

Geautomatiseerde registratie van zorginfecties

Maaïke van Mourik, Stephanie van Rooden, Annet Troelstra, Marc Bonten

Samenvatting

Surveillance van zorginfecties is een fundamenteel onderdeel van infectiepreventieprogramma's. Het toenemende gebruik van elektronische ziekenhuisinformatiesystemen maakt (semi-)geautomatiseerde surveillance van zorginfecties mogelijk. Dit gaat gepaard met hogere kwaliteit dankzij betere standaardisatie en gereduceerde werklust. Er zijn verschillende methoden van geautomatiseerde surveillance, waarbij de elektronische beschikbaarheid van hoogwaardige klinische gegevens en een juiste digitale infrastructuur noodzakelijk is. Het versterken van kennis over deze methoden en het vaststellen van een gezamenlijke visie op geautomatiseerde surveillance is nodig om ziekenhuizen te ondersteunen bij het ontwikkelen van kwalitatief hoogwaardige systemen, het doelmatig inzetten van beschikbare middelen en het borgen van de vergelijkbaarheid van resultaten tussen ziekenhuizen.

Summary

Surveillance of healthcare-associated infections is a cornerstone of infection prevention programs. The increasing adoption of electronic health records facilitates the development and implementation of (semi-)automated surveillance systems, hence improving standardization and reducing workload. Several methods of automated surveillance are available; in all cases high-quality clinical data and adequate data infrastructure are essential requirements. Expanding our knowledge and developing a shared agenda of automated surveillance system development is required to support hospitals in achieving high-quality surveillance systems, efficiently employing available resources and ensuring comparability of results.

Inleiding

Infecties die optreden ten gevolge van medische zorg, zogeheten zorginfecties of zorggerelateerde infecties treden op bij naar schatting 4 procent van patiënten in Nederlandse ziekenhuizen. Dit

zijn met name postoperatieve wondinfecties (POWI), lijninfecties, pneumonie- en urineweginfecties. Deze zorginfecties brengen een aanzienlijke ziektelast en bijbehorende kosten met zich mee en worden grotendeels als vermijdbare complicaties beschouwd.¹⁻³ Halvering van het aantal vermijdbare zorginfecties is dan ook een van de doelstellingen uit de landelijke 'Aanpak antibioticumresistentie'.⁴ Systematische surveillance van het optreden van zorginfecties en het terugkoppelen van de incidentiecijfers aan zorgverleners en andere betrokkenen zijn van bewezen belang voor het voorkomen van deze complicatie, en een fundamenteel onderdeel van programma's om preventiedoelstellingen te halen.⁵ Surveillance biedt inzicht in de incidentie van infecties, en daarmee handvatten voor preventie en de mogelijkheid om het effect van preventieve maatregelen te kwantificeren.

Conventionele surveillance bestaat uit handmatig retrospectief statusonderzoek van alle patiënten die in de doelgroep vallen, bijvoorbeeld omdat zij een specifieke ingreep hebben ondergaan. Hierbij wordt door deskundigen infectiepreventie of andere aangewezen professionals volgens gestandaardiseerde criteria vastgesteld of de patiënt de betreffende zorginfectie heeft ontwikkeld. Dit proces is arbeidsintensief en foutgevoelig, zoals blijkt bij nauwkeurig controleren van de

Universitair Medisch Centrum Utrecht, afdeling Medische Microbiologie en Infectiepreventie, dr. M.S.M. van Mourik, aios medische microbiologie, dr. A. Troelstra, arts-microbioloog, prof. dr. M.J.M. Bonten, hoogleraar, arts-microbioloog. Universitair Medisch Centrum Utrecht, Julius Centrum voor Gezondheidswetenschappen en Eerstelijns Geneeskunde, dr. S.M. van Rooden, epidemioloog, prof. dr. M.J.M. Bonten, hoogleraar, arts-microbioloog. Correspondentieadres: dr. M.S.M. van Mourik (M.S.M.vanMourik-2@umcutrecht.nl).

