

2 June 2014
Arabic
Original: English

اجتماع الدول الأطراف في اتفاقية حظر استحداث وإنتاج وتخزين الأسلحة البكتريولوجية (البيولوجية) والتكسينية وتدمير تلك الأسلحة

اجتماع عام ٢٠١٤

جنيف ١-٥ كانون الأول/ديسمبر ٢٠١٤

اجتماع الخبراء

جنيف، ٤-٨ آب/أغسطس ٢٠١٤

البند ٦ من جدول الأعمال المؤقت

البند الدائم في جدول الأعمال: استعراض التطورات الحاصلة

في ميدان العلم والتكنولوجيا فيما يخص الاتفاقية

التطورات الحاصلة في ميدان العلم والتكنولوجيا فيما يخص الاتفاقية

موجز

قرر المؤتمر الاستعراضي السابع أن يشمل برنامج ما بين الدورات للفترة الممتدة من عام ٢٠١٢ إلى عام ٢٠١٥ بنداً دائماً في جدول الأعمال عن استعراض التطورات الحاصلة في ميدان العلم والتكنولوجيا فيما يخص الاتفاقية. وتفصّل هذه الورقة وتحدّث وثيقة المعلومات الأساسية بشأن التطورات الحاصلة في ميدان العلم والتكنولوجيا التي أعدها وحدة دعم التنفيذ لاجتماع الخبراء لعام ٢٠١٣ (BWC/MSP/2013/MX/INF.1/Rev.1)، وورقة المعلومات الأساسية عن التطورات التي قد تكون لها مزايا للاتفاقية، التي أعدت لاجتماع الخبراء لعام ٢٠١٢ (BWC/MSP/2012/MX/INF.3)، واستعراض التطورات الحاصلة في التكنولوجيات التمكينية المقدم إلى اجتماع الخبراء لعام ٢٠١٢ (BWC/MSP/2012/MX/INF.1).



الرجاء إعادة الاستعمال

(A) GE.14-03977 200614 230614



* 1 4 0 3 9 7 7 *

أولاً- التطورات الحاصلة في ميدان العلم والتكنولوجيا

ألف- مقدمة

١- قرّر المؤتمر الاستعراضي السابع أن تنظر الدول الأطراف في ما يلي، في إطار البند الدائم في جدول الأعمال المتعلق باستعراض التطورات الحاصلة في ميدان العلم والتكنولوجيا فيما يخص الاتفاقية:

"(أ) التطورات الجديدة في ميدان العلم والتكنولوجيا التي قد تكون لها استخدامات منافية لأحكام الاتفاقية؛

(ب) التطورات الجديدة في ميدان العلم والتكنولوجيا التي قد تكون لها مزايا للاتفاقية، بما في ذلك التطورات التي لها صلة خاصة بمراقبة الأمراض، وتشخيصها، وتخفيف من وطأها؛

(ج) التدابير الممكنة لتعزيز إدارة المخاطر البيولوجية على الصعيد الوطني، حسب الاقتضاء، في مجال البحث والتطوير الذي يشمل تطورات جديدة في ميدان العلم والتكنولوجيا فيما يخص الاتفاقية؛

(د) مدونات قواعد السلوك الطوعية وغيرها من التدابير الرامية إلى تشجيع السلوك المسؤول للعلماء والمؤسسات الأكاديمية والقطاع الصناعي؛

(هـ) التثقيف والتوعية بشأن مخاطر ومزايا علوم الحياة والتكنولوجيا الأحيائية؛

(و) تطورات العلم والتكنولوجيا المتصلة بأنشطة المنظمات المتعددة الأطراف من قبيل منظمة الصحة العالمية، والمنظمة العالمية لصحة الحيوان، ومنظمة الأغذية والزراعة، والاتفاقية الدولية لحماية النباتات، ومنظمة حظر الأسلحة الكيميائية؛

(ز) أي تطورات أخرى في مجال العلم والتكنولوجيا ذات صلة بالاتفاقية^(١).

٢- وقرّر المؤتمر الاستعراضي السابع أيضاً "النظر في المواضيع العلمية التالية في السنوات المشار إليها:

"(أ) التطورات الحاصلة في التكنولوجيات التمكينية، بما فيها النظم عالية السرعة لتسلسل الحمض الريبي النووي المتزوع الأكسجين (الدنا) وتركيبه وتحليله؛ والمعلوماتية البيولوجية والأدوات الحاسوبية؛ وبيولوجيا النظم (يُنظر فيه عام ٢٠١٢)؛

(١) BWC/CONF.VII/7، الجزء الثالث، الفقرة ٢٢.

(ب) التطورات الحاصلة في تكنولوجيات مراقبة الأمراض المعدية والحالات الشبيهة التي تسببها التوكسينات في الإنسان والحيوان والنبات وكشفها وتشخيصها وتخفيف من حدتها (يُنظر فيه عام ٢٠١٣)؛

(ج) التطورات الحاصلة في فهم الأمراض، والفوعة، والسمية، والمناعة، والقضايا ذات الصلة (يُنظر فيه عام ٢٠١٤)؛

(د) التطورات الحاصلة في إنتاج تكنولوجيات العوامل البيولوجية والتوكسينات ونشرها وإيصالها (يُنظر فيه عام ٢٠١٥)^(٢).

٣- وتقدّم وثيقة المعلومات الأساسية هذه نبذة عامة عما يلي:

(أ) التطورات الحاصلة في فهم الأمراض، والفوعة، والسمية، والمناعة، والقضايا ذات الصلة؛

(ب) التطورات المتصلة بالتصدي للأمراض، وتحديث للمعلومات الأساسية المقدمة عام ٢٠١٣ (BWC/MSP/2013/MX/Rev.1) والمقدمة عام ٢٠١٢ بشأن التطورات التي قد تكون لها مزايا للاتفاقية (BWC/MSP/2012/MX/INF.3)؛

(ج) التطورات الحاصلة في التكنولوجيات التمكينية، وتحديث للمعلومات الأساسية المقدمة عام ٢٠١٢ (BWC/MSP/2012/MX/INF.1).

باء- الاتجاهات العامة

٤- حددت وثيقة المعلومات الأساسية بشأن التطورات العلمية والتكنولوجية التي أعدها وحدة دعم التنفيذ من أجل المؤتمر الاستعراضي السابع ستة اتجاهات هي: التقارب بين التخصصات؛ وتزايد فهم المبادئ والآليات الأساسية لعلوم الحياة؛ وتغيير ترتيب الأولويات في التكنولوجيا الأحيائية التجارية؛ وتعزيز التوزيع الجغرافي للقدرات؛ والعلوم الحرة؛ ووسائل الإعلام والتصورات والتفاعلات مع المجتمع. ولاحظت الوثيقة الأساسية الصادرة في عام ٢٠١٣ عن وحدة دعم التنفيذ والتي تناولت نفس الموضوع وجود اتجاه سابع هو زيادة إقامة روابط التعاون في مجال البحث^(٣). ولا تزال كل تلك الاتجاهات قائمة. وتشمل بعض التحديثات مواصلة الانتقال من استخدام عقاقير الجزيئات الصغيرة إلى منتجات التكنولوجيا الأحيائية لأغراض صناعة الأدوية^(٤)؛ ومواصلة جهود البحوث والتطوير المتعلقة

(٢) BWC/CONF.VII/7، الجزء الثالث، الفقرة ٢٣.

