صحة الإنسان
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 09 يناير 2023
doi: 10.3389/frym.2020.00062-ar

الأغشية الحيوية البكتيرية: تهديد صحي خطير يتعين علينا مواجهته!

***Hervé Poilvache*[1,2] *and Françoise Van Bambeke*[1*]**
[1]علم الصيدلة الخلوية والجزيئية، معهد لوفان لبحوث الأدوية، بروكسل، بلجيكا
[2]مختبر الجهاز العصبي والعضلي، معهد البحوث التجريبية والسريرية، جامعة لوفان الكاثوليكية، بروكسل، بلجيكا

نأوي في أجسامنا مواد لزجة خطيرة يُطلق عليها الأغشية الحيوية الرقيقة (البيوفيلم). إذ بإمكانها أن تُسبب حالات عدوى حادةً في أي مكان في أجسامنا، حيث تحتوي تلك الأغشية على بكتيريا مُخبّأة بداخلها تستقر في أحد الأنسجة الغشائية الواقية، مما يجعل معالجتها مهمة بالغة الصعوبة. فهي تحب الالتصاق بالمواد المزروعة بالجسم؛ مثل الأعضاء الصناعية أو القسطرة. كما تلتصق بأسنانك، وتعلق داخل أذنيك وأحيانًا داخل رئتيك. ولحسن الحظ، ينتبه الباحثون جيدًا إلى هذه المُشكلة. إذ يُجرون التجارب مستعينين بوسائل مختلفة؛ لتدمير الأغشية الحيوي هذه. هل لديك فضول لمعرفة أفكارهم المتميزة؟ إذًا كنت شغوفًا بذلك، فتابِعنا لمعرفة المزيد حول الطريقة التي تتسبب بها الأغشية الحيوية الأمراض، وطَريقتنا لمحاولة التغلب عليها.

البكتيريا كائنات حية دقيقة، ويفوق عددها تَعداد البشر على كوكبنا بكثير. حيث يفوق عدد البكتيريا الموجود في 1 مل من الماء، تعداد البشر على كوكب الأرض! وبإمكان

المراجعون الصغار

NAVIN
العمر: 13

RANJANA
العمر: 14

TALAL
العمر: 14

البكتيريا العيش في البيئة، بالإضافة إلى تطفلها على جسم الإنسان. وكي تواجه البكتيريا هذا العالَمَ الكبير؛ ينبغي لها إيجاد الاستراتيجيات اللازمة للبقاء على قيد الحياة. هل تعرف مقولة "نحن أقوى معًا"؟ حسنًا، فالبكتيريا تعرفها! إذ تمتلك مُعظم أنواع البكتيريا القدرة على التجمع في تجمعات يُطلق عليها "الأغشية الحيوية"[1] لتتمكن من البقاء على قيد الحياة.

https://kids.frontiersin.org/ar/articles/10.3389/frym.2016.00014-ar[1]

وتلعب البكتيريا في الأغشية الحيوية لعبة الغميضة. إذ تُنتج طبقة وقائية يُطلق عليها الأنسجة الغشائية. إذ تحتوي تلك الطبقة على مواد سكرية وبروتينات وأحماض نووية [1]. لذلك، تختلف الأغشية الحيوية كثيرًا عمَّا نسميه "مزارع العوالق النباتية". إذ تحتوي تلك المزارع على بكتيريا منعزلة تسبح بحُرية في أحد السوائل مثل تلك العوالق التي تتواجد في البحر. وتتكون الأغشية الحيوية في البيئة في كل مكان؛ مثل خطوط الأنابيب، أو هياكل القارب، أو الصخور، أو حتى في ينابيع المياه الساخنة. ويُمكنها الالتصاق بالأعضاء داخل جسم الإنسان، كما تلتصق بسهولة أكبر بالمواد المزروعة بالجسم. ولأن تلك الأغشية تحتوي على بكتيريا مُسببة للأمراض، فقد تكون سببًا رئيسيًّا في الإصابة بحالات العدوى المزمنة.

الأنسجة الغشائية (MATRIX)

مزيج من المواد التي تختبئ بداخلها البكتيريا، وتدعم الهيكل الكلي للأغشية الحيوية.

