الطب الحيوي الحسابي

مقاومة المضادات الحيوية | للطالب

وحدة 3: مقاومة المضادات الحيوية

قصة الحالة

أ.ر. شابة تبلغ 18 عاما، شعرت منذ أربعة أيام بحرقان وأوجاع عند التبوّل، وبحاجة الشديدة للدخول إلى المرحاض بوتيرة عالية. بالرغم من أخذ قسط من الراحة وتناول كميات كبيرة من المياه، لم يطرأ تحسّن على حالتها، ولم تختفِ الأعراض. وصلت إلى قسم الطوارئ، وأنتم طاقم الأطباء، أجريتم للمريضة فحصًا جسديًا، ولاحظتم حساسية وأوجاعًا في الجزء السفلي من البطن. لتشخيص المرض، طلبتم منها أن تعطي عيّنة من البول، وقمت بدوركم بإرسال عيّنة البول لمختبر المستشفى.

العالمة دانيت استلمت عيّنة البول الخاصة بالشابة أ.ر. في مختبرها، واكتشفت تلوّثًا جرثوميًا، وأجرت تجارب لتحديد نوع البكتيريا المسبّبة للأعراض التي تعاني منها. بعد عدة فحوصات لاحظت أنّ أ.ر. تعاني من تلوّث في المسالك البولية البول نتيجة لتكاثر بكتيريا *Escherichia coli*.

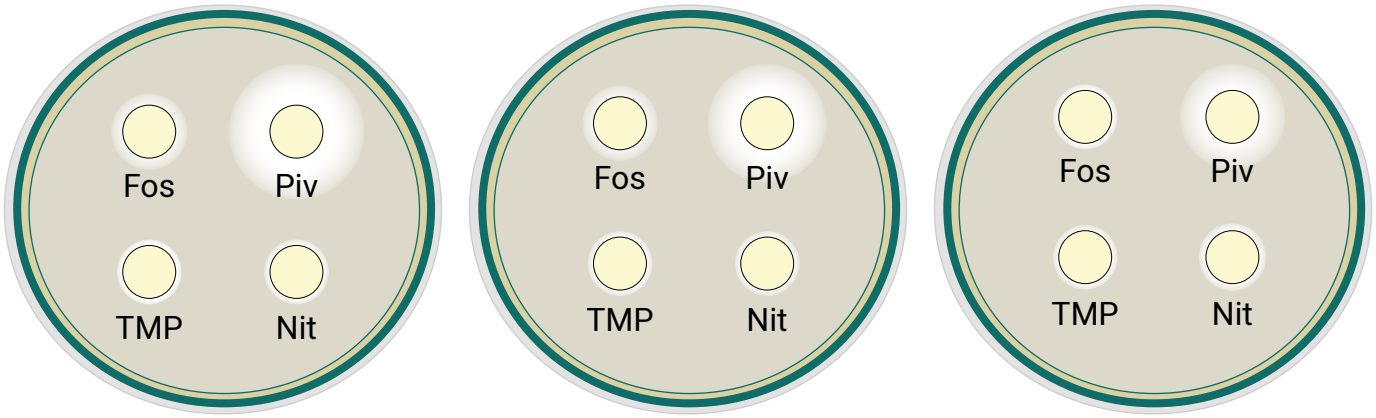
بعد فحص حساسية البكتيريا للمضادات الحيوية الذي أُجري في مختبر دانيت، قررتم إعطاء المريضة علاج بالمضاد الحيوي فوسفوميسين (Fosfomycin - Fos) وطلبتم منها أن تحرص على تناول الدواء بالجرعات المناسبة وبشكل كامل. بعد مرور ثلاثة أيام على بداية تناول المضادات الحيوية، شعرت أ.ر. شعرت، واختفت الأعراض. لكن بعد ثلاثة أسابيع، توجّهت أ.ر. مرة أخرى لطبيبة العائلة، وهي تعاني من نفس الأعراض السابقة: حرقان وأوجاع عند التبوّل، وحاجة شديدة للدخول إلى المرحاض وبوتيرة عالية.

اكتشفت الطبيبة من خلال الفحص الذي أجرته للمريضة، حساسية وأوجاعًا حادة في الجزء السفلي من البطن. من أجل تشخيص المرض، طلبت الطبيبة من أ.ر. إجراء فحص بول مرة أخرى، وتمّ إرسال العيّنة مرة أخرى إلى مختبر المستشفى. لكنّ الطبيبة، لم تنتظر صدور نتائج الفحص، وقررت كما في المرة السابقة، أن تعطي أ.ر. مرة أخرى علاجًا بالمضاد الحيوي فوسفوميسين (Fosfomycin - Fos). لكن هذه المرة، وبالرغم من العلاج بالمضاد الحيوي، لم تختفِ الأعراض.

عندما أعدّت دانيت استنباتًا من فحص عيّنة بول أ.ر. اكتشفت وجود تلوّث جرثومي مرة أخرى. وفي الفحوصات التي أجريت لتمييز نوع البكتيريا، وجدت أنّ البكتيريا هي عصويّة الشكل، وسالبيّة الغرام، ومدة التوالد لديها هي 20 دقيقة، الأمر الذي يناسب تلوّث متكرّر لبكتيريا *Escherichia coli*.

© كل الحقوق محفوظة

كرّرت دانيت ثلاث مرات فحص حساسية البكتيريات التي تم إيجادها في عيّنة البول للمضادات الحيوية المختلفة. حصلت على النتائج التاليى:



رسم 1: نتائج لثلاث محاولات لفحص حساسية البكتيريات التي تم إيجادها في عيّنة بول أ.ر.

1. أمعِنوا النظر في رسم الأطباق الثلاثة التي أجرت فيها دانيت فحص حساسية البكتيريات الموجودة في عينة بول أ.ر. للمضادات الحيوية المختلفة (رسم 1):
   أ. استنادًا إلى النتائج في الأطباق، هل تعتقدون أن البكتيريات التي أخذت من عيّنة بول أ.ر. حساسة للمضاد الحيوي فوسفوميسين (Fosfomycin – Fos) ؟ اشرحوا على ماذا اعتمدتم في إجابتكم.
   ب. لأي نوع من المضادات الحيوية ظهرت حساسية لدى البكتيريات التي أُخِذت من عينة بول أ.ر.، بعد التلوّث المتكرّر؟ اشرحوا على ماذا اعتمدتم في إجابتكم.
   ج. خمّنوا: لماذا العلاج بالمضاد الحيوي فوسفوميسين (Fosfomycin - Fos) لم يساعدأ.ر. بعد التلوّث المتكرّر؟

تتكوّن مجموعة من البكتيريات المقاومة للمضادات الحيوية في أعقاب حدوث عمليتين مركزيتين:

1. تكوّن طفرة تمنح البكتيريا مقاومة للمضاد الحيوي
2. بقاء البكتيريات المقاومة للمضادات الحيوية وتكاثرها، للحصول على مجموعة مكونة من بكتيريات مقاومة للمضادات الحيوية.