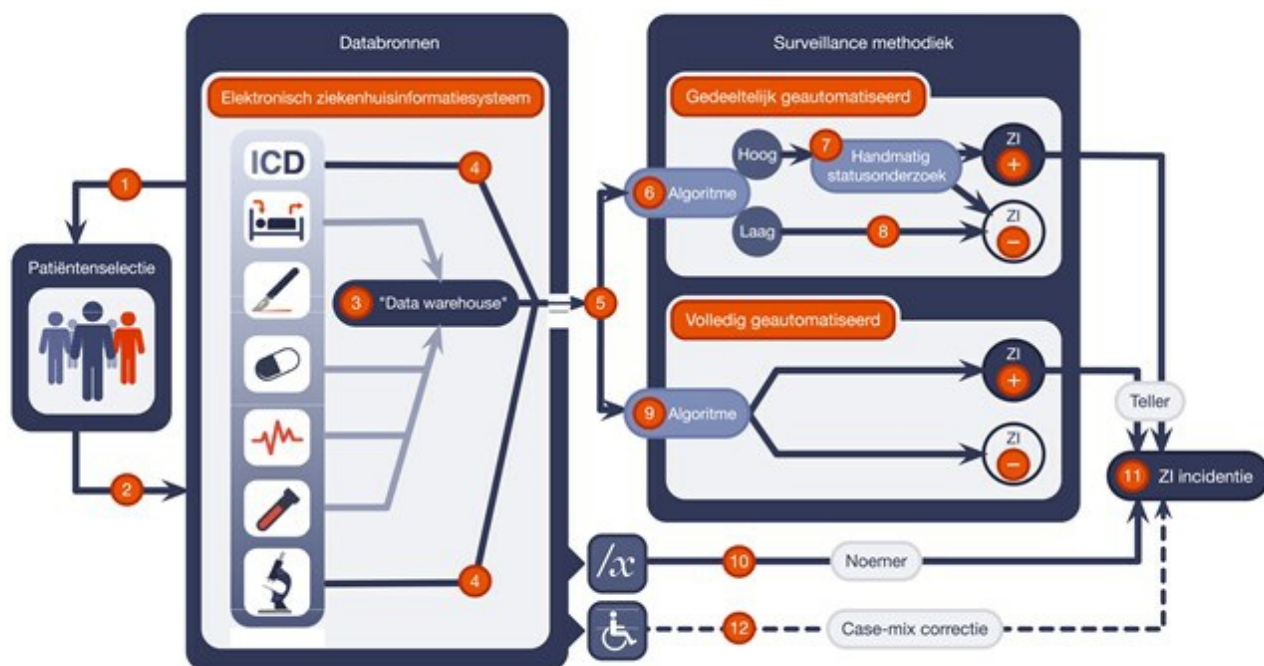
resultaten.^{6,7} Dankzij het toenemende gebruik van elektronische ziekenhuisinformatiesystemen zijn steeds meer klinische patiëntgegevens elektronisch beschikbaar en wordt het mogelijk (semi-)geautomatiseerde surveillance uit te voeren. Het gebruik van geautomatiseerde systemen gaat gepaard met hogere kwaliteit door betere standaardisatie en gereduceerde werklast.^{8,9}

Dit artikel bespreekt de verschillende mogelijkheden om (semi-)geautomatiseerde surveillance van zorginfecties vorm te geven en de daarvoor benodigde databronnen en digitale infrastructuur. Daarnaast worden enkele voorbeelden uit de praktijk besproken, alsmede hindernissen bij het inrichten van effectieve en kwalitatief hoogwaardige geautomatiseerde surveillance.

Geautomatiseerde surveillance

Geautomatiseerde surveillance van zorginfecties kan geheel of gedeeltelijk geautomatiseerd zijn (figuur 1).^{10,11} In semi-geautomatiseerde surveillance worden gegevens uit elektronische ziekenhuisinformatiesystemen door een algoritme gebruikt om patiënten te selecteren die mogelijk een zorginfectie hebben ontwikkeld (zogenoeten 'hoge kans'). Deze patiënten worden vervolgens onderworpen aan handmatig statusonderzoek om tot een definitieve conclusie te komen. Patiënten die zijn geclassificeerd als 'lage kans' op een zorginfectie worden niet verder beoordeeld en gecategoriseerd als 'geen zorginfectie'. In volledig geautomatiseerde surveillance vindt er geen handmatige beoordeling plaats, het algoritme stelt de aanwezigheid van een infectie vast.