(٣) BWC/MSP/2013/MX/INF.1/Rev.1.

(٤) Kevin Grogan, "Tufts report confirms domination of biotech products," PharmaTimes, 14 November 2013 http://www.pharmatimes.com/article/13-11-14/Tufts_report_confirms_domination_of_biotech_products.aspx

بمئات اللقاحات والعقاقير الجديدة^(٥)؛ ومواصلة المبادرات لجعل اللقاحات والعقاقير متاحة للجميع، ولا سيما على سبيل المثال من خلال النمو في سوق البدائل الحيوية، المقدر أن يبلغ ما قيمته ١,٩٥ بليون دولار من دولارات الولايات المتحدة بحلول عام ٢٠١٨، واستمرار التوسع في شبكة منتجي اللقاحات في البلدان النامية^(٦).

٥ - وثمة اتجاه ثامن يمكن إضافته حالياً، وهو تنامي ضرورة المعرفة الضمنية في العمل المرتبط بعلوم الحياة^(٧). وثبّه الباحثون الذين يحاولون تكرار التجارب إلى الصعوبة المتزايدة في مجال إعادة الأبحاث؛ حيث أصبحت تلك المسألة بالغة الحدة لدرجة تدفع حالياً إلى تشجيع الراغبين في تكرار النتائج المتحققة في مختبر آخر على القيام بذلك من خلال العمل المشترك^(٨). وهذا الاتجاه يحرك جزئياً الاتجاه السابع: فيتم إعداد أوجه التعاون البحثي بحيث تجمع "الكم الهائل من المعدات البالغة التطور التي لا يمكن لأحد تحمل تكلفتها"^(٩)، بل والعمل أيضاً على تجميع المعرفة الضمنية اللازمة للاستفادة من تلك المعدات الحساسة بفعالية. وأُخذت في الاعتبار كذلك التبعات الأمنية للمعرفة الضمنية في سياق البيولوجيا التركيبية^(١٠)، وفيما يتعلق بنظام مواجهة خطر الأسلحة البيولوجية^(١١).

(٥) "Medicines in Development for Vaccines 2013," PhRMA, <http://www.phrma.org/medicines-in-development-for-vaccines-2013>.

Lynne Taylor, "US Biopharma: 452 drugs for rare diseases now in R&D," PharmaTimes, 9 October 2013, http://www.pharmatimes.com/article/13-10-09/US_biopharma_452_drugs_for_rare_diseases_now_in_R_D.aspx.

Alaric Daerment, "Biosimilars Market to reach \$1.95 billion by 2018, study finds," MedTech, November 25, 2013, <https://www.medtech.org/news/global.aspx?recid=4207>;

Sonia Pagliusi et al., "Developing Countries Vaccines Manufacturers Network: Doing good by making high-quality vaccines available to all," Vaccine (18 April 2013), <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23598479>.

(٧) في هذا الورقة، يستخدم تعبير المعرفة الضمنية للإشارة إلى المعارف المستقاة من الخبرة العملية مقابل المعارف المستقاة من التعليمات المكتوبة وغير ذلك من أشكال التعلم السليبي.

(٨) Mina Bissell, "Reproducibility: The Risks of the Replication Drive," Nature, Vol. 503 (20 November 2013): 333-334, <http://www.nature.com/news/reproducibility-the-risks-of-the-replication-drive-1.14184>.

(٩) Ewen Callaway, "Structural biologists share their toys," Nature, Vol. 483 (1 March 2012): 15-16, <http://www.nature.com/news/structural-biologists-share-their-toys-1.10122>.

(١٠) Catherine Jefferson et al, "Synthetic Biology and Biosecurity: How scared should we be?", Kings College London, May 2014, [http://www.kcl.ac.uk/sspp/departments/sshm/research/Research-Labs/CSynBI@KCL-PDFs/Jefferson-et-al-\(2014\)-Synthetic-Biology-and-Biosecurity.pdf](http://www.kcl.ac.uk/sspp/departments/sshm/research/Research-Labs/CSynBI@KCL-PDFs/Jefferson-et-al-(2014)-Synthetic-Biology-and-Biosecurity.pdf).

(١١) James Reville and Catherine Jefferson, "Tacit knowledge and the biological weapons regime", Science and Public Policy, 2013, pp1-14, <http://spp.oxfordjournals.org/content/early/2013/12/11/scipol.sct090.abstract>.

ثانياً - أوجه التقدم في فهم الأمراض، بما في ذلك الأمراض الفيروسية والسمية والمناعة

ألف - إمكانية انتقال العدوى

- ٦ - ثمة زيادة في فهم طابع الطفرات اللازمة لكي تصبح أمراض معينة منقولة عن طريق الهواء، وأحياناً من دون إحداث نقص في الأمراض. وتحقق ذلك جزئياً من خلال بحوث مثيرة للجدل تتعلق بطفرة الكسب الوظيفي. وتجدد الإشارة إلى ما يلي من تلك الأبحاث:
 - دراستان أجريتا عام ٢٠١٣ بشأن إنتاج سلسلة من الفيروسات المهيمنة المسببة لأنفلونزا الطيور من نوعي H5N1 و H1N1 القادرة على الانتشار عبر الرذاذ التنفسي. ولجأت أفرقة البحث إلى منهجية مماثلة على النحو المستخدم في الأوراق الصادرة عام ٢٠١٣ عن فيروس H5N1 ولكنها استعملت نهجاً عالية السرعة مثل التطور الموجه^(١٢)؛
 - إعلان مجموعة من الباحثين الرواد عن عزمهم إجراء بحث يتعلق بطفرة الكسب الوظيفي على الفيروسات المسببة لأنفلونزا الطيور من نوع H7N9. وقام المؤلفون بطرح ومناقشة الشك الأخلاقي لدراساتهم المقررة قبل إجراء البحوث^(١٣)؛
 - دراسة صدرت عام ٢٠١٤ عن قيام فريق بحثي بإجراء بحث يتعلق بطفرة الكسب الوظيفي على فيروس H7N1 المسبب لأنفلونزا الطيور، حيث تمكن الفريق من إظهار أن هذا الفيروس قادر على الانتشار في حيوان ابن مريض (وهو من الثدييات) دون خسارة الفوعة^(١٤).