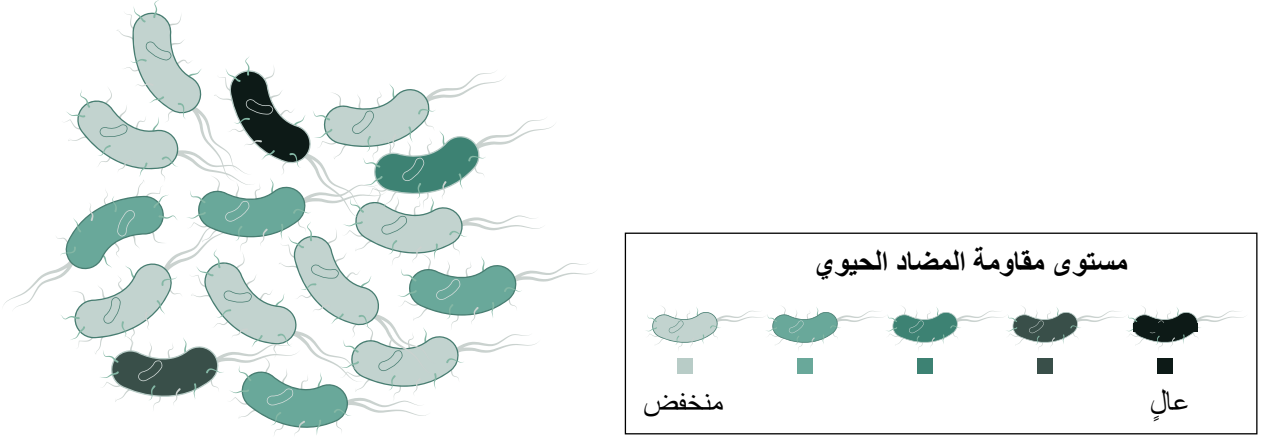
خلفية بيولوجية لتكوّن الطفرات التي تسبّب اختلافًا في مجموعة البكتيريات

خلال عمليات تكاثُر البكتيريات، تحدث بشكل عشوائي تغييرات في المادة الوراثية للبكتيريات. هذه التغييرات تسمى طفرات.

حدوث التغييرات يؤدي إلى عد تجانُس مجموعة البكتيريات - هناك اختلاف بين البكتيريات في المجموعة. على سبيل المثال، هناك بكتيريات قادرة على تحليل سكريات معينة، واستخدامها كمصدر للطاقة، وبكتيريات أخرى غير قادرة على ذلك؛ أو بكتيريات قادرة على التحرّك بسرعة أكبر من بكتيريات أخرى.

بشكل مشابه، هناك اختلاف في مستوى مقاومة البكتيريات للمضادات الحيوية المختلفة (انظروا الرسم 2). أين أن هناك طفرات عشوائية تتكوّن وتمنح البكتيريات مستويات مقاومة مختلفة للمضادات الحيوية. تجدر الإشارة إلى أن الطفرات تحدث حتى وإن لم تتعرض البكتيريات للمضادات الحيوية بتاتًا.

© كل الحقوق محفوظة



رسم 2: مجموعة بكتيريات ذات مستويات مقاومة مختلفة لمضاد حيوي معين

فعالية لفهم الاختلاف في مجموعة البكتيريات، نتيجةً للطفرات العشوائية

2. نفترض أنّ 0.1% من البكتيريات في فحص عيّنة بول معينة، مقاومة بمستوى عالٍ لمضاد حيوي.
   أ. إذا كان في فحص عيّنة بول 1000 بكتيريا، حاولوا أن تقدّروا كم بكتيريا ستكون مقاوِمة؟
   اشرحوا بالكلمات أو بواسطة تمرين.
   ب. إذا كان في فحص عيّنة بول 8100 بكتيريا، حاولوا أن تقدّروا تقريبًا كم بكتيريا ستكون مقاوِمة؟ اشرحوا بالكلمات أو بواسطة تمرين.
3. هل يمكن أن يكون عدد البكتيريات المقاوِمة متساويًا في فحصين مختلفين لعيّنتَيّ البول؟
   إذا كانت الإجابة نعم، أعطوا مثالا واشرحوا لماذا.
4. حدوث طفرة تمنحالمقاومة لمضاد حيوي معين هو أمر عشوائي ومحدود لبعض الأفراد في مجموعة البكتيريات. مثلا، عندما تتعرض بكتيريات إي كولي *Escherichia coli* داخل المختبر لتركيز عالٍ من مضاد ستربتوميسين، وفي حالات كثيرة تبيّن أنّ واحدة من كل 10^9 بكتيريا هي بكتيريا ذات طفرة تمنح المقاومة لمضاد ستربتوميسين.
   أ. اختاروا كلّ الإجابات الصحيحة:
   في فحص عيّنة بول تحتوي على 10^9 بكتيريا، يُتوقع أنّ يكون عدد بكتيريات إي كولي المقاوِمة لستربتوميسين:

   I. $\frac{1}{10^9}$ II. $\frac{10^9}{1}$ III. 10^{-9} IV. 10^9 V. 1

   ب. احسبوا عدد البكتيريات المقاوِمة لستربتوميسين، المتوقع وجودها في فحص عيّنة بول تحتوي على $2x10^{10}$ بكتيريا إي كولي.
   ج. هل من المحتمل برأيكم ألّا تكون في فحص عيّنة بول تحتوي 10^9 بكتيريا على الأقل بكتيريا واحدة مقاوِمة لستربتوميسين؟
   د. هل من المحتمل برأيكم ألّا تكون في فحص عيّنة بول تحتوي على 10^9 بكتيريا 7 بكتيريات مقاوِمة لستربتوميسين؟

© كل الحقوق محفوظة

حساب احتمالات أحداث عشوائية

(من مادة الرياضيات المدمجة للصفّ الثامن، الجزء الثاني).

الاحتمال هو مجال رياضي يتناول حساب أو تحليل احتمالات النتائج.

لا يمكن توقّع نتيجة تجربة أو لعبة واحدة مسبقًا.

إذا أجرينا عددًا كبيرًا من التجارب، يمكن توقّع احتمالات النتائج بـ**احتمالية كبيرة**.

كما أنه لا يمكن أن نتوقع مسبقًا ما إذا كانت ستحدث طفرة، وإن حدثت - أي طفرة ستحدث وهل ستؤدي إلى مقاومة المضادات الحيوية. كما ولا يمكن ان نتوقع **بالتأكيد** عدد البكتيريات التي ستحدث فيها هذه الطفرة.

