



# Het ecg: waar ligt de grens voor de huisarts?

Robert Willemsen, Karen Konings, Jelle Stoffers

**Huisartsen maken veel gebruik van ecg's en interpreteren deze redelijk adequaat. Nieuwe ontwikkelingen op het gebied van kunstmatige intelligentie en m-health gaan snel, ook in de huisartsenpraktijk. Maar de waarde ervan is sterk afhankelijk van de context.**

De elektrocardiografie, uitgevonden door Willem Einthoven, heeft een enorme bijdrage geleverd aan de gezondheid van de mens.<sup>1</sup> (Para)medici over de hele wereld, ook huisartsen, maken dagelijks miljoenen ecg's.<sup>2-4</sup> Toch is niet iedereen ervan overtuigd dat een ecg in de huisartsenpraktijk meerwaarde heeft. Wij hebben onderzoek gedaan naar het actuele gebruik van ecg's door huisartsen; in dit artikel beschrijven we wat de resultaten betekenen voor de praktijk en kijken we naar nieuwe, mogelijk grensverleggende ontwikkelingen.

## DRIE ONDERZOEKEN NAAR KWALITEIT EN GEBRUIK

Ons eerste onderzoek, een casus-vignetonderzoek, keek naar de kwaliteit van het aanvragen van ecg's, de beoordeling en het daaropvolgende beleid door Nederlandse huisartsen.<sup>5</sup> We vroegen 58 huisartsen en twaalf cardiologen negen vooraf geformuleerde casussen op te lossen. Alle deelnemers leefden de aanbevelingen voor het wel of niet maken van een ecg goed na als het ging om hartritmestoornissen en bradycardie. Veel huisartsen maakten echter, tegen het advies in, géén ecg bij een patiënt met mogelijk hartfalen en juist wél een ecg bij acuut coronair syndroom (ACS), plotse dood van een familielid of om een sporter te screenen (al erkenden ze achteraf de beperkte meerwaarde van een ecg in deze gevallen). Bij potentiële hartritme problemen richtten de huisartsen zich – terecht – vooral op het ecg *tijdens* klachten. Hun beoorde-



Een ecg kan waardevol zijn voor het vaststellen of uitsluiten van een hartritmestoornis, bij bradycardie en bij nieuw ontstaan of verergerend hartfalen.

Foto: Margot Scheerder

## DE KERN

- In de dagelijkse praktijk gebruiken huisartsen het ecg behoorlijk goed, maar er is ruimte voor verbetering.
- Ecg's in het kader van cardiovasculair risicomanagement worden minder vaak juist geïnterpreteerd dan ecg's bij een patiënt met klachten.
- Kunstmatige intelligentie en m-health kunnen de toepassing van het ecg verruimen en de kwaliteit verbeteren, maar de wetenschappelijke onderbouwing is nog mager.
- Sommige m-healthtoepassingen zijn al in staat ritme-stoornissen redelijk betrouwbaar vast te stellen.
- Er is nog geen optimale strategie voor screening op atriumfibrilleren; simpelweg beoordelen van de pols, bijvoorbeeld bij het meten van de bloeddruk, heeft al veel winst opgeleverd.

lingen waren het best bij atriumfibrilleren (96% correct), *sick sinus syndrome* (85%) en doorgemaakt myocardinfarct (82%), en het slechtst bij klinisch minder relevante afwijkingen zoals linkeranteriorhemiblok en incompleet rechterbundeltakblok (10-16% correct).

Ons tweede onderzoek, een retrospectief dossieronderzoek, beschreef het gebruik van ecg's in de huisartsenpraktijk en de kwaliteit van de interpretaties. Een expertpanel bestaande uit een cardioloog en een huisarts beoordeelde driehonderd ecg's, gemaakt door veertien huisartsen bij patiënten met nieuwe klachten.<sup>6</sup> De ecg's waren vooral gemaakt vanwege het vermoeden van een hartritme stoornis of ischemische hartziekte, of ter geruststelling. Blijkens de dossiers waren in de helft van de ecg's geen (nieuwe) afwijkingen gevonden en handelde de huisarts bij 62% van de patiënten de zorgvraag zelf af; 38% resulteerde in een verwijzing naar de cardioloog. Het expertpanel onderschreef in 83,8% van de ecg's de interpretatie en in 88,3% het beleid van de huisarts. Waar het expertpanel afwijkend oordeelde, betrof dat voornamelijk vervolgonderzoek, medicatiewijziging of verwijzingsbeleid. Bij twee patiënten, één met het vermoeden van een ACS en één met een bradycardie, achtte het expertpanel een spoedverwijzing noodzakelijk die de huisarts had nagelaten.

