MHJ
مجلات لومورا

المجلة متعددة التخصصات للرعاية الصحية

المجلد 1، العدد 5 (2025) · e-ISSN 3152-8775

مقالة أصلية · DOI: غير مسجل

الإقبال على التطعيم ضد كوفيد-19 حول اشتراط المملكة العربية السعودية للتطعيم عام 2021 لدخول المنشآت العامة والخاصة: تحليل بالسلاسل الزمنية المتقطعة والضبط التركيبي

كمال الدين الحسن[1,*]، خالد ألماس[2]، ماجد السطوحي[3]، معتز عبد الفتاح[4]

تاريخ النشر	تاريخ القبول	تاريخ التقديم
31 مايو 2025	25 مايو 2025	20 مايو 2025

[1] جامعة بيشة، بيشة، المملكة العربية السعودية

[2] كلية طب الأسنان، جامعة الإمام عبد الرحمن بن فيصل، المملكة العربية السعودية، ص. ب. 1982، الدمام 31441، الدمام، المملكة العربية السعودية

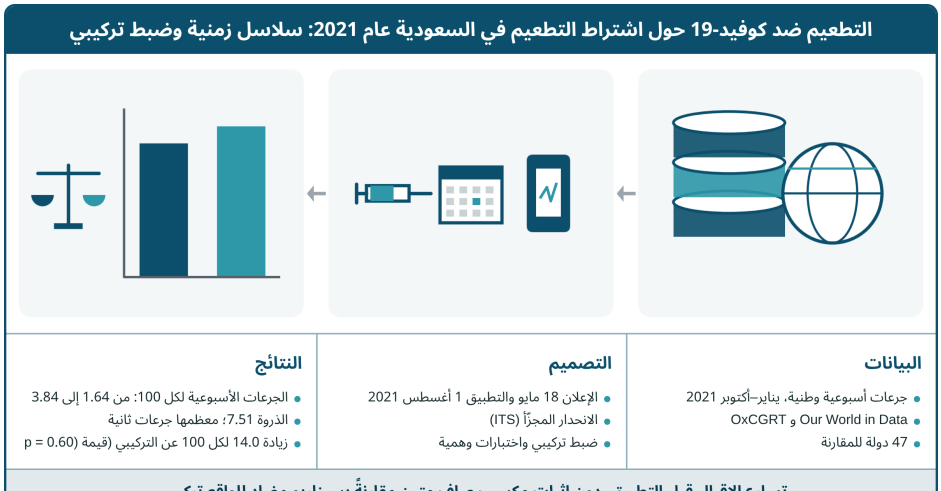
[3] كلية الطب، جامعة جازان، جازان، المملكة العربية السعودية

[4] جامعة تبوك، تبوك، المملكة العربية السعودية

*** المراسلة:** fatemalumora@gmail.com

الملخص

الملخص الرسومي



الخلفية: في 18 مايو 2021، أعلنت المملكة العربية السعودية أنه اعتباراً من 1 أغسطس 2021 سيُشترط إثبات التطعيم ضد كوفيد-19 في تطبيق توكلنا لدخول المنشآت الحكومية والخاصة والمؤسسات التعليمية والفعاليات ولاستخدام وسائل النقل العام. وقد قدّرنا كيف تغيّر الإقبال على التطعيم حول إعلان هذا الاشتراط وبدء تطبيقه.

الطرق: دراسة شبه تجريبية لبيانات أسبوعية وطنية (من 3 يناير إلى 30 أكتوبر 2021؛ 43 أسبوعاً) من قاعدة Our World in Data، مع توقيت السياسات من متتبّع الاستجابة الحكومية لكوفيد-19 بجامعة أكسفورد. نمذج الانحدار المجزّأ ذو الأخطاء المقاومة للارتباط الذاتي الجرعاتِ الأسبوعية لكل 100 نسمة مع انقطاعين عند الإعلان وعند التطبيق. وقدّر ضبطٌ تركيبي مبني من 47 دولة لا تتضمن سجلاتها رموزًا لسياسات التطعيم الإلزامي في متتبّع السياسات الفجوةَ في الجرعات التراكمية للسلسلة الأساسية لكل 100 نسمة (الكمية الأساسية المستهدفة بالتقدير)، مع تحليلات الاختبار الوهمي المكاني، والاختبار الوهمي الزمني، والضبط السلبي، وإزاحة التوقيت.

النتائج: ارتفع متوسط الجرعات الأسبوعية لكل 100 نسمة من 1.64 قبل الإعلان إلى 3.84 بين الإعلان والتطبيق، وبلغ ذروته عند 7.51 في الأسبوع الأول من التطبيق؛ وشكّلت الجرعات الثانية معظم الزيادة في يوليو. وازداد انحدار الاتجاه الأسبوعي بعد الإعلان (ميل 0.41 مقابل 0.21 جرعة لكل 100 نسمة أسبوعياً) وانعكس بعد التطبيق (تغيّر الميل -0.87 (فاصل الثقة 95% -1.18 إلى -0.56)). وبحلول 30 أكتوبر 2021، كانت المملكة العربية السعودية قد أعطت 14.0 جرعة تراكمية إضافية لكل 100 نسمة مقارنةً بضبطها التركيبي (125.4 مقابل 111.4)، غير أن هذه الفجوة لم تكن غير اعتيادية مقارنةً بالدول الوهمية (قيمة p التبديلية = 0.60)، وكانت -4.2 عند بدء التطبيق، وتباينت إشارتها بين تحليلات الحساسية.

الاستنتاجات: تسارع نشاط التطعيم في المملكة العربية السعودية بين إعلان اشتراط التطعيم وبدء تطبيقه، وذلك أساساً من خلال استكمال الجرعات الثانية. ولم تقدّم المقارنة بسيناريو مضاد للواقع تركيبي دليلاً متيناً على إقبال تراكمي إضافي يُعزى إلى السياسة، وتعتمد النتيجة على افتراضات لم تدعمها اختبارات التفنيد إلا جزئياً.

الكلمات المفتاحية: لقاحات كوفيد-19؛ إلزامية التطعيم؛ السلاسل الزمنية المتقطعة؛ الضبط التركيبي؛ السياسة الصحية؛ المملكة العربية السعودية

للاستشهاد: كمال الدين الحسن، خالد ألماس، ماجد السطوحي، معتز عبد الفتاح. الإقبال على التطعيم ضد كوفيد-19 حول اشتراط المملكة العربية السعودية للتطعيم عام 2021 لدخول المنشآت العامة والخاصة: تحليل بالسلاسل الزمنية المتقطعة والضبط التركيبي. المجلة متعددة التخصصات للرعاية الصحية. MHJ-2026-000367:(5)1;2025. © المؤلفون. منشور بنظام الوصول المفتوح بموجب رخصة المشاع الإبداعي نَسب المُصنَّف 4.0 الدولية (CC BY 4.0)، https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

1. المقدمة

منع التطعيم ضد كوفيد-19 نسبة كبيرة من الوفيات التي كانت الجائحة ستتسبب بها خلال عام 2021 [1]، غير أن بلوغ تغطية مرتفعة اعتمد على استعداد المؤهلين للتقدّم للتطعيم، وقد تفاوت هذا الاستعداد تفاوتاً واسعاً بين الدول وداخلها [2,3]. ولذلك جمعت الحكومات بين تدابير جانب العرض وسياسات جانب الطلب، التي تراوحت بين حملات التوعية والحوافز المالية واليانصيب واشتراط إبراز إثبات التطعيم لدخول أماكن العمل والمرافق والحصول على الخدمات [4–6]. وكانت الاشتراطات من النوع الأخير، التي تُسمّى غالباً شهادات التطعيم أو جوازاته أو إلزاماته، من أكثر تدابير الجائحة أثراً وإثارةً للجدل لأنها جعلت المشاركة في الحياة الاجتماعية والاقتصادية المعتادة مشروطة بحالة التطعيم [7–9].

تأتي الأدلة حول ما إذا كانت هذه الاشتراطات تزيد الإقبال على التطعيم في معظمها من أوروبا وأمريكا الشمالية. فقد وجدت دراسة بالضبط التركيبي لست دول أوروبية أن اشتراطات الشهادات أعقبتها زيادة في التطعيمات اليومية بدأت قبل التطبيق بنحو 20 يوماً، مع آثار أكبر حيث كان الإقبال الأساسي دون المتوسط [10]. وربطت تحليلات الفروق في الفروق والسلاسل الزمنية للمقاطعات الكندية وفرنسا وإيطاليا وألمانيا إعلانات الإلزام بطفرة تتجاوز 60% في الجرعات الأولى الأسبوعية [11]، كما ربطت النمذجة في فرنسا وإيطاليا وألمانيا الشهادات بتطعيمات إضافية وبفوائد صحية واقتصادية [12]. وأفادت دراسات لاحقة بالسلاسل الزمنية المتقطعة في كندا وفرنسا وإيطاليا وكاليفورنيا ونيو أورلينز عموماً بزيادات أعقبت الإعلانات، مع الإشارة إلى أن حجم الاستجابة تأثر بالتغطية السابقة والتردد والتوقيت والسياق الوبائي [13–18]. كما تشير البحوث السلوكية إلى أن النُّهج الإلزامية قد تثير ردود فعل ممانِعة أو تُزيح الدافع الطوعي لدى بعض الفئات [19,20].