Figuur 1. Semi- en volledig geautomatiseerde surveillance. Patiënten worden geïncorporeerd in de surveillance op basis van administratieve of klinische gegevens (bijvoorbeeld opname, type ingreep) (1), en de benodigde informatie wordt uit het elektronisch ziekenhuisinformatiesysteem geëxtraheerd (2). Gegevens kunnen afkomstig zijn uit een 'clinical data warehouse' (3) of uit losse bronnen (4). Na koppeling en opschonen van de gegevens wordt het algoritme toegepast (5). In semi-geautomatiseerde surveillance worden patiënten ingedeeld in een hoge of lage kans op een zorginfectie (6), waarbij patiënten met een hoge kans handmatig statusonderzoek ondergaan (7). Van patiënten geclassificeerd als een lage kans wordt aangenomen dat zij geen zorginfectie hebben ontwikkeld (8). In volledig geautomatiseerde surveillance wordt door het algoritme bepaald of er sprake is van een zorginfectie (9). Tot slot wordt de noemer, het aantal patiënten of patiëntdagen 'at risk' (10), gecombineerd met de teller om tot een incidentie van zorginfecties te komen (11). Indien er case-mixcorrectie gewenst is worden risicofactoren ook elektronisch geëxtraheerd (12).



ZI = zorginfectie, ICD = International Classification of Disease. Figuur vertaald overgenomen uit Sips et al, 2018.

Semi- en volledige geautomatiseerde surveillance hebben elk voor- en nadelen (tabel). De handmatige beoordelingsstap in semi-geautomatiseerde surveillance betekent dat de werklast niet geheel geëlimineerd wordt, maar die stap maakt wel een genuanceerde interpretatie van gegevens mogelijk. Bij volledig geautomatiseerde surveillance is er geen ruimte voor subjectieve interpretatie, wat standaardisatie kan bevorderen. Maar om dit te bewerkstelligen moeten definities zodanig aangepast worden dat deze op gestructureerde, elektronisch beschikbare gegevens toepasbaar zijn; in de meeste gevallen worden hiertoe klinische criteria (zoals koorts, roodheid of de aanwezigheid van andere foci van infectie) uit de definitie verwijderd.¹² Dit kan het klinisch draagvlak voor de gevonden infecties verminderen, en mogelijk worden daarmee de verkregen surveillanceresultaten minder bruikbaar voor het uitvoeren van kwaliteitsprojecten. De meeste semi- en volledig geautomatiseerde surveillance systemen beperken zich tot ernstige zorginfecties, zoals diepe POWI en bacteriëmie.

De meest-gebruikte algoritmen berusten op het

gebruik van puntenscores, regressiemodellen of beslismodellen om patiënten in te delen in wel of niet een (hoge kans op een) zorginfectie.¹³⁻¹⁵ In recente jaren wordt er ook gekeken naar mogelijkheden van 'machine learning' of artificiële intelligentie voor volledig geautomatiseerde surveillance. Deze systemen zijn veelbelovend, maar complexer om te implementeren. Daarnaast moet hun meerwaarde nog onderzocht worden en is er nog weinig bekend over acceptatie van de resultaten van dergelijke surveillancesystemen in de kliniek.^{16,17}

Databronnen voor geautomatiseerde surveillance

Ongeacht de keuze voor een type geautomatiseerde registratie is het ontsluiten van de benodigde gegevens uit het elektronische ziekenhuisinformatiesysteem een voorwaarde. De meest gebruikte bronnen in huidige algoritmen zijn gegevens die opgeslagen worden in gestructureerde velden: resultaten van microbiologisch onderzoek, (her)opnames en (her)operaties, antibioticumgebruik en diagnose- of ontslagcodes. In specifieke gevallen worden ook radiologische

Tabel 1. Voor- en nadelen van semi- en volledige geautomatiseerde surveillance.

	Semi-geautomatiseerd	Volledig geautomatiseerd
Klinische data	Accurate, betrouwbare klinische gegevens	Accurate, betrouwbare klinische gegevens
Definitie	Gestandaardiseerd Niet specifiek aangepast aan automatisering	Gestandaardiseerd Specifiek aangepast aan automatisering
Beoordeling	Statusonderzoek nodig Enige ruimte voor klinische interpretatie	Geen statusonderzoek nodig Subjectieve interpretatie niet mogelijk
Eisen algoritme	Hoge sensitiviteit, hoge negatief voorspellende waarde	Hoge specificiteit, hoge positief voorspellende waarde
Eigenschappen	Klinische acceptatie Mogelijkheid tot aanpassing binnen ziekenhuizen	Mogelijk verminderd klinisch draagvlak. Gestandaardiseerd, afweging sensitiviteit en specificiteit.