(١٢) Robert Roos, "Study: Lab-made H5N1-H1N1 viruses spread in guinea pigs," University of Minnesota, Center for Infectious Disease Research and Policy, 2 May 2013, <http://www.cidrap.umn.edu/news-perspective/2013/05/study-lab-made-h5n1-h1n1-viruses-spread-guinea-pigs>;

Ying Zhang et al., "H5N1 Hybrid Viruses Bearing 2009/H1N1 Virus Genes Transmit in Guinea Pigs by Respiratory Droplet," *Science*, Vol. 340, no. 6139 (21 June 2013): 1459-1463, <http://www.sciencemag.org/content/340/6139/1459.abstract>

Wei Zhang et al., "An Airborne Transmissible Avian Influenza H5 Hemagglutinin Seen at the Atomic Level," *Science*, Vol. 340, no. 6139 (21 June 2013): 1463-1467, <http://www.sciencemag.org/content/340/6139/1463.abstract>

(١٣) Ron A. M. Fouchier, Yoshihiro Kawaoka, et al., "Avian Flu: Gain-of-function experiments on H7N9," *Nature* Vol. 500 (8 August 2013): 150-151, <http://www.nature.com/nature/journal/v500/n7461/full/500150a.html>

(١٤) Troy C. Sutton et al., "Airborne Transmission of Highly Pathogenic H7N1 Influenza in Ferrets," *Journal of Virology* (2 April 2014), <http://jvi.asm.org/content/early/2014/03/27/JVI.02765-13.abstract>

باء - الأمراض والفوعة

- ٧- هناك بيانات وتحليلات جديدة عن الأشكال الاستنشاقية للأمراض الناتجة عن المُمْرِضات التي قد تكون ذات صلة بالاتفاقية. ويشمل ذلك فرضية جديدة عن كيفية تسبب الجمرة الحبيثة الاستنشاقية في الموت^(١٥)، وفهماً أكثر تفصيلاً عن الطاعون الرئوي الأولي^(١٦).
- ٨- وهناك قاعدة معرفية متنامية عن الفوعة والأمراضية لسلاسل معينة من الأمراض. ويشمل ذلك سبب قدرة سلاسل معينة من الأنفلونزا - أكثر من غيرها - على النمو في أنسجة الرئة البشرية^(١٧)؛ واكتشاف بلازميد للفوعة في بعض سلاسل السلّمونيا غير التيفية^(١٨)؛ والكيفية التي تؤدي بها الاختلافات بين السلاسل إلى استجابات مناعية فطرية مختلفة، مما يؤثر بدوره على معدلات الوفيات^(١٩).
- ٩- وهناك تقدم في فهم تفاعل مُمْرِضات النبات، بما في ذلك هيكل ووظيفة بروتينات الفوعة^(٢٠).
- ١٠- وثمة فهم أفضل للدور الذي تضطلع به بعض السيتوكينات، وهي بروتينات صغيرة مشاركة في تأثير الخلية، خلال دورة الأمراض؛ مثلاً الاستجابة التي تم رصدها للسيتوكينات لدى مرضى الأنفلونزا بفيروس A(H1N1)pdm09^(٢١).
- ١١- كما أُحرز تقدم في فهم كيفية قيام البكتيريا والفيروسات، لتنظيم انتشارها، بخداع آليات المضيف أو السيطرة عليها^(٢٢)، مثل بكتريا السبحية المقيحة^(٢٣).

- (١٥) Kenneth Mark Coggeshall et al., "The sepsis model: an emerging hypothesis for the lethality of inhalation anthrax," *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, Vol 17, no. 7 (17 July 2013): 914-920, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23742651>.
- (١٦) Roger D. Pechous et al., "Early Host Cell Targets of *Yersinia pestis* during Primary Pneumonic Plague" *PLOS Pathogens* (3 October 2013), <http://www.plospathogens.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.ppat.1003679>.
- (١٧) Jessica Knepper et al., "The Novel Human Influenza A(H7N9) Virus is Naturally Adapted to Efficient Growth in Human Lung Tissue," *mBio*, Vol. 4, no. 5 (8 October 2013), <http://mbio.asm.org/content/4/5/e00601-13.abstract>.
- (١٨) Christina Bronowski et al., "Genomic Characterisation of Invasive Non-Typhoidal *Salmonella enterica* Subspecies *enterica* Seroovar Bovismorbificans Isolates from Malawi," *PLOS Neglected Tropical Diseases* (14 November 2013), <http://www.plosntds.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pntd.0002557>.
- (١٩) Jian Wu et al., "Strain-specific innate immune signaling pathways determine malaria parasitemia dynamics and host mortality," *PNAS*, Vol. 111, no. 4 (28 January 2014): E511-20, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24474800>.
- (٢٠) Lennart Wirthmueller et al., "On the front line: structural insights into plant-pathogen interactions," *Nature Reviews Microbiology*, Vol.11, no.11 (November 2013): 761-776, <http://www.nature.com/nrmicro/journal/v11/n11/full/nrmicro3118.html>.
- (٢١) A. Bradley-Steward et al., "Cytokine responses in patients with mild or severe influenza A(H1N1) pdm09," *The Journal of Clinical Virology*, Vol. 58, no. 1 (September 2013): 100-107, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23790455>.

جيم - السمية

- ١٢ - شهد عام ٢٠١٣ اكتشاف نمط مصلي جديد لتكسين وشيقي، من النوع H، بعد أكثر من ٤٠ عاماً من اكتشاف آخر نمط مصلي^(٢٤). وهناك الآن ٨ أنواع معروفة من الأنماط المصلية لهذا التكسين. وقد حجب الباحثون التسلسل الجيني طوعاً، على الأقل حتى يتم اختراع ترياق.
- ١٣ - وهناك فهم أكبر لتكسين الرئيسين، ويشمل ذلك العمل على تحييد الأجسام المضادة وحيدة النسيلة للرئيسين، مع إمكانية استخدام اللقاحات^(٢٥)؛ ووضع خريطة للتفاعل الجيني للرئيسين، مع إمكانية العلاج^(٢٦).
- ١٤ - وتم اكتشاف تفاصيل جديدة عن تطور التكسينات بفضل تسلسل الجينوم الخاص بالتكسينات؛ فقد تم على سبيل المثال باستخدام هذه التقنية تحليل التطور الديناميكي لعلاقة الضواري - الفرائس لتكسين كوبرا^(٢٧).

Vanderbilt University Medical Center, Department of Pathology, Microbiology, and Immunology, (٢٢)
 "Microbial Pathogenesis and Host Interactions Journal Club," 2 May 2014,
<http://www.mc.vanderbilt.edu/root/vumc.php?site=vmcpathology&doc=35941>

Moshe Baruch et al., "An Extracellular Bacterial Pathogen Modulates Host Metabolism to Regulate (٢٣)
 Its Own Sensing and Proliferation," *Cell*, Vol. 156, no. 1-2 (19 January 2014): 97-108,
<http://www.cell.com/cell/abstract/S0092-8674%2813%2901539-0>

الورقتان الأصليتان هما: (٢٤)

Jason R. Barash, Stephen S. Arnon, "A Novel Strain of *Clostridium botulinum* That Produces Type B and Type H Botulinum Toxins," *The Journal of Infectious Diseases*, Vol. 209, no. 2 (7 October 2013): 183-191, <http://jid.oxfordjournals.org/content/early/2013/10/07/infdis.jit449.short>.