تمثّل المملكة العربية السعودية حالة مفيدة وقليلة الدراسة. فقد بدأت حملة التطعيم الوطنية في ديسمبر 2020 ونُظّمت حول منصة رقمية واحدة: إذ دُمجت مواعيد التطعيم وشهاداته والحالة الصحية في تطبيقي صحتي وتوكلنا، اللذين كانا يُستخدمان أصلاً لإدارة تصاريح التنقل خلال المراحل السابقة من الجائحة [21,22]. وفي 18 مايو 2021 أعلنت وزارة الداخلية أنه اعتباراً من 1 أغسطس 2021 سيتطلب دخول المنشآت الحكومية والخاصة والمؤسسات التعليمية والفعاليات الترفيهية والرياضية واستخدام وسائل النقل العام حالةَ "محصّن" في توكلنا. وكانت السياسة جزءاً من حزمة أوسع تضم أكثر من ثلاثين تدبيراً لمواجهة الجائحة [23]، وطُبّقت على النطاق الوطني مع تحقق رقمي، وهو ما يميزها عن الشهادات المطبقة إقليمياً أو قطاعياً التي قُيّمت في أماكن أخرى. وقبل الحملة، أفادت المسوح بقبول التطعيم لدى ما يتراوح بين نحو نصف المستجيبين وثلثيهم من سكان المملكة، مع تركّز التردد في فئات محددة [24–26]؛ وتناولت مسوح لاحقة دوافع التطعيم والتصورات بعد الاشتراط [27–29]. وعلى حد علمنا، لم يُقيَّم التغير على مستوى السكان في الإقبال على التطعيم حول إعلان الاشتراط وتطبيقه بتصميم شبه تجريبي.

لذلك تساءلنا عمّا إذا كان إعلان اشتراط التطعيم السعودي وتطبيقه قد أعقبتهما تغيرات في مستوى الجرعات المعطاة واتجاهها، مقارنةً بالمسار الخاص بالمملكة قبل الإعلان وبسيناريو مضاد للواقع تركيبي مبني من دول لم تتبنَّ سياسات تطعيم إلزامية خلال عام 2021. ولأنه لا يمكن توزيع سياسة وطنية واحدة عشوائياً، جمعنا بين تصميمين متكاملين، هما السلاسل الزمنية المتقطعة والضبط التركيبي، وأخضعنا كليهما لاختبارات تفنيد محددة مسبقاً [30,31].

2. المواد والطرق

2.1. تصميم الدراسة

كانت هذه الدراسة تقييماً شبه تجريبي لسياسة وطنية باستخدام بيانات إجمالية متاحة للعموم. واستخدمت السلاسل الزمنية المتقطعة أحادية المجموعة (ITS) الاتجاهَ الخاص بالمملكة قبل الإعلان سيناريوَ مضاداً للواقع [32,33]. وبنت طريقة الضبط التركيبي (SCM) السيناريو المضاد للواقع من توليفة مرجّحة من دول المقارنة اختيرت لإعادة إنتاج مسار المملكة قبل الإعلان [34,35]. وقد كُتبت خطة التحليل الإحصائي، بما فيها الكمية الأساسية المستهدفة بالتقدير وقواعد مجمّع الدول المانحة وتحليلات الحساسية وقاعدة لأخطاء الإبلاغ، وجُمّدت قبل تقدير الآثار؛ وسُجّل توضيحان لاحقان (اكتمال سلاسل الدول المانحة، ومخطط التحقق المتقاطع في أحد تحليلات الحساسية) مع أسبابهما قبل التفسير.

2.2. التدخل

يرد وصف التدخل في الجدول 1 وفق منطق نموذج وصف التدخلات وتكرارها (TIDieR). فقد أعلنت وزارة الداخلية الاشتراط في 18 مايو 2021 وبدأ سريانه في 1 أغسطس 2021؛ ويرمّز متتبّع الاستجابة الحكومية لكوفيد-19 بجامعة أكسفورد (OxCGRT) مؤشرَ التطعيم الإلزامي للمملكة بأنه نشط اعتباراً من 1 أغسطس 2021 [36]. ولأن السلوك قد يستجيب عند إعلان السياسة لا عند سريانها [10,11]، عاملنا الأسابيع الـ 11 بين الإعلان والتطبيق بوصفها مرحلة ترقّب مستقلة.

الجدول 1. وصف التدخل.

البند	الوصف
الاسم	اشتراط وطني للتطعيم ضد كوفيد-19 (حالة "محصّن") لدخول المنشآت والفعاليات واستخدام وسائل النقل العام
الجهة المصدرة	وزارة الداخلية، المملكة العربية السعودية (أُعلن عبر وكالة الأنباء السعودية)
الإعلان	18 مايو 2021
التطبيق	1 أغسطس 2021 (مؤشر التطعيم الإلزامي في OxCGRT نشط اعتباراً من هذا التاريخ)
الأماكن	المنشآت الحكومية والخاصة، والمؤسسات التعليمية، والفعاليات الترفيهية والرياضية وغيرها، ووسائل النقل العام
الآلية	التحقق الرقمي من حالة التطعيم في تطبيق توكلنا عند نقاط الدخول
الفئة المستهدفة	سكان المملكة العربية السعودية المؤهلون للتطعيم
السياق المتزامن	تطعيم مجاني للمواطنين والمقيمين؛ وتوسّع الإمدادات وجدولة الجرعات الثانية خلال منتصف عام 2021

OxCGRT: متتبّع الاستجابة الحكومية لكوفيد-19 بجامعة أكسفورد. لا تصف مصادر البيانات المستخدمة قواعد الإعفاء التي حددتها وزارة الصحة، ولم تُنمذج.

2.3. مصادر البيانات

حُصل على بيانات التطعيم من قاعدة بيانات التطعيم ضد كوفيد-19 في Our World in Data (OWID)، التي تجمع الأعداد التراكمية الرسمية التي تبلغ عنها الدول للجرعات المعطاة، والأشخاص الحاصلين على جرعة واحدة على الأقل، والأشخاص الذين استكملوا السلسلة الأساسية، والجرعات المعززة [37]. وحُصل على الوفيات الأسبوعية المؤكدة بكوفيد-19 المبلّغ عنها لمنظمة الصحة العالمية من ملف الحالات والوفيات في OWID، وعلى مقامات السكان (التوقعات السكانية العالمية للأمم المتحدة 2022) من ملف المدخلات في OWID. وأُخذ توقيت السياسات لجميع الدول من مجموعة البيانات الوطنية المختصرة لـ OxCGRT [36]. ونُزّلت جميع الملفات في 6 نوفمبر 2026 من مستودعات GitHub العامة للمشروعين، وجُمّدت وحُسبت بصماتها الرقمية؛ وهي موزعة بموجب ترخيص المشاع الإبداعي نَسب المُصنَّف 4.0.

2.4. فترة الدراسة والوحدات والنتائج

كانت وحدة التحليل هي الدولة-الأسبوع، مع أسابيع تمتد من الأحد إلى السبت لتتبع أسبوع العمل السعودي. وتألفت فترة الدراسة من 43 أسبوعاً من 3 يناير إلى 30 أكتوبر 2021: مرحلة ما قبل الإعلان ومدتها 19 أسبوعاً (حتى 15 مايو)، ومرحلة الترقّب

ومدتها 11 أسبوعاً (من 16 مايو إلى 31 يوليو)، ومرحلة التطبيق ومدتها 13 أسبوعاً (من 1 أغسطس إلى 30 أكتوبر). وانتهت المتابعة قبل الإبلاغ عن جرعات معززة في المملكة. واستُكملت الأعداد التراكمية المبلّغ عنها في تواريخ غير منتظمة باستيفاء خطي في الزمن التقويمي وقُرئت عند نهاية كل أسبوع؛ ولم يُمدّ الاستيفاء قط خارج النطاق المرصود. وكانت الجرعات الأسبوعية هي الفروق الأولى للسلسلة التراكمية المستوفاة.

كانت النتيجة الأساسية هي الجرعات التراكمية للسلسلة الأساسية لكل 100 نسمة، وعُرّفت بأنها إجمالي الجرعات المعطاة مطروحاً منه الجرعات المعززة (مع اعتبار الجرعات المعززة صفراً قبل أول إبلاغ للدولة عنها). ويمنع هذا التعريف حملات الجرعات المعززة التي بدأت في بعض دول المقارنة أواخر عام 2021 من تضخيم السيناريو المضاد للواقع. وكانت نتيجة السلاسل الزمنية المتقطعة هي الجرعات الأسبوعية لكل 100 نسمة. ولأن المملكة لم تبلغ عن أعداد الجرعة الأولى واستكمال السلسلة بصورة منفصلة إلا منذ أواخر يونيو 2021، وُصف التقسيم بين الجرعات الأولى والثانية للفترة من يوليو إلى أكتوبر دون نمذجة استدلالية. واستُخدمت الوفيات الأسبوعية بكوفيد-19 لكل مليون نتيجةَ ضبط سلبي يُستبعد أن يطرأ عليها تغير فوري عند الإعلان.

2.5. دول المقارنة

اختيرت الدول المانحة لطريقة الضبط التركيبي وفق قواعد ثُبّتت مسبقاً: عدد سكان لا يقل عن مليون نسمة؛ وقيمة مبلّغ عنها للجرعات التراكمية في حدود 10 أيام من نهاية كل أسبوع وقيمة مستوفاة صالحة عند نهاية كل أسبوع؛ وعدم وجود ترميز للتطعيم الإلزامي في OxCGRT في أي وقت بين 1 يناير و31 أكتوبر 2021؛ واستبعاد الدول الست التي قيّم Mills وRüttenauer اشتراطات الشهادات فيها (الدنمارك وفرنسا وألمانيا وإسرائيل وإيطاليا وسويسرا) [10]. واحتُفظ بالدول المستوفية لهذه القواعد دون فحص نتائجها. وكانت 47 دولة مؤهلة؛ واستُبعدت دول الخليج التي تبنّت اشتراطات في عام 2021 بموجب قاعدة OxCGRT.