Deze tabel is aangepast overgenomen uit Van Mourik et al, 2018.

interventies of klinisch-chemische bepalingen meegenomen. Naast gegevens die nodig zijn voor de identificatie van mogelijke infecties, moeten ook gegevens worden verzameld om patiënten te includeren en om exclusiecriteria toe te passen (bijvoorbeeld het onderscheid tussen primaire en niet-primaire ingreep). Waar extractie van gegevens niet mogelijk is moet de surveillance aan de beschikbaarheid van deze gegevens worden aangepast. Surveillance binnen overkoepelende kwaliteitsprogramma's, waarbij sprake is van benchmarking, vergt ook het geautomatiseerd verzamelen van gegevens over de samenstelling van de patiëntenpopulatie (case-mix). Door algoritmen zodanig te ontwikkelen dat deze uitsluitend gebruikmaken van gegevens die alle ziekenhuizen worden geregistreerd, kan de vergelijkbaarheid tussen ziekenhuizen gefaciliteerd worden.

Het routinematige (her)gebruik van gegevens uit ziekenhuisinformatiesystemen stelt eisen aan de kwaliteit en standaardisatie van de elektronisch verzamelde gegevens. Daarnaast moet de validiteit voor gebruik in automatische surveillance worden beoordeeld; de gegevens zijn immers met een ander doel vastgelegd en kunnen hierdoor een andere betekenis hebben. Diagnose- en ontslagcodes, die meestal worden vastgelegd voor epidemiologische of financiële doeleinden, zijn over het algemeen inferieur aan klinische gegevens voor het doel van surveillance.¹⁸ Daarnaast is borging van de kwaliteit van de ingevoerde gegevens en regulier onderhoud van data-extracties een voorwaarde om deze gegevens in de routinesurveillance op te nemen. Zo moeten wijzigingen in informatiesystemen ook doorgevoerd worden in de data-analyses en is periodieke controle van de volledigheid van de gegevens cruciaal om de validiteit van de resultaten te garanderen.

In de literatuur zijn ook surveillancesystemen beschreven die putten uit vrije tekstvelden zoals decursusnotities en radiologierapporten.¹⁹ De meerwaarde van dit 'tekst-mining' boven gegevens die beschikbaar zijn in gestructureerde velden is niet uitgebreid onderzocht, maar lijkt voor infectieregistratie beperkt te zijn. De complexiteit van dergelijke analyses maakt dat dit nog weinig wordt gebruikt in de dagelijkse praktijk.¹⁹

Data-infrastructuur voor geautomatiseerde surveillance

Het uitvoeren van geautomatiseerde registratie vergt daarnaast een ondersteunde digitale infrastructuur met een aantal functionaliteiten die handmatige stappen in het proces van registratie vervangen:

1. Inclusie van patiënten voor wie registratie moet worden uitgevoerd (noemer) door middel van automatische of bulkselectie, bijvoorbeeld op basis van operatiecodes of de aanwezigheid van centrale lijnen; hierbij dient rekening te worden gehouden met in- en exclusiecriteria.
2. Het creëren van een databank met gegevens uit het ziekenhuisinformatiesysteem en het hierop kunnen toepassen van een algoritme, bijvoorbeeld met een statistisch softwarepakket.
3. Een systematiek om op patiëntniveau - zonder individuele dossiers te openen - uitkomsten van het algoritme te registreren (volledig geautomatiseerd) of te beoordelen of handmatig statusonderzoek nodig is (semi-geautomatiseerd).
4. Een systematiek om voor patiënten met een (mogelijke) zorginfectie aanvullende gegevens te registreren, zoals confirmatie van de zorginfecties of risicofactoren.
5. De mogelijkheid om gegevens over geïncubeerde patiënten en geregistreerde infecties te extraheren (teller/noemer-data) alsmede gewenste gegevens voor case-mixcorrectie.