Nir Dover et al., "Molecular Characterization of a Novel Botulinum Neurotoxin Type H Gene," *The Journal of Infectious Diseases*, Vol. 209, no. 2 (7 October 2013): 192-202,
<http://jid.oxfordjournals.org/content/209/2/192>

Several discussion papers have also been published:

David C. Hooper, Martin S. Hirsch, "Novel *Clostridium botulinum* Toxin and Dual Use Research of Concern Issues," *The Journal of Infectious Diseases*, Vol. 209, no. 2 (7 October 2013): 167,
<http://jid.oxfordjournals.org/content/209/2/167>

Michel R. Popoff, "Botulinum Neurotoxins: More and More Diverse and Fascinating Toxic Proteins," *The Journal of Infectious Diseases*, Vol. 209, no. 2 (7 October 2013): 168-169,
<http://jid.oxfordjournals.org/content/209/2/168>

David A. Relman, "Inconvenient Truths" in the Pursuit of Scientific Knowledge and Public Health," *The Journal of Infectious Diseases*, Vol. 209, No. 2 (7 October 2013): 170-172,
http://cisac.stanford.edu/publications/inconvenient_truths_in_the_pursuit_of_scientific_knowledge_and_public_health/

Anastasiya Yermakova, David J. Vance, Nicholas J. Mantis, "Sub-Domains of Ricin's B Subunit as (٢٥)
 Targets of Toxin Neutralizing and Non-Neutralizing Monoclonal Antibodies," *PLoS One*, Vol. 7, no. 9 (September 11, 2012), <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22984492>

Bassick MC et al., "A systematic mammalian genetic interaction map reveals pathways underlying (٢٦)
 ricin susceptibility," *Cell*, Vol. 152, no. 4 (8 February 2013): 909-922,
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23394947>

Freek J. Vonk et al., "The king cobra genome reveals dynamic gene evolution and adaptation in (٢٧)
 the snake venom system," *PNAS* (22 October 2013)
<http://www.pnas.org/content/early/2013/11/27/1314702110.abstract>

١٥ - وبُذلت جهود من أجل تحسين كفاءة اختبار سمية المواد الكيميائية، بطرق منها استخدام أنسجة بشرية حية تمت زراعتها من خلال الطباعة البيولوجية الثلاثية الأبعاد^(٢٨).

دال - المقاومة

١٦ - لقد أُحرز تقدم في تحديد جينات المقاومة، وتحديد الطفرات التي تسفر عن وجود تلك الجينات، ومعرفة ما إذا كانت الطفرات المتعلقة بالمقاومة تؤثر على الاستنساخ والإمراضية. وتشمل بعض الأمثلة تحديد جينات مقاومة الملاريا في نوع من الناموس^(٢٩)؛ والتحديد الجزئي لطفرات فيروس H1N1 التي تسفر عن مقاومة التاميفلو^(٣٠)؛ وما تم التوصل إليه من أن زيادة المقاومة لعقار أوسيلتاميفير في حالة فيروس H7N9 يمكن أن تحدث من دون تغيير كبير فيما يتصل به من فوعة وإمراضية^(٣١).

هاء - المناعة وتفادي استجابة المضيف

١٧ - لقد أُحرز تقدم في تحديد آليات مراوغة الجهاز المناعي التي يتبعها عدد من المُمْرِضات، بما يشمل الآليات التي تستخدم أنماطاً هيكلية للحمض النووي الريبي^(٣٢)؛ ودور المراوغة للهياكل السطحية للفيروسات المصفرة^(٣٣)؛ وفرضية جديدة بأن التأثير الأساسي

(٢٨) Signe Brewster, "NIH partners with Organovo to test new drugs on 3D printed living tissue," GIGAOM, January 14, 2014, <https://gigaom.com/2014/01/14/nih-partners-with-organovo-to-test-new-drugs-on-3d-printed-living-tissue/>;

Matthew D. Segall, Chris Barber, "Addressing Toxicity Risk when Designing and Selecting Compounds in Early Drug Discovery," *Drug Discovery Today* (19 January 2014), <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24451294>.

(٢٩) Jun Li et al., "Genome-block expression-assisted association studies discover malaria resistance genes in *Anopheles gambiae*," *PNAS* (11 November 2013), <http://www.pnas.org/content/early/2013/11/27/1321024110.short?rss=1>.

(٣٠) Nicholas Renzette, "Evolution of the Influenza A Virus Genome during Development of Oseltamivir Resistance *In Vitro*," *Journal of Virology*, Vol. 88, no. 1 (October 2013): 272-281, <http://jvi.asm.org/content/88/1/272>.

(٣١) Rong Hai et al., "Influenza A(H7N9) virus gains neuramididase inhibitor resistance without loss of in vivo virulence or transmissibility," *Nature Communications*, Vol. 4 (June 23, 2013), <http://www.nature.com/ncomms/2013/131210/ncomms3854/full/ncomms3854.html>.

(٣٢) Jennifer L. Hyde et al., "A Viral RNA Structural Element Alters Host Recognition of Nonself RNA," *Science*, Vol. 343, no. 6172 (February 14, 2014): 783-787, <http://www.sciencemag.org/content/343/6172/783.abstract>.

(٣٣) David L. Akey, "Flavivirus NS1 Structures Reveal Surfaces for Associations with Membranes and the Immune System," *Science*, Vol. 343, no. 6173 (21 February 2014): 881-885, <http://www.sciencemag.org/content/343/6173/881.abstract>.

لتكسين عصيات الجمرة الخبيثة في حالات الجمرة الخبيثة الاستنشاقية يتمثل في المساعدة على مراوغة استجابة المضيف^(٣٤).

١٨ - وأحرز تقدم كذلك في فهم الديناميات بين الممرضات واستجابة المضيف، بما يشمل التفاعل بين عُصَيَّة التدرن الفطرية وبلعم المضيف^(٣٥)؛ وفهم أفضل لميكرو الحمض النووي الريبي ولدوره في دفاع المضيف المضاد للميكروبات^(٣٦)؛ وزيادة إدراك الدور الحاسم لميكرو الحمض النووي الريبي في تنظيم الدفاع المضاد للميكروبات^(٣٧).

١٩ - وتواصل البحث في استمرار الاستجابة المناعية للأمراض لدى البشر، بما في ذلك الاستجابات المناعية المستمرة بعد الإصابة بفيروس إيبولا^(٣٨).

٢٠ - وقد تم اكتشاف بروتين "جنيس" رابط للأجسام المضادة ويمكن أن تستخدمه بكتيريا معينة لمراوغة الاستجابة المناعية للمضيف^(٣٩). ويمكن للبروتين أن يرتبط بطائفة واسعة من الأجسام المضادة ليعطلها عن العمل. وفي السابق، كانت البروتينات الرابطة للأجسام المضادة تخص إلى حد كبير نوعاً معيناً من الأجسام المضادة. وتستمر البحوث عن التطبيقات الممكنة، بما في ذلك العلاجات المبتكرة المضادة للبكتيريا.

(٣٤) Kenneth Mark Coggeshall et al., "The sepsis model: an emerging hypothesis for the lethality of inhalation anthrax," *The Journal of Cellular and Molecular Medicine*, Vol. 17, no. 7 (July 2013): 914-920, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23742651>.

(٣٥) Manikuntala Kundu, Joyoti Basu, "Mycobacterium tuberculosis and the host macrophage: maintaining homeostasis or battling for survival?" *Current Science*, Vol. 105, no. 5 (September 2013): 617, <http://connection.ebscohost.com/c/articles/90546356/mycobacterium-tuberculosis-host-macrophage-maintaining-homeostasis-battling-survival>.

(٣٦) Katherine J. Siddle et al., "A Genomic Portrait of the Genetic Architecture and Regulatory Impact of microRNA expression in response to infection," *Genome Research* (2014), <http://genome.cshlp.org/content/early/2014/01/30/gr.161471.113>.