لماذا تحتل الأغشية الحيوية أهميةً في علم الأمراض البشرية؟

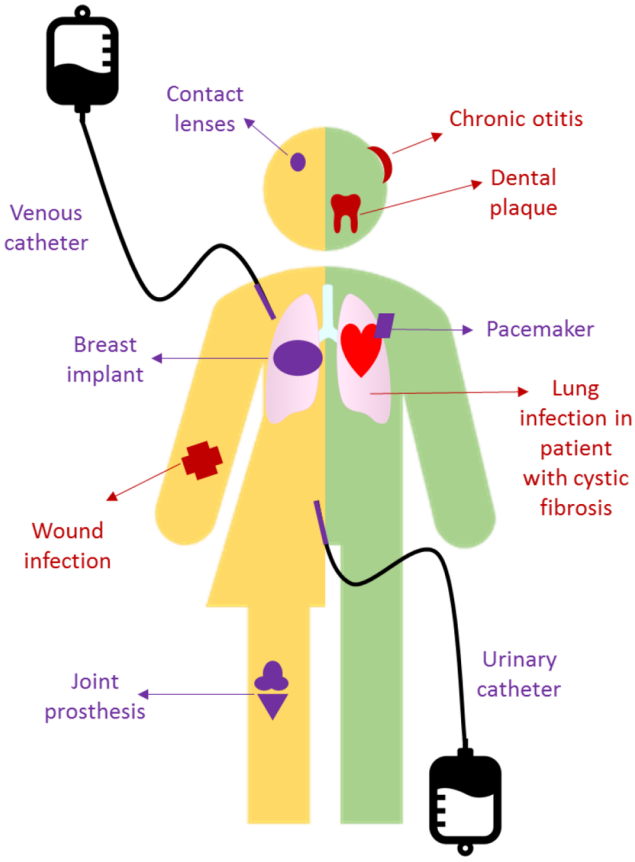
تحب البكتيريا أن تعلق في أي مكان في جسمنا [2] (الشكل 1). هل لديك علم بلوحة الأسنان؟ هي تلك المادة اللزجة التي تتشكل على أسنانك بين كل زيارة وأخرى إلى طبيب الأسنان. إذ تحتوي على مزيج من البكتيريا والبروتينات من لعابك. ويُمكنك التخلص منها بغسل أسنانك بانتظام. ومن ناحية أخرى، تدعم البكتيريا داخل تلك اللوحة الأغشية الحيوية. وستُعاني في النهاية من عدوى في اللّثة وحُفَر في الأسنان. ولكن تساعدك العناية الشخصية الجيدة والعناية المتكررة من قِبَل طبيب الأسنان على جعل أسنانك بصحة جيدة. وقد تتكون الأغشية الحيوية في الكثير من الأماكن الأخرى، وتسبب حالات عدوى مُزمنة. وقد تتحسن هذه العدوى عندما تتلقى أي مضاد حيوي.

ولكنها تعود من جديد بعد مدة قليلة من توقفك عن العلاج. هل تود معرفة بعض الأمثلة على حالات العدوى هذه؟ هناك بعض الأمثلة، مثل حالات العدوى المزمنة بالأذن إذا كنت تتردد كثيرًا على حوض السباحة، أو حالات العدوى الرئوية التي يتعرض إليها الأطفال بسبب أحد الأمراض الوراثية المعروفة بالتليف الكيسي[2]. يا للأطفال المساكين! فالمخاط داخل رئاتهم لزج، وهو بيئة مواتية لنمو البكتيريا. ويصعب التخلص من مثل هذه العدوى؛ مما يسبب مشكلةً كبيرة. فسيخضع المريض إلى علاجات متكررة ولمدة طويلة بالاستعانة بالمضادات الحيوية، ولكن ستدافع البكتيريا عن نفسها وتتطور. وستقاوِم البكتيريا العلاجَ في النهاية، ولن يُجدي المضاد الحيوي أي نفع على الإطلاق في التصدي للعدوى.

https://kids.frontiersin.org/article/10.3389/frym.2019.00106[2]

المضاد الحيوي (ANTIBIOTIC)

مادة لديها القدرة على منع نمو البكتيريا أو قتلها.