In ons derde onderzoek, opnieuw een retrospectief dossieronderzoek, keken we naar het nut van ecg's bij cardiovasculair risicomanagement (CVRM). Ons expertpanel beoordeelde 852 ecg's, gemaakt door twintig huisartsen.<sup>7</sup> Aanvullende dossiergegevens werden verzameld bij alle 265 ecg's die de huisartsen als afwijkend beoordeelden en bij 35 die als normaal beoordeeld waren. De huisartsen hadden afwijkingen gevonden in 12,0% van de routine-ecg's en in 24,3% van de ecg's die gemaakt waren bij patiënten met specifieke klachten. Eén op de zeventien routine-ecg's kreeg een vervolg, tegenover één op de zes ecg's die wegens klachten waren gemaakt. Het panel was het in 67,0% van de ecg's eens met de interpretatie van de huisarts en in 74,0% met diens beleid. Lastig te beoordelen

bleken een eerder doorgemaakt myocardinfarct, R-topafwijkingen en (atypische) repolarisatieafwijkingen. Atriumfibrilleren (AF) werd het best herkend.

## BETEKENIS VAN HET ECG IN DE HUISARTSENPRAKTIJK

Huisartsen die zelfstandig ecg's maken, lijken het instrument breed in te zetten. We hebben in *H&W* al eens betoogd dat een ecg in de huisartsenpraktijk vooral zin heeft op momenten dat er klachten zijn.<sup>8</sup> We concludeerden toen dat een ecg waardevol kan zijn voor het vaststellen of uitsluiten van een hartritme stoornis (zo nodig met hulp van event-recording of holtermonitoring), bij bradycardie en bij nieuw ontstaan of verergerend hartfalen.<sup>8-11</sup> We concludeerden ook dat ecg's in het kader van sportkeuringen, ACS of plotse dood van familieleden meestal niet nuttig zijn.<sup>8,12,13</sup> In onze drie onderzoeken zagen we dat huisartsen zich daar niet altijd aan houden. We zagen ook dat huisartsen met enige regelmaat ecg's ter geruststelling maken. Of zulke ecg's op langere termijn waardevol zijn, is niet bewezen.<sup>14</sup>

Huisartsen interpreteerden in onze onderzoeken de ecg's van patiënten die klachten hadden redelijk tot goed. De overeenkomst met het expertpanel was meer dan 80%, dat is iets beter dan in (schaarse) internationale onderzoeken, waar huisartsen slechts 75% van de ecg's goed inschatten.<sup>15-17</sup> Ecg's in het kader van CVRM interpreteerden ze minder goed: hier was de overeenkomst met het expertpanel slechts 67 tot 74%. Bovendien leverden de routine-ecg's minder op dan ecg's op indicatie bij CVRM. Dat CVRM-ecg's vooral waardevol zijn bij patiënten met klachten, is ook in eerder onderzoek vastgesteld.<sup>7</sup>

Bij patiënten die starten met een CVRM-programma kan een uitgangsecg nuttig zijn omdat daarop regelmatig AF of oude myocardinfarctering wordt gezien.<sup>18</sup> Het *number needed to screen* (NNS) om in tien jaar één sterfgeval te voorkomen wordt op 260 geschat, maar de meerwaarde boven op de klassieke risicofactoren leeftijd, geslacht, roken, bloeddruk en cholesterol/HDL-ratio is niet aangetoond.<sup>19,20</sup>

In tegenstelling tot eerdere onderzoeken, waarin huisartsen regelmatig AF misten of ten onrechte vaststelden,<sup>21</sup> bleken de huisartsen in onze onderzoeken goed in het herkennen van niet-afwijkende ecg's en ecg's met AF. De **[infographic]** bevat een aantal leerpunten en adviezen die we uit onze onderzoeken hebben kunnen destilleren.