2.6. التحليل الإحصائي

كانت الكمية الأساسية المستهدفة بالتقدير هي الفرق بين الجرعات التراكمية المرصودة للسلسلة الأساسية لكل 100 نسمة في المملكة ونظيرتها في السيناريو المضاد للواقع في نهاية المتابعة (الأسبوع المنتهي في 30 أكتوبر 2021)، مع بدء التعرض في أسبوع الإعلان. وكان افتراض التحديد هو أن توليفة مرجّحة من الدول المانحة أعادت إنتاج مسار المملكة قبل الإعلان كانت ستستمر في مقاربته لولا السياسة، دون انتقال للأثر بين الدول ودون صدمة متزامنة خاصة بالمملكة.

قُيّدت أوزان الضبط التركيبي لتكون غير سالبة ومجموعها واحد، واختيرت لتقليل متوسط مربع خطأ التنبؤ عبر الأسابيع الـ 19 السابقة للإعلان، باستخدام كل قيم النتيجة في الفترة السابقة متنبئات [34,35]. ولُخّصت جودة الملاءمة في الفترة السابقة بجذر متوسط مربع خطأ التنبؤ (RMSPE). واعتمد الاستدلال على التبديل بالاختبار الوهمي المكاني: إذ عوملت كل دولة مانحة بدورها كأنها تبنّت السياسة وبُني ضبطها التركيبي من بقية الدول المانحة. ونعرض قيمتين تبديليتين لـ p: رتبة نسبة RMSPE بعد التدخل إلى ما قبله للمملكة بين جميع الوحدات، ورتبة القيمة المطلقة للفجوة في نهاية المتابعة بين الدول الوهمية التي لا يتجاوز RMSPE لديها في الفترة السابقة خمسة أضعاف نظيره للمملكة [34,38]. كما نعرض الفجوة في 31 يوليو 2021، أي نهاية مرحلة الترقّب.

في السلاسل الزمنية المتقطعة أحادية المجموعة، نُمذجت الجرعات الأسبوعية لكل 100 نسمة بانحدار خطي مجزّأ يتضمن حدوداً للمستوى والاتجاه الأساسيين، وتغيّراً في المستوى وتغيّراً في الاتجاه عند أسبوع الإعلان، وتغيّراً إضافياً في المستوى والاتجاه عند أسبوع التطبيق [32,33]. وكانت الأخطاء المعيارية متسقة مع عدم تجانس التباين والارتباط الذاتي (Newey–West، نواة Bartlett، تأخر ثلاثة أسابيع اختير بالقاعدة $\text{floor}(4(n/100)^{2/9})$) [39]. ولُخّص الارتباط الذاتي للبواقي بإحصاءة Durbin–Watson واختبار Ljung–Box عند التأخر 4 [40]. وحُسبت الميول الخاصة بكل مرحلة وفواصل ثقتها بوصفها توليفات خطية من المعاملات.

كانت تحليلات الحساسية المحددة مسبقاً للضبط التركيبي هي: البدء عند التطبيق؛ وتقديم البدء أسبوعين وأربعة أسابيع عن الإعلان؛ واستبعاد الدول المانحة من الشرق الأوسط وشمال أفريقيا؛ وقصر الدول المانحة على تلك التي كان مستواها التراكمي في 15 مايو 2021 في حدود ±50% من مستوى المملكة؛ واستخدام إجمالي الجرعات بما فيها المعززة نتيجةً؛ والاستبعاد واحداً في كل مرة لكل دولة مانحة لا يقل وزنها عن 0.01؛ والضبط التركيبي المعزّز بانحدار ريدج، وهو تصحيح بالانحدار المعاقَب (تعلم آلي) لعدم كمال الملاءمة في الفترة السابقة، مع اختيار معامل العقوبة بالتحقق على عينة محجوزة من آخر ستة أسابيع في الفترة السابقة [41,42]. وبالنسبة إلى السلاسل الزمنية المتقطعة، استخدمت تحليلات الحساسية انحداراً بأخطاء انحدار ذاتي من الرتبة الأولى، وخط أساس يبدأ في مارس 2021 بعد توسيع أهلية التطعيم لتشمل جميع البالغين، ونتيجة لوغاريتمية [43,44]. وشملت اختبارات التفنيد اختباراً وهمياً زمنياً ببدء افتراضي في 21 مارس 2021 باستخدام بيانات ما قبل الإعلان فقط، ونتيجة الضبط السلبي، والتوزيعات التبديلية. وحددت قاعدة وُضعت مسبقاً أخطاء الإبلاغ (زيادة أسبوعية سالبة أو تزيد على ثلاثة أضعاف وسيط الزيادات الأربع السابقة والأربع اللاحقة). وأُعيد حساب الفجوة الأساسية للضبط التركيبي ومعاملات السلاسل الزمنية المتقطعة بتنفيذ مستقل يستخدم خوارزمية تحسين مختلفة (المربعات الصغرى غير السالبة) طُبّقت على سلاسل أُعيد اشتقاقها من الملفات الخام، وبتقدير Newey–West مبرمج يدوياً.

حُددت كمية أساسية واحدة مستهدفة بالتقدير؛ وتُعرض التقديرات الثانوية مع فواصل ثقة 95% بوصفها أدلة داعمة دون تعديل للتعددية. وأُجريت التحليلات باستخدام Python 3 مع pandas وNumPy وSciPy وstatsmodels.

2.7. الدليل الإرشادي لإعداد التقارير

أُعدّ تقرير الدراسة وفق بيان التقارير الشفافة لتقييمات التصاميم غير العشوائية (TREND) [45]، مع عناصر من إرشادات دراسات السلاسل الزمنية المتقطعة والضبط التركيبي في الصحة العامة [30,32,46].

2.8. الاعتبارات الأخلاقية

استخدمت الدراسة إحصاءات وطنية إجمالية متاحة للعموم ومجهولة الهوية فقط. ولم يُطّلع على أي بيانات على مستوى الأفراد، ولم تكن الموافقة الأخلاقية ولا الموافقة المستنيرة مطلوبتين.

3. النتائج

3.1. الاتجاهات الوصفية

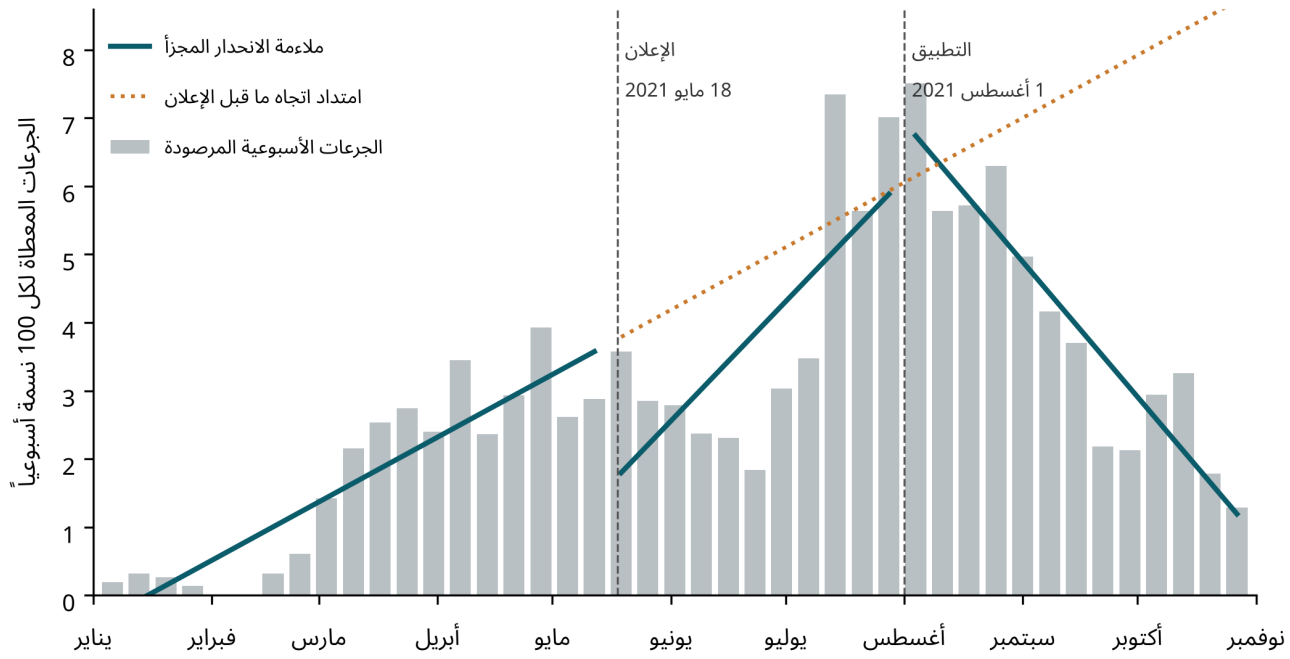
كانت المملكة العربية السعودية قد أعطت 31.6 جرعة لكل 100 نسمة بحلول 15 مايو 2021، مقارنةً بوسيط قدره 16.4 بين الدول المانحة. وبلغت الجرعات التراكمية 73.8 لكل 100 نسمة بحلول 31 يوليو و125.4 بحلول 30 أكتوبر 2021 (وسيط الدول المانحة 95.4). وكان متوسط الجرعات الأسبوعية لكل 100 نسمة 1.64 في مرحلة ما قبل الإعلان، و3.84 في مرحلة الترقّب، و3.97 في مرحلة التطبيق؛ وسُجّلت أعلى قيمة أسبوعية، وهي 7.51، في الأسبوع الأول من التطبيق المنتهي في 7 أغسطس 2021 (الجدول 2، الشكل 1). ولم يستوفِ أي أسبوع قاعدة أخطاء الإبلاغ المحددة مسبقاً.

بين 3 و31 يوليو 2021، ارتفعت نسبة السكان الحاصلين على جرعة واحدة على الأقل من 45.6% إلى 51.6%، في حين ارتفعت نسبة من استكملوا السلسلة الأساسية من 4.7% إلى 22.2%. وخلال الأسابيع الأربعة المنتهية في 31 يوليو، أُعطيت نحو 6.0 جرعات أولى و17.5 جرعة ثانية لكل 100 نسمة. وبحلول 30 أكتوبر، بلغت التغطية 66.4% لجرعة واحدة على الأقل و58.9% لاستكمال السلسلة (الشكل 4أ).

الجدول 2. جرعات اللقاح المعطاة في المملكة العربية السعودية حسب مرحلة السياسة، من يناير إلى أكتوبر 2021.

المرحلة	الأسابيع	التواريخ	متوسط الجرعات الأسبوعية لكل 100	الجرعات التراكمية لكل 100 في نهاية المرحلة
ما قبل الإعلان	19	من 3 يناير إلى 15 مايو 2021	1.64	31.6
الترقّب	11	من 16 مايو إلى 31 يوليو 2021	3.84	73.8
التطبيق	13	من 1 أغسطس إلى 30 أكتوبر 2021	3.97	125.4

الجرعات هي جميع الجرعات المعطاة (لم يُبلَّغ عن جرعات معززة في المملكة خلال الفترة). مقام السكان: التوقعات السكانية العالمية للأمم المتحدة 2022.



الشكل 1. الجرعات الأسبوعية من لقاح كوفيد-19 لكل 100 نسمة في المملكة العربية السعودية مع ملاءمة الانحدار المجزّأ، من يناير إلى أكتوبر 2021. تحدد الخطوط المتقطعة الإعلان والتطبيق؛ ويمدّ الخط المنقّط اتجاه ما قبل الإعلان. ارتفعت الجرعات في يوليو وانخفضت بعد التطبيق.

3.2. السلاسل الزمنية المتقطعة

قبل الإعلان، ازدادت الجرعات الأسبوعية بمقدار 0.21 (فاصل الثقة 95% 0.16 إلى 0.27) جرعة لكل 100 نسمة أسبوعياً (الجدول 3). ولم يعقب أسبوعَ الإعلان تغيّرٌ واضح في المستوى (-1.99 (فاصل الثقة 95% -4.11 إلى 0.13))، في حين أصبح الاتجاه أشد انحداراً: إذ بلغ الميل في مرحلة الترقّب 0.41 (فاصل الثقة 95% 0.13 إلى 0.69) جرعة لكل 100 نسمة أسبوعياً، بتغيّر قدره 0.19 (فاصل الثقة 95% -0.08 إلى 0.46) مقارنةً بخط الأساس. وعند التطبيق لم يُرصد تغيّر في المستوى (0.45 (فاصل الثقة 95% -1.40 إلى 2.30))، لكن الاتجاه انعكس (تغيّر الميل -0.87 (فاصل الثقة 95% -1.18 إلى -0.56))؛ والميل خلال التطبيق -0.46 (فاصل الثقة 95% -0.54 إلى -0.39)). وكان الارتباط الذاتي للبواقي متوسطاً (Durbin–Watson 1.40؛ Ljung–Box عند التأخر 4، p = 0.022). وكانت التقديرات متشابهة مع أخطاء الانحدار الذاتي (المعامل المقدّر من الرتبة الأولى 0.37) ومع خط أساس يبدأ في مارس، حيث بلغ تغيّر الميل في مرحلة الترقّب 0.28 (فاصل الثقة 95% 0.02 إلى 0.55). غير أن الإعلان ارتبط على المقياس اللوغاريتمي بمستوى أدنى وتغيّر سالب طفيف في الميل، مما يشير إلى أن التسارع الظاهر يعكس الحجم المطلق للجرعات لا تغيراً نسبياً في النمو.

الجدول 3. الانحدار المجزّأ للجرعات الأسبوعية من اللقاح لكل 100 نسمة في المملكة العربية السعودية.

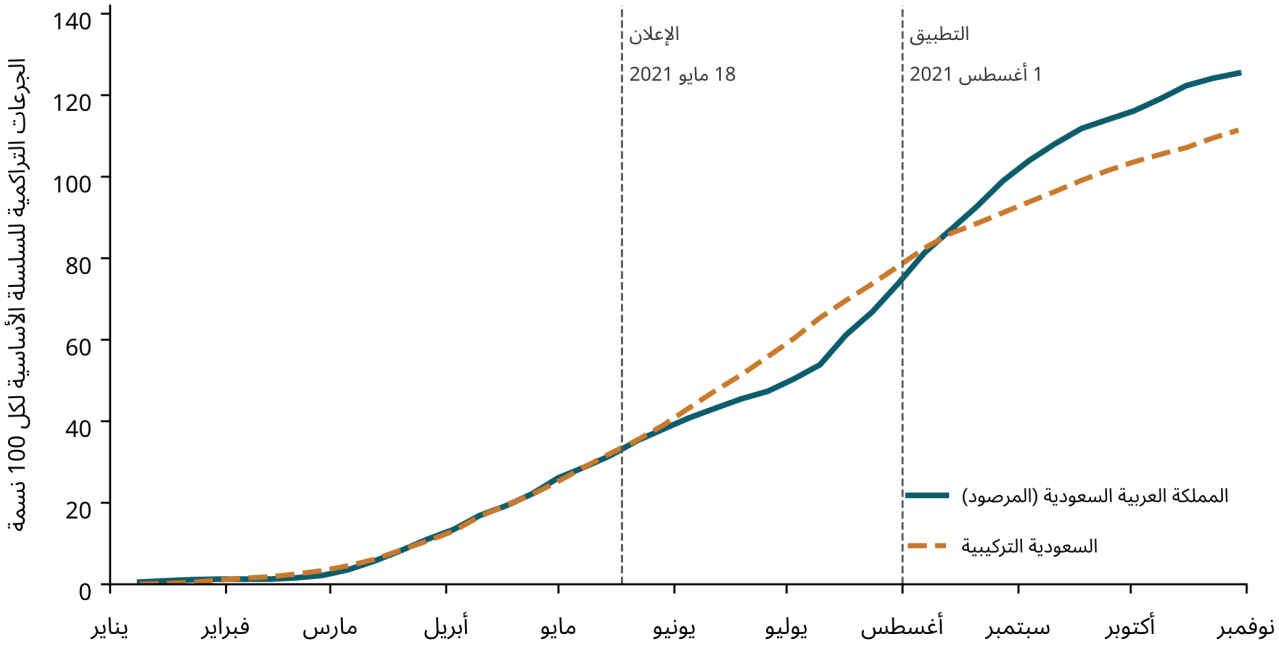
المعلمة	النموذج الأساسي، التقدير (فاصل الثقة 95%)	p	أخطاء AR(1) (فاصل الثقة 95%)	خط أساس من مارس 2021 (فاصل الثقة 95%)
الاتجاه الأسبوعي الأساسي	0.21 (فاصل الثقة 95% 0.16 إلى 0.27)	p < 0.001	0.19 (فاصل الثقة 95% 0.00 إلى 0.37)	0.12 (فاصل الثقة 95% 0.04 إلى 0.20)
تغيّر المستوى عند الإعلان	-1.99 (فاصل الثقة 95% -4.11 إلى 0.13)	p = 0.066	-1.16 (فاصل الثقة 95% -2.57 إلى 0.25)	-1.62 (فاصل الثقة 95% -3.75 إلى 0.51)
تغيّر الاتجاه بعد الإعلان	0.19 (فاصل الثقة 95% -0.08 إلى 0.46)	p = 0.159	0.17 (فاصل الثقة 95% -0.11 إلى 0.44)	0.28 (فاصل الثقة 95% 0.02 إلى 0.55)
تغيّر المستوى عند التطبيق	0.45 (فاصل الثقة 95% -1.40 إلى 2.30)	p = 0.635	0.53 (فاصل الثقة 95% -1.62 إلى 2.68)	0.45 (فاصل الثقة 95% -1.44 إلى 2.33)
تغيّر الاتجاه بعد التطبيق	-0.87 (فاصل الثقة 95% -1.18 إلى -0.56)	p < 0.001	-0.80 (فاصل الثقة 95% -1.08 إلى -0.53)	-0.87 (فاصل الثقة 95% -1.18 إلى -0.56)

النموذج الأساسي: المربعات الصغرى العادية مع أخطاء Newey–West المعيارية (تأخر 3)، 43 أسبوعاً. AR(1): نموذج أخطاء الانحدار الذاتي من الرتبة الأولى. CI: فاصل الثقة. معلمات الاتجاه بوحدة جرعة لكل 100 نسمة أسبوعياً؛ ومعلمات المستوى بوحدة جرعة لكل 100 نسمة.

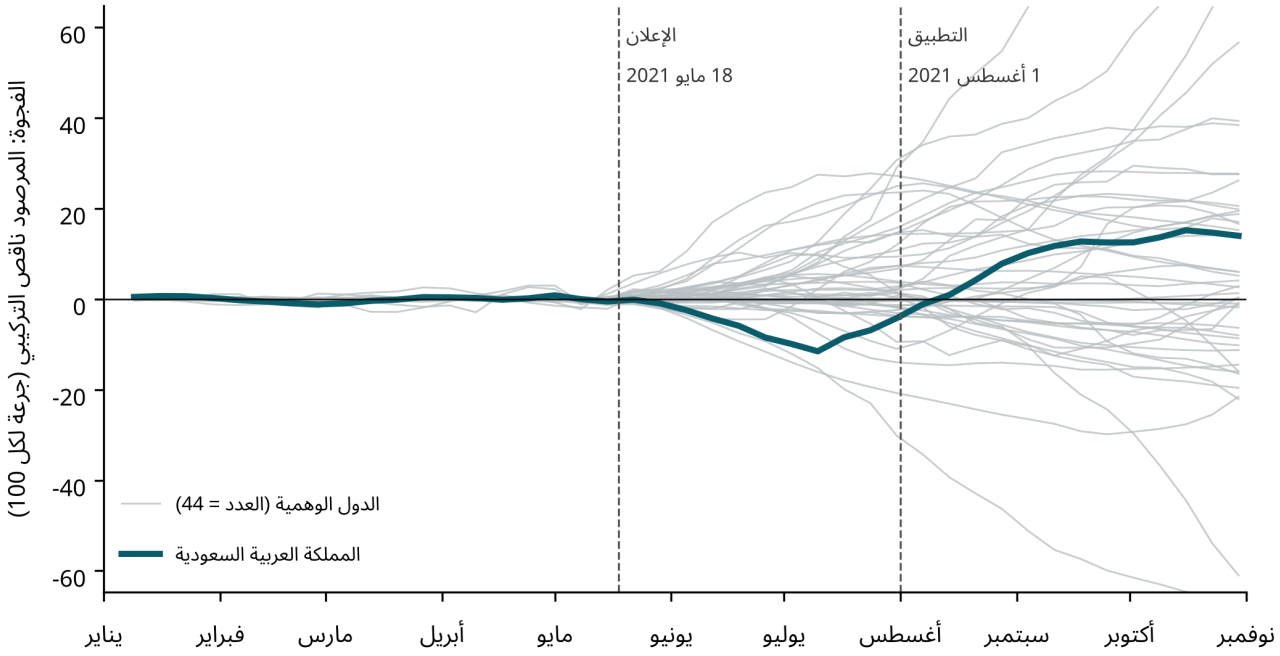
3.3. الضبط التركيبي

جمع الضبط التركيبي للمملكة العربية السعودية بين الهند (0.478) وسنغافورة (0.317) وجمهورية الدومينيكان (0.164) ومنغوليا (0.041)، وأعاد إنتاج مسار ما قبل الإعلان بدقة (RMSPE في الفترة السابقة 0.58 جرعة لكل 100 نسمة؛ الشكل 2). وخلال مرحلة الترقّب، سارت الجرعات التراكمية المرصودة دون الضبط التركيبي بقليل؛ ففي 31 يوليو 2021 كانت الفجوة -4.2 جرعة لكل 100 نسمة (73.8 مرصودة مقابل 78.0 تركيبية). وخلال التطبيق، تجاوزت المملكة ضبطها التركيبي، وبحلول 30 أكتوبر 2021 بلغت الفجوة 14.0 جرعة لكل 100 نسمة (125.4 مقابل 111.4).

لم تكن هذه الفجوة قابلة للتمييز عن توزيع الفجوات الوهمية (الشكل 3). فبين 44 دولة وهمية ذات ملاءمة مقبولة في الفترة السابقة، بلغت قيمة p التبديلية للفجوة في نهاية المتابعة 0.60؛ وبلغت لنسبة RMSPE بعد التدخل إلى ما قبله عبر جميع الدول الوهمية الـ 47 ما قيمته 0.88. وتعكس النسبة الكبيرة للمملكة (16.3) صغر خطئها في الفترة السابقة لا تباعداً كبيراً على نحو غير اعتيادي بعد التدخل.



الشكل 2. الجرعات التراكمية للسلسلة الأساسية لكل 100 نسمة في المملكة العربية السعودية وضبطها التركيبي (الهند وسنغافورة وجمهورية الدومينيكان ومنغوليا)، من يناير إلى أكتوبر 2021. سارت المملكة دون ضبطها التركيبي بقليل حتى التطبيق وفوقه بعد ذلك.



الشكل 3. الفجوة بين الجرعات التراكمية المرصودة والتركيبية لكل 100 نسمة للمملكة العربية السعودية ولـ 44 دولة وهمية ذات ملاءمة مقبولة في الفترة السابقة (باللون الرمادي). تقع الفجوة السعودية ضمن نطاق الفجوات الوهمية طوال المتابعة.

3.4. تحليلات الحساسية والتفنيد

اعتمد اتجاه الفجوة في نهاية المتابعة وحجمها على المواصفة (الجدول 4، الشكل 5). فنقل البدء إلى التطبيق أعطى فجوة قدرها 20.3 جرعة لكل 100 نسمة (قيمة p التبديلية = 0.22)، وتقديمه أسبوعين أو أربعة أسابيع أعطى 8.9 و8.0. ومع البدء المبكر كانت الفجوة في 31 يوليو سالبة بوضوح (-16.6 و-26.8)، أي أن الضبط التركيبي تنبأ بتراكم أسرع خلال يونيو ويوليو مما رُصد. وأدى قصر مجمّع الدول المانحة على الدول ذات مستوى التغطية المشابه في منتصف مايو إلى عكس إشارة الفجوة في نهاية المتابعة (-5.5). ولم يغيّر استبعاد الدول المانحة من الشرق الأوسط وشمال أفريقيا التقدير لأن أياً منها لم يحصل على وزن موجب. وأدى استخدام إجمالي الجرعات بما فيها المعززة إلى خفض الفجوة إلى 7.4. وتراوحت تقديرات الاستبعاد واحداً في كل مرة بين 7.5 و16.8. واختار التحقق على العينة المحجوزة للضبط التركيبي المعزّز بانحدار ريدج أكبر معامل عقوبة في الشبكة، فلم يضف التعزيز تصحيحاً يُذكر وتطابق التقدير مع التحليل الأساسي (14.0 في 30 أكتوبر)؛ وكان تشغيل سابق بمخطط تحقق أحادي الخطوة قد اختار أصغر معامل عقوبة وأنتج سيناريو مضاداً للواقع مُستقرَأً وغير معقول، وهو ما دفع إلى التغيير المسجَّل في المخطط.

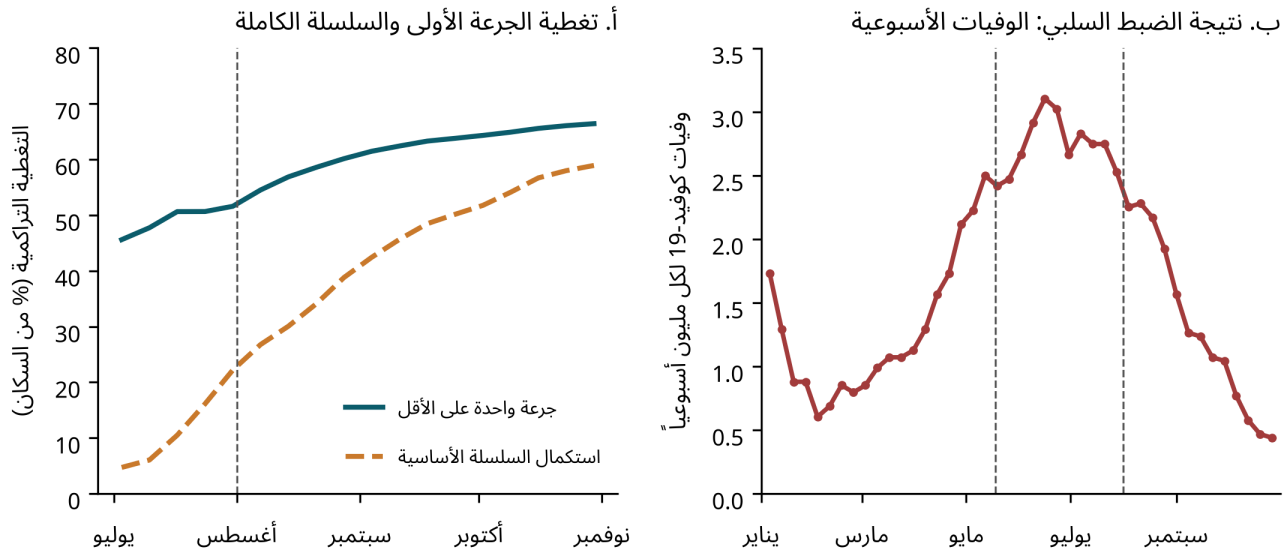
لم يجتز الاختبار الوهمي الزمني: إذ أنتج بدء افتراضي في 21 مارس 2021، قُدّر ببيانات ما قبل الإعلان فقط، فجوة قدرها -20.9 جرعة لكل 100 نسمة بحلول 15 مايو 2021، وهي أكبر بالقيمة المطلقة من التقدير الأساسي. ويبيّن ذلك أن الضبط التركيبي قد يتباعد عن المملكة، حتى في غياب أي سياسة، بأكثر من عشر جرعات لكل 100 نسمة خلال ثمانية أسابيع. وبالنسبة إلى نتيجة الضبط السلبي، لم تُظهر الوفيات الأسبوعية تغيراً واضحاً في المستوى عند الإعلان (0.75 (فاصل الثقة 95% -0.10 إلى 1.60) وفاة لكل مليون)، بما يتسق مع غياب خلل فوري في ذلك التاريخ؛ وانخفضت الوفيات منذ أغسطس مع انحسار الموجة الوبائية (الشكل 4ب). ويلخص الجدول 5 نتائج التفنيد.

الجدول 4. تقديرات الضبط التركيبي: التحليل الأساسي وتحليلات الحساسية.

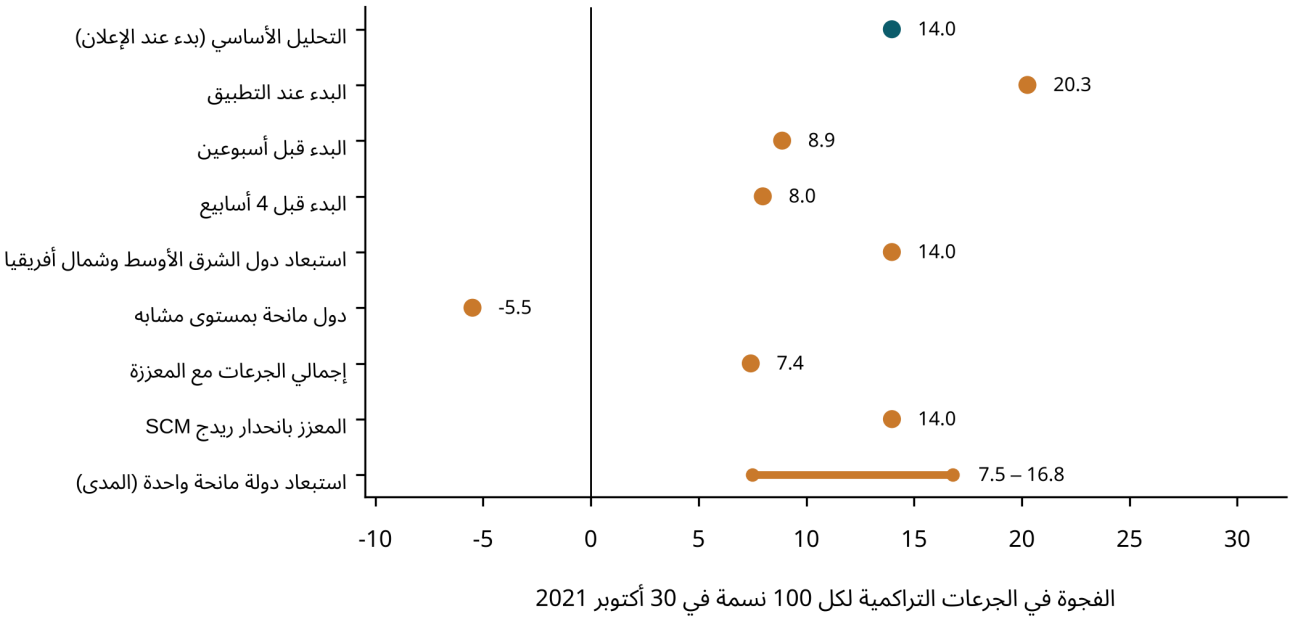
المواصفة	الفجوة في 31 يوليو 2021	الفجوة في 30 أكتوبر 2021	RMSPE في الفترة السابقة	قيمة p التبديلية (فجوة النهاية)
الأساسي (البدء عند الإعلان)	-4.2	14.0	0.58	0.60
البدء عند التطبيق	1.4	20.3	1.21	0.22
البدء قبل أسبوعين (2)	-16.6	8.9	0.44	0.73
البدء قبل 4 أسابيع	-26.8	8.0	0.39	0.72
دول مانحة بمستوى تغطية مشابه	-22.8	-5.5	1.08	0.63

المواصفة	الفجوة في 31 يوليو 2021	الفجوة في 30 أكتوبر 2021	RMSPE في الفترة السابقة	قيمة p التبديلية (فجوة النهاية)
إجمالي الجرعات بما فيها المعززة	-4.8	7.4	0.58	0.71
الضبط التركيبي المعزّز بانحدار ريدج	-4.2	14.0	0.58	NA
استبعاد دولة مانحة واحدة (المدى)	NA	7.5 إلى 16.8	NA	NA

الفجوات هي الجرعات التراكمية المرصودة للسلسلة الأساسية لكل 100 نسمة ناقص التركيبية. RMSPE: جذر متوسط مربع خطأ التنبؤ. قيمة p التبديلية: رتبة القيمة المطلقة للفجوة في نهاية المتابعة بين الدول الوهمية التي لا يتجاوز RMSPE لديها في الفترة السابقة خمسة أضعاف نظيره للمملكة. أعطى استبعاد الدول المانحة من الشرق الأوسط وشمال أفريقيا نتائج مطابقة للتحليل الأساسي. NA: لا ينطبق.



الشكل 4. (أ) التغطية بجرعة واحدة على الأقل وباستكمال السلسلة الأساسية، من يوليو إلى أكتوبر 2021. (ب) الوفيات الأسبوعية بكوفيد-19 لكل مليون (نتيجة الضبط السلبي). جاء تسارع يوليو أساساً من استكمال السلسلة؛ ولم تُظهر الوفيات تغيراً عند الإعلان.



الشكل 5. الفجوة في الجرعات التراكمية للسلسلة الأساسية لكل 100 نسمة في 30 أكتوبر 2021 عبر مواصفات الضبط التركيبي؛ ويُظهر الشريط مدى استبعاد دولة مانحة واحدة. تتباين التقديرات في الحجم والإشارة، مما يشير إلى الحساسية لخيارات النمذجة.

الجدول 5. اختبارات التفنيد وتفسيرها.

الاختبار	النتيجة	التفسير
الاختبار الوهمي المكاني (فجوة النهاية)	p = 0.60 (44 دولة وهمية)	الفجوة السعودية ضمن التوزيع الوهمي
الاختبار الوهمي المكاني (نسبة RMSPE)	p = 0.88 (47 دولة وهمية)	لا تباعد غير اعتيادي بعد التدخل
الاختبار الوهمي الزمني (21 مارس 2021)	فجوة -20.9 بحلول 15 مايو	لم يجتز: السيناريو المضاد للواقع غير مستقر خلال 8 أسابيع
نتيجة الضبط السلبي (الوفيات)	تغيّر المستوى 0.75 (-0.10 إلى 1.60)	اجتاز عند الإعلان
قاعدة أخطاء الإبلاغ	لم يُحدَّد أي أسبوع	لا تقديرات ناجمة عن أخطاء الإبلاغ
إزاحة التوقيت (-2 و-4 أسابيع، والتطبيق)	فجوات النهاية 8.9 و8.0 و20.3	الإشارة نفسها بأحجام متفاوتة

الفجوات بالجرعات التراكمية للسلسلة الأساسية لكل 100 نسمة؛ وتغيّر مستوى الوفيات بالوفيات لكل مليون أسبوعياً (فاصل الثقة 95%). RMSPE: جذر متوسط مربع خطأ التنبؤ.

4. المناقشة

4.1. النتائج الرئيسية

ازداد نشاط التطعيم في المملكة العربية السعودية زيادة ملحوظة في الأسابيع بين إعلان اشتراط التطعيم الوطني وتطبيقه، وبلغ ذروته في الأسبوع الأول من التطبيق، ثم انخفضت الجرعات الأسبوعية باطراد. وتألفت طفرة يوليو أساساً من الجرعات الثانية، إذ استكمل من تلقوا جرعة أولى في وقت سابق من العام سلسلتهم الأساسية. وتتوافق السلاسل الزمنية أحادية المجموعة مع استجابة ترقّبية، لكن عند بناء السيناريو المضاد للواقع من دول لا تشترط التطعيم، لم يختلف الإقبال التراكمي في المملكة اختلافاً واضحاً عن المتوقع: فقد كان دون ضبطها التركيبي بقليل عند التطبيق وفوقه بنهاية أكتوبر، ولم تبرز أي من الفجوتين مقارنةً بالتوزيع الوهمي. ويشير الاختبار الوهمي الزمني واعتماد التقدير على مجمّع الدول المانحة إلى أن التصميم المقارن لا يستطيع الفصل بين أثر متواضع للسياسة وتباين مسارات التطعيم بين الدول في عام 2021.

4.2. المقارنة مع الدراسات الأخرى

يشبه توقيت الاستجابة السعودية ما أُبلغ عنه للشهادات الأوروبية، حيث ارتفعت التطعيمات قبل التطبيق بنحو ثلاثة أسابيع [10]، والتجربة الكندية لطفرة مدفوعة بالإعلان [11,13]. وتختلف نتائجنا في جانبين. أولاً، هيمنت الجرعات الثانية لا الأولى على الزيادة السعودية. ويتسق هذا النمط مع تصميم الاشتراط الذي ربط حالة "محصّن" بسجل التطعيم، ومع جدولة الجرعات الثانية التي أُرجئت أثناء تقييد الإمدادات، كما في دول أخرى أعطت الأولوية للجرعات الأولى [6]. ولأنه لا يمكن الفصل بين الجرعات الأولى والثانية قبل أواخر يونيو 2021 في البيانات العامة، يتعذر الفصل بين إسهام السياسة وإسهام جدولة الجرعات الثانية المدفوعة بالإمدادات. ثانياً، لم يرصد التحليل المقارن أثراً إضافياً متيناً في الإقبال التراكمي. فالدراسات التي وجدت آثاراً أكبر قيّمت غالباً سياقات كان فيها الإقبال منخفضاً أو راكداً وقت الإعلان [10,14,16]؛ أما الدراسات في سياقات التغطية المرتفعة فأفادت بآثار صغيرة، مثل زيادات تقل عن نقطة مئوية واحدة في تغطية الجرعة الأولى بعد إعلانات الجوازات في كيبيك وأونتاريو [17]. وكانت المملكة فوق وسيط الدول المانحة وقت الإعلان، مما قد يكون حدّ من المجال لإقبال إضافي. وتتسق النتائج أيضاً مع المراجعات التي خلصت إلى أن الآثار السلوكية للشهادات الصحية تتفاوت بحسب السياق وقد تجلب أضراراً إلى جانب الفوائد [7,9].

يجيب التصميمان عن سؤالين مختلفين، والاختلاف الظاهر بينهما مفيد. فالسلاسل الزمنية أحادية المجموعة تقارن المملكة بمسارها الخاص في أوائل عام 2021، الذي تشكّل بمحدودية الإمدادات وتدرّج الأهلية؛ وأي توسع لاحق في الإمدادات سيظهر انحرافاً عن ذلك الاتجاه سواء أسهمت السياسة أم لا. أما الضبط التركيبي فيقارن المملكة بدول واجهت البيئة العالمية نفسها للإمدادات في منتصف عام 2021 وسرّعت حملاتها هي الأخرى خلال صيف نصف الكرة الشمالي، ولهذا قابل السيناريو المضاد للواقع جزءاً كبيراً من الزيادة السعودية. وبموجب افتراضات الضبط التركيبي، يُرجَّح لذلك أن ترتبط السياسة بإزاحة في توقيت الجرعات، من الأسابيع التي سبقت التطبيق مباشرة إلى فترة التطبيق، أكثر من ارتباطه بمكسب صافٍ كبير. كما أن انعكاس الاتجاه الأسبوعي بعد التطبيق متوقع عندما تستكمل نسبة متزايدة من السكان المؤهلين سلسلتها الأساسية، ولا يمكن فصل هذا التشبع عن انتهاء حافز الترقّب. وتظل هذه التفسيرات مشروطة بغياب تغيرات أخرى خاصة بالمملكة في منتصف عام 2021، مثل تعديل الفواصل بين الجرعات أو سعة المواعيد، لا تسجلها البيانات العامة.

4.3. الأهمية للمملكة العربية السعودية والمنطقة

تميّز الاشتراط السعودي بكونه وطنياً، ومُتحققاً منه رقمياً عبر تطبيق واحد، ومطبقاً على جميع الأماكن العامة تقريباً [21–23]. وتتيح هذه البنية تنفيذاً سريعاً وموحداً، ويوحي الارتفاع الحاد في استكمال السلسلة الأساسية قبل التطبيق بأن الناس استجابوا

للموعد النهائي المعلن. وبالنسبة إلى الطوارئ الصحية المستقبلية، ولاشتراطات التجمعات الجماهيرية المتكررة مثل الحج والعمرة [47,48]، تشير النتائج إلى أن الإعلانات ذات المهلة الواضحة قد تركّز الطلب في نافذة قصيرة، مما يتطلب مواءمة الإمدادات وسعة المواعيد. كما تشير إلى أن الاشتراطات قد تؤثر في توقيت التطعيم أكثر من تأثيرها في مستواه النهائي عندما تكون التغطية مرتفعة أصلاً. ومن شأن تقييم اشتراطات الجرعات المعززة اللاحقة [29] والمحددات الفردية للإقبال أن يضيف إلى هذه الأدلة.

4.4. نقاط القوة والقيود

تشمل نقاط القوة استخدام بيانات متاحة علناً وخاضعة لإدارة الإصدارات مع معالجة قابلة للتكرار؛ وخطة تحليل إحصائي ثُبّتت قبل التقدير؛ والجمع بين تصميمين بافتراضات تحديد مختلفة؛ والنمذجة المنفصلة للإعلان والتطبيق؛ ونتيجة أساسية تستبعد الجرعات المعززة؛ ومجموعة محددة مسبقاً من اختبارات التفنيد تُعرض إخفاقاتها. وقد أُعيد إنتاج التقدير الأساسي بتنفيذ مستقل.

ثمة قيود عدة. فالبيانات الوطنية الإجمالية لا تُظهر من استجاب للاشتراط، ولا يستطيع التحليل الفصل بين الآثار لدى السكان من جنسيات أو أعمار أو مناطق مختلفة. وأعداد الجرعة الأولى في المملكة غير متاحة قبل أواخر يونيو 2021، لذا تمزج نتيجة السلاسل الزمنية المتقطعة الرئيسية بين جرعات أولى وثانية تشكّل توقيتها أيضاً بقرارات الإمداد والجدولة. كما تزامنت تدابير وطنية أخرى وموجة الصيف الوبائية وربما أثّرت في الإقبال. ويعتمد الضبط التركيبي على عدد قليل من الدول المانحة ذات الأوزان الكبيرة التي تشكّلت حملات التطعيم فيها بقيود إمدادها وسياساتها وأوبئتها الخاصة، ويبيّن الاختبار الوهمي الزمني الفاشل أن السيناريو المضاد للواقع قد ينجرف انجرافاً كبيراً خلال أسابيع قليلة. وقد لا يرصد مؤشر OxCGRT جميع السياسات الشبيهة بالشهادات في الدول المانحة، مما سيُحيِّز المقارنة نحو انعدام الأثر. وأخيراً، كان الاشتراط حزمة من القواعد الخاصة بكل مكان، ولم نتمكن من تقييم مكوناتها كلٍّ على حدة.

4.5. الانعكاسات على السياسات والبحث

ينبغي لصانعي السياسات الذين يدرسون اشتراطات التطعيم توقّع بدء الاستجابة عند الإعلان، والتخطيط للإمدادات وسعة المواعيد للفترة السابقة للتطبيق، ورصد ما إذا كانت الاستجابة تعكس تطعيمات جديدة أم استكمال سلاسل بدأت من قبل. ومن شأن البحوث التي تستخدم سجلات تطعيم فردية مرتبطة بمكان الإقامة والعمر والجنسية، إلى جانب سلاسل الجرعة الأولى للفترة كاملة، أن تتيح تصاميم أقوى، مثل مقارنة الفئات الأكثر والأقل تأثراً بالاشتراط، وأن تقدّر الآثار في فجوات التغطية لا في المجاميع الوطنية.

5. الاستنتاجات

تسارعت التطعيمات الأسبوعية ضد كوفيد-19 في المملكة العربية السعودية بعد إعلان اشتراط التطعيم الوطني وبلغت ذروتها عند بدء سريانه، وذلك أساساً من خلال استكمال الجرعات الثانية. ولم يُظهر سيناريو مضاد للواقع تركيبي مبني من دول لا تشترط التطعيم مكسباً إضافياً متيناً في الجرعات التراكمية، وتشير اختبارات التفنيد إلى أن التقدير المقارن حساس لافتراضات النمذجة. ويبدو أن الاشتراط ركّز التطعيم زمنياً؛ أما ما إذا كان قد رفع المستوى النهائي للتغطية فلا يمكن إثباته من البيانات الوطنية الإجمالية.

الإقرارات

مساهمات المؤلفين: NA

التمويل: NA

تضارب المصالح: NA

بيان مجلس المراجعة المؤسسية: لا ينطبق: تحليل ثانوي لبيانات إجمالية متاحة للعموم ومجهولة الهوية.

بيان الموافقة المستنيرة: لا ينطبق.

بيان إتاحة البيانات: جميع البيانات متاحة للعموم: بيانات التطعيم ضد كوفيد-19 في Our World in Data (https://github.com/owid/covid-19-data/tree/master/public/data/vaccinations)، وبيانات الحالات والوفيات في Our World in Data (https://github.com/owid/covid-19-data/tree/master/public/data/cases_deaths)، ومتتبّع الاستجابة الحكومية لكوفيد-19 بجامعة أكسفورد (https://github.com/OxCGRT/covid-policy-dataset). وشيفرة التحليل متاحة لدى المؤلفين.

المراجع

[1] Watson OJ, Barnsley G, Toor J, Hogan AB, Winskill P, Ghani AC. Global impact of the first year of COVID-19 vaccination: a mathematical modelling study. The Lancet Infectious Diseases. 2022;22(9):1293-1302. doi:10.1016/s1473-3099(22)00320-6

[2] Sallam M. COVID-19 Vaccine Hesitancy Worldwide: A Concise Systematic Review of Vaccine Acceptance Rates. Vaccines. 2021;9(2):160. doi:10.3390/vaccines9020160

[3] Lazarus JV, Wyka K, White TM, Picchio CA, Gostin LO, Larson HJ, et al.. A survey of COVID-19 vaccine acceptance across 23 countries in 2022. Nat Med. 2023;29(2):366-375. doi:10.1038/s41591-022-02185-4

[4] Walkey AJ, Law A, Bosch NA. Lottery-Based Incentive in Ohio and COVID-19 Vaccination Rates. JAMA. 2021;326(8):766. doi:10.1001/jama.2021.11048

[5] Thirumurthy H, Milkman KL, Volpp KG, Buttenheim AM, Pope DG. Association between statewide financial incentive programs and COVID-19 vaccination rates. PLoS ONE. 2022;17(3):e0263425. doi:10.1371/journal.pone.0263425

[6] Kuznetsova L, Diago-Navarro E, Mathu R, Trilla A. Effectiveness of COVID-19 Vaccination Mandates and Incentives in Europe. Vaccines. 2022;10(10):1714. doi:10.3390/vaccines10101714

[7] Bardosh K, de Figueiredo A, Gur-Arie R, Jamrozik E, Doidge J, Lemmens T, et al.. The unintended consequences of COVID-19 vaccine policy: why mandates, passports and restrictions may cause more harm than good. BMJ Glob Health. 2022;7(5):e008684. doi:10.1136/bmjgh-2022-008684

[8] Ward JK, Gauna F, Gagneux-Brunon A, Botelho-Nevers E, Cracowski JL, Khouri C, et al.. The French health pass holds lessons for mandatory COVID-19 vaccination. Nat Med. 2022;28(2):232-235. doi:10.1038/s41591-021-01661-7

[9] Drury J, Mao G, John A, Kamal A, Rubin GJ, Stott C, et al.. Behavioural responses to Covid-19 health certification: a rapid review. BMC Public Health. 2021;21(1):1205. doi:10.1186/s12889-021-11166-0

[10] Mills MC, Rüttenauer T. The effect of mandatory COVID-19 certificates on vaccine uptake: synthetic-control modelling of six countries. The Lancet Public Health. 2022;7(1):e15-e22. doi:10.1016/s2468-2667(21)00273-5

[11] Karaivanov A, Kim D, Lu SE, Shigeoka H. COVID-19 vaccination mandates and vaccine uptake. Nat Hum Behav. 2022;6(12):1615-1624. doi:10.1038/s41562-022-01363-1

[12] Oliu-Barton M, Pradelski BSR, Woloszko N, Guetta-Jeanrenaud L, Aghion P, Artus P, et al.. The effect of COVID certificates on vaccine uptake, health outcomes, and the economy. Nat Commun. 2022;13(1):3942. doi:10.1038/s41467-022-31394-1

[13] Maquiling A, Jeevakanthan A, Ho Mi Fane B. The effect of vaccine mandate announcements on vaccine uptake in Canada: An interrupted time series analysis. Vaccine. 2023;41(18):2932-2940. doi:10.1016/j.vaccine.2023.03.040

[14] Santolini R. The COVID-19 green certificate's effect on vaccine uptake in French and Italian regions. Journal of Policy Modeling. 2023;45(5):1036-1057. doi:10.1016/j.jpolmod.2023.06.005

[15] Ratnayake A, Stoecker C, Kissinger PJ. Effect of a Vaccine Mandate in Nonessential Public Spaces in New Orleans, Louisiana, on COVID-19 Vaccine Uptake, 2021-2022. Public Health Rep. 2025:00333549251315073. doi:10.1177/00333549251315073

[16] Gebremariam AG, Genie M, Le H, Regan A, Beard F, Macartney K, et al.. Vaccine uptake in the context of mandate announcement and removal: Evidence from Europe and North America. Vaccine. 2026;88:128825. doi:10.1016/j.vaccine.2026.128825

[17] Anato JLF, Ma H, Hamilton MA, Xia Y, Harper S, Buckeridge D, et al.. Impact of a vaccine passport on first-dose SARS-CoV-2 vaccine coverage by age and area-level social determinants of health in the Canadian provinces of Quebec and Ontario: an interrupted time series analysis. cmajo. 2023;11(5):E995-E1005. doi:10.9778/cmajo.20220242

[18] Campanozzi LL, Tambone V, Ciccozzi M. A Lesson from the Green Pass Experience in Italy: A Narrative Review. Vaccines. 2022;10(9):1483. doi:10.3390/vaccines10091483

[19] Sprengholz P, Betsch C, Böhm R. Reactance revisited: Consequences of mandatory and scarce vaccination in the case of COVID-19. Applied Psych Health & Well. 2021;13(4):986-995. doi:10.1111/aphw.12285

[20] Schmelz K, Bowles S. Overcoming COVID-19 vaccination resistance when alternative policies affect the dynamics of conformism, social norms, and crowding out. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.. 2021;118(25):e2104912118. doi:10.1073/pnas.2104912118

[21] Khan A, Alahmari A, Almuzaini Y, Alturki N, Aburas A, Alamri FA, et al.. The Role of Digital Technology in Responding to COVID-19 Pandemic: Saudi Arabia's Experience. RMHP. 2021;Volume 14:3923-3934. doi:10.2147/rmhp.s317511

[22] Samha AK, Alrashdi AM, Alshammri GH. The influencing factors of digital health passport adoption and acceptance during COVID-19 in Saudi Arabia. DIGITAL HEALTH. 2022;8:205520762211426. doi:10.1177/20552076221142668

[23] Amamou M, Ben-Ahmed K. Managing the COVID-19 pandemic in thirty-two policy measures in Saudi Arabia: A mixed-methods analysis. Journal of Infection and Public Health. 2023;16(10):1650-1658. doi:10.1016/j.jiph.2023.08.008

[24] Al-Mohaithef M, Padhi BK. Determinants of COVID-19 Vaccine Acceptance in Saudi Arabia: A Web-Based National Survey . JMDH. 2020;Volume 13:1657-1663. doi:10.2147/jmdh.s276771

[25] Alfageeh EI, Alshareef N, Angawi K, Alhazmi F, Chirwa GC. Acceptability of a COVID-19 Vaccine among the Saudi Population. Vaccines. 2021;9(3):226. doi:10.3390/vaccines9030226

[26] Alrajeh AM, Daghash H, Buanz SF, Altharman HA, Belal S. COVID-19 Vaccine Hesitancy Among the Adult Population in Saudi Arabia. Cureus. 2021. doi:10.7759/cureus.20197

[27] Gray J, AlAnazi AA, AlSumait F, Abu-Shaheen A, Bashir MS, Al Sheef M. What motivated residents of Saudi Arabia to receive the COVID-19 vaccine?. Front. Public Health. 2023;11:1065157. doi:10.3389/fpubh.2023.1065157

[28] Alsuhebany N, Alowais SA, Aldairem A, Almohareb SN, Bin Saleh K, Kahtani KM, et al.. Identifying gaps in vaccination perception after mandating the COVID-19 vaccine in Saudi Arabia. Vaccine. 2023;41(24):3611-3616. doi:10.1016/j.vaccine.2023.04.057

[29] Alshahrani NZ, Alsabaani AA, Ridda I, Rashid H, Alzahrani F, Almutairi TH, et al.. Uptake of COVID-19 Booster Dose among Saudi Arabian Population. Medicina. 2022;58(7):972. doi:10.3390/medicina58070972

[30] Craig P, Katikireddi SV, Leyland A, Popham F. Natural Experiments: An Overview of Methods, Approaches, and Contributions to Public Health Intervention Research. Annu. Rev. Public Health. 2017;38(1):39-56. doi:10.1146/annurev-publhealth-031816-044327

[31] Lopez Bernal J, Cummins S, Gasparrini A. The use of controls in interrupted time series studies of public health interventions. International Journal of Epidemiology. 2018;47(6):2082-2093. doi:10.1093/ije/dyy135

[32] Lopez Bernal J, Cummins S, Gasparrini A. Interrupted time series regression for the evaluation of public health interventions: a tutorial. Int. J. Epidemiol.. 2016:dyw098. doi:10.1093/ije/dyw098

[33] Wagner AK, Soumerai SB, Zhang F, Ross-Degnan D. Segmented regression analysis of interrupted time series studies in medication use research. J Clin Pharm Ther. 2002;27(4):299-309. doi:10.1046/j.1365-2710.2002.00430.x

[34] Abadie A, Diamond A, Hainmueller J. Synthetic Control Methods for Comparative Case Studies: Estimating the Effect of California's Tobacco Control Program. Journal of the American Statistical Association. 2010;105(490):493-505. doi:10.1198/jasa.2009.ap08746

[35] Abadie A. Using Synthetic Controls: Feasibility, Data Requirements, and Methodological Aspects. Journal of Economic Literature. 2021;59(2):391-425. doi:10.1257/jel.20191450

[36] Hale T, Angrist N, Goldszmidt R, Kira B, Petherick A, Phillips T, et al.. A global panel database of pandemic policies (Oxford COVID-19 Government Response Tracker). Nat Hum Behav. 2021;5(4):529-538. doi:10.1038/s41562-021-01079-8

[37] Mathieu E, Ritchie H, Ortiz-Ospina E, Roser M, Hasell J, Appel C, et al.. A global database of COVID-19 vaccinations. Nat Hum Behav. 2021;5(7):947-953. doi:10.1038/s41562-021-01122-8

[38] Firpo S, Possebom V. Synthetic Control Method: Inference, Sensitivity Analysis and Confidence Sets. Journal of Causal Inference. 2018;6(2):20160026. doi:10.1515/jci-2016-0026

[39] Newey WK, West KD. A Simple, Positive Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix. Econometrica. 1987;55(3):703. doi:10.2307/1913610

[40] LJUNG GM, BOX GEP. On a measure of lack of fit in time series models. Biometrika. 1978;65(2):297-303. doi:10.1093/biomet/65.2.297

[41] Ben-Michael E, Feller A, Rothstein J. The Augmented Synthetic Control Method. Journal of the American Statistical Association. 2021;116(536):1789-1803. doi:10.1080/01621459.2021.1929245

[42] Ferman B, Pinto C. Synthetic controls with imperfect pretreatment fit. QE. 2021;12(4):1197-1221. doi:10.3982/qe1596

[43] Schaffer AL, Dobbins TA, Pearson SA. Interrupted time series analysis using autoregressive integrated moving average (ARIMA) models: a guide for evaluating large-scale health interventions. BMC Med Res Methodol. 2021;21(1):58. doi:10.1186/s12874-021-01235-8

[44] Turner SL, Karahalios A, Forbes AB, Taljaard M, Grimshaw JM, McKenzie JE. Comparison of six statistical methods for interrupted time series studies: empirical evaluation of 190 published series. BMC Med Res Methodol. 2021;21(1):134. doi:10.1186/s12874-021-01306-w

[45] Des Jarlais DC, Lyles C, Crepaz N, the TREND Group. Improving the Reporting Quality of Nonrandomized Evaluations of Behavioral and Public Health Interventions: The TREND Statement. Am J Public Health. 2004;94(3):361-366. doi:10.2105/ajph.94.3.361

[46] Bouttell J, Craig P, Lewsey J, Robinson M, Popham F. Synthetic control methodology as a tool for evaluating population-level health interventions. J Epidemiol Community Health. 2018;72(8):673-678. doi:10.1136/jech-2017-210106

[47] Alshamrani M, Farahat F, Alzunitan M, Hasan MA, Alsherbini N, Albarrak A, et al.. Hajj vaccination strategies: Preparedness for risk mitigation. Journal of Infection and Public Health. 2024;17(11):102547. doi:10.1016/j.jiph.2024.102547

[48] Al-Tawfiq JA, Memish ZA. COVID-19 in the Eastern Mediterranean Region and Saudi Arabia: prevention and therapeutic strategies. International Journal of Antimicrobial Agents. 2020;55(5):105968. doi:10.1016/j.ijantimicag.2020.105968