شكل 1

أمثلة قليلة على حالات العدوى ذات الصلة بالأغشية الحيوية. إذ يُشير اللون الأحمر إلى تلك التي تنمو في أنسجة جسمنا. كما يشير اللون البنفسجي إلى تلك التي تنمو في المواد المزروعة في أجسامنا.

وتُعد الكثير من الأجهزة الطبية مأوىً مثاليًّا لنمو الأغشية الحيوية. تذكر آخر زيارةٍ لأجدادك بالمستشفى. فربما كان لديهم قسطرات وريدية تعمل على توصيل الأدوية إلى دمهم، أو ربما كان لديهم أنابيب تصريف. وربما كان لديهم أحد المفاصل البديلة التي تُزرع في الورك أو الركبة حينما يصاب مفصلهم الأصلي ويسبب ألمًا لا يُحتمل. إذ يسهل على البكتيريا استعمار تلك الأسطح الصناعية، وتلتصق بها بقوة. ثم تبدأ بعد ذلك في التكاثر وتكوين أحد الأنسجة الغشائية. وتنمو الأغشية الحيوية على هذه الأجهزة في هياكل مُعقدة للغاية. وستتكيف البكتيريا بالتدريج مع بيئاتها الجديدة. ولن تستجيب إلى أي مضاد حيوي بعد ذلك. وفي نهاية المطاف، ستكون إزالة الجزء الصناعي واستبداله بآخر جديد - إنْ أمكن - الخيار الوحيد أمام الأطباء. بالطبع سيكون الأمر سهلًا عندما يكون الجهاز عبارة عن مجرد قسطرة. ولكنه سيكون مُعقدًا عندما يتطرق الأمر إلى إزالة الأجهزة المزروعة؛ مثل مفصل الورك أو الركبة. إذ يتطلب ذلك عادةً العديد من العمليات الجراحية، التي لن يُحبذها أجدادك كثيرًا.

القسطرة (CATHETER)

أنبوب رفيع يُمكن إدخاله إلى الجسم لحقن الأدوية في الدم وإخراج السوائل من الجسم (مثل: البول، أو الصديد).

أنبوب التصريف (DRAIN)

أنبوب يجري تركيبه ليُخلّص الجسم من السوائل المتراكمة (مثل: تلك التي تتكون في نهاية أي عملية جراحية).

لماذا تُبدي العدوى المرتبطة بالأغشية الحيوية مقاومة تجاه المضادات الحيوية؟

تُعد الأغشية الحيوية ملجأً يوفر حمايةً كبيرةً للبكتيريا لتقطن فيها. إذ تخلق الأنسجة الغشائية حاجزًا يحول دون وصول المضادات الحيوية إلى البكتيريا. إلا أن هذا الحاجز

الدفاعي يحد من توغل الأكسجين والغذاء أيضًا. ومن ثمّ تبدأ البكتيريا المتواجدة في أعماق الغشاء الحيوي في التضور جوعًا. فتقلل من وتيرة عملية الأيض[3]، كما لو أنها نائمة (الشكل 2، الصورة جهة اليسار). ويسهل قتل الجندي النائم عن الجندي اليقظ. إلا أن ذلك لا ينطبق على البكتيريا إطلاقًا! حيث تعمل الكثير من المضادات الحيوية فقط على البكتيريا التي تتضاعف وتتكاثر بنشاط، ولكن لا يُمكن لذلك أن يحدث للبكتيريا وهي نائمة في الغشاء الحيوي. ويُطلق على هذه الظاهرة "تحمُّل" أو "مقاومة" المضادات الحيوي. وعلى النقيض من مقاومة المضاد الحيوي، تنعكس عملية المقاومة هذه عندما تغادر البكتيريا الغشاء [3]. كما أن ظاهرة المقاومة هذه تُسهم أيضًا في إفشال العملية العلاجية. إذ نحتاج إلى كمية من المضادات الحيوية لقتل البكتيريا الموجودة في الأغشية الحيوية تُعادل 1000 مرة أكثر من الكمية المطلوبة لقتل تلك الموجودة في مزارع العوالق النباتية. لذلك، لن يُجدي نفعًا ذاك المضاد الحيوي الذي يصفه طبيبك! إلا إذا تناولت عددًا من الأقراص يزيد عن تلك الموصوفة بمقدار ألف مرة، ولكن هل سترغب في بلع مثل هذا العدد من الأقراص؟ وحتى إذا استطعت فعل ذلك، فستُصيبك هذه الجرعة الزائدة بالمرض! هل تريد أن تعاني من ألم حاد في