## DE TOEKOMST BEGINT NU

Er zijn duidelijke grenzen aan het nut van ecg's in de eerste lijn. Zo'n grens is bijvoorbeeld: maak geen ecg ter uitsluiting van een ACS. Toch is het niet uitgesloten dat ecg's een plaats gaan krijgen in een klinische beslisregel voor ACS in de eerste lijn. Op de spoedeisende hulp gebruikt men bijvoorbeeld al de HEART-score (anamnese, ecg, leeftijd, risicofactoren en troponine-sneltest) om ACS veilig uit te sluiten.<sup>23</sup> Ook ontwikkelingen rond kunstmatige intelligentie en m-health zullen grenzen gaan verleggen.

## Infographic

Interpretatie van ecg's door de huisarts: observaties en adviezen

<b>relevantie</b> 	<b>1</b> <b>Observatie:</b> geen ecg bij [verergerend] hartfalen <b>Leerpunt:</b> bij nieuw ontstaan of verergerend hartfalen ecg relevant voor diagnose én onderliggend probleem (bradycardie, atrium-fibrilleren, ischemie)	<b>2</b> <b>Observatie:</b> serie ventriculaire extrasystoles (VES) als onschuldig beoordelen <b>Leerpunt:</b> een reeks van $\geq 3$ VES is niet onschuldig, maar is non-sustained ventriculaire tachycardie
	<b>3</b> <b>Observatie:</b> missen aanwijzingen doorgemaakt myocardinfarct <b>Leerpunt:</b> doorgemaakt infarct: minder R-progressie voorwand, pathologische Q's ( $> 1/3$ van de eropvolgende R of $> 1$ mm breed) in I, avL, II, III, avF	<b>Observatie:</b> ecg bij verdenking op ACS <b>Leerpunt:</b> ACS uitsluiten kan niet met ecg; bij verdenking op ACS verwijzen per ambulance
	<b>Observatie:</b> uitsluiten hartritmeoornis op basis van normaal ecg op een moment zonder klachten <b>Leerpunt:</b> hartritmeoornis is alleen te diagnosticeren of uit te sluiten door een ecg, holter of event-recorder op moment van klachten	<b>Observatie:</b> ecg om longembolie uit te sluiten <b>Leerpunt:</b> ecg is niet toereikend om longembolie uit te sluiten; vereist zijn een klinische beslisregel (lage score) én een lage D-dimeerpaling
	<b>Observatie:</b> missen van afwijkingen op een routine-ecg bij CVRM <b>Leerpunt:</b> bekijk ecg altijd objectief, ook op routine-ecg's zijn afwijkingen niet uitgesloten	<b>4</b> <b>Observatie:</b> missen van repolarisatiestoornissen <b>Leerpunt:</b> repolarisatiestoornissen zijn bijvoorbeeld (maar niet uitsluitend): negatieve T-toppen bij een voornamelijk positief QRS-complex of vice versa, ST-depressies $> 1$ mm
	<b>Observatie:</b> ecg bij positieve familieanamnese, plotse hartdood of als screening bij sporters <b>Leerpunt:</b> bij familie is uitgebreider cardiogenetisch onderzoek nodig; een ecg bij sporters sluit aandoeningen onvoldoende uit maar leidt wel tot overdiagnostiek, ecg-beoordeling bij sporters is een vak apart	<b>Observatie:</b> ecg om linkerventrikelhypertrofie op te sporen <b>Leerpunt:</b> linkerventrikelhypertrofie is met ecg moeilijk aan te tonen of uit te sluiten en het beleid is meestal adequate bloeddrukregulatie, dus het vaststellen heeft vaak geen meerwaarde
	<b>5</b> <b>Observatie:</b> missen van eerstegraads AV-blok <b>Leerpunt:</b> een eerstegraads AV-blok is te herkennen aan een PQ-tijd $> 5$ mm zonder uitval van QRS-complexen	<b>6</b> <b>Observatie:</b> niet herkennen van een incompleet rechterbundeltakblok (IRBTB) <b>Leerpunt:</b> een IRBTB is te herkennen aan een RR'-beeld in V1 zonder verbreed QRS-complex

Gebaseerd op Willemsen 2016.<sup>22</sup>

### Voorbeelden:



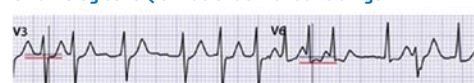
1 Tekenen van ischemie bij kliniek van verergerend hartfalen