مجموعة نتائج تجربة معينة تسمى **حدث**.

الحدث الذي فيه نتيجة واحدة يسمى **حدث بسيط**.

مثال: عند رمي حجر نرد، نحصل على نتيجة واحدة من بين ستّ نتائج: 1، 2، 3، 4، 5 أو 6.

مجموعة النتائج "الحصول على رقم أكبر من 2": 3، 4، 5 أو 6 هي **حدث**

النتيجة "الحصول على الرقم 2" هي **حدث بسيط**.

حدث ممكن هو حدث يمكن أن يقع. مثال: حدث "الحصول على رقم أكبر من 2 عند رمي حجر النرد" هو **حدث ممكن**.

حدث مؤكد هو حدث يجب أن يقع. مثال: حدث "الحصول على عدد طبيعي عند رمي حجر نرد عادي" هو **حدث مؤكد**.

حدث مستحيل هو حدث لا يمكن أن يقع. مثال: حدث "الحصول على الرقم 8 عند رمي حجر نرد عادي" هو **حدث مستحيل**.

لكي نفهم بشكل أفضل احتمالات تكوّن طفرات تمنح المقاومة للمضادات الحيوية، نستعين بتعريفات مختلفة للمصطلحات وبالحسابات في مجال الاحتمال.

6. أ. بأزواج: اكتبوا ثلاثة أحداث من الحياة اليومية تحدث بشكل مؤكد، ثلاثة أحداث من المحتمل أن تحدث، وثلاثة أحداث لن تحدث أبدًا.
   ب. لأي الأحداث التي كتبتموها يمكنكم أن تقدّروا (تقيسوا) احتمال حدوثها؟ ما هو احتمال حدوثها برأيكم؟ (0، أقرب إلى 0-، أقرب إلى 1، 1)
   ج. في أي أحداث تجدون صعوبة في تحديد احتمال حدوثها؟ ماذا ينقصكم لتحديد ذلك؟

7. في سؤال 5، تعلمنا أنّه في عيّنة البول التي كانت بها 10^9 بكتيريا إي كولي كانت هناك بكتيريا واحدة ذات مقاومة لستربتوميسين. قدّروا وفقًا لهذه المعلومات:
   أ. هل إمكانية تكوّن طفرة تمنح مقاوَمة لمضاد حيوي معين، هي برأيكم حدث مؤكّد، ممكن، أو مستحيل؟ اشرحوا.
   ب. إذا كان حدث تكوّن الطفرة التي تمنح المقاومة ممكنًا، هل سيكون الاحتمال أقرب لـ 0 أو لـ 1؟ اشرحوا.

8. أسئلة تحدٍّ:
   I. في مختبر معين، تم أخذ عيّنة لـ 10^9 بكتيريا، واتّضح أنّ فيها بكتيريا واحدة مقاوِمة للمضاد الحيوي.
      أ. وزّعوا **هذه** العيّنة على عشرة أوعية، بحيث يكون حجمها متساويًا في كلّ وعاء.
      هل يمكنكم أن تخمّنوا في كم وعاء من الأوعية العشرة، سنجد بكتيريا مقاوِمة؟ اشرحوا السبب.
      ب. استمروا ووزّعوا الكمية الموجودة في كلّ وعاء من الأوعية العشرة على 10 أوعية، بحيث تكون متساوية في كلّ وعاء. الآن، العيّنة الأولية موزّعة على 100 وعاء.
      هل يمكنكم أن تخمّنوا في كم وعاء من هذه الأوعية المئة، سنجد بكتيريا مقاوِمة؟ اشرحوا السبب.
      ج. إذا وزّعنا العيّنة الأوليّة على 10,000 وعاء، بكمية متساوية في كلّ وعاء، ما هو الاحتمال بأن تكون في **أحد الأوعية** بكتيريا مقاوِمة؟
      د. لو كان يغآل سيأخذ **بشكل عشوائيّ** (دون أن ينظر) **وعاءً واحدًا** من الأوعية الـ 10,000، التي نتجت من العيّنة الأولى. ما هو احتمال وجود بكتيريا مقاوِمة في هذا الوعاء؟
      اختاروا الجملة الصحيحة واشرحوا.
      - هذا حدث مستحيل، الاحتمال هو 0.
      - هذا حدث ممكن، الاحتمال ضئيل جدًا وقريب من الـ 0.
      - هذا حدث ممكن، الاحتمال أكبر من 0.5.
      - هذا حدث مؤكّد، الاحتمال هو 1.

© كل الحقوق محفوظة

II. توجد في مختبر معين 10 عيّنات لـ 10^9 بكتيريا.

أ. اخذ داني **بشكل عشوائي** (دون أن ينظر) **وعاءً واحدًا** من الـ 10 عيّنات. ما هو احتمال وجود بكتيريا مقاوِمة في هذا الوعاء؟ اختاروا الجملة الصحيحة واشرحوا.

- هذا حدث مستحيل، الاحتمال هو 0.
- هذا حدث ممكن، الاحتمال ضئيل جدًا.
- هذا حدث ممكن، الاحتمال كبير.
- هذا حدث مؤكّد، الاحتمال هو 1.

ب. هل يمكنكم أن تخمّنوا في كم عيّنة من العيّنات العشر، سنجد بكتيريا مقاوِمة؟ اشرحوا السبب.

ج. هل يمكنكم أن تخمّنوا ما هو الاحتمال بألّا تكون بكتيريا مقاوِمة في أيّ واحدة من العيّنات؟ اشرحوا.

د. أكملوا الجملة:

كلما أخذوا عددًا أكبر من الأنابيب وفي كلٍّ منها 109 بكتيريا، فإنّ الاحتمال لوجود بكتيريات مقاوِمة (سيزداد/ لن يتغيّر/ سينخفض). اشرحوا.

III. ما هي أوجه الشبه والاختلاف بين الحالتين الواردتين في السؤالين I و-II؟

9. برأيكم، هل احتمال تكوّن طفرة تمنح المقاومة لبكتيريات إي كولي للمضاد الحيوي ستربتوميسين، مشابه لاحتمال تكوّن طفرة تمنح المقاومة للمضاد فوسفوميسين (Fosfomycin)؟ اشرحوا.

خلفية بيولوجية لتكوّن مجموعة من الطفرات المقاوِمة للمضادات الحيوية:

عندما نعالج البكتيريات بواسطة المضادات الحيوية، فإنّ البكتيريات الحساسة للدواء تموت، بينما البكتيريات المقاوِمة تتكاثر وتنقل صفة المقاوَمة للسلالة. بهذا الشكل، تقوم المضادات الحيوية بفصل وإبعاد البكتيريات المقاوِمة عن المجموعة، وتعطيها أفضلية من حيث القدرة على البقاء والتكاثُر. من هنا، استخدام المضادات الحيوية بشكل متواصل يؤدي إلى تكوّن مجموعة بكتيريات، معظمها مقاوِمة للمضادات الحيوية.