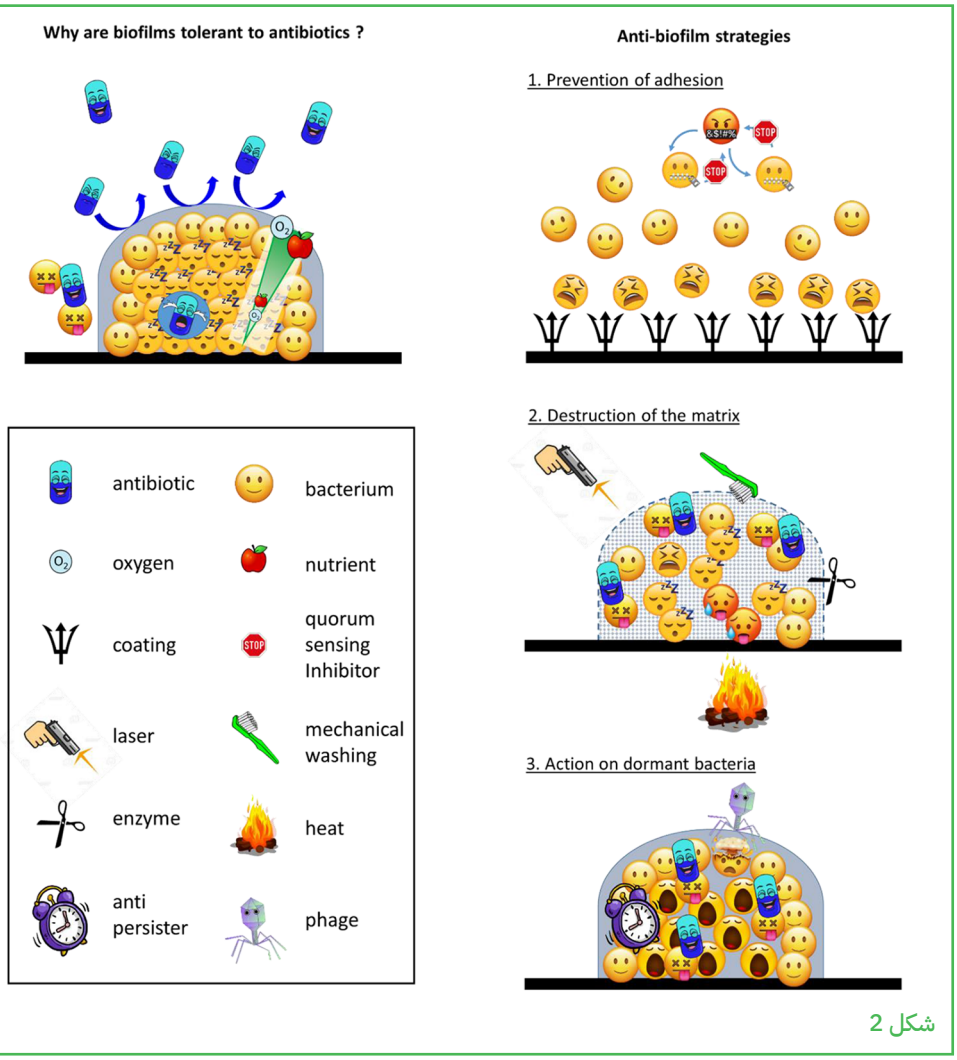
عملية الأيض (METABOLISM)

السلسلة الكلية للتفاعلات الكيميائية التي تحدث في أي خلية، وتدعم البقاء على قيد الحياة (إنتاج الطاقة، وتكوين الجزيئات اللازمة كوحدات بناء للخلية).

https://kids.frontiersin.org/article/10.3389/frym.2019.00045[3]

مقاومة المضادات الحيوية (ANTIBIOTIC RESISTANCE)

اكتساب البكتيريا لآلية تجعلها لا تتأثر بالمضادات الحيوية، كتدميرها للمضاد الحيوي، وتغيير الهدف المنشود من استخدامه.