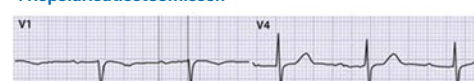
2 Serie van drie ventriculaire extrasystoles: non-sustained VT, risico VT hoog



3 Pathologische Q's in de onderwandafleidingen



4 Repolarisatiestoornissen



5 Eerstegraads AV-blok: PQ-tijd  $> 5$  mm



6 Incompleet rechterbundeltakblok: RR' in V1 zonder QRS-verbreding

## Kunstmatige intelligentie (AI)

Computers spelen nog geen doorslaggevende rol bij het interpreteren van ecg's. Huisartsen houden wel rekening met de computerinterpretatie, maar de software schiet vaak tekort, bijvoorbeeld bij het beoordelen van geleidingsstoornissen.<sup>24-30</sup> Huisartsen herkennen niet-afwijkende ecg's beter dan de computer (86 versus 76%), maar de computer herkent afwijkingen weer beter (84 versus 70%).<sup>31</sup> Misschien gaat dit veranderen door de komst van nieuwe AI-systemen die – in

tegenstelling tot conventionele interpretatiesoftware – naast de klassieke parameters zoals PQ-tijd en RR-interval ook allerlei (combinaties van) ecg-verschijnselen verwerken die niet waarneembaar zijn met het blote oog. Er zijn wereldwijd miljoenen uniforme, in tien seconden opgenomen twaalfafleidingen-ecg's beschikbaar, zowel met als zonder afwijkingen. Een zelflerend systeem kan die ecg's vergelijken en complexe algoritmes opbouwen om afwijkingen te herkennen. Er zijn AI-systemen die patiënten met een verlaagde ejectiefractione herkennen op basis van één enkel ecg (AUC 0,85-0,92, zie [kader]).<sup>32,33</sup> Andere AI-systemen konden op ecg's met sinusritme (!) behoorlijk goed vaststellen of de patiënt AF had of zou gaan krijgen (AUC 0,87).<sup>34</sup> Maar deze algoritmes zijn getraind op ecg's waarbij de (conventionele) diagnose al bekend was; ze moeten nog worden gevalideerd in eerstelijns populaties. Computergestuurde ecg-interpretatie heeft daarmee nog een weg te gaan.

## M-health

M-health staat voor gezondheidsdiensten die gebruikmaken van telecommunicatie via smartphones en draagbare apparaten.<sup>35</sup> Er zijn apparaten die een eenkanaals-ecg genereren dat kan worden gebruikt bij een screening op AF of voor het aantonen of uitsluiten van een hartritmeoornis bij aanvalsgewijze palpitaties. In Nederland is de KardiaMobile onderzocht, een apparaatje dat een eenkanaals-ecg genereert en naar een smartphone-app verzendt als de gebruiker de duimen

### AUC

Om het onderscheidend vermogen van een test te visualiseren, wordt voor verschillende afkapwaarden het percentage terecht-positieve uitslagen [op de Y-as] uitgezet tegen het percentage fout-positieve uitslagen [op de X-as]. De curve die hierdoor ontstaat, heet de *receiver operating characteristic* (ROC). De oppervlakte onder de ROC, de *area under the curve* (AUC) uitgedrukt in een getal tussen 0 en 1, weerspiegelt het vermogen van de test om zowel zieken als niet-zieken te onderscheiden. Een test met een AUC van 0,5 heeft geen waarde [gelijk met munt opgooien], een AUC van 0,7 is redelijk, 0,8-0,9 is goed. Voor [zeldzame] tests die geen fout-negatieve of fout-positieve resultaten opleveren, is de AUC 1.

Ecg-registratie met smartwatch en smartphone, opgenomen door een 75-jarige patiënt



op twee elektrodes plaatst. Vergelijken met een twaalfafleidingen-ecg kan een cardioloog AF op een eenkanaals-ecg vaststellen met een sensitiviteit en specificiteit van 100%; de KardiaMobile-interpretatiesoftware haalde een sensitiviteit van 87,0% (95%-BI 66,4 tot 97,2) en een specificiteit van 97,9% (95%-BI 94,7 tot 99,4). Ook voor andere ritmestoornissen was de diagnostische waarde hoog, alleen het uitsluiten van geleidingsstoornissen viel tegen.<sup>36</sup> Een eenkanaals-ecg lijkt daarmee toereikend te zijn om hartritmestoornissen te onderscheiden van geruststellende bevindingen (sinusritme, sinustachycardie).

