CO_3$ .

٢. يتفكك حمض الكربونيك إلى أيونات الكربونات الهيدروجينية سالبة الشحنة ، وأيونات الهيدروجين ( $H^+$ ) موجبة الشحنة .

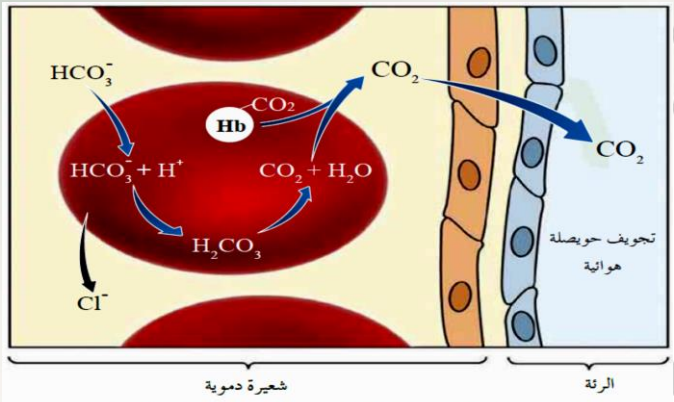
٣. تغادر أيونات الكربونات الهيدروجينية خلايا الدم الحمراء إلى بلازما الدم بواسطة الإنتشار .

٤. يؤدي خروج أيونات الكربونات الهيدروجينية السالبة من خلايا الدم الحمراء إلى بلازما الدم إلى حدوث خلل في التوازن الكهربائي على جانبي كل غشاء بلازمي لكل خلية دم حمراء .

٥. ولإعادة التوازن .. ينتقل أيون الكلور السالب ( $Cl^-$ ) الموجود بكميات كبيرة في بلازما الدم إلى داخل خلايا الدم الحمراء ، وتسمى هذه العملية إزاحة أيونات الكلور .




الشكل (٢-٣٠): انتقال ثاني أكسيد الكربون من أنسجة الجسم إلى الدم.




الشكل (٢-٣١): انتقال ثاني أكسيد الكربون من الدم إلى الرئتين.

*** آلية تحويل أيونات كربونات هيدروجينية إلى شكل ثاني أكسيد الكربون:**

**( من ( الدم ) الشعيرات الدموية المحيطة بالحويصلات الهوائية إلى ( الرئتين ) الحويصلات الهوائية )**

١. عند وصول الدم إلى الشعيرات الدموية المحيطة بالحويصلة الهوائية تنتقل أيونات الكربونات الهيدروجينية إلى داخل خلايا الدم الحمراء بالإنتشار .

٢. ترتبط جزيئات أيونات كربونات هيدروجينية بأيون الهيدروجين الموجب مكونة حمض الكربونيك والذي يتفكك إلى ماء وثاني أكسيد الكربون .

٣. ينتقل ثاني أكسيد الكربون من خلايا الدم الحمراء إلى بلازما الدم ويتفكك كاربامينوهيموغلوبين إلى ثاني أكسيد الكربون وهيموغلوبين بحيث تتجمع جزيئات ثاني أكسيد الكربون في البلازما ، بحيث تنتقل جزيئات ثاني أكسيد الكربون كاملة إلى الحويصلة الهوائية وتغادر الجسم بعملية الزفير .

٤. تخرج أيونات الكلور من خلايا الدم الحمراء إلى بلازما الدم لإعادة التوازن الكهربائي على جانبي الغشاء البلازمي لخلية الدم الحمراء .

**١. إلى أين ينتقل ثاني أكسيد الكربون الموجود في خلايا الجسم ؟ ٢. ما نسبة ثاني أكسيد الكربون المذاب في البلازما، و التي تنقل بواسطة خلايا الدم الحمراء ؟**

**٣. بم يرتبط ثاني أكسيد الكربون داخل خلايا الدم الحمراء ؟ ماذا ينتج عن الإرتباط ؟**

**٤. تتبع إنتقال ثاني أكسيد الكربون بصورة أيونات الكربونات الهيدروجينية من خلايا الجسم إلى الدم .**

**أ. ماذا ينتج عن إتحاد ثاني أكسيد الكربون مع الماء ؟ ما إسم الإنزيم الذي يساعد على ذلك ؟ ب. ماذا يحدث لحمض الكربونيك ؟**

**ج. إلى أين تنتقل أيونات الكربونات الهيدروجينية ؟ ٥. ما أشكال إنتقال ثاني أكسيد الكربون في الدم ؟**

**٦. ماذا يحدث لثاني أكسيد الكربون في الشعيرات الدموية عندما يصل إلى الرئتين ؟**

**ج. تتبع إنتقال ثاني أكسيد الكربون بصورة أيونات الكربونات الهيدروجينية من بلازما الدم إلى أن يتم التخلص منها على شكل $CO_2$ بعملية الزفير .**

# دور الكلية في تكوين البول

## وظائف الكلية

١. تسهم في عمل الجهاز البولي ( الإخراجي )
المسؤول عن طرح الفضلات النيتروجينية والمواد غير العضوية الزائدة عن حاجة الجسم ( البول )

٢. المحافظة على الإتزان الداخلي للجسم مثل ( إتزان الماء والأملاح )

٣. ضبط درجة الحموضة

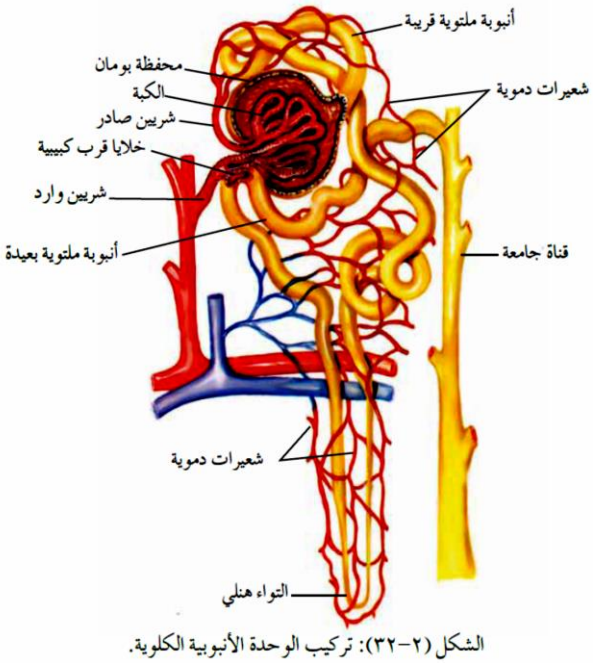
٤. ضبط ضغط الدم وحجمه

**تعد الوحدة الأنبوبية الكلوية الوحدة الأساسية المكونة للكلية ؛** ( علل ) إذ يوجد في الكلية الواحدة نحو ( ١.٣ ) مليون وحدة أنبوبية كلوية .