Deze digitale infrastructuur kan binnen of buiten het elektronisch ziekenhuisinformatiesysteem vormgegeven worden, bijvoorbeeld in specialistische programma's. In beide gevallen is nauwe samenwerking tussen medisch specialisten, deskundigen infectiepreventie en de beheerders van het elektronische patiëntendossier nodig, evenals regelmatig onderhoud en controle van het geheel van extractie en analyses.

Voorbeelden uit te praktijk

Semi-geautomatiseerde surveillance

Semi-geautomatiseerde surveillance van POWI is in een beperkt aantal ziekenhuizen de routine van surveillance geworden. Voor de surveillance van diepe POWI na onder andere heup- en knieprothesiologie, geïndstrumenteerde ingrepen aan de wervelkolom en openhartoperaties is semi-geautomatiseerde surveillance geïmplementeerd in het elektronisch ziekenhuisinformatiesysteem van het UMC Utrecht. Met gevalideerde algoritmen, gebaseerd op microbiologieresultaten, heroperaties, heropnames en antibioticumgebruik wordt onderscheid gemaakt tussen patiënten met een lage en hoge kans dat zij een POWI hebben ontwikkeld. Voor de surveillance na heup- en knieprothesiologie wordt hiermee een sensitiviteit van 100 procent ten opzichte van handmatige surveillance behaald, en een werklastreductie van 95 procent.²⁰ Met dezelfde gegevens wordt bij de cardiochirurgie een sensitiviteit gehaald van ongeveer 98 procent voor diepe POWI aan sternum én been, met een werklastreductie van 90 procent (ongepubliceerde data). Sinds de ingebruikname is de doorlooptijd van surveillance aanzienlijk verkort, en het streven is om terugkoppeling aan de klinici via een digitaal platform mogelijk te maken. Ook uit andere centra zijn er voorbeelden van semi-geautomatiseerde surveillance beschreven, zowel in de onderzoeksfase als na implementatie.^{21,22}

Volledig geautomatiseerde surveillance

In Denemarken vindt geautomatiseerde surveillance op landelijk niveau plaats binnen het HAIBA-programma.²³ Microbiologische resultaten, interventies, opnames, diagnose codes en antibioticumgebruik worden met unieke identificatienummers op landelijk niveau aan elkaar gekoppeld en op basis van algoritmes wordt een specifieke infectie vastgesteld. Hierbij wordt er geen statusonderzoek uitgevoerd en algoritmes zijn niet aangepast aan het specifieke ziekenhuis. Ter illustratie, het vaststellen van een diepe POWI na het plaatsen van een heupprothese vindt plaats op basis van een re-operatie plus ten minste twee positieve weefselkweken met hetzelfde micro-organisme. Validatie van deze algoritmes is gedaan ten opzichte van prevalentiedata (in tegenstelling tot incidentie); het is daarmee

niet geheel duidelijk hoe de gevonden incidentiecijfers zich verhouden tot de incidentie verkregen door handmatige surveillance.²⁴ Op een openbare website kan per ziekenhuis(afdeling) de incidentie van de betreffende infecties worden opgezocht. In hoeverre de rapportages binnen ziekenhuizen worden gebruikt voor kwaliteitsverbetering wordt niet beschreven.

In de Verenigde Staten wordt ook gewerkt naar volledig automatiseerbare surveillance, met de daarbij horende aanpassingen van definities.¹² Temeer omdat hier financiële consequenties worden verbonden aan de gerapporteerde incidentie van zorginfecties, wordt er veel waarde gehecht aan maximale standaardisatie. De volledige automatisering van surveillance heeft mogelijk wel negatieve consequenties voor de klinische acceptatie van de gemeten incidentie en het is gebleken dat automatisering op zichzelf geen garantie biedt voor vergelijkbaarheid van data.¹¹