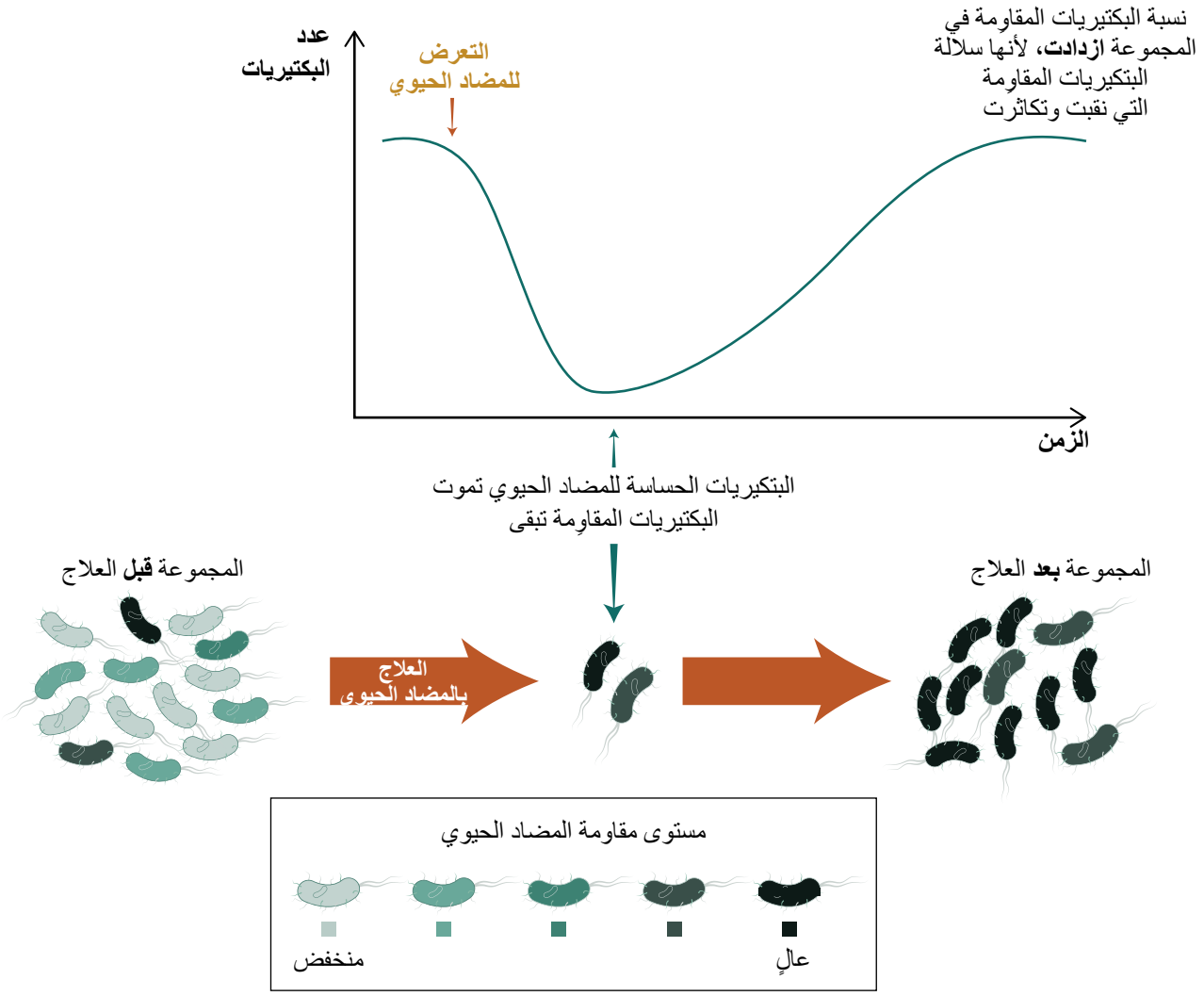
مهم جدا التأكيد مرة أخربعلى أنّ صفة المقاومة تتكون بشكل عشوائي بسبب وجود طفرة تلقائية في المادة الوراثية التي تحدّد الصفة. ولا تتكوّن بتأثير المضادات الحيوية. المضادات الحيوية هي فقط عامل مميّز يشكّل وجوده أفضلية بالنسبة للبكتيريات المقاومة وهكذا تصمد هذه البكتيريات وتتكاثر ،وبينما البكتيريات الحساسة، التي تفتقر لصفة المقاومة،تموت. في هذه الحالة، للبكتيريات المقاوِمة توجد منافسة أقل على الموارد (مثل الغذاء والأكسجين)، وموارد أكثر تمكّنها من التكاثر وتكوين مجموعة من البكتيريات، التي تتمتع فيها معظم البكتيريات بمقاومة للمضادات الحيوية.

بالرغم من أنّ وتيرة حدوث طفرة يمنح المقاومة هي في الواقع منخفضة جدا، إلّا أنّ التكاثر السريع للبكتيريات وفعالية المضادات الحيوية ضدالبكتيريات الحساسة تؤدي إلى تكاثر سريع للبكتيرياتالمقاومة للمضادات الحيوية. بهذا الشكل، تتحول إلى أغلبية في مجموعة البكتيريات.

على سبيل المثال، عندما ندخل مضادًا حيويًا إلى عيّنة البكتيريات ويقتل 99.9% منها،فإنّ الجزء الصغير الذي بقي على قيد الحياة (0.1%) يتكاثر ومنه تتكوّن مجموعة بكتيريات مقاومة للمضاد الحيوي (انظروا الرسم رقم 3).

© كل الحقوق محفوظة

أمامكم رسم 2، الذي يبيّن عدد البكتيريات في العيّنة، قبل تعرضها للمضاد الحيوي، وبعده.



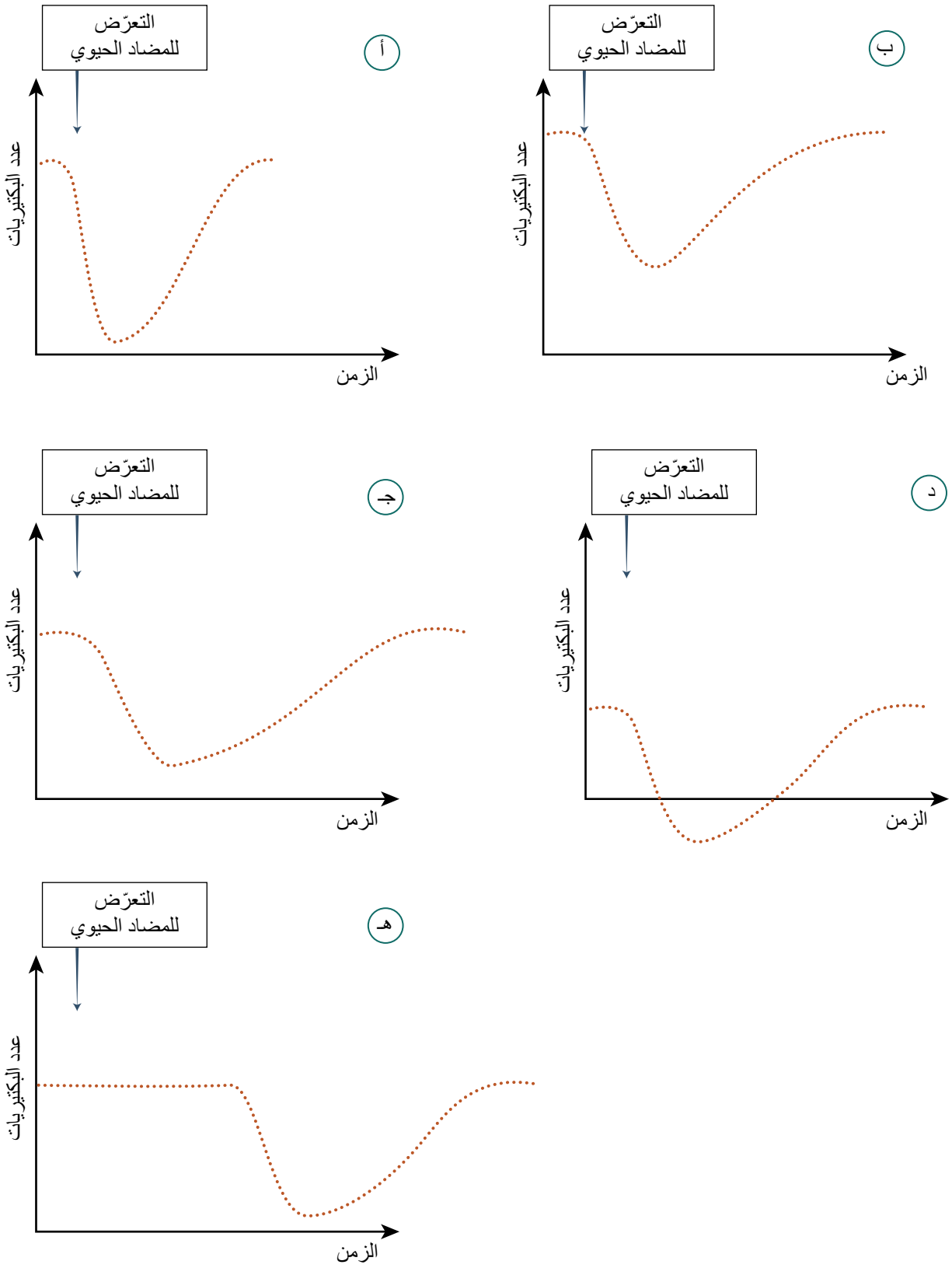
رسم 3: عدد البكتيريات المقاومة لمضاد حيوي معين في العيّنة، قبل التعرّض للمضاد الحيوي، وبعده.

10. بعد قراءة الخلفية البيولوجية، ما رأيكم بالنسبة لقرار الطبيبة بإعطاء المريضة، مرة أخرى، علاجًا بالمضاد الحيوي فوسفوميسين، (Fosfomycin – Fos) حتى قبل أن تحصل على نتائج فحص مدى حساسية البكتيريات من عينة بول أ.ر. للمضادات الحيوية؟

© كل الحقوق محفوظة

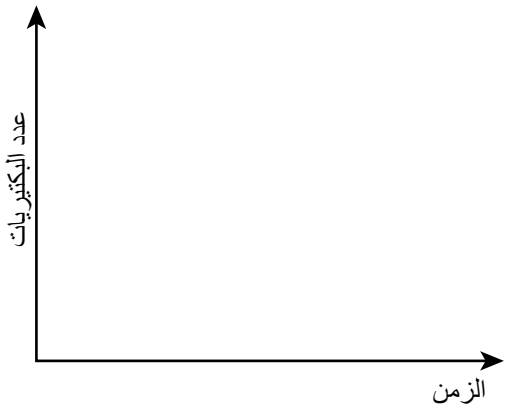
فعالية لفهم العملية التي تؤدي إلى تكوّن مجموعة بكتيريات مقاوِمة للمضادات الحيوية:

11. أ. في مختبر معين، هناك عيّنة نسبة البكتيريات المقاوِمة للمضادات الحيوية فيها في البداية كانت **أكبر بـ 3 أضعاف** من تلك الظاهرة في رسم 3. اختاروا الرسم الذي يبيّن بالشكل الأصحّ عدد البكتيريات في هذه العينة (بعد التعرض للمضاد الحيوي). اشرحوا وجهة نظركم.



© كل الحقوق محفوظة

ب. استعينوا بالرسم 3 وارسموا رسمًا يبيّن عدد البكتيريات، قبل تعرضها للمضاد الحيوي وبعده، في عيّنة فيها نسبة البكتيريات المقاومة للمضادات الحيوية في البداية كانت أقلّ من تلك الظاهرة في الرسم 3.

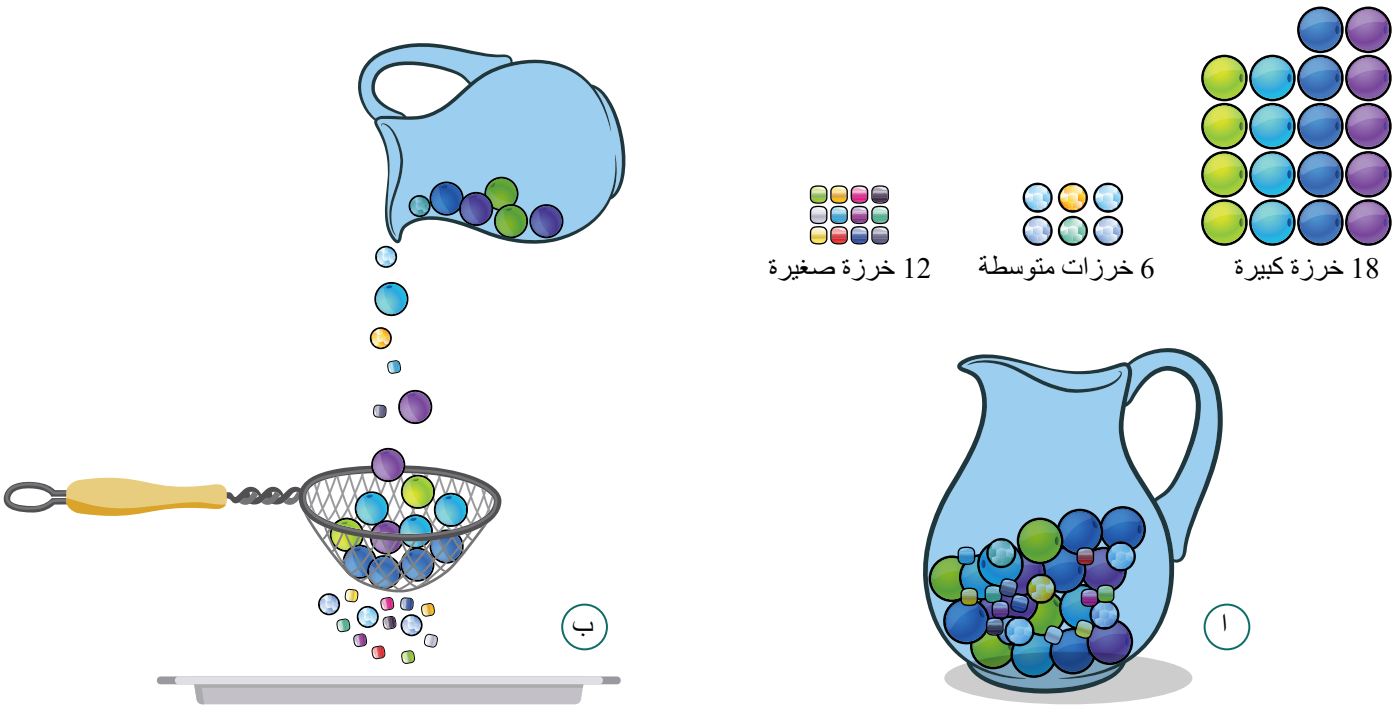


لتوضيح الطريقة التي تتكوّن من خلالها مجموعة البكتيريات المقاوِمة للمضادات الحيوية، نستخدم تشبيهًا من مجال آخر - الخَرَز:

12. تحبّ ليرون صناعة المجوهرات من الخرز الملوّن. يوجد في يدها خرز بأحجام مختلفة: 18 خرزة كبيرة، 6 متوسطة و-12 صغيرة (انظروا رسم 4أ).

أ. ما هو الاحتمال أن تسحب ليرون بشكل عشوائي (وبعينين مغمضتين) خرزة واحدة صغيرة من العلبة؟

ب. تسكب ليرون محتوى العلبة على طبق كبير من خلال مصفاة. الخرزات الصغيرة والمتوسطة فقط تمر من خلال ثقوب المصفاة إلى الطبق (انظروا رسم 4ب). احسبوا الاحتمال بأن تسحب ليرون بشكل عشوائي (وبعينين مغمضتين) خرزة واحدة صغيرة من الطبق.



رسم 4: تشبيه لتكوّن مجموعة من بكتيريات مقاوِمة للمضادات الحيوية بمساعدة الخرز.

ج. سحب الخرز من العلبة هو تشبيه لتكوّن مجموعة جراثم مقاوِمة للمضادات الحيوية، نتيجة لاستخدام متواصل للمضادات الحيوية.

© كل الحقوق محفوظة

أكمِلوا الجدول بواسطة مخزن الجمل:

كل البكتيريات، احتمال وجود بكتيريات مقاومة بعد استعمال المضادات الحيوية، استعمال المضادات الحيوية، بكتيريات مقاومة للمضادات الحيوية، بكتيريات حسّاسة للمضادات الحيوية، احتمال وجود بكتيريات مقاومة قبل استعمال المضادات الحيوية

مثال على سحب الخرز من العلبة	تكوّن مجموعة بكتيريات مقاومة للمضاد الحيوي
كل الخرزات في العلبة	
احتمال سحب خرزة صغيرة من العلبة	
مصفاة/انتقال الخرزات عبر المصفاة	
الخرزات الصغيرة والمتوسطة	
الخرزات الكبيرة	
احتمال سحب خرزة صغيرة من العلبة	

د. بماذا يختلف مثال الخرز عن مثال البكتيريات؟

13. لنلخّص: أحيطوا الجملة الصحيحة:

في مجموعة بكتيريات، تكوّن طفرة تمنح البكتيريات مقاوَمة للمضادات الحيوية، هو حدث ممكن/ مؤكّد/ مستحيل. احتمال وقوع هذا الحدث هو أقرب لـ 1 /أقرب لـ 0.5/ أقرب لـ 0.

في أعقاب حدوث الطفرات، تصبح مجموعة البكتيريات ذات مستوى مقاومة مختلف/متشابه للمضادات الحيوية.

الطفرة عشوائية واحتمالها منخفض، لذلك فإنّ نسبة البكتيريات المقاومة في المجموعة قبل استعمال المضادات الحيوية منخفضة/مرتفعة.

بعد الاستعمال المتواصل للمضادات الحيوية احتمال وجود بكتيريات مقاوِمة للمضادات الحيوية يرتفع/ينخفض/لا يتغيّر، لأنّ المضادات الحيوية تضرّ بـ: البكتيريات الحسّاسة للمضادات الحيوية/ البكتيريات المقاوِمة للمضادات الحيوية/ كلّ البكتيريات، وهناك إمكانية لتكاثر البكتيريات الحساسة للمضادات الحيوية/ البكتيريات المقاوِمة للمضادات الحيوية/ كل البكتيريات.

فعاليات بحث

المشكلة العالمية للبكتيريات المقاوِمة للمضادات الحيوية، مسبّباتها طرق مواجهتها

عندما بدأ الاستخدام الواسع للمضادات الحيوية، كان يُعتقد أنّه قد وُجد الحلّ لكافة الأمراض في العالم التي تسبّبها البكتيريات. لكن مع مرور الوقت، تطوّرت مجموعة البكتيريات المقاوِمة لأنواع المضادات الحيوية المستعملة. لذلك، قامت شركات الأدوية بتطويرمضادات حيوية جديدة، لكن نتيجة لاستعمالها تطوّرت مجموعة بكتيريات مقاوِمة لها أيضًا. يتمّ اليوم اكتشاف المزيد من "البكتيريات الخارقة" (superbugs)، أي بكتيريات مقاوِمة لأنواع كثيرة من المضادات الحيوية. إذا لم يطرأ تغيير في المستقبل (غير البعيد كثيرًا)، من المحتمل بأن تصبح الكثير البكتيريات مقاوِمة للمضادات الحيوية المستخدمة في الطبّ اليوم. ونصل لمرحلة يموت فيها الأشخاص من أمراض مثل التهاب الحلق. لكي لا ينتهي "السباق" بين البكتيريات والإنسان بـ "فوز" لصالح البكتيريات، يتوجب على البشرية أن تجد حلولًا أخرى لعلاج الأمراض التلوّثية.