**يرشح الدم في الكلية مرات كثيرة في اليوم** ، وينتج من ذلك نحو ( ١,٥ ) لتر يوميا من البول .

( حتى إذا أدركه الغرق قال آمنت )

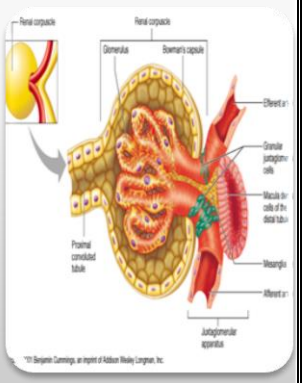
**لا تنتظر أن يدركك الغرق ، فوقتها قد تنجو ببدنك فقط !!**



الشكل (٢-٣٢): تركيب الوحدة الأنبوبية الكلوية.

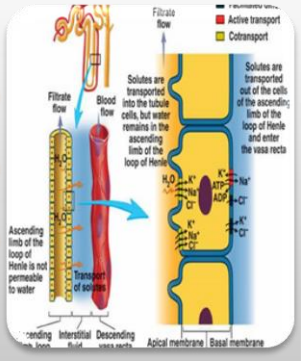
!! أكتب معي هالمعلومة عالسريع !!

## الإرتشاح



- تحدث عملية الإرتشاح في الكبة ( وهي شبكة من الشعيرات الدموية عالية النفاذية في الحويصلة الكلوية ) ومنها إلى محفظة بومان .
- ملحوظة : الحويصلة الكلوية تتكون من الكبة ومحفظة بومان .
- ترشح المواد صغيرة الحجم ( مثل : أيونات الصوديوم ، وأيونات الكلور ، وأيونات البوتاسيوم ، وجزيئات الغلوكوز ، والحموض الأمينية ، والفضلات النيتروجينية الذائبة في البلازما ) من الدم الذي يأتي عبر الشرين الوارد ، والذي يتجه نحو تجويف محفظة بومان .
- المواد ذات الحجم الجزئي الكبير ( مثل : بروتينات البلازما ) لا ترشح ثم ينتقل ما تبقى من الدم في الشرين الصادر إلى الشعيرات الدموية المحيطة بالأنابيب الملتوية .
- **يضبط الجهاز العصبي الذاتي معدل الإرتشاح ؛ ( علل ذلك )**
- إذ تتحكم الأعصاب الودية في العضلات الملساء المكونة للشرين الوارد وتساهم الهرمونات في هذه العملية

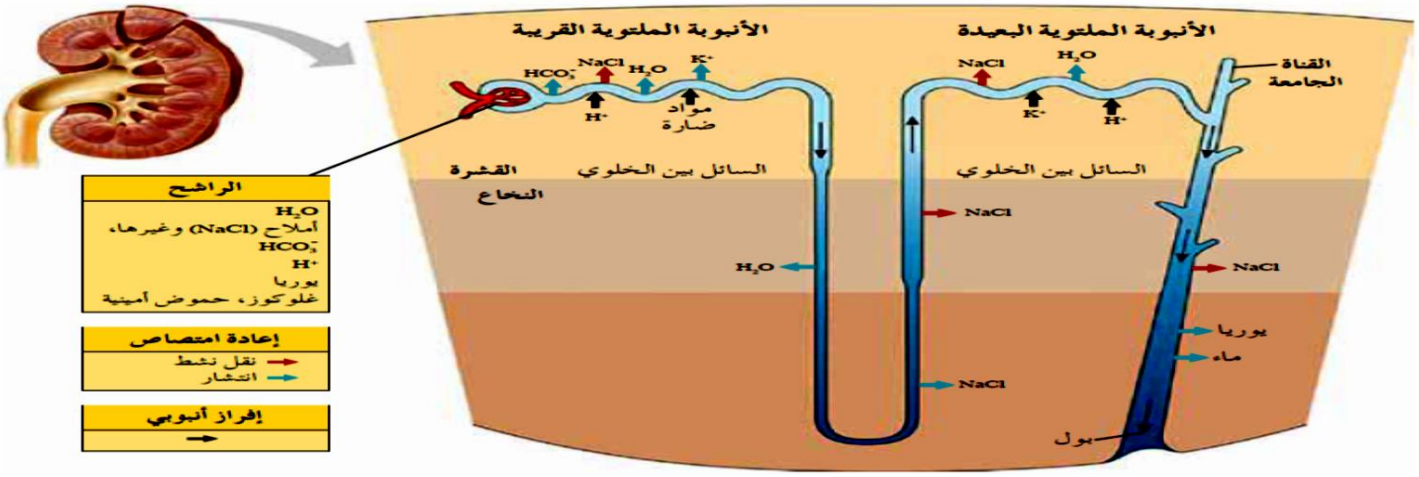
## إعادة الإمتصاص




- يعاد امتصاص حوالي ٩٩% من حجم السائل الراشح الموجود في تجويف الأنبوبة الملتوية القريبة ، والتواء هنلي ، والأنبوبة الملتوية البعيدة ، والقناة الجامعة وما يحتويه من ماء ومواد مفيدة يحتاج إليها الجسم ؛ وذلك لأن الراشح يحتوي على الكثير من المواد التي لا يمكن للجسم الإستغناء عنها .
- المواد التي لا يمكن للجسم الاستغناء عنها : الغلوكوز ، الحموض الأمينية ، أيونات الصوديوم ، أيونات البوتاسيوم ، أيونات الكلور .
- تتم عملية إعادة الإمتصاص إما بالإنتشار أو بالنقل النشط إلى السائل بين خلوي ثم إلى الشعيرات الدموية المحيطة بأجزاء الوحدة الأنبوبية الكلوية .
- تعد عملية إعادة الإمتصاص مهمة جدا ؛ علل ذلك ..
- وذلك لولاها لاضطر الإنسان لشرب كمية كبيرة من الماء وتناول كمية كبيرة من المواد مثل الغلوكوز والحموض الأمينية والأيونات لتعويض ما يفقده الجسم من عملية الإرتشاح وإلا فإن خلايا الجسم ستجف ويفقد المواد الضرورية ويموت الإنسان .