شكل 2

(جهة اليسار) السبب في مقاومة الأغشية الحيوية للمضادات الحيوية. (جهة اليمين) استراتيجيات مقاومة العدوى ذات الصلة بالأغشية الحيوية.

المعدة أو إسهال أو صداع؟ والأسوأ من ذلك، هل تود تدمير كليتيك، أو كبدك أو خلايا دمك؟ قطعًا لا!

ما الاستراتيجيات العلاجية التي يُمكننا استخدامها لمواجهة الأغشية الحيوية؟

تعرف الآن أن المضادات الحيوية لا تساعد على التخلص من الأغشية الحيوية. لذا نحتاج إلى التفكير في استراتيجيات أخرى للتصدي للأغشية الحيوية تلك. ويُعد هذا أحد الموضوعات الرئيسية التي تخضع الآن إلى البحث المُكثّف [4]. ويُمكنك التفكير في ثلاثة أنواع من الحلول (الشكل 2، الصور جهة اليمين).

أولًا؛ الوقاية خير من العلاج! يُمكننا محاولة منع تكون الأغشية الحيوية. وهذه فكرة جيدة بخصوص الأغشية الحيوية التي تتكون على المواد المزروعة في الجسم. إذ يُمكننا طلاء سطح المادة المزروعة بمواد تمنع التصاق البكتيريا بها. ويُمكنك الحصول على هذه النتيجة من خلال طلاء العضو المزروع بالفضة مثلًا. فأنت الآن سلعةٌ نفيسةٌ وبداخلك هذا المعدن النبيل. ويُمكنك أيضًا ملء الجهاز المزروع بكمية كبيرة من المضادات الحيوية. فتكون بذلك مستعدة للتصدي للبكتيريا قبل أن تدخل حالة السكون داخل الغشاء. وعلى سبيل المثال؛ يُمكننا استخدام نوع من الإسمنت مُحمَّل بجيوب من المُضاد الحيوي عند إصلاح أحد كسور العظام. ويُمكننا أيضًا تنظيف القسطرة بمحلول مضاد حيوي مُركّز. وتُستخدم بعض هذه الحلول بالفعل في العيادات. وبديلًا عن ذلك؛ يُمكننا التدخل في نظام التواصل الذي تستخدمه البكتيريا.

ويُطلق عليها استشعار النِصاب [5]. وتنطوي هذه الطريقة على جزيئات تُنتجها البكتيريا، وتستشعرها البكتيريا المجاورة كما لو أنها تشم رائحة عطر جميلة. فكما أنك لا يُمكنك التواصل مع أصدقائك دون هاتفك الخلوي، كذلك الحال مع البكتيريا، لا تستطيع البكتيريا التواصل مع بعضها لبدء تكوين غشاء حيوي، دون استشعار النصاب.

ثانيًا؛ يُمكننا محاولة تدمير النسيج الغشائي. إذ ينبغي لهذا أن يساعد المضاد الحيوي في الوصول إلى البكتيريا المختبئة. ويُمكن تحقيق ذلك عن طريق الإنزيمات. إذ ستُكسّر الإنزيمات المواد الموجودة في النسيج الغشائي إلى قطع صغيرة، تمامًا كما تحل عقد كنزتك الصوف، إذ تكون في ذلك الوقت أكثر تعرضًا للخطر وأكثر هشاشة، أليس كذلك؟ كما يُمكننا غسيل الغشاء الحيوي بإحدى غسالات كارشر عالية الضغط (أداة تنظيف عالية الضغط). أو يُمكننا تجربة أساليب أخرى مؤثرة؛ مثل صدمات الليزر، والتيارات الكهربائية، أو حتى الحرارة. يبدو هذا وكأنه خيال علمي! ووحشي ومؤلم بعض الشيء! ولكن انتبه إلى أن بعض هذه الأساليب يستخدمها بالفعل طبيب الأسنان الخاص بك أو طبيبك الجراح، عندما تكون غائبًا عن الوعي في غرفة العمليات.