(٣٧) Cristel Archambaud et al., "The Intestinal Microbiota Interferes with the microRNA Response upon Oral Listeria Infection," *mBio*, Vol. 4, no. 6 (10 December 2013), <http://mbio.asm.org/content/4/6/e00707-13>.

(٣٨) Ariel Sobarzo et al., "Persistent Immune Responses after Ebola Virus Infection," *The New England Journal of Medicine*, Vol. 369 (2013): 492-493, <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMc1300266>.

(٣٩) The Scripps Research Institute, "The Ultimate Decoy: Scientist Find Unique Protein that Misdirects Immune System," *News & Views*, Vol. 14, Issue 7 (3 March 2014), www.scripps.edu/newsandviews/e_20140303/lerner.html.

Rajesh K. Grover et al., "A Structurally Distinct Human Mycoplasma Protein that Generically Blocks Antigen-Antibody Union," *Science*, 343, no. 6171 (7 February 2014): 656-661, <https://www.sciencemag.org/content/343/6171/656/suppl/DC1>.

واو- كيفية تطور الممرضات وانتشارها

- ٢١- إن أوجه التقدم في التكنولوجيات التمكينية، مثل تسلسل الجينوم، تواصل الكشف عن معلومات قيمة عن عدد من الممرضات. وتشمل بعض أمثلة الاكتشافات الجديدة صياغة فرضية توضح تطور فيروس إيبولا استناداً إلى تحليل ٢٧ سلالة لذلك الفيروس من ٥ أنواع^(٤٠) وتزايد الأدلة على أن الخفافيش مستودع طبيعي لفيروس إيبولا وماربورغ استناداً إلى دراسات تسلسل الجينوم الفيروسي الكامل لأربع حالات لتفشي الحمى النزفية الفيروسية^(٤١)؛ والاكتشاف المستند إلى التحليل الجينومي ومفاده أن سلالة يرسنية الطاعون مسؤولة عن أول وباء طاعون عرفه البشر يعد فرعاً جديداً في علم تطور تلك السلالة^(٤٢).
- ٢٢- ويتواصل التقدم في تكوين فهم أفضل للأفلونزا، ولا سيما قدرتها المتعلقة بالطفرات، بما يشمل تفاصيل عن عمليات إعادة التشكيل بين سلالتي H7N9 و H9N2^(٤٣)؛ وتحديد أوضاع الاستبدال الفعلي في فيروس H3N2، مما كشف عن أن طفرات فيروس H3N2 يمكن التنبؤ بها أكثر مما كان يُعتقد^(٤٤).

ثالثاً- التطورات الحاصلة في التكنولوجيات التمكينية

ألف- توصيف النظم والشبكات البيولوجية

- ٢٣- تستمر تكاليف تسلسل الحمض النووي الريبي المتزوع الأكسجين في الانخفاض: ففي كانون الثاني/يناير ٢٠١٤، انخفض سعر تسلسل الجينوم إلى حوالي ٤ ٠٠٠ دولار بعد

- (٤٠) Y. H. Li, S. P. Chen, "Evolutionary History of Ebola Virus," *Epidemiology and Infection*, Vol. 142, no. 6 (June 2014): 1138-1145, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24040779>
- (٤١) C.G. Albarino, "Genomic analysis of filoviruses associated with four viral hemorrhagic fever outbreaks in Uganda and the Democratic Republic of the Congo in 2012," *Virology*, Vol. 442, no. 2 (1 August 2013): 97-100, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042682213002237>
- (٤٢) David M. Wagner et al., "Yersinia pestis and the Plague of Justinian 541-543 AD: a genomic analysis," *The Lancet Infectious Diseases*, Vol. 14, no. 4 (April 2014): 319-326, <http://www.thelancet.com/journals/laninf/article/PIIS1473-3099%2813%2970323-2/abstract>
- (٤٣) Z. Meng et al., "Possible Pandemic Threat From New Reassortment of Influenza A(H7N9) Virus in China," *Eurosurveillance* 19, no. 6 (February 2014)
- (٤٤) Björn F. Koel et al., "Substitutions Near the Receptor Binding Site Determine Major Antigenic Change During Influenza Virus Evolution", *Science*, Vol. 342, no. 6161 (22 November 2013): 976-979, <https://www.sciencemag.org/content/342/6161/976.abstract>

أن كان أكثر بقليل من ٥ ٠٠٠ دولار في تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٣^(٤٥). كما شهدت تكلفة رسم الخرائط الجينية البشرية انخفاضاً مطرداً^(٤٦).

٢٤- كما تبين التطورات في تسلسل الجينات أهمية التحكم التنظيمي غير المرمز، حيث أُحرز تقدم في رسم خرائط أساس التخلق المتوالي للسّمات المركبة، على سبيل المثال^(٤٧).

٢٥- واستمر علم البروتينات الوراثية (دراسة جميع البروتينات في كائن ما) في الاستفادة من التطورات التكنولوجية والتقنيات الجديدة. فمثلاً، أُحرز تقدم في التحديد السريع للوظائف البيولوجية لمجموعة البروتينات في كائن ما بتطبيق تكنولوجيا المسار الموسع لتحليل البروتينات الوراثية (Proteomics Expansion Pipeline)^(٤٨)؛ وأسلوب حديث يسمى البّار المتساوي التكهرب عالي الاستبانة - الفصل الكروماتوغرافي السائلي - قياس الطيف الكتلي (High-Resolution IsoElectric Focusing - Liquid Chromatography-Mass Spectrometry)، وهو يمكن من تغطية أعمق للبروتينات الوراثية وتحليل متجرد في مجال البروتوجينوميّات، مما يمكن من تحديد مواضع ترميز البروتين التي لم تكن معروفة في السابق^(٤٩).

٢٦- أما التقدم في علوم الأيض (دراسة جميع العمليات الكيميائية - الحيوية أو الأيض في كائن ما)، فيحمل إمكانات تطبيقية في مجال الأدلة الجنائية الجراثومية. على سبيل المثال، يمكن بشكل متزايد مطابقة عمليات الأيض الفريدة الخاصة بسلالات معينة مع مكامن بيئية خاصة، مما يتيح زيادة إمكانية التحديد في أصل العامل المُمرض^(٥٠).

٢٧- وقد تم تصميم نظام لرسم خرائط التفاعل الجيني للتدييات. وتستند هذه التقنية إلى التداخل التوافقي للحمض النووي الريبي، وتتيح رسم خرائط المسارات الوراثية لأنماط ظاهرية مختلفة^(٥١).

(٤٥) National Human Genome Research Institute, "DNA Sequencing Costs: Data from the NHGRI Genome Sequencing Program (GSP)," 8 April 2014, <http://www.genome.gov/27541954>.

(٤٦) Ashlee Vance, "Human Gene Mapping Price to Drop to \$1,000, Illumina Says," *Bloomberg*, 15 January 2014, <http://www.bloomberg.com/news/2014-01-15/human-gene-mapping-price-to-drop-january-2014-to-1-000-illumina-says.html>.

(٤٧) Sandra Cortijo et al., "Mapping the Epigenetic Basis of Complex Traits," *Science*, Vol. 343, no. 6175 (7 March 2014): 1145-1148, <https://www.sciencemag.org/content/343/6175/1145.abstract>.

(٤٨) Xing Wang, Michael Davies, David Wang, "New Tool Facilitates Functional Proteomics: PEP Technology Can Also Be Used to Speed Protein Purification," *Genetic Engineering & Biotechnology News*, Vol. 34, no. 3 (1 February 2014), <http://www.genengnews.com/gen-articles/new-tool-facilitates-functional-proteomics/5126/>.

(٤٩) Rui M M Branca et al., "HiRIEF LC-MS enables deep proteome coverage and unbiased proteogenomics," *Nature Methods*, Vol. 11 (2014): 59-62, <http://www.nature.com/nmeth/journal/v11/n1/full/nmeth.2732.html>.

(٥٠) Jonathan M. Monk et al., "Genome-scale metabolic reconstructions of multiple *Escherichia coli* strains highlight strain-specific adaptations to nutritional environments," *PNAS*, (25 November 2013), <http://www.pnas.org/content/early/2013/11/20/1307797110.abstract>.

(٥١) Bassick MC et al., "A systematic mammalian genetic interaction map reveals pathways underlying ricin susceptibility," *Cell*, Vol. 154, no. 4 (14 February 2013): 909-922, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23394947>.

٢٨ - ويتواصل نضج التقنيات التجريبية - الحسابية للاستدلال على نماذج الشبكات الخاصة باستجابة الخلية للاضطرابات^(٥٢). ويمكن استخدام هذه النماذج مثلاً في تقدير آثار العقاقير على سلالات خلوية معينة.

باء - هندسة النظم والشبكات البيولوجية

- ٢٩ - من الممكن الآن تصميم كائنات بأبجدية جينية موسعة^(٥٣). أي أن بالإمكان إضافة أزواج قاعدية غير طبيعية جديدة لتوسيع نطاق الأبجدية الجينية القياسية ذات الزوج القاعدي الثنائي في الحمض النووي الريبي المتزوج الأكسجين (A-T و G-C).
- ٣٠ - ومن الممكن الآن بشكل متزايد توظيف التلاعب في الحمض النووي الريبي المتزوج الأكسجين وهندسة الدوائر الجينية في خلايا الثدييات، ويتم ذلك جزئياً باستخدام نظام CRISPR-Cas9. فعلى سبيل المثال، تم تخليق قروود محورة جينياً باستخدام هذه الطريقة^(٥٤).
- ٣١ - وتزداد الاستفادة من القدرة على التحوير الجيني للحشرات؛ فعلى سبيل المثال، أقرت البرازيل استخدام الناموس المحور جينياً في محاولة لمكافحة حمى الضنك^(٥٥).
- ٣٢ - وأنجز توليف كروموسوم وحيد الخلية^(٥٦). ويتواصل التقدم في السعي إلى توليف جينوم الخميرة الكامل بواسطة فريق بحثي مشترك بين القارات.
- ٣٣ - وتزيد القدرة على تصميم وتوظيف سقالات بيولوجية. فعلى سبيل المثال، هناك فهم جديد لأنماط نمو البكتيريا، مما يمكن استخدامه لتخليق دوائر جينية تركيبية للسقالات البيولوجية^(٥٧).

- (٥٢) Evan J. Molinelli et al., "Perturbation Biology: Inferring Signaling Networks in Cellular Systems," *PLOS Computational Biology* (19 December 2013), <http://www.ploscompbiol.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pcbi.1003290>.
- (٥٣) Denis A. Malyshev et al., "A Semi-synthetic Organism with an Expanded Genetic Alphabet," *Nature*, Vol. 509 (15 May 2014): 385-388, <http://www.nature.com/nature/journal/v509/n7500/full/nature13314.html>.
- (٥٤) Yuyu Niu et al., "Generation of Gene-Modified Cynomolgus Monkey via Cas9/RNA-Mediated gene Targeting in One-Cell Embryos," *Cell*, Vol. 156, no. 4 (13 February 2014): 836-843, <http://www.cell.com/abstract/S0092-8674%2814%2900079-8>.
- (٥٥) "Brazil approves use of genetically modified mosquitoes," *New Scientist*, 23 April 2014, <http://www.newscientist.com/article/dn25457-brazil-approves-use-of-genetically-modified-mosquitoes.html#.U3Cgclfokak>.
- (٥٦) Narayana Annaluru et al., "Total Synthesis of a Functional Designer Eukaryotic Chromosome," *Science*, Vol. 344, no. 6179 (April 4, 2014): 55-58, <http://www.sciencemag.org/content/344/6179/55.abstract> ;
- Elizabeth Pennisi, "Building the Ultimate Yeast Genome," *Science*, Vol. 343, no. 6178 (28 March 2014): 1426-1429, <https://www.sciencemag.org/content/343/6178/1426.summary>.
- (٥٧) Stephen Payne et al., "Temporal control of self-organized pattern formation without morphogen gradients in bacteria," *Molecular System Biology*, (8 October 2013), <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24104480>.

- ٣٤- ومن الممكن الآن "كتابة" أغشية على أسطح من الغرافين من خلال استخدام طباعة قلمية بالدهنيات على شرائح ميكروسكوبية، مما يمكن تطبيقه في تصميم المستشعرات الحيوية^(٥٨).
- ٣٥- وقد ترسخت حالياً القدرة على "إعادة برمجة" الخلايا اللمفية النائية الفاتكة، مثلاً لأغراض استهداف خلايا السرطان أو فيروس نقص المناعة البشرية تحديداً^(٥٩). ويوفر هذا البحث سبيلاً لعلاج مبتكر للأمراض^(٦٠).
- ٣٦- وهناك تقدم في تحقيق تحكم أفضل في عمليات الإنتاج. على سبيل المثال، ثمة فهم أفضل حالياً لانتشار التشويش، مما يمكن أن يسفر عن تنوع كبير في التعبير الجيني والأنماط الظاهرية في الخلايا المتماثلة جينياً المعرضة لنفس البيئة^(٦١). وهناك تطبيقات مرتبطة بذلك لمعالجة التشويش في الدوائر التركيبية.
- ٣٧- ولإكمال التطورات في عمل المختبرات، ثمة تطورات كذلك في برامجيات التنبؤ والتخطيط، ومنها إعداد تصميمات فعالة لجزء الحمض النووي الريبي من خلال مشروع ناجح استعان بمصادر خارجية عديدة مع تعليقات الخبراء^(٦٢)؛ والتقدم المحرز في التصميم الحسابي للإنزيمات^(٦٣).

جيم - جمع المعلومات البيولوجية ومعالجتها

- ٣٨- تتزايد أهمية وضع طرق حسابية متقدمة للمساعدة على جمع المعلومات البيولوجية والمعلومات الوصفية البيولوجية ومعالجتها. على سبيل المثال، فإن الطرق الحسابية لتسلسل الحمض النووي الريبي المتزوع الأكسجين عادة ما تحد من سرعة التسلسل، لا الجهاز

- Michael Hirtz et al., "Multiplexed biomimetic lipid membranes on graphene by dip-pen nanolithography," *Nature Communications*, Vol. 4, (10 September 2013), <http://www.nature.com/ncomms/2013/131010/ncomms3591/full/ncomms3591.html> (٥٨)
- Raul Vizcardo et al., "Regeneration of human tumor antigen-specific T cells from iPS cells derived from mature CD8+ T cells," *Cell Stem Cell*, Vol. 12, no. 1 (3 January 2013): 31-36, <http://www.cell.com/cell-stem-cell/abstract/S1934-5909%2812%2900711-4> ; (٥٩)
- Nishimura T. et al., "Generation of rejuvenated antigen-specific T cells by reprogramming to pluripotency and redifferentiation," *Cell Stem Cell*, Vol. 12, no. 1 (3 January 2013): 114-126, <http://www.cell.com/cell-stem-cell/abstract/S1934-5909%2812%2900636-4>
- "Revolutionary techniques Could help harness patients' own immune cells to fight disease," *ScienceNewsline*, 3 January 2013, <http://www.sciencenewsline.com/articles/2013010320520009.html> (٦٠)
- Tsukasa Kouno et al., "Temporal dynamics and transcriptional control using single-cell gene expression analysis," *Genome Biology*, Vol. 14, no. 10 (24 October 2013), <http://genomebiology.com/2013/14/10/R118> (٦١)
- Jeehyung Lee et al., "RNA design rules from a massive open laboratory," *PNAS* (27 January 2014), <http://www.pnas.org/content/early/2014/01/23/1313039111.abstract> (٦٢)
- Gert Kiss et al., "Computational enzyme design," *Angewandte Chemie*, Vol. 52, no. 22 (25 March 2013): 5700-5725, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.201204077/abstract> (٦٣)

نفسه^(٦٤). أما تحليل المعلومات التوصيفية، حيث تستخدم البرامجيات للمسح والتنقيب استناداً إلى الأدبيات العلمية، فقد أظهر نجاحاً في الاستفادة من نواتج علوم الحياة، التي تتزايد ضخامتها على صعيد العالم^(٦٥).

٣٩- وتحققت تحسينات في وضع النماذج وأعمال التنقيب الخاصة بآثار الجينات الفائقة التعبير. ويشيع هذا النهج في البحوث الرامية إلى تحديد وظيفة الجينات وفي مجال التكنولوجيا الأحيائية لزيادة النواتج^(٦٦).

٤٠- وهناك اهتمام متواصل بتحسين القدرة على تحويل المواد البيولوجية إلى بيانات والعكس^(٦٧). وتمثل الفكرة فيما يلي: يعد تسلسل كائن ما (أو جزء منه) في مكان، وتحال البيانات المتسلسلة إلكترونياً إلى موقع ثان، ثم تُستخدم بيانات التسلسل لإعادة تخليق الكائن. وقد نُشرت ورقة حديثة تفصل المنهج الذي يمكن اتباعه بهذا الأسلوب لإعداد اللقاحات^(٦٨).

دال - التكنولوجيات التمكينية العامة

٤١- هناك فهم أفضل لديناميات الجينوم خلال التطور، وتحديد كيفية ارتباط التغيرات في معدل وطابع النمط الجيني بتغيرات الأنماط الظاهرية^(٦٩).

٤٢- وهناك تحسينات في القدرة على فصل الحمض النووي الريبي المستزوع الأكسجين الجرثومي عن نظيره المضيف، مما سيؤدي إلى تحسين قواعد بيانات الجينومات الجرثومية وإلى فهم أفضل كيفية ربطها بوظائف الكائن^(٧٠).

Michael C. Schatz, Ben Langmead, "The DNA Data Deluge," *IEEE Spectrum*, 27 June 2013, (٦٤)
http://spectrum.ieee.org/biomedical/devices/the-dna-data-deluge

Tom Simonite, "Software Mines Science Papers to Make New Discoveries," *MIT Technology Review*, 25 November 2013, (٦٥)
http://www.technologyreview.com/news/520461/software-mines-science-papers-to-make-new-discoveries/

Allon Wagner et al., "Computational evaluation of cellular metabolic costs successfully predicts genes whose expression is deleterious," *PNAS* (29 June 2013), (٦٦)
http://www.pnas.org/content/early/2013/11/05/1312361110

Andrew Pollack, "Developing a Fax Machine to Copy Life on Mars," *The New York Times*, 17 November 2013, http://www.nytimes.com/2013/11/18/science/developing-a-fax-machine-to-copy-life-on-mars.html?_r=0 (٦٧)

Philip Dormitzer et al., "Synthetic generation of influenza vaccine virus for rapid response to pandemics," *Science Translational Medicine*, Vol.5 iss.185 (15 May 2013): 1-12, (٦٨)
http://stm.sciencemag.org/content/5/185/185ra68.full.pdf

Jeffrey E. Barrick, Richard E. Lenski, "Genome Dynamics during Experimental Evolution," *Nature Reviews Genetics*, Vol. 14 (29 October 2013): 827-839, (٦٩)
http://www.nature.com/nrg/journal/v14/n12/full/nrg3564.html

Fiona Stewart et al., "Selective Enrichment of Microbial DNA: Separation by Differential Methylation Density Reduces Whole Microbiome DNA Sequencing Cost," *Genetic Engineering & Biotechnology News*, Vol. 34, no. 3 (1 February 2014), (٧٠)
http://www.genengnews.com/keywordsandtools/print/1/33754/

٤٣ - ويتواصل تحسين نظام CRISPER-Cas9، مما يتيح قدرات أفضل في مجال تعديل الجينوم، وذلك استناداً إلى فهم أفضل لعائلة إنزيم Cas9^(٧١)؛ والأحماض النووية الريبية الجديدة المرشدة للنظام^(٧٢).

رابعاً - معالجة الأمراض والتكسينات

ألف - الكشف

٤٤ - يتواصل التقدم في مجال الكشف عن التكسينات، بما يشمل تحسين ضمان الجودة في الكشف عن التكسينات البيولوجية^(٧٣)؛ وتطور الرقاقات الحيوية القادرة على الكشف عن تكسينات مختلفة عدة^(٧٤)؛ والتقدم المحرز في معدات الكشف عن الريسين^(٧٥)؛ والتقدم المحرز في الكشف عن سم المحاريات من دون استخدام أجسام مضادة أو حيوانات^(٧٦)؛ ومستشعر حيوي لكشف تكسينات المحاريات المسببة للشلل في الطحالب البحرية^(٧٧).

٤٥ - وأحرز تقدم في تكنولوجيا تحديد البصمات المتزامن المتعدد للبكتيريا، وتحقيق ذلك جزئياً من خلال تطبيقات التكنولوجيا النانوية والضوئيات. وعلى سبيل المثال، وُضع نظام

-
- (٧١) Martin Jinek, "Structures of Cas9 Endonucleases Reveal RNA-Mediated Conformational Activation," *Science*, Vol. 343, no. 6176 (14 March 2014), <http://www.sciencemag.org/content/343/6176/1247997.abstract>
- (٧٢) Yanfang Fu et al., "Improving CRISPR-Cas nuclease specificity using truncated guide RNAs," *Nature Biotechnology*, Vol. 32 (2014): 279-284, <http://www.nature.com/nbt/journal/v32/n3/full/nbt.2808.html>
- (٧٣) Establishment of Quality Assurance for the Detection of Biological Toxins of Potential Bioterrorism Risk, <http://equatox.net/>
- (٧٤) Chirstopher Pöhlmann, Thomas Elßner, "Fully-Automated Electrochemical Biochip Platform for Rapid, Simultaneous and Sensitive Bioagent Detection," <http://www.foi.se/Global/V%C3%A5ra%20tj%C3%A4nster/Konferenser%20och%20seminarer/CBW%20symposium/Proceedings/Elssner.pdf>
- (٧٥) Anderson GP et al., "Single domain antibody-quantum dot conjugates for ricin detection by both fluoroimmunoassay and surface plasmon resonance," *Analytica Chimica Acta*, Vol. 786 (5 July 2013): 132-138, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267013006594> ;
- Huebner M et al., "A Glyco-chip for the Detection of Ricin by an Automated Chemiluminescence Read-out System," *Analytical Sciences*, Vol. 29, no. 4 (2013): 461-466
- (٧٦) Sara M. Handy et al., "First report of the use of a saxitoxin-protein conjugate to develop a DNA aptamer to a small molecule toxin," *Toxicon*, Vol. 61 (January 2013): 30-37
- (٧٧) Julie P. Meneely et al., "Development and validation of an ultrasensitive fluorescence planar waveguide biosensor for the detection of paralytic shellfish toxins in marine algae," *Biosensors and Bioelectronics*, Vol. 41 (15 March 2013): 691-697

للكشف عن الالتهاب السحائي حيث تُدمج جزيئات نانوية فضية مع العينة، ويُسلط عليها شعاع ليزري، ويُستخدم التغير في طول الموجة لتحديد البكتيريا^(٧٨).

٤٦ - ويتواصل التقدم في تحليل عينات الحمض النووي الريبي المتزوع الأكسجين، حيث توجد تطبيقات متعددة للكشف^(٧٩).

باء- الوقاية وتدابير الالتقاء

٤٧ - تشهد تقنية اللقاحات الحية المحورة جينياً المزيد من التطور^(٨٠).

٤٨ - وهناك طائفة واسعة من اللقاحات المستندة إلى عدد من التقنيات المبتكرة يجري تطويرها حالياً. وعلى سبيل المثال، هناك محاولات تتعلق باللقاحات ثنائية التكافؤ استناداً إلى الأجسام المضادة - مثلاً لقاح مزدوج لفيروس إيبولا وفيروس السعار^(٨١)؛ ومحاولات تتعلق بلقاح شامل لإنفلونزا H-1^(٨٢).

٤٩ - وأخيراً، أُجريت بحوث مبتكرة على كيفية تأثير التصميم المعماري للمباني على مجتمعات البكتيريا^(٨٣). وعلاوة على التطبيقات الواسعة النطاق في مجالي الصحة العامة والسلامة البيولوجية، هناك تطبيقات أمنية ممكنة لهذا الأمر في تصميم المباني لتكون أكثر مقاومة للهجمات وأسهل في التطهير.

(٧٨) "Lasers used in Meningitis Tests by Strathclyde University Scientists," BBC News, 12 February 2014, <http://www.bbc.com/news/uk-scotland-glasgow-west-26146806>. Kirsten Gracie et al., "Simultaneous detection and quantification of three bacterial meningitis pathogens by SERs," *Chemical Science*, Vol.5 (2014): 1030-1040

(٧٩) DARPA \$1 million challenge: "Identify Organisms from a Stream of DNA Sequences," *Innocentive*, <https://www.innocentive.com/ar/challenge/9933138>;

"DTRA-WMD Announces \$1 Million Algorithm Challenge," *PRWeb*, 13 December 2012, <http://www.prweb.com/releases/dtra/algorithm/prweb10233480.htm>

(٨٠) James E. Galen, Roy Curtiss 3rd, "The Delicate Balance in Genetically Engineering Live Vaccines," *Vaccine* (December 23, 2013), <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24370705>

(٨١) Joseph E. Blaney, "Antibody Quality and Protection from Lethal Ebola Virus Challenge in Nonhuman Primates Immunized with Rabies Virus Based Bivalent Vaccine," *PLOS Pathogens* (May 30, 2013), <http://www.plospathogens.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.ppat.1003389>

(٨٢) Florian Kramer et al., "Assessment of influenza virus hemagglutinin stalk-based immunity in ferrets," *Journal of Virology*, Vol. 88, no. 6 (January 8, 2014): 3432-3442, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24403585>

(٨٣) Steven W. Kembel et al., "Architectural Design Derives the Biogeography of Indoor Bacterial Communities," *PLOS ONE* (January 29, 2014), <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0087093>

جيم - المداواة

- ٥٠ - إن الأجسام المضادة يستفاد منها أيضاً في المداواة؛ فقد أحرز تقدم على سبيل المثال في إيجاد علاج لفيروس إيبولا يستند إلى الأجسام المضادة، ويمكن أن يكون فعالاً عقب بدء الأعراض^(٨٤).
- ٥١ - كما أحرز تقدم في استخدام الزراعة الجينية الصيدلانية؛ فعلى سبيل المثال، يجري إنتاج العلاجات التجريبية المذكورة أعلاه بالأجسام المضادة لمرض فيروس إيبولا عن طريق نبات التبغ المحور وراثياً.
- ٥٢ - ويتواصل إضفاء الطابع التجاري على المداواة المرتبطة بالحمض النووي الريبي المرسال^(٨٥). ومن المأمول أن تسرع هذه التقنية من تطوير وتصنيع علاجات للأمراض النادرة^(٨٦).
- ٥٣ - وتتزايد الاستفادة من النظم الإيكولوجية البحرية في أعماق البحار لإمكانياتها في إتاحة مصادر مبتكرة للمواد الكيميائية لأغراض المداواة؛ فعلى سبيل المثال، يجري تطوير مضاد حيوي محتمل للحمرة الخبيثة استناداً إلى منتج من الكائنات المجهرية البحرية^(٨٧).

- (٨٤) James Pettitt et al., "Therapeutic Intervention of Ebola Virus Infection in Rhesus Macaques with the MB-003 Monoclonal Antibody Cocktail," *Science Translational Medicine*, Vol. 5, no. 199 (21 August 2013): 199ra133, <http://stm.sciencemag.org/content/5/199/199ra133>
- (٨٥) R. Scott McIvor, "Therapeutic Delivery of mRNA: The Medium Is the Message," *Molecular Therapy*, Vol. 19, no. 5 (2011): 822-823, <http://www.nature.com/mt/journal/v19/n5/full/mt201167a.html>
- (٨٦) "Alexion, Moderna to Develop Rare Disease-Fighting mRNA Therapeutics," GEN, 13 January 2014, <http://www.genengnews.com/gen-news-highlights/alexion-moderna-to-develop-rare-disease-fighting-mrna-therapeutics/81249355/>
- (٨٧) Kyoung Hwa Jang et al., "Anthracycline, a Potent Anthrax Antibiotic from a Marine-Derived Actinomycete," *Angewandte Chemie*, Vol. 52, no. 30 (22 July 2013): 7822-7824, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.201302749/abstract>