## الإفراز الأنبوبي

- يتم نقل المواد السامة والضارة ونواتج أيض العقاقير وأيونات هيدروجينية - وذلك لخطورتها إذا بقيت في الجسم - من الشعيرات الدموية المحيطة بأجزاء الوحدة الأنبوبية الكلوية إلى تجويف كل من الأنبوبة الملتوية القريبة والقناة الجامعة والأنبوبة الملتوية البعيدة ويتم الإفراز الأنبوبي إما بالإنتشار أو بالنقل النشط .
- يسهم الإفراز الأنبوبي في تنظيم درجة الحموضة وذلك بالتخلص من الأيونات الهيدروجينية الزائدة في الدم وطرحها خارج الجسم وامتصاص أيونات الكربونات الهيدروجينية إلى الدم . بما يسمى التوازن الحمضي القاعدي .
- يعد الإفراز الأنبوبي من العمليات المهمة في الجسم ؟
- لأنه يتم بواسطته التخلص من المواد السامة ونواتج أيض العقاقير والتي تكون خطرة على الجسم كما يسهم في التوازن الحمضي والقاعدي وذلك بطرح الأيونات الهيدروجينية الزائدة فينظم درجة حموضة الجسم .




الشكل ( ٢-٣٣ ): إعادة امتصاص بعض المواد في الوحدة الأنبوبية الكلوية.

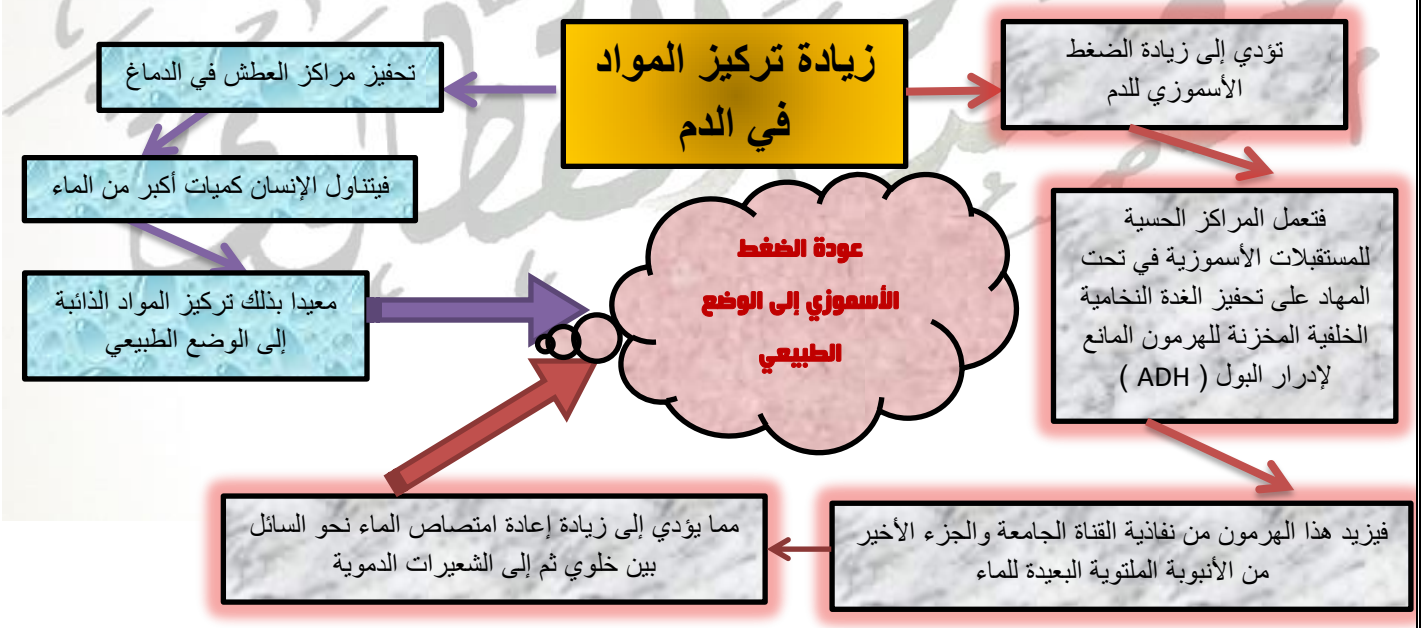
**يعد الإفراز الأنبوبي من العمليات المهمة في الجسم ( علل )**

لأنه يتم بواسطته التخلص من المواد السامة ونواتج أيض العقاقير والتي تكون خطرة على الجسم كما يسهم في التوازن الحمضي القاعدي وذلك بطرح أيونات الكربونات الهيدروجينية الزائدة فينظم درجة حموضة الجسم .

- **دور الهرمونات في ضبط عمل الكلية ( تنظيم عمل الكلية ) :**

أ. الهرمون المانع لإدرار البول ( ADH ) :

تسهم الكلية وتحت المهاد والنخامية الخلفية على المحافظة على اتزان الماء وضبط الضغط الأسموزي للدم .

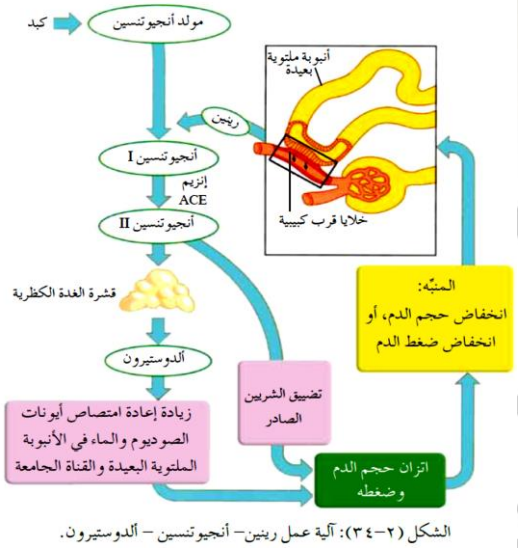


ب. رينين - أنجيوتنسين – ألدوستيرون :

ت. العامل الأذيني المدر للصوديوم ( ANF ) :

زيادة ضغط الدم وحجمه ← **يؤثر على الخلايا المتخصصة في الأذينان في القلب** ← فتفرز ( ANF )

الذي يثبط إفراز رينين فألدوستيرون مما يثبط إعادة امتصاص أيونات الصوديوم ( Na ) والماء فيقل حجم الدم وضغطه ويعودان للمستوى الطبيعي




الشكل (٢-٣٤): آلية عمل رينين- أنجيوتنسين - ألدوستيرون.

*** الهرمون المانع لإدرار البول :**

أ. ما سبب إفراز الهرمون المانع لإدرار البول ؟

ب. ما تأثير إرتفاع الضغط الأسموزي للدم في المستقبلات الأسموزية ؟

ج. أين توجد المستقبلات الأسموزية ؟

د. ما تأثير المستقبلات الأسموزية في النخامية الخلفية ؟

هـ. ما تأثير المستقبلات الأسموزية في مراكز العطش ؟

و. وضح تأثير الهرمون المانع لإدرار البول في الوحدة الأنبوبية الكلوية ؟ وماذا ينتج عن ذلك ؟

ز. ما سبب تثبيط إفراز الهرمون المانع لإدرار البول ؟

ح. كيف يعود حجم الدم وضغطه الأسموزي إلى المستوى الطبيعي؟

*** هرمون الدوستيرون :**

أ. ما سبب تنبيه إفراز هرمون ألدوستيرون ؟

ب. ما تأثير نقص حجم الدم وضغطه على الخلايا المتخصصة في جدار الشرين الوارد ؟

ج. أكتب معادلة تعبر عن تحول مولد أنجيوتنسين في البلازما الى أنجيوتنسين II .

د. من أين ينتج بروتين مولد أنجيوتنسين ؟

هـ. ما تأثير أنجيوتنسين II في كل من الشرين الصادر و قشرة الغدة الكظرية ؟

و. ما تأثير ألدوستيرون في الأنبوبة الملتوية البعيدة ؟

ز. ماذا يحدث عند إعادة إمتصاص أيونات الصوديوم ؟

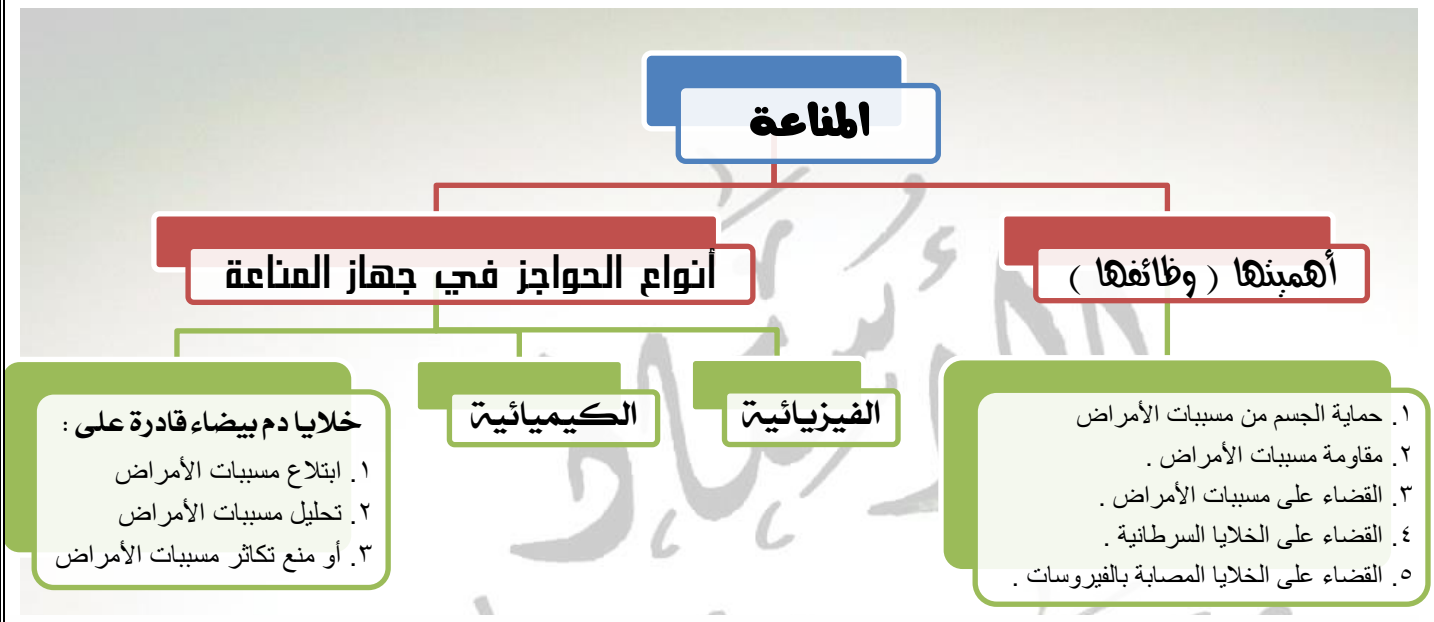
*** العامل الأذيني المدر للصوديوم**

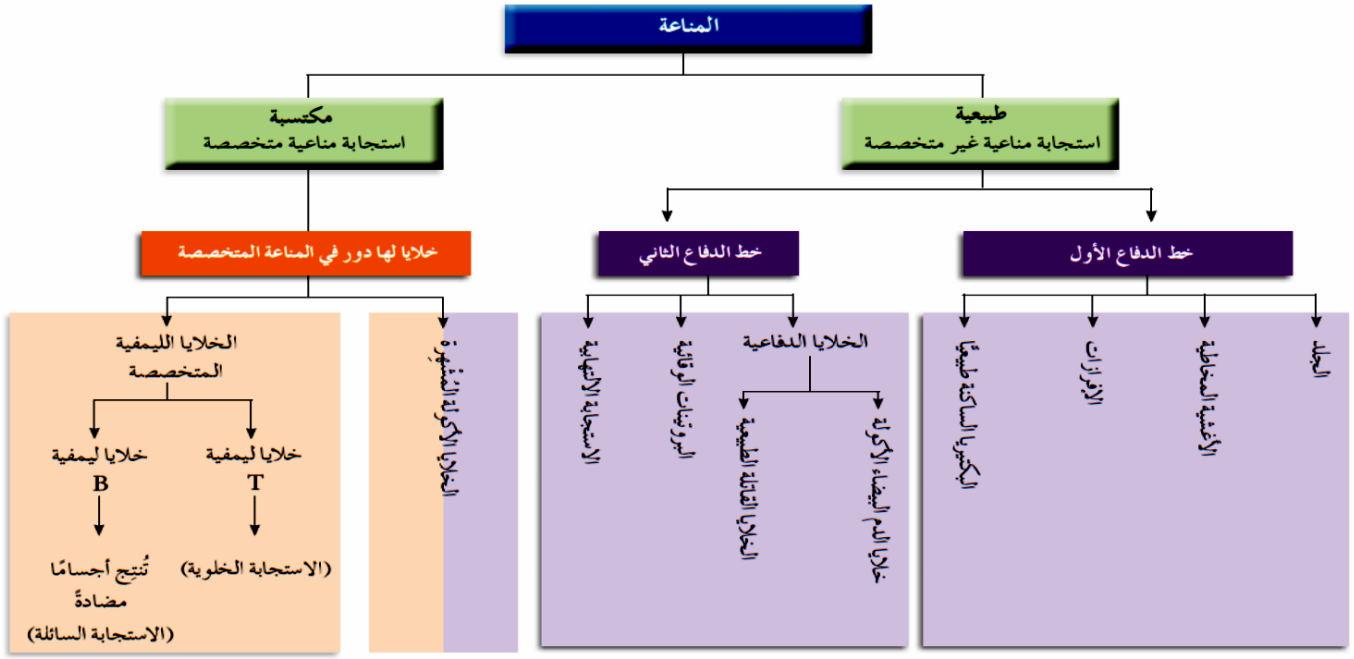
أ. من أين يفرز ؟ ب. ما سبب إفرازه ؟ ج. ما تأثيره ؟

# الإستجابة المناعية

الهواء الذي تتنفسه & الغذاء الذي تتناوله & الماء الذي نشربه .. يحتوي كل منها على عدد كبير من الكائنات الحية الدقيقة التي تبحث عن مأوى لها للعيش والتكاثر .

بعضها لا تسبب لنا ضررا — بعضها تسبب الأمراض وتمثل مصدر تهديد حقيقي للجسم



## الإستجابة المناعية الطبيعية ( غير المتخصصة ) ( المناعة الفطرية ) :

تتكون من خطي الدفاع الأول و الثاني .

- مهمتها الأساسية ( الوظيفة ) :

١. منع دخول مسببات الأمراض إلى الجسم . ٢. القضاء على مسببات الأمراض فور دخولها.
٣. التخلص من الخلايا المصابة بمسببات الأمراض .

* **تعد هذه المناعة غير متخصصة** ؛ ( علل ) لأنها لا تستهدف نوعا محددا من مسببات الأمراض .

$ **تتكون هذه المناعة منذ لحظة ولادتنا** ، **وهي مناعة غير متخصصة تتصدى للأجسام الغريبة جميعها حال دخولها الجسم.**

### * آليات خط الدفاع الأول :

#### أ. حاجز الجلد :

١. يعد الجلد السليم حاجز فيزيائي مهم ( وظيفته ) يمنع دخول مسببات الأمراض .
٢. يسبب العرق المفرز من الجلد انخفاضا في درجة حموضة الجلد ؛
فيوفر رقما هيدروجينيا منخفضا ( علل ) ؛ ما يقلل نمو كثير من أنواع البكتيريا على الجلد .

#### ب. الأغشية المخاطية :

**المبطنة للقناة الهضمية والقناة التنفسية والجهاز البولي والتناسلي تفرز المخاط الذي يمنع دخول مسببات المرض إلى خلايا الجسم .**

#### ج. الإفرازات :

١. **الدموع واللعاب** يمثلوا حاجزا يمنع وصول مسببات الأمراض إلى داخل الجسم ؛ **بسبب احتوائها على انزيمات تحلل الأجسام الغريبة.**
٢. **حمض الهيدروكلوريك** الموجود في المعدة الذي يهضم الكثير من مسببات الأمراض الموجودة في الطعام .

#### د. البكتيريا الساكنة طبيعيا في الجسم :

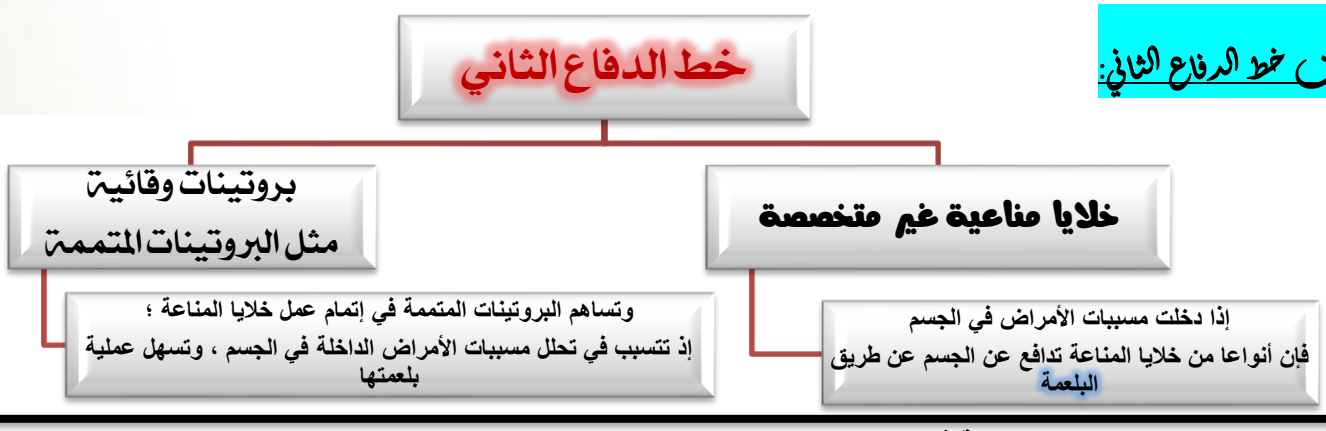
* هي بكتيريا نافعة تعيش في أجزاء مختلفة من الجسم ، مثل : سطح الجلد ، والقناة الهضمية .

*** طريقة دفاعها عن الجسم ضد مسببات الأمراض :**

**١. تنتج مواد قد تقتل البكتيريا الضارة مباشرة .**
**٢. تفرز مواد تغير من درجة حموضة الوسط لجعله غير ملائم لعيش البكتيريا الضارة .**
**٣. أو تستنفذ المواد الغذائية المتوافرة ؛ مانعة بذلك حصول البكتيريا الضارة على غذائها ، مما قد يسبب موتها .**

**في حال اختراق خط الدفاع الأول ( مثل الإصابة بجرح ) فإن خط الدفاع الثاني يتدخل .**

### * آليات خط الدفاع الثاني:



**آلية عمل الخلايا القاتلة الطبيعية :** ( أكتب معي هالمخطط )

الخلايا القاتلة الطبيعية ← تفرز ←

- **برفورين** يحدث ثقوبا في غشاء الخلية المصابة
- **إنزيمات حبيبية** تدخل خلال الثقوب لتحلل بروتينات الخلية المصابة مسببة موتها

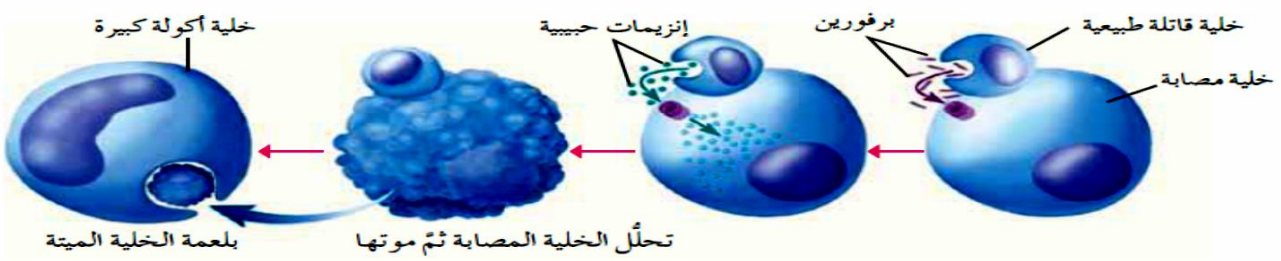
**الخلايا الأكولة الكبيرة تقوم** بابتلاع الخلية الميتة بعملية البلعمة .

**آليات خط الدفاع الثاني**

- **الخلايا الدفاعية**
  - خلايا الدم البيضاء الأكولة
    - **الخلايا المتعادلة**: توجد هذه الخلايا في الدم ، وفي أعضاء أخرى : الكبد ، الطحال ، الرئتين ، اللوزتين ، وهي خلايا نهمة في ابتلاع مسببات الأمراض البكتيرية ، لكنها لا تعيش طويلا
    - **الخلايا الأكولة الكبيرة**: تعد هذه الخلايا في الأساس وحيدة النواة ، وقد تكون حرة بحيث تتجول من نسيج إلى آخر ، أو مستقرة في أعضاء معينة ، مثل : الطحال والكبد
  - الخلايا القاتلة الطبيعية: هي خلايا ليمفية توجد في الطحال والعقد الليمفية ونخاع العظم والدم . ويمكنها تمييز الخلايا المصابة بالفيروسات والخلايا السرطانية ، وقتلها ، لكنها غير متخصصة
- **البروتينات الوقائية**
  - البروتينات المتممة
  - الإنترفيرونات: وهي بروتينات تفرزها الخلايا المصابة بالفيروسات ، فترتبط بالخلايا المجاورة ، وتحفزها إلى إنتاج بروتينات مضادة للفيروسات تمنع تضاعف أعداد الفيروسات المهاجمة لها .
- **الإستجابة الإلتهابية**
  - تعمل مجموعة من المواد الكيميائية المفرزة من مسببات المرض وخلايا الجسم المصابة على جذب الخلايا الأكولة إلى منطقة الإصابة .
  - وتزيد من تدفق الدم نحوها .
  - إضافة إلى تزايد نفاذية الشعيرات الدموية في منطقة الإصابة .
  - وهذا يساعد على زيادة أعداد خلايا الدم البيضاء في المنطقة .

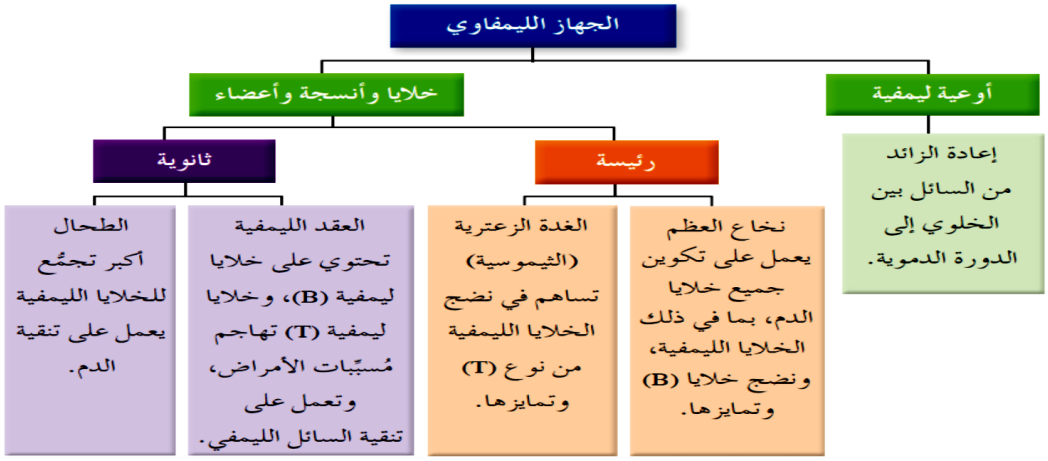
أعراض الإستجابة الإلتهابية :

- الاحمرار بسبب توسع الشعيرات الدموية .
- الانتفاخ بسبب خروج البلازما من الدم .
- إحساس بالألم نتيجة تهيج النهايات العصبية .
- ارتفاع درجة حرارة النسيج المصاب .




الشكل (٢-٣٦): آلية عمل الخلايا القاتلة الطبيعية.