Een andere m-healthtoepassing is fotoplethysmografie (PPG), een techniek die ook in saturatiemeters wordt gebruikt. Door een vingertop op de camera van een smartphone te leggen kan via PPG, zelfs zonder eenkanaals-ecg, een volstrekt onregelmatig ritme (AF) worden onderscheiden van andere ritmes. In een Belgisch validatieonderzoek liet men een app (Fibri-Check) zowel een PPG-sigitaal als een eenkanaals-ecg beoordelen.<sup>37</sup> Vergelijken met een twaalfafleidingen-ecg beoordeeld door de cardioloog haalde de FibriCheck-software met het PPG-sigitaal een sensitiviteit en specificiteit voor AF van 96% (95%-BI 89 tot 99) respectievelijk 97% (95%-BI 91 tot 99) en met het eenkanaals-ecg 95% (95%-BI 88 tot 98) respectievelijk 97% (95%-BI 91 tot 99).

Omdat eenkanaals-ecg's veel minder bewerkelijk zijn dan volledige ecg's, kunnen deze toepassingen op smartwatches, handapparaten en mobiele telefoons ook van waarde zijn voor screeningsdoeleinden in de huisartsenpraktijk.<sup>38-40</sup> In Nederlandse huisartsenpraktijken is tijdens griepvaccinaties de MyDiagnostick onderzocht, een apparaatje dat via een eenkanaals-ecg automatisch AF kan detecteren. Bij 1,1% van de deelnemers trof de MyDiagnostick niet eerder gediagnosticeerd AF aan.<sup>41</sup> Opportunistisch screenen door de huisarts met hetzelfde apparaat leverde geen winst op.<sup>42</sup> Misschien wordt de winst van zo'n screening beperkt doordat er in Nederland de laatste jaren meer aandacht is voor polspalpatie, waardoor ook AF vaker gedetecteerd wordt. Onderzoek naar de beste screeningsstrategie loopt nog.<sup>43</sup> Bovendien is screening alleen nuttig als er winst te behalen

is op harde eindpunten, zoals reductie van CVA, waar vroege opsporing tijdig antitrombotisch ingrijpen kan bevorderen.<sup>44</sup> Men heeft berekend dat screening op AF rendabel is bij een NNS van maximaal 170.<sup>45</sup> In een grote meta-analyse met in totaal 141.220 gescreende patiënten bleek voor 65-plussers de geschatte opbrengst van screening op AF met eenkanaals-ecg's gunstig bij een NNS van 83.<sup>44,46</sup> Anderzijds hadden slechts twee geïncludeerde onderzoeken harde eindpunten en daaruit bleek nog geen reductie van bijvoorbeeld beroerte. Het blijft dus de vraag of gezondheidsuitkomsten verbeteren naarmate men meer mensen met AF opspoort. Als dat zo is, zijn huisartsen wel gemotiveerd zich hiervoor in te zetten.<sup>47</sup> Rond m-health moet nog een aantal problemen opgelost worden. De markt, met veel commerciële platforms, is slecht gereguleerd. Er is binnen het m-healthdomein weinig evidence-based kennis en de beveiliging van de enorme hoeveelheid persoonsgegevens schiet tekort. Idealiter is de inzage van gezondheidsgegevens voorbehouden aan patiënten en hun behandelaars, maar een dergelijke exclusiviteit is zeldzaam bij m-healthtoepassingen. De 24 meest gebruikte geneeskunde-apps op het Android-platform delen informatie met 213 partijen buiten de gezondheidszorg; slechts vijf apps deelden helemaal geen informatie.<sup>35</sup> Er is nog veel onderzoek en overheidsregulering nodig voordat deze problemen ondervangen zijn en m-health een substantieel onderdeel van ons werk kan worden.