Knelpunten en uitdagingen bij implementatie

Er zijn nog wel enkele omstandigheden die de grootschalige implementatie van geautomatiseerde surveillance hinderen. Gegevens uit elektronische ziekenhuisinformatiesystemen zijn niet altijd goed toegankelijk en vaak niet gestandaardiseerd; veel ziekenhuizen beschikken niet over een centrale 'clinical data warehouse' waar klinische gegevens routinematig opgevraagd kunnen worden. Informatie moet dan uit meerdere bronnen bij elkaar gezocht worden, hetgeen data-management en onderhoud bemoeilijkt. Daarnaast is binnen afdelingen infectiepreventie vaak niet de specialistische kennis aanwezig om de gegevens te verkrijgen en analyseren. Specialistische softwarepakketten kunnen afdelingen wel ondersteunen. Daarnaast bemoeilijken periodieke wijzigingen in ziekenhuisinformatiesystemen de extractie van (historische) gegevens en daarmee de validatie en implementatie van algoritmen. De toenemende aandacht voor (her)gebruik van elektronisch opgeslagen gegevens en de wens om registratielast te verminderen zal hopelijk leiden tot verbeteringen in digitale infrastructuur.²⁵ Hierbij is adequate standaardisatie, eenheid van taal en goed onderhoud van de systemen cruciaal om een duurzame omslag naar geautomatiseerde surveillance mogelijk te maken.

Bovendien kunnen mogelijkheden, afhankelijk van de opzet van grootschalige infrastructuur, worden beperkt door de nieuwe Algemene Verordening Gegevensbescherming.

Ten aanzien van de inhoudelijke inrichting van geautomatiseerde surveillance zijn er nog openstaande vragen; er moet een keuze worden gemaakt in de mate van automatisering (semi- of volledig geautomatiseerd), de gebruikte databronnen, het zo nodig aanpassen van definities en de mogelijkheid tot case-mixcorrectie op basis van elektronisch verkregen gegevens. Bestaande systemen zijn veelal ontwikkeld in een enkel ziekenhuis en ze zijn daarmee divers in doelstelling en inhoud. In hoeverre systemen toepasbaar zijn in andere klinieken moet nog onderzocht worden.

Om de overstap naar geautomatiseerde surveillance te ondersteunen wordt in samenwerking met PREZIES onderzoek gedaan naar de toepasbaarheid en validiteit van het semi-geautomatiseerde surveillance model voor diepe POWI na heup- en knieprothesiologie in verschillende Nederlandse ziekenhuizen. Daarnaast loopt een Europees multicenteronderzoek naar de mogelijkheden voor prospectieve ontwikkeling van surveillance-algoritmen en naar de mogelijkheden van standaardisatie tussen ziekenhuizen.

Conclusie

Geautomatiseerde surveillance van zorginfecties op basis van routinematig opgeslagen gegevens in ziekenhuisinformatiesystemen heeft de potentie om de kwaliteit van infectieregistratie te verbeteren en de registratielast te verminderen. Hiertoe is de elektronische beschikbaarheid van hoogwaardige klinische gegevens en de juiste digitale infrastructuur noodzakelijk. Toekomstig onderzoek zal de kennis vergroten over de toepasbaarheid van geautomatiseerde surveillance op lokaal en grootschaliger niveau. Het versterken van kennis over deze methoden en het vaststellen van een gezamenlijke visie op geautomatiseerde surveillance is nodig om ziekenhuizen te ondersteunen bij het ontwikkelen van kwalitatief hoogwaardige systemen, het doelmatig inzetten van beschikbare middelen en het borgen van de vergelijkbaarheid van resultaten tussen ziekenhuizen.