ثالثًا؛ يُمكننا محاولة إيقاظ البكتيريا النائمة. وهذه ليست بمهمةٍ سهلة. إذ نحتاج إلى اكتشاف جزيئات "مُقاومة مُضادة"، تُساعد المضادات الحيوية بدورها على قتل

الإنزيمات (ENZYMES)

بروتين لديه القدرة على تحويل أي جزيء إلى آخر، كما في تحليل المواد الناتجة من تفاعل كيميائي على سبيل المثال.

البكتيريا النائمة. وقد اكتُشف جزيء مقاوم مُضاد قبل سنوات قليلة [6]. إذ يُفعّل نظام إنذار لدى البكتيريا. وعندما يرن جرس الإنذار، يحين موعد الاستيقاظ! وتُحدِث المواد المُقاوِمة المُضادة الأخرى ثقوب في غشاء البكتيريا. تخيل ماذا يحدث عندما تفتح كل النوافذ في منزلك؟ من ناحية، سيدخل الهواء المُنعش إلى الغرفة ويُوقظك. ويشير ذلك إلى أن البكتيريا لم تعد نائمة. ومن ناحية أخرى، قد تدخل ذرات غبار الطلع وتُصيب عينيك بالحكة، إذا كنت تُعاني من حساسية ضدها. وإذا قسنا ذلك على البكتيريا، فسنجد أن المضاد الحيوي سيدخل إلى الخلية لإلحاق الضرر بالبكتيريا. وما زالت تلك المواد المقاوِمة المُضادة تخضع للفحص في المختبرات. ولم تُستخدم بعد في معالجة الأشخاص. ويكمن أحد الحلول المُدهشة الأخرى في استخدام الأسلحة البيولوجية. فيمكننا مثلًا استخدام العاثيات [7]، وهي فيروسات آكلة للبكتيريا. إذ تُصيب البكتيريا بالمرض وليس الإنسان. ويُنتِج بعضها الإنزيمات التي بإمكانها تدمير النسيج الغشائي. ويشير ذلك إلى أنها تضرب عصفورين بحجر واحد!

ماذا عن المستقبَل؟

ما زالت معظم تلك الاستراتيجيات الجديدة قيد البحث والتطوير. إذ يلزم العمل عليها كثيرًا، للتأكد من أنها فعّالة وتعمل بطريقة صحيحة. وهناك أمر آخر مُقلق يتمثل في خطورة أن تكون هذه الاستراتيجيات سامة. ومع ذلك، فإننا نُحرز تقدمًا بخطى ثابتة في هذا الشأن. وقد جُرّبت بعض العلاجات مؤخرًا على بعض المرضى. فمثلًا؛ استُخدمت العاثيات لمُعالجة طفل يعاني من عدوى حادة في الكبد.

هل أنت متحمس للالتحاق بإحدى الفرق البحثية التي تتناول هذه الموضوعات؟ نحن نتطلع إلى رؤيتك في مختبراتنا قريبًا!

يُمكنك الحصول على المزيد من المعلومات في مقال فرونتيرز للعقول الشابة هذا [5, 7].

إقرار

يشكر المؤلفون كاميل وتشارلوت وفالنتينا (الذين يبلغون من العمر 12-14 عامًا) على قراءتهم وتعليقهم على هذا البحث.

المراجع

1. Costerton, J. W., Stewart, P. S., and Greenberg, E. P. 1999. Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections. *Science* 284:1318–22. doi: 10.1126/science.284.5418.1318
2. Lebeaux, D., Ghigo, J. M., and Beloin, C. 2014. Biofilm-related infections: bridging the gap between clinical management and fundamental aspects of recalcitrance toward antibiotics. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 78:510–43. doi: 10.1128/MMBR.00013-14

3. Yan, J., and Bassler, B. L. 2019. Surviving as a community: antibiotic tolerance and persistence in bacterial biofilms. *Cell Host Microbe* 26:15–21. doi: 10.1016/j.chom.2019.06.002
4. Suresh, M. K., Biswas, R., and Biswas, L. 2019. An update on recent developments in the prevention and treatment of *Staphylococcus aureus* biofilms. *Int. J. Med. Microbiol.* 309:1–12. doi: 10.1016/j.ijmm.2018.11.002
5. Costantino, V., and Esposito, G. 2018. Do you know that microbes use social networks? *Front. Young Minds* 6:31. doi: 10.3389/frym.2018.00031
6. Conlon, B. P., Nakayasu, E. S., Fleck, L. E., LaFleur, M. D., Isabella, V. M., Coleman, K., et al. 2013. Activated ClpP kills persisters and eradicates a chronic biofilm infection. *Nature* 503:365–70. doi: 10.1038/nature12790
7. Gutiérrez, D., Fernández, L., Martínez, B., Rodríguez, A., and García, P. 2016. Bacteriophages: the enemies of bad bacteria are our friends! *Front. Young Minds* 4:30. doi: 10.3389/frym.2016.00030