وفقًا لتقرير "تهديدات المقاومة للمضادات الحيوية"، الذي نشره المركز الأمريكي لرقابة الأمراض ومنعها (Control Disease for Center Pervention and ,CDC) في نيسان 2015، "المقاومة للمضادات الحيوية تعدّ من أخطر التهديدات الصحية القائمة اليوم". من المتوقع بأن يموت 10 مليون شخص حول العالم بحلول عام 2050، نتيجة البكتيريات المقاوِمة للمضادات الحيوية، أكثر من مسببات أخرى مثل السرطان، السكريّ وأمراض أخرى.

يواصل العلماء تطوير مضادات حيوية وأدوية قادرة على التغلب على البكتيريات المقاوِمة أيضًا، ويتمّ تخصيص موارد عديدة لهذه الأبحاث. بالمقابل، هناك جهود كبيرة للحدّ من تطوّر الأنواع المقاوِمة، من خلال تقليل الاستعمال الزائد وغير الضروري للمضادات الحيوية.

© كل الحقوق محفوظة

أمامكم بعض الفيديوهات وتقارير عن مشكلة تطور أنواع البكتيريات المقاومة للمضادات الحيوية.

لمحة عن المضادّات الحيوية

فيديو قصير باللغة العبرية، مدته دقيقة واحدة، يشرح مشكلة تطوّر البكتيريات المقاومة للمضادات الحيوية، وطرق الحدّ منها. الفيديو من إنتاج الاتحاد الإسرائيلي لمحاربة الأمراض التلوّثية ونقابة الأطباء في إسرائيل.

كيفية تجنُّب الإصابة بالبكتيريات المقاوِمة

تقرير باللغة العبرية مدته 4 دقائق، في إطار ستوديو الشؤون الصحية، وفيه يشرح د. إيتاي جال عن كيفية تكوّن البكتيريات المقاوِمة للمضادات الحيوية، المخاطر الكامنة بذلك، وكيفية منع الظاهرة.

البكتيريات قادمة - د. نيتاي شتاينبرج

فيديو صور متحركة باللغة الإنجليزية، مع ترجمة مدمجة للعبرية، مدته 5 دقائق تقريبًا، يشرح بطريقة جميلة العملية التي تؤدي إلى تكاثر البكتيريات المقاوِمة للمضادات الحيوية.

كيف يمكننا حلّ أزمة المقاوَمة للمضادات الحيوية؟ جيري رايت

فيديو صور متحركة باللغة الإنجليزية، مع ترجمة مدمجة للعبرية، مدته 5 دقائق تقريبا، من إنتاج ED-Ted، يشرح العملية التي أدت على مادر سنوات إلى تكوّن البكتيريات المقاوِمة لمضادات حيوية عديدة، وأسباب عدم الجدوى الاقتصادية اليوم من تطوير مضادات حيوية جديدة، والطرق المبتكرة لحلّ المشكلة.

د. درور بار نير، خبير ميكروبيولوجي في الجامعة المفتوحة - البكتيريات المقاوِمة للمضادات الحيوية

تقرير باللغة العبرية، مدته 5 دقائق تقريبا، على قناة كان 11، وفيه مقابلة مع د. دررو بار نير، يشرح فيها حجم مشكلة البكتيريات المقاوِمة للمضادات الحيوية في العالم، الأبعاد والحلول الممكنة.

What causes antibiotic resistance?

فيديو صور متحركة باللغة الإنجليزية، مع ترجمة مدمجة للعبرية، مدته 4 دقائق تقريبًا، من إنتاج ED-Ted، يشرح عن البكتيريات عمومًا، نشاط المضادات الحيوية، أسباب تكوّن البكتيريات المقاوِمة للمضادات الحيوية، وطرق الحدّ من الظاهرة.

Superbugs That Resist Antibiotics Can Evolve in 11 Days

فيديو باللغة الإنجليزية مع ترجمة تلقائية للعبرية، مدته 8 دقائق ونصف تقريبًا، يلخّص المراحل منذ اكتشاف المضادات الحيوية من قبل فليمينج، وحتى تطوّر البكتيريات المقاوِمة لأنواع عديدة من المضادات الحيوية.

© كل الحقوق محفوظة

14. أ. ما هي تأثيرات تطوّر البكتيريات المقاوِمة للمضادات الحيوية؟
ب. ما الذي يمكن فعله للحدّ من تطوّر البكتيريات المقاومة للمضادات الحيوية؟
ج. استعينوا بالفيديوهات التي شاهدتموها، واكتبوا باختصار لماذا لا تستثمر شركات الأدوية مبالغ أكبر في تطوير مضادات حيوية جديدة؟
د. ما هي الحلول المقترحة في الفيديوهات، والتي تبدو لكم مضمونة أكثر من غيرها، ولماذا؟
ه. كيف يمكن للدولة أن تتدخّل في الوضع الحالي، وتشجع إيجاد حلّ لمشكلة مقاوَمة المضادات الحيوية؟

إيجاد علاج مناسب للفتاة أ.ر.

شكّت العالمة دانيت أنّه في عيّنة البول التي تم أخذها من بول أ.ر. بعد العلاج بالمضاد الحيوي فوسفوميسين (Fosfomycin) وعودة الأعراض مرة أخرى، كانت هناك بكتيريات مقاوِمة لهذا المضاد الحيوي.
فحصت حساسية البكتيريات للمضاد الحيوي فوسفوميسين، من عيّنة بول أ.ر. التي تم اخذها قبل العلاج الأولي بفوسفوميسين مقارنة بالبكتيريات من عيّنة البول التي تم أخذها بعد عودة الأعراض. فحصت ذلك بحسب قطر الغلاف المتكوّن حول الأقراص مع فوسفوميسين.
النتائج ملخّصة في القائمة 1.

	قطر الغلاف في الطبق الذي تم فيه زرع بكتيريات من العيّنة التي تم أخذها قبل العلاج بالمضاد الحيوي (ملم)	قطر الغلاف في الطبق الذي تم فيه زرع بكتيريات من العيّنة التي تم أخذها بعد العلاج بالمضاد الحيوي (ملم)
قرص 1	32	14
قرص 2	32	13
قرص 3	33	14
المعدل		