Referenties

1. Cassini A, Plachouras D, Eckmanns T, et al. Burden of Six Healthcare-Associated Infections on European Population Health: Estimating Incidence-Based Disability-Adjusted Life Years through a Population Prevalence-Based Modelling Study. *PLoS Med*. 2016;13:e1002150.
2. ECDC. Point prevalence survey of healthcare-associated infections and antimicrobial use in European acute care hospitals 2011 - 2012. 2013.
3. Lambert ML, Silversmit G, Savey A, et al. Preventable proportion of severe infections acquired in intensive care units: case-mix adjusted estimations from patient-based surveillance data. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2014;35:494-501.
4. Schippers EI, van Rijn RJ, Dijkema AM, Mansveld WJ. Kamerbrief 'Aanpak Antibioticaresistentie'. 2015. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2015/06/24/kamerbrief-over-aanpak-antibioticaresistentie>.
5. Geubbels EL, Nagelkerke NJ, Mintjes-De Groot AJ, Vandenbroucke-Grauls CM, Grobbee DE, De Boer AS. Reduced risk of surgical site infections through surveillance in a network. *Int J Qual Health Care*. 2006;18:127-33.
6. Haut ER, Pronovost PJ. Surveillance bias in outcomes reporting. *JAMA*. 2011;305:2462-3.
7. Schroder C, Behnke M, Gastmeier P, Schwab F, Geffers C. Case vignettes to evaluate the accuracy of identifying healthcare-associated infections by surveillance persons. *J Hosp Infect*. 2015;90:322-6.
8. Lin MY, Woeltje KF, Khan YM, et al. Multicenter Evaluation of Computer Automated versus Traditional Surveillance of Hospital-Acquired Bloodstream Infections. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2014;35:1483-90.
9. Russo PL, Shaban RZ, Macbeth D, Carter A, Mitchell BG. Impact of electronic healthcare-associated infection surveillance software on infection prevention resources: a systematic review of the literature. *J Hosp Infect*. 2018;99:1-7.
10. Woeltje KF. Moving into the future: electronic surveillance for healthcare-associated infections. *J Hosp Infect*. 2013;84:103-5.
11. van Mourik MS, Perencevich E, Gastmeier P, Bonten MJ. Designing Surveillance of Healthcare-Associated Infections in the Era of Automation and Reporting Mandates. *Clin Infect Dis*. 2018;66:6.
12. Woeltje KF, Lin MY, Klompas M, Wright MO, Zuccotti G, Trick WE. Data requirements for electronic surveillance of healthcare-associated infections. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2014;35:1083-91.
13. van Mourik MS, Groenwold RH, Berkelbach van der Sprenkel JW, van Solinge WW, Troelstra A, Bonten MJ. Automated detection of external ventricular and lumbar drain-related meningitis using laboratory and microbiology results and medication data. *PLoS One*. 2011;6:e22846.
14. Streefkerk HR, Lede IO, Eriksson JL, et al. Internal and External Validation of a Computer-Assisted Surveillance System for Hospital-Acquired Infections in a 754-Bed General Hospital in the Netherlands. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2016;37:1355-60.
15. De Bruin JS, Seeling W, Schuh C. Data use and effectiveness in electronic surveillance of healthcare associated infections in the 21st century: a systematic review. *J Am Med Inform Assoc*. 2014;21:942-51.
16. Wiens J, Shenoy ES. Machine Learning for Healthcare: On the Verge of a Major Shift in Healthcare Epidemiology. *Clin Infect Dis*. 2018;66:149-53.
17. Rajkomar A, Oren E, Chen K, et al. Scalable and accurate deep learning with electronic health records. *Digital Medicine* 2018;1.

18. van Mourik MS, van Duijn PJ, Moons KG, Bonten MJ, Lee GM. Accuracy of administrative data for surveillance of healthcare-associated infections: a systematic review. *BMJ Open*. 2015;5:e008424.
19. Branch-Elliman W, Strymish J, Kudesia V, Rosen AK, Gupta K. Natural Language Processing for Real-Time Catheter-Associated Urinary Tract Infection Surveillance: Results of a Pilot Implementation Trial. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2015:1-7.
20. Sips ME, Bonten MJM, van Mourik MSM. Semiautomated Surveillance of Deep Surgical Site Infections After Primary Total Hip or Knee Arthroplasty. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2017;38:732-5.
21. Pindyck T, Gupta K, Strymish J, et al. Validation of an electronic tool for flagging surgical site infections based on clinical practice patterns for triaging surveillance: Operational successes and barriers. *Am J Infect Control*. 2017.
22. Perdiz LB, Yokoe DS, Furtado GH, Medeiros EA. Impact of an Automated Surveillance to Detect Surgical-Site Infections in Patients Undergoing Total Hip and Knee Arthroplasty in Brazil. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2016;37:1-3.
23. Serum Statens Institute. HAIBA. <https://miba.ssi.dk/haiba>. Accessed 09-01-2019.
24. Gubbels S, Nielsen J, Voldstedlund M, et al. National Automated Surveillance of Hospital-Acquired Bacteremia in Denmark Using a Computer Algorithm. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2017;38:559-66.
25. NFU. Registratie aan de bron: visie op documentatie en gebruik van zorggegevens 2013 - 2020. 2013.