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 09 يناير 2023

المحرر: Michel Goldman

'مرشدو العلوم': Vinaya Jaikumar and Marie Neunez

الاقتباس: Poilvache H and Van Bambeke F (2023) الأغشية الحيوية البكتيرية: تهديد صحي خطير يتعين علينا مواجهته! Front. Young Minds doi: 10.3389/frym.2020.00062-ar

مُترجَم ومقتبس من: Poilvache H and Van Bambeke F (2020) Dangerous Slimes: How Bacterial Biofilms Make You Sick and How to Combat Them. Front. Young Minds 8:62. doi: 10.3389/frym.2020.00062

إقرار تضارب المصالح: يعلن المؤلفون أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

COPYRIGHT © 2020 © Poilvache and Van Bambeke 2023. هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيدًا وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقًا للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.

المراجعون الصغار

NAVIN، العمر: 13
أهتم بالمجال الطبي، وأطمح لأكون طبيبَ تخديرٍ في المستقبل. وأستمتع بالقراءة ورسم الشخصيات الكرتونية. وكنت أمارس رياضة هوكي الجليد، وأحب حلبة التزحلق. كما تُعد رياضة كرة المضرب والسباحة والعدو الريفي رياضاتي المُفضلة. وأحب تناول أي طعام نباتي. وأود المساهمة في مجتمعي بأي طريقة، وإحداث تغيير إيجابي.

RANJANA، العمر: 14
أحب العلوم، وخاصةً الطب. وأهتم بالصحة والعافية. وأستمتع بالقراءة ومشاهدة أفلام السطو المُسلح. كما أحب قضاء الوقت في المختبرات والبحث والتعلم. وأود تعلُّم لغات أكثر، فأنا أتحدث ثلاث لغات حتى الآن. وأتمنى أن أسافر إلى المزيد من الدول في المستقبل!

TALAL، العمر: 14
أبلغ من العمر 14 عامًا، وأعيش في إنجلترا، وتلقيت كل تعليمي هناك. وقد عُدتُّ مؤخرًا إلى بلجيكا. وأمارس الكثير من الرياضات، مثل: كرة المضرب، وكرة القدم، ورياضة الهوكي. وأهتم أيضًا بالعلوم، وأطمح أن أكون طبيبًا في المستقبل.

المؤلفون

HERVÉ POILVACHE
أنا طبيب من جامعة لوفان الكاثوليكية (بروكسل، بلجيكا)، وقد بدأت التخصص في جراحة العظام، وأدرس الآن الدكتوراة في العلوم الصيدلانية والعلوم الطبية الحيوية في الجامعة نفسها. ويدور بحثي الرئيسي حول تطوير طرق جديدة لمعالجة حالات العدوى ذات الصلة بالأغشية الحيوية بمجال تقويم العظام.

FRANÇOISE VAN BAMBEKE
أنا طبيبة صيدلانية، وشغوفة بأبحاث المضادات الحيوية والبكتيريا. وبعد إتمام أطروحة الدكتوراة خاصتي، وزيارة معهد باستير (باريس، فرنسا)، عدتُّ إلى جامعة لوفان الكاثوليكية (بروكسل، بلجيكا) إذ أعمل لدى صندوق البحث العلمي مع فريق من الباحثين. إذ نحاول فَهم السبب وراء أن المضادات الحيوية لا تؤثر دائمًا على البكتيريا، ونحاول إيجاد حلول لاستعادة فعاليتها. وأُعلّم الصيادلة المستقبليين أيضًا الاستخدامَ المناسب للأدوية.
*francoise.vanbambeke@uclouvain.be

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by
جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology