



أهمية خدمات التطعيمات في مكافحة الأمراض المعدية في ليبيا

بلعيد سليم البربار^{1*}، سمير فرج بن رزق²

¹ قسم المختبرات الطبية، المعهد العالي للعلوم والتقنيات الطبية - بنات، الخمس، ليبيا

² قسم التمريض، المعهد العالي للعلوم والتقنيات الطبية - بنات، الخمس، ليبيا

The importance of Vaccination in controlling infectious diseases in Libya

Balid Salim Albarbar^{1*}, Samer Farag Ben Rezak²,

¹ Department of Medical Laboratory, Higher Institute of Sciences & Medical Technology –
Alkums, Libya

² Department of Nursing, Higher Institute of Sciences & Medical Technology – Alkums,
Libya

*Corresponding author

B.albarbar@yahoo.co.uk

*المؤلف المراسل

Received: May 17, 2024

Accepted: July 14, 2024

Published: July 23, 2024

المخلص

في هذه الورقة البحثية، تم استعراض أهمية خدمات التطعيمات في مكافحة الأمراض المعدية. أظهر النقاش أن التطعيمات ليست فقط وسيلة فعالة لحماية الأفراد من الأمراض، بل تلعب أيضاً دوراً حاسماً في تقليل انتشار الأمراض والحد من المضاعفات الصحية والاقتصادية المرتبطة بها. ومع ذلك، تواجه التطعيمات تحديات مثل نقص التطعيمات، وعزوف المواطنين عن تلقي التطعيمات، والتكاليف العالية لبعض التطعيمات. تتطلب مواجهة هذه التحديات التعاون المحلي والدولي لتعزيز الثقافة والتوعية حول التطعيمات. نستنتج بأن التطعيمات تعد أداة حيوية في تعزيز الصحة العامة وتحقيق النمو المستدام خالي من الأمراض المعدية.

الكلمات المفتاحية: التطعيم، المناعة، الأمراض المعدية، الذاكرة المناعية، الحماية المناعية.

Abstract

In this paper, the importance of vaccination services in controlling infectious diseases is reviewed. This paper showed that vaccinations are not only an effective way to protect individuals from diseases, but also play a crucial role in reducing the spread of diseases and the health and economic complication associated with them. However, vaccinations face challenges such as shortage of vaccines, vaccine hesitancy, and the high costs of some vaccinations. Addressing these challenges requires local and international cooperation to promote culture and awareness about vaccinations. We conclude that vaccinations are a vital tool in promoting public health and achieving sustainable growth free of infectious diseases.

Keywords: Vaccine, Immunity, Infectious diseases, immune memory, immune protection.

1. المقدمة

يعتبر تلقي التطعيمات ضد الأمراض الخطوة الأولى في مواجهة العديد من الأمراض سواء كانت معدية أو غير معدية، وتتمحور خدمات التطعيم على حماية الأشخاص من الأمراض الضارة قبل التعرض لها، محفزاً وسائل الدفاع الطبيعية لجسم الإنسان على مقاومة أمراض محددة حسب نوع الطعم، فضلاً على أنه يعمل على تقوية الجهاز المناعي بصفة عامة، تعتبر التطعيمات الأداة الأساسية لحماية أنفسنا ومجتمعاتنا وخاصة التطعيمات التي تعطى أثناء

مرحلة الطفولة، وقد عملت التطعيمات على امتداد أكثر من قرنين على الحد من انتشار الكثير من الأمراض مثل مرض شلل الأطفال، مرض الحصبة ومرض الجدري وغيرها، وبذلك فقد حققت التطعيمات فوائد عديدة للمجتمعات المحلية وقادتهم الى طريق الصحة والرفاه العالمي. تعمل التطعيمات على تحقيق ثلاث أهداف رئيسية: الهدف الأول على الصعيد الشخصي فهو يحمي الشخص من الإصابة بالمرض، والهدف الثاني مجتمعي فالشخص المطعم سيكون بحالة صحية جيدة ويصبح عضوا فاعلا في مجتمعه لا مصدر للعدوى والهدف الثالث على الصعيد الوبائي إذ يعمل التطعيم على جعل مسببات الأمراض في أدنى حد من الانتشار [1].

أكد القانون الصحي الليبي رقم (106) لسنة 1975 عبر اللائحة التنفيذية له الصادرة بموجب قرار رقم (654) لسنة 1975 بالباب السابع الخاص بالصحة الوبائية الفصل الثاني مادة (199) بوجوب اجراء التطعيم الاجباري للأطفال وطلبة المدارس مجانا ضد الأمراض المعدية وذلك حسب جدول يحدد الأمراض والأعمار، وكذلك وردت بهذا الفصل العديد من المواد المنظمة لإدارة خدمات التطعيمات من خلال المركز الوطني لمكافحة الأمراض التابع لوزارة الصحة [1].

2. أهمية خدمات التطعيم

تعتبر الخدمات الصحية أحد منتجات المجال الصحي والذي يتكون من: منتج غير ملموس (الخدمة) ومنتج ملموس (سلع) حيث يشتمل المنتج الغير ملموس جميع الخدمات المقدمة في النظام الصحي سواء كانت علاجية أو وقائية، ويشتمل المنتج الملموس جميع الأجهزة والمعدات والأدوية والمستلزمات المستخدمة في تقديم الخدمة الصحية ولا يمكن الفصل بين هاذين المنتجين لأن كل منهما مكمل للآخر، وتعتبر خدمات التطعيمات أحد أهم الخدمات الوقائية المقدمة لأفراد المجتمع، وتكمن أهمية خدمات التطعيم في التالي: (1) تمنع التطعيمات انتشار الأمراض المعدية. (2) القضاء على بعض الأمراض المنتشرة في السابق. (3) التخفيف من أعراض الأمراض المستهدفة بالتطعيم في حال وقوعها. (4) تعمل على تقليل الأمراض بين الأفراد غير المطعمين في المجتمع. (5) المساهمة في الحفاظ على الموارد الاقتصادية للبلدان [2].

يركز هذا البحث على أهمية خدمات التطعيمات في مكافحة الأمراض المعدية، وسيتم استعراض عدد من الأمراض المعدية الشائعة التي تستهدفها برامج التطعيمات على المستوى الوطني والعالمي. سيتم أيضاً مناقشة الأدلة العلمية المتاحة حول فعالية التطعيمات في الحد والوقاية من هذه الأمراض وتأثيرها الإيجابي في الحفاظ على الصحة العامة.

3. تعريف التطعيم

التطعيم هو مادة بيولوجية (جراثيم بكتيرية أو فيروسية كاملة أو جزء منها حية مضعفة أو ميتة) تُستخدم لتنشيط جهاز المناعة في الجسم وتحفزه على إنتاج استجابة مناعية ضد مسببات الأمراض المعدية. تعمل التطعيمات عن طريق تقديم نسخ من العوامل المعدية بطريقة غير ضارة إلى الجسم. يتعرف جهاز المناعة على هذه العوامل المعدية ويبدأ في إنتاج استجابة مناعية للقضاء عليها [2]، [3]، [4]، [5]، [6].

4. أنواع التطعيمات

مراكز السيطرة على (WHO) حسب المصادر العلمية المعتمدة مثل منظمة الصحة العالمية ومنظمة الأمم المتحدة للطفولة اليونيسف (CDC) الأمراض والوقاية منها [3]، [4]، [5]. (UNICEF) هناك عدة أنواع من التطعيمات التي تستخدم لتوفير الحماية ضد الأمراض المعدية وكما هو مبين بالجدول (1).

جدول (1). أنواع التطعيمات.

المراجع	أمثلة	تعريفه	نوع التطعيم	
	الحصبة الحصبة الألمانية شلل الأطفال	ميكروبات فيروسية أو بكتيرية مضعفة التي لا تسبب المرض بشكل خطير	تطعيمات حية مضعفة (Live Attenuated Vaccines)	1
[3]، [4]، [5]	السعال الديكي الانفلونزا الموسمية	ميكروبات فيروسية أو بكتيرية ميتة تماماً	تطعيمات ميتة (Inactivated Vaccines)	2
	الدفتيريا والالتهاب الرئوي	جزيئات معينة من الفيروسات أو البكتيريا	تطعيمات بروتينية أو الجزئية (Subunit or Conjugate Vaccines)	3

	الكورونا	تستخدم الحمض النووي (DNA أو RNA)	تطعيمات الجينية (Nucleic Acid Vaccines)	4
	الكورونا	تستخدم ناقلات فيروسية تحمل جينات من العامل الممرض	تطعيمات فيروسية الفاعلة (Viral vector vaccines)	5

هذه هي بعض الأنواع الرئيسية من التطعيمات المستخدمة في الوقت الحالي. يمكن أن تختلف التطعيمات في طريقة تصنيعها وتقنياتها وفيما إذا كانت تستخدم للوقاية من الفيروسات أو البكتيريا.

5. آليات عمل التطعيم

1. تنشيط المناعة الفطرية (الطبيعية)

عندما يتم تقديم التطعيم إلى الجسم، يتعرف جهاز المناعة على العوامل المعدية المحددة الموجودة في التطعيم. يتم تنشيط الجهاز المناعي من خلال إنتاج الاجسام المضادة والخلايا المناعية الليمفاوية التائية والبائية وتتعرف على مسببات المعدية وتقوم بتدميرها [7]، [8].

2. تطوير الذاكرة المناعية

بعد تناول التطعيم، يتذكر جهاز المناعة العوامل المعدية المحددة ويحتفظ بها في ذاكرته. هذا يعني أنه عندما يتعرض الجسم للعوامل المعدية الحقيقية في المستقبل، يمكن للجهاز المناعي الاستجابة بشكل أسرع وأكثر فعالية [7]، [8].

3. توفير الحماية المناعية

عندما يتم تنشيط جهاز المناعة بواسطة التطعيم، يتم توفير حماية مضادة للعوامل المعدية المحددة. هذا يمنع الإصابة بالمرض أو يقلل من شدته ومضاعفاته في حالة التعرض للعوامل المعدية الحقيقية مرة أخرى [9]، [10].

4. تقليل الانتشار الوبائي

باستخدام التطعيمات، يمكن تحقيق المناعة المجتمعية (مناعة القطيع)، والتي تساعد في منع انتشار الأمراض المعدية في المجتمع بأكمله من خلال تقليل عدد الأشخاص الذين يمكن أن ينقلوا العدوى. باختصار، تعمل التطعيمات عن طريق تحفيز جهاز المناعة للتعرف على العوامل المعدية وإنتاج استجابة مناعية ضدها، مما يوفر حماية فعالة ضد الأمراض المعدية ويسهم في الحفاظ على الصحة العامة [11]، [12]، [13].

أهمية التطعيمات في مكافحة الأمراض المعدية5.

أهمية التطعيمات في مكافحة الأمراض المعدية لا يمكن إدراكها بشكل كافٍ دون فهم الدور الحيوي الذي تلعبه في تعزيز الصحة العامة وحماية المجتمعات من الأمراض الخطيرة [7]، [9]. ونذكر هنا بعض النقاط المهمة التي تسلط الضوء على أهمية التطعيمات ومنها:

1. الوقاية من الأمراض القاتلة

تعتبر التطعيمات أداة فعالة للوقاية من الأمراض المعدية التي يمكن أن تكون قاتلة، مثل مرض شلل الأطفال، والدفتيريا، والحصبة. من خلال توفير مناعة مضادة لهذه الأمراض، تحمي التطعيمات الأفراد والمجتمعات من التعرض للمرض ومضاعفاته [13].

2. التحكم في الأوبئة والانتشار الوبائي

بفضل برامج التطعيم، تمكنت العديد من البلدان من القضاء على الأمراض المعدية الوبائية، مثل الجدري والحصبة، والتي كانت تسبب مئات الآلاف من الوفيات سنوياً. تعمل التطعيمات على الحد من انتقال الأشخاص وبالتالي تقليل انتشار الأوبئة [13]، [14].

3. الوقاية من المضاعفات الصحية والاقتصادية

يمكن للتطعيمات أن تحد من خطورة المضاعفات الصحية للأمراض المعدية، مما يقلل من الحاجة إلى الرعاية الصحية وتوفير تكاليف العلاج والتكاليف الاقتصادية الناتجة عن فقدان الإنتاجية الاقتصادية [15]، [16].

4. تحقيق المناعة المجتمعية (مناعة القطيع)

عندما يتم تطعيم نسبة كافية من السكان ضد الأمراض المعدية، يمكن تحقيق المناعة المجتمعية، والتي تحمي الأفراد غير المطعمين أيضاً من الإصابة بالمرض. هذا يعزز الحماية للأفراد الذين لا يمكن تطعيمهم، مثل الأشخاص الذين يعانون من ضعف في الجهاز المناعي [17].

5. توفير الحماية على المدى البعيد

تساعد التطعيمات في بناء المناعة ضد الأمراض لفترة طويلة، وتقدم حماية دائمة أو مؤقتة، مما يقلل من الحاجة إلى الجرعات المتكررة ويوفر الوقت والجهد [16]. باختصار، تلعب التطعيمات دوراً حاسماً في مكافحة الأمراض المعدية، وتحقيق المحافظة على الصحة العامة، وتحسين جودة الحياة للأفراد والمجتمعات. تعتبر التطعيمات استثماراً فعالاً في مستقبل الصحة العامة والتنمية المستدامة.

6. بعض الأمراض التي يمكن مكافحتها بالتطعيم

هناك حوالي 18 مرض معد يمكن مكافحتها بالتطعيم وهنا نذكر بعض هذه الأمراض الشائعة في الجدول (2).

جدول (2). بعض الأمراض المعدية التي يمكن مكافحتها بالتطعيم.

المرض	تعريفه	اسم التطعيم	المراجع
1 السل (Tuberculosis)	مرض بكتيري ويؤثر عادة على الرئتين.	BCG	[1]، [2]، [3]، [4]، [5]
2 شلل الأطفال (Polio)	مرض فيروسي يصيب الجهاز العصبي ويؤدي إلى ضعف العضلات وفقدان الحركة	IPV OPV	
3 الدفتيريا (Diphtheria)	عدوى بكتيرية تسبب التهاب الحلق والتنفس	DTaP	
4 الكزاز (Tetanus)	يسببه السم الكزازي الذي ينتج عن بكتيريا		
5 السعال الديكي (Pertussis)	مرض تنفسي يسبب سعالاً شديداً		
6 مرض الحصبة (Measles)	عدوى فيروسية تنتشر عن طريق الهواء وتؤثر على الجهاز التنفسي والجلد	الثلاثي الفيروسي ضد الحصبة والحصبة الألمانية والنكاف	
7 الحصبة الألمانية (Rubella)	عدوى فيروسية تسبب حمى خفيفة وطفح جلدي	MMR	

هذه مجرد بعض الأمثلة على الأمراض التي يمكن مكافحتها بالتطعيمات. هناك العديد من التطعيمات الأخرى المتاحة لمكافحة مجموعة متنوعة من الأمراض المعدية.

7. التحديات التي تواجه التطعيمات

رغم الفوائد الكبيرة التي توفرها التطعيمات في مكافحة الأمراض المعدية، هناك بعض التحديات والمسائل المتعلقة بها يجب مواجهتها حسب المصادر المتاحة من منظمة الصحة العالمية ومراكز السيطرة على الأمراض والوقاية [3]، [4]، [5]، منها من بين هذه التحديات نذكر منها الآتي:

1. الوصول إلى التطعيمات

في بعض المناطق، قد تكون التطعيمات غير متوفرة بشكل كافٍ أو غير متوفرة بأسعار معقولة، مما يجعل من الصعب على الأفراد الحصول على الحماية اللازمة.

2. التوزيع الامن

يعتبر التوزيع الفعال والتسليم الامن للتطعيمات إلى الأماكن التي تحتاجها بشكل أساسي تحدياً، خاصة في المناطق النائية أو القروية أو القدرة على تخزين التطعيمات في درجات الحرارة المناسبة.

3. عزوف المواطنين عن تلقي التطعيمات

قد تواجه التطعيمات معارضة من بعض الأفراد أو المجتمعات نتيجة للمعلومات الخاطئة أو المخاوف من الآثار الجانبية المحتملة للتطعيمات. هذا يمكن أن يؤدي إلى انخفاض معدلات التطعيم وزيادة خطر انتشار الأمراض.

4. التكاليف

قد تكون تكاليف التطوير والإنتاج والتوزيع للتطعيمات باهظة الثمن، وقد لا تكون متاحة بشكل كافي للبلدان ذات الدخل المنخفض. بالإضافة إلى ذلك، قد تواجه الشركات المصنعة للتطعيمات تحديات في تأمين التمويل اللازم لبحوثها وتطوير منتجاتها الجديدة.

5. تحديات التوعية والثقة والتواصل

يتطلب نجاح برامج التطعيم التواصل الفعال وبناء الثقة مع المستهدفين، وتقديم المعلومات الدقيقة والشفافة حول فوائد التطعيمات وسلامتها. يجب التصدي للإشاعات والمعلومات الخاطئة التي قد تؤثر على الثقة في التطعيمات.

6. الأمراض المتحورة

يستمر التحدي في تكبيف التطعيمات مع المتحورات المستمرة لمسببات الأمراض، مما يتطلب بحثاً وتطويرات مستمرة لتحسين فعالية التطعيمات والحفاظ على حمايتها ضد السلالات الجديدة من الفيروسات والبكتيريا. هذه بعض التحديات والمسائل المتعلقة بالتطعيمات، والتي تتطلب جهوداً مستمرة وتعاوناً دولياً لمواجهة والتغلب عليها من أجل تحقيق الفوائد الكاملة للقاحات في مكافحة الأمراض المعدية.

8. الخطة المستقبلية

تشمل الخطة المستقبلية العديد من التوجهات والتطورات في مجال التطعيمات، والتي من أهمها الأتي:

1. إنتاج تطعيمات جديدة

يجري العلماء البحث والتطوير المستمر لتطعيمات جديدة لمكافحة الأمراض المعدية المستجدة. يشمل ذلك العمل على تحسين التقنيات المستخدمة في تصميم وتطوير التطعيمات، بما في ذلك استخدام التقنيات الحديثة مثل الجينات المتقطعة والتطعيمات الجينية.

2. تحسين التوزيع والوصول

تركز الجهود على تحسين التوزيع والوصول إلى التطعيمات، خاصة في المناطق ذات الدخل المنخفض والبلدان النامية، من خلال تطوير تقنيات سلسلة الباردة والتخزين، وتوفير تمويل مستدام، وتعزيز التعاون الدولي.

3. التحديات المستمرة

تستمر البحوث في تقييم فعالية وسلامة التطعيمات الموجودة، وتحسيناتها عبر التطورات التكنولوجية والعلمية الجديدة. يُنظر أيضاً إلى إمكانية إعطاء جرعات إضافية لبعض التطعيمات لتعزيز الحماية والحد من تفشي الأمراض.

4. تحسين الثقافة والتوعية حول التطعيمات

تشمل التطورات في هذا المجال تعزيز الثقافة والتوعية حول التطعيمات، وذلك من خلال توفير المعلومات الدقيقة والموثوقة حول فوائد تلقي التطعيمات وسلامتها، وتفسير البيانات العلمية بطريقة سهلة الفهم.

5. مكافحة السلالات المقاومة للأدوية

تواجه التطعيمات تحدياً متزايداً من المسائل المتعلقة بالسلالات المقاومة للأدوية، والتي تستوجب البحث المستمر عن استراتيجيات جديدة لتطوير تطعيمات فعالة ضد هذه السلالات.

6. التعاون الدولي

يتطلب التحدي العالمي لمكافحة الأمراض المعدية التعاون الدولي والتنسيق المستمر بين الدول والمنظمات الدولية والشركات الصناعية والمجتمع العلمي لمواجهة التحديات وتحقيق الأهداف التي من شأنها القضاء على الأمراض المعدية. هذه بعض التوجهات المستقبلية المتوقعة في مجال التطعيمات، والتي تهدف إلى تعزيز الصحة العامة ومكافحة الأمراض المعدية بشكل فعال وشامل.

9. الخاتمة

التطعيمات تعتبر أداة فعالة وحيوية في مكافحة الأمراض المعدية، حيث تساهم في توفير الحماية للعديد من الأمراض التي قد تكون خطيرة ومهددة للحياة. فوائد التطعيمات لا تقتصر فقط على الأفراد المطعمين، بل تمتد إلى المجتمعات بأسرها، حيث تساهم في التحكم في انتشار الأمراض والحد من المضاعفات الصحية والاقتصادية المرتبطة بها. على الرغم من الفوائد التطعيمات، تواجه التطعيمات تحديات متعددة في التوزيع العادل والوصول إلى التطعيمات، وطريقة الحفظ والسلسلة الباردة وعزوف تلقي التطعيمات من بعض فئات المجتمع، والتكاليف المرتفعة، وكذلك لا ننسى التحديات الفنية مثل إنتاج وتطوير تطعيمات جديدة ومكافحة السلالات المقاومة للأدوية. يتطلب النجاح في مجال التطعيمات تعاونًا دوليًا، وتكامل وتضافر كل الجهود بين القطاعين العام والخاص، بالإضافة إلى تعزيز الثقافة والتوعية حول أهمية التطعيمات وسلامتها. باختصار، التطعيمات تمثل عنصراً أساسياً في تحقيق الصحة العامة والتنمية المستدامة، ويجب أن تكون الجهود مستمرة لتوفير الحماية والرعاية الصحية الشاملة للجميع خالية من الأمراض المعدية.

10. المراجع

- [1] المركز الوطني لمكافحة الأمراض. 2024. اللجنة الاستشارية العليا للتطعيمات. <https://ncdc.org.ly/Ar/nitag/>. اطلع عليه يوم 31 مايو، 2024
- [2] آل فهد، فهد محمد، والجلفي، محمد زيد. (2019). التطعيمات: حقائق وأوهام. الرياض: العبيكان.
- [3] Centers for Disease Control and Prevention. 2021. Vaccine Preventable Diseases. <https://www.cdc.gov/vaccines/vpd/index.html>. Accessed May 28, 2024
- [4] World Health Organization (WHO). 2021. Immunization, Vaccines, and Biologicals. <https://www.who.int/teams/immunization-vaccines-and-biologicals>. Accessed June 1, 2024
- [5] UNICEF. 2024. Child protection. UNICEF. <https://www.unicef.org/protection>. Accessed June 2, 2024.
- [6] F. Bustreo, J.-M. Okwo-Bele, and L. Kamara, "World Health Organization perspectives on the contribution of the Global Alliance for Vaccines and Immunization on reducing child mortality," *Arch Dis Child*, vol. 100 Suppl 1, pp. S34-37, Feb. 2015, doi: 10.1136/archdischild-2013-305693.
- [7] F. E. Andre *et al.*, "Vaccination greatly reduces disease, disability, death and inequity worldwide," *Bull World Health Organ*, vol. 86, no. 2, pp. 140–146, Feb. 2008, doi: 10.2471/blt.07.040089.
- [8] E. Canoui and O. Launay, "[History and principles of vaccination]," *Rev Mal Respir*, vol. 36, no. 1, pp. 74–81, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.rmr.2018.02.015.
- [9] M. A. Fletcher and P. Saliou, "Vaccines and infectious disease," *EXS*, vol. 89, pp. 69–88, 2000, doi: 10.1007/978-3-0348-8393-1_5.
- [10] S. Plotkin, "History of vaccination," *Proc Natl Acad Sci U S A*, vol. 111, no. 34, pp. 12283–12287, Aug. 2014, doi: 10.1073/pnas.1400472111.
- [11] A. Hill, M. Beitelshes, and B. A. Pfeifer, "Vaccine Delivery and Immune Response Basics," *Methods Mol Biol*, vol. 2183, pp. 1–8, 2021, doi: 10.1007/978-1-0716-0795-4_1.
- [12] S. Sell, "How vaccines work: immune effector mechanisms and designer vaccines," *Expert Rev Vaccines*, vol. 18, no. 10, pp. 993–1015, Oct. 2019, doi: 10.1080/14760584.2019.1674144.
- [13] D. Ruderfer and L. R. Krilov, "Vaccine-preventable outbreaks: still with us after all these years," *Pediatr Ann*, vol. 44, no. 4, pp. e76-81, Apr. 2015, doi: 10.3928/00904481-20150410-08.
- [14] A. B. Wiyeh, S. Cooper, C. A. Nnaji, and C. S. Wiysonge, "Vaccine hesitancy 'outbreaks': using epidemiological modeling of the spread of ideas to understand the effects of vaccine related events on vaccine hesitancy," *Expert Rev Vaccines*, vol. 17, no. 12, pp. 1063–1070, Dec. 2018, doi: 10.1080/14760584.2018.1549994.

- [15] T. R. Kollmann, A. Marchant, and S. S. Way, "Vaccination strategies to enhance immunity in neonates," *Science*, vol. 368, no. 6491, pp. 612–615, May 2020, doi: 10.1126/science.aaz9447.
- [16] A. J. Shattock *et al.*, "Contribution of vaccination to improved survival and health: modelling 50 years of the Expanded Programme on Immunization," *Lancet*, vol. 403, no. 10441, pp. 2307–2316, May 2024, doi: 10.1016/S0140-6736(24)00850-X.
- [17] M. L. Mallory, L. C. Lindesmith, and R. S. Baric, "Vaccination-induced herd immunity: Successes and challenges," *J Allergy Clin Immunol*, vol. 142, no. 1, pp. 64–66, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.jaci.2018.05.007.