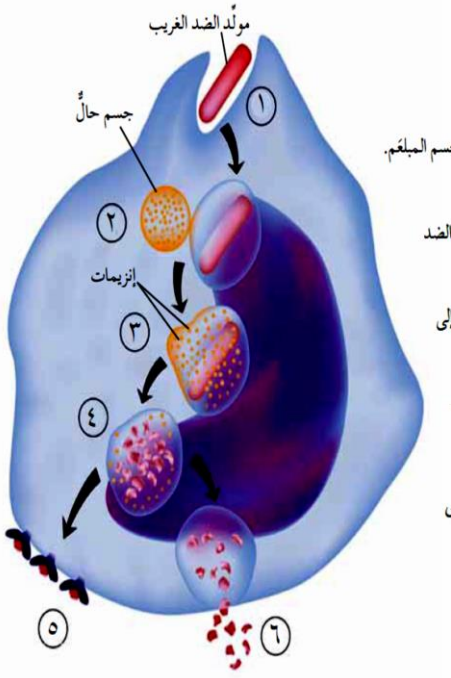
# المناعة المكتسبة المتخصصة



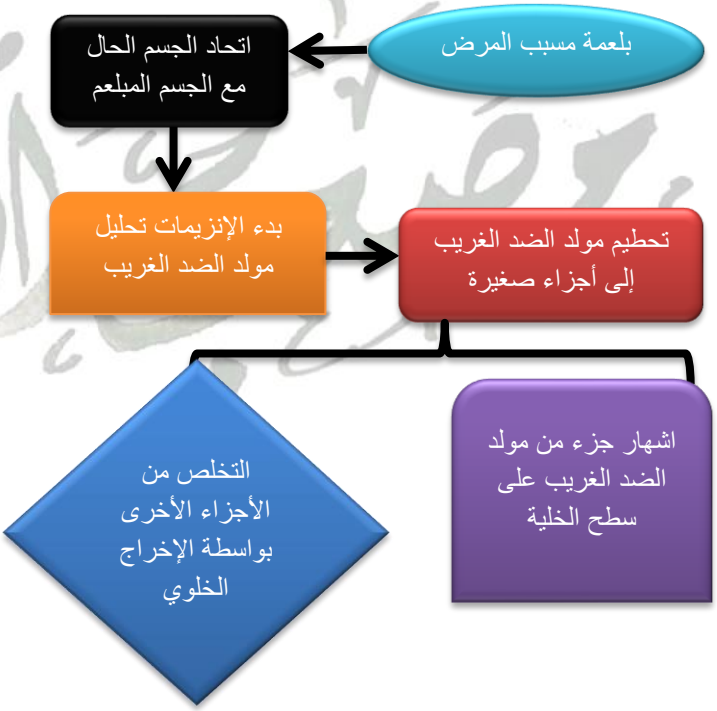

الشكل (٢-٣٧): بعض أجزاء الجهاز الليمفاوي، ووظائفها.

**مولد الضد الغريب** : هو المادة أو الجسم الغريب الذي يحفز الاستجابة المناعية المكتسبة المتخصصة من قبل جهاز المناعة.

## آلية عمل الخلايا الأكولة المشهرة ( مخطط ذهني )



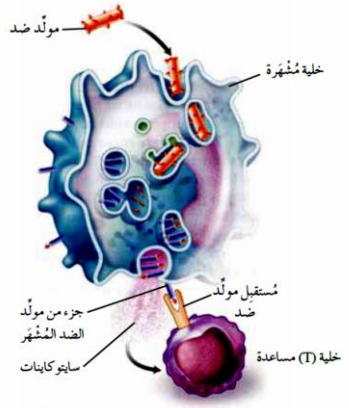

الشكل (٢-٣٨): آلية عمل الخلايا المُشْهِرة.



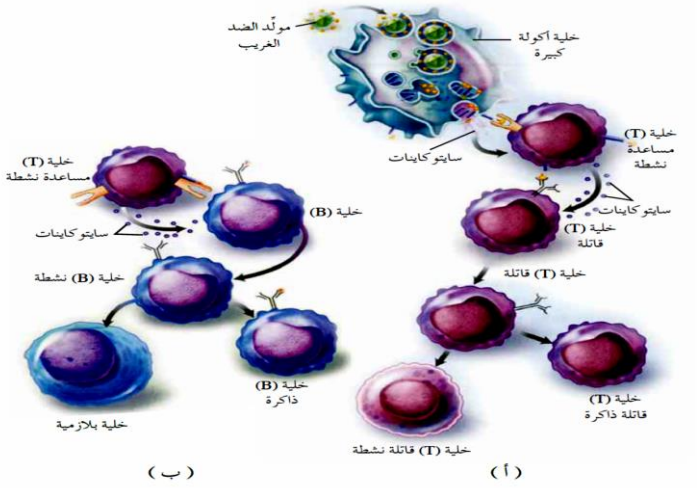

تذكر أن الخلايا الأكولة المشهرة هي عبارة عن خلايا تشهر مولد الضد الغريب المسبب للمرض على سطحها .

## آلية عمل الخلايا (T) المساعدة ( مخطط ذهني )

لا تنسى المخطط إلي رسمناه عاللوح !!




الشكل (٢-٣٩): ارتباط خلية (T) المساعدة بمولّد الضد المُظهَر.




الشكل (٢-٤٠): آلية عمل خلايا (T) المساعدة.

١. تشهر الخلايا الأكولة مولد الضد على سطحها فترتبط خلايا ( T ) المساعدة مع مولد الضد المشهر .

٢. يسبب هذا الإرتباط إفراز الخلايا الأكولة المشهرة مواد كيميائية تسمى سايتوكاينات تحفز انقسام خلايا ( T ) المساعدة وتمايزها إلى خلايا ( T ) مساعدة نشطة و خلايا ( T ) مساعدة ذاكرة .

٣. تفرز خلايا ( T ) مساعدة نشطة سايتوكاينات والتي تقوم بما يلي :

- تحفز خلايا ( T ) القاتلة على الإنقسام لتكوين خلايا ( T ) قاتلة نشطة ، وخلايا ( T ) قاتلة ذاكرة .
- تحفز خلايا ( B ) لتصبح نشطة ، وتنقسم لإنتاج خلايا بلازمية وخلايا ( B ) الذاكرة .

**سؤال : ما أنواع الخلايا المناعية التي تشهر مولد الضد في الشكل السابق ؟** الخلايا الأكولة الكبيرة

**سؤال : ماذا يحدث لخلايا ( T ) المساعدة بعد ارتباطها بمولد الضد المشهر ؟** انقسام خلايا ( T ) المساعدة وتمايزها إلى خلايا (T) مساعدة نشطة وخلايا ( T ) مساعدة ذاكرة .

**سؤال : تؤدي الخلايا الليمفية ( T ) دورا كبيرا في مناعة الجسم بمساعدة الخلايا الليمفية ( B ) ، وأنواع أخرى من الخلايا المناعية ، والمطلوب :**

١. ما اسم المادة الكيميائية التي تفرزها خلايا ( T ) المساعدة النشطة ؟ سايتوكاينات

٢. ما نوعي الخلايا الناتجة عن انقسام الخلايا الليمفية ( B ) النشطة ؟ خلايا بلازمية تنتج أجساما مضادة وخلايا ( B ) ذاكرة .

**سؤال : ما دور السايتوكاينات التي تفرزها خلايا ( T ) المساعدة في كل من خلايا ( T ) القاتلة وخلايا ( B ) ؟**

١. تحفز خلايا ( T ) القاتلة على الإنقسام لتكوين خلايا ( T ) قاتلة نشطة ، وخلايا ( T ) قاتلة ذاكرة .

٢. تحفز خلايا ( B ) لتصبح نشطة ، وتنقسم لإنتاج خلايا بلازمية وخلايا ( B ) ذاكرة .

**سؤال : ما دور السايتوكاينات التي تفرزها الخلايا الأكولة الكبيرة في خلايا ( T ) المساعدة ؟**

انقسام خلايا ( T ) المساعدة وتمايزها إلى خلايا ( T ) مساعدة نشطة و خلايا ( T ) مساعدة ذاكرة .

## آلية عمل الخلايا (T) القاتلة ( مخطط ذهني)

س : ما وظيفة الخلايا (T) القاتلة ؟ تهاجم الخلايا المصابة .