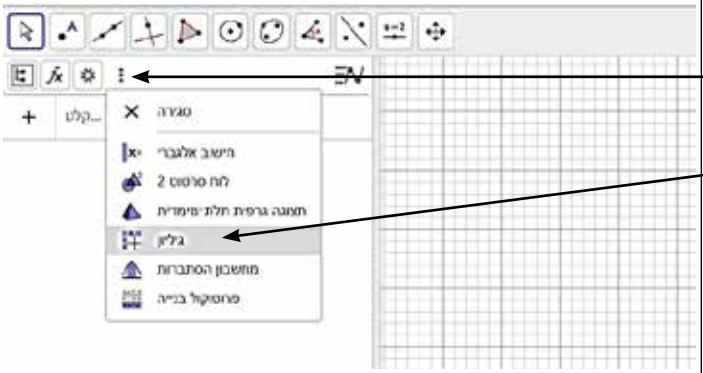
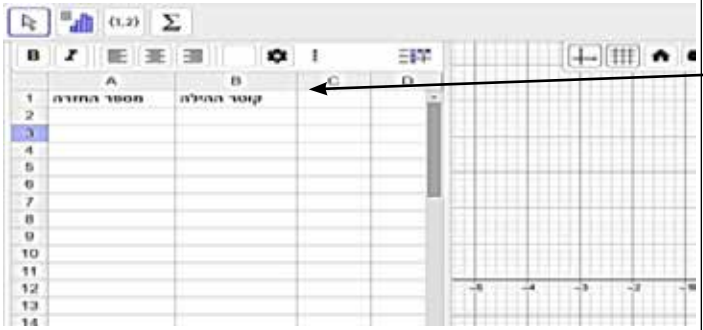
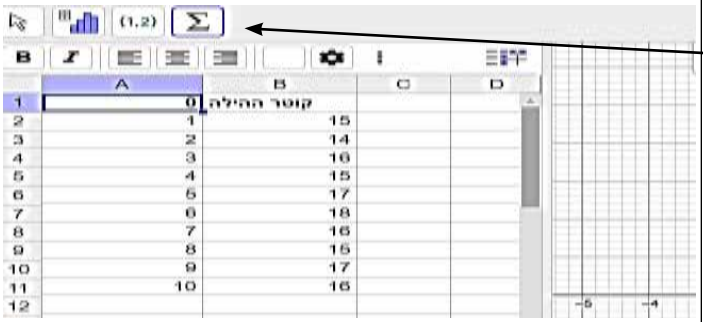
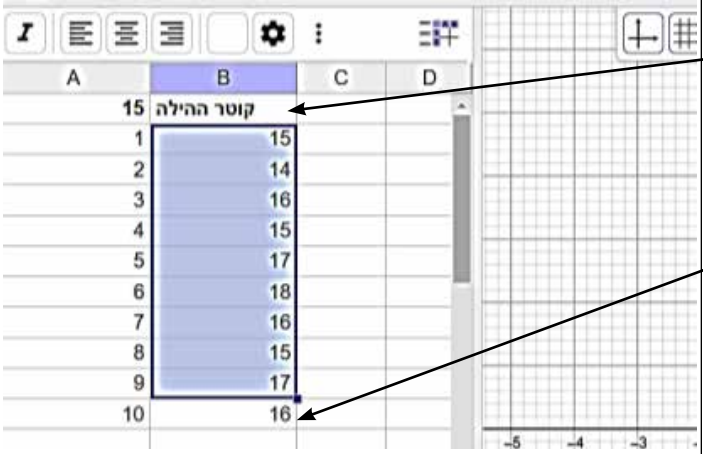
قائمة 1: حساسية البكتيريات للمضاد الحيوي فوسفوميسين من عيّنة أ.ر.
التي تم أخذها قبل العلاج الأولي بفوسفوميسين مقارنة بالبكتيريات من العيّنة التي تم اخذها بعد عودة الأعراض.

أ. أكمِلوا معدل قطر الغلاف في السطر الأخير في القائمة. بإمكانكم إيجاد تعليمات لحساب المعدل في تطبيق جيوجبرا، في نهاية الوحدة.
ب. بناءً على النتائج الظاهرة في القائمة رقم 1، هل توجد لدى أ.ر. بكتيريات مقاوِمة للمضاد الحيويّ فوسفوميسين برأيكم؟ اشرحوا.
ج. هل توصون بعلاج أ.ر. بالمضاد الحيوي فوسفوميسين؟
د. على ضوء ما تعلمتموه في الوحدة وفي الوحدات السابقة، ما هي توصياتكم لعلاج أ.ر؟
ه. أي فحوصات تنصحون دانيت بإجرائها في المختبر، لإيجاد العلاج الأفضل للفتاة أ.ر؟
و. لخّصوا ماذا يمكن لدانيت أن تفهم من النتائج الظاهرة في الأطباق المعروضة في بداية الوحدة، ومن النتائج المعروضة في القائمة رقم

تعلمتم في هذه الوحدة عن العمليات التي تؤدي إلى تكوّن مجموعة بكتيريات مقاوِمة للمضادات الحيوية، وعن تأثيرات ذلك على عالم الطبّ.

- في أيّ مراحل من الوحدة استعنتم بوسائل رياضيّة؟
مثلا: رسم، قائمة، تعابير جبرية، حسابات عددية، معدل حسابي، تكرار، احتمال.
- هل ساعدتكم الوسائل الرياضية على فهم العمليات التي تعلمتموها؟ إذا كانت الإجابة نعم، اشرحوا كيف. إذا كانت الإجابة لا، اشرحوا السبب.
- أي المواضيع التي تعلمتموها في الوحدات السابقة، ساعدتكم على فهم العمليات التي تعلمتموها في هذه الوحدة؟
- ما هي الاستنتاجات التي توصلتم إليها من هذه الوحدة بخصوص استعمال المضادات الحيوية، وكيف يمكنها التأثير على تصرفكم؟

© كل الحقوق محفوظة

ادخلوا إلى تطبيق GeoGebra Classic	ابحثوا في جوجل، أو לחצו כאן
اضغطوا على إشارة النقاط الثلاث اختاروا**גיליון.**	
اكتبوا **عنوانًا** في الجدول في العمود A اكتبوا: رقم التكرار في العمود B اكتبوا: قطر الهالة (مليمتر) اضغطوا على ENTER بعد كتابة كل واحد من العناوين	 بإمكانكم توسيع الأعمدة من خلال جر طرف الخلية بواسطة الضغط على الفأرة.
انسخوا **المعطيات** إلى الورقة من الجدول 1	يمكن إكمال عمود العدد بمساعدة الورقة: 1. في الخلية A2، اكتبوا ٠، في الخلية A3 اكتبوا A2+1=
علّموا الجدول في الشريط الظاهر في الأعلى من جهة اليسار، اختاروا زر **المجموع** ثمّ **"ממוצע"**.	
جروا الفأرة وعلّموا عمود **"القطر"**، سيظهر المعدل في السطر الأخير (بعد سطر المعطيات مباشرةً)	

© كل الحقوق محفوظة

مصادر المعطيات:

جدول 1:

Song Z, Wang X, Zhou X, Jiang S, Li Y, Ahmad O, Qi L, Li P, Li J. Taxonomic Distribution of FosB in Human-Microbiota and .Activity Comparison of Fosfomycin Resistance. Front Microbiol. 2019 Feb 13;10:200

© كل الحقوق محفوظة