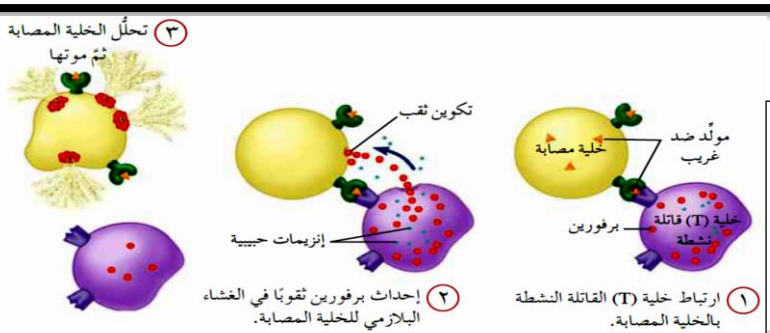
س : ما آلية عمل الخلايا ( T ) القاتلة ؟

١. تتعرف الخلايا ( T ) القاتلة النشطة على مولد الضد المشهر على سطح الخلايا المصابة بالمرض وترتبط به .

٢. يؤدي ذلك إلى **تحفيز خلايا ( T ) القاتلة** على إفراز مادة كيميائية تسمى **برفورين** تعمل على إحداث ثقوب في الغشاء البلازمي للخلية المصابة بالمرض مما يسمح **بدخول إنزيمات خاصة** تحلل بروتينات الخلية المصابة مسببة موتها .

س : كيف تستجيب خلايا T القاتلة لارتباطها بمولد الضد الغريب ؟

س: وضح تأثير مادة برفورين التي تفرزها خلايا (T) القاتلة في الخلايا المصابة بالمرض ؟



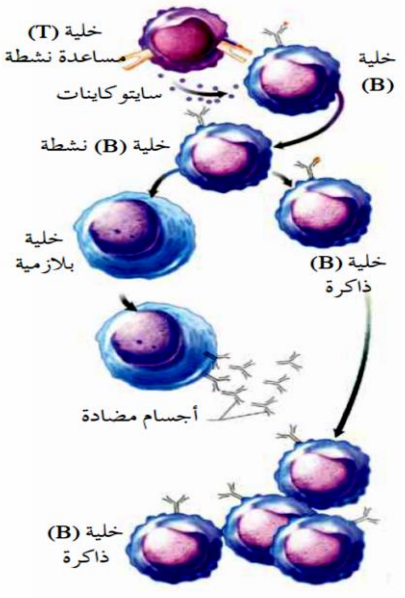

الشكل (٢-٤١): آلية عمل خلايا (T) القاتلة.

**سؤال : فيم تختلف الخلايا القاتلة الطبيعية عن الخلايا (T) القاتلة ؟**

**الخلايا القاتلة الطبيعية** من خلايا خط الدفاع الثاني وتمتاز بقدرتها على تمييز وقتل الخلايا المصابة بالفيروسات والخلايا السرطانية وهي غير متخصصة .

**الخلايا (T) القاتلة** نوع من الخلايا اللمفية ، حيث تهاجم الخلايا المصابة بعد تعرفها على مولد الضد المشهر على سطحها وهي متخصصة .

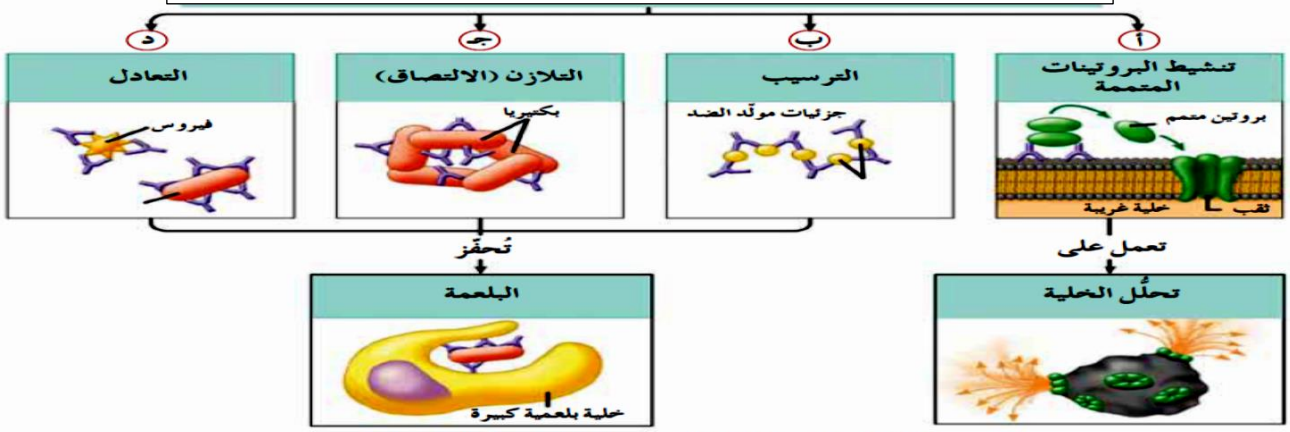
## آلية عمل الخلايا (B) ( مخطط ذهني)




الشكل (٢-٤٢): آلية عمل خلايا (B).

## الأجسام المضادة

يعمل ارتباط الجسم المضاد بمولد الضد على تثبيطه بطرائق ، منها :




الشكل (٢-٤٣): آلية عمل الأجسام المضادة.

من طرائق تثبيط مولّد الضد عند ارتباطه بالجسم المضاد:

(أ) ارتباط الأجسام المضادة بالغشاء البلازمي للخلية المُسبِّبة للمرض (مولِّد الضد)، يليه تنشيط البروتينات المتممة، فيؤدي الارتباط إلى إحداث ثقوب في الغشاء البلازمي للخلية المُسبِّبة للمرض، ودخول السوائل إلى داخل الخلية، فتتحلَّل الخلية.

(ب) ارتباط الأجسام المضادة بمولِّدات الضد مُسبِّبةً ترسيبها، فتنشط الخلايا الأكولة، وتحدث عملية البلعمة.

(جـ) ارتباط الأجسام المضادة بمجموعة من مولِّدات الضد مُسبِّبةً التصاق بعضها ببعض (تلازنها)، فتنشط الخلايا الأكولة، وتحدث عملية البلعمة.

(د) ارتباط الأجسام المضادة بمُسبِّب المرض (مولِّد الضد)، مانعًا إياه من الارتباط بخلايا الجسم وإلحاق الضرر به، وتنشط الخلايا الأكولة، وتحدث عملية البلعمة.