## CONCLUSIE

Huisartsen maken veelvuldig gebruik van ecg's en interpreteren deze redelijk adequaat. Extra scholing zou dit nog kunnen verbeteren. Huisartsen zullen in de nabije toekomst steeds meer te maken krijgen met m-healthtoepassingen om aandoeningen vroegtijdig in de extramurale setting in beeld te brengen. De ontwikkelingen gaan hard, maar de meerwaarde van zulke screenings moet nog worden aangetoond en die stap kost meestal relatief veel tijd. Aan de (non-)indicaties voor een ecg zullen deze nieuwe toepassingen weinig veranderen, maar ze kunnen wel het gebruiksgemak en de inzetbaarheid van ritmeregistraties vergroten. Daar kan de huisarts zijn voordeel mee doen, niet in de laatste plaats omdat patiënten er zelf mee

komen. Tijdens het schrijven van dit artikel meldde zich voor het eerst een (75-jarige) patiënt bij ons met zelf vastgelegd atriumfibrilleren; zijn mobiele telefoon had hem doorverwezen naar de huisarts [figuur].

## DANKBETUIGING

De auteurs danken Sofie Compiet, Leonore Wagenvoort, Niek van den Nieuwenhof en Joep Walraven voor de enthousiaste en waardevolle invulling van hun wetenschapsstages met als thema 'Het ecg in de huisartsenpraktijk'. ■

## LITERATUUR

- Wellens HJ. Preface. In: Van Hemel N, Van Dessel P, De Bakker JM [editors]. The glass recordings of Willem Einthoven. A selection of electrocardiographic and other registrations made in the years 1894-1931. Houten: Bohn Stafleu van Loghum, 2019.
- Santos JP, Ribeiro AL, Andrade-Junior D, Marcolino MS. Prevalence of electrocardiographic abnormalities in primary care patients according to sex and age group: A retrospective observational study. *Sao Paulo Med J* 2018;136:20-8.
- Stafford RS, Misra B. Variation in routine electrocardiogram use in academic primary care practice. *Arch Intern Med* 2001;161:2351-5.
- Rutten FH, Kessels AGH, Willems FF, Hoes AW. Is elektrocardiografie in de huisartspraktijk nuttig? *Huisarts Wet* 2001;44:477-81.
- Compriet SA, Willemsen RT, Konings KT, Stoffers HE. Competence of general practitioners in requesting and interpreting ECG's – a case vignette study. *Neth Heart J* 2018;26:377-84.
- Wagenvoort LM, Willemsen RT, Konings KT, Stoffers HE. Interpretations of and management actions following electrocardiograms in symptomatic patients in primary care: a retrospective dossier study. *Neth Heart J* 2019;27:498-505.
- Van den Nieuwenhof N, Willemsen RT, Konings KT, Stoffers HE. Interpretations of and management actions following ECG's in programmatic cardiovascular care in primary care: A retrospective dossier study. *Neth Heart J* 2020;28:192-201.
- Chan L, Willemsen RT, Konings KT. Elektrocardiografie in de huisartsenpraktijk. *Huisarts Wet* 2014;57:196-200.
- Hornick J, Costantini O. The electrocardiogram: Still a useful tool in the primary care office. *Med Clin North Am* 2019;103:775-84.
- Abi Khalil C, Haddad F, Al Suwaidi J. Investigating palpitations: the role of Holter monitoring and loop recorders. *BMJ* 2017;358:j3123.
- Wilken J. Evidence-based recommendations for the evaluation of palpitations in the primary care setting. *Med Clin North Am* 2016;100:981-9.
- Bhatia RS, Bouck Z, Ivers NM, Mecredy G, Singh J, Pendrith C, et al. Electrocardiograms in low-risk patients undergoing an annual health examination. *JAMA Intern Med* 2017;177:1326-33.
- Ellison SR. Sudden cardiac death in adolescents. *Prim Care* 2015;42:57-76.
- Rolfé A, Burton C. Reassurance after diagnostic testing with a low pretest probability of serious disease: systematic review and meta-analysis. *JAMA Intern Med* 2013;173:407-16.
- Marcolino MS, Santos TM, Stefanelli FC, Oliveira JA, E Silva MV, Andrade DF, et al. Cardiovascular emergencies in primary care: an observational retrospective study of a large-scale telecardiology service. *Sao Paulo Med J* 2017;135(5):481-7.
- Begg G, Willan K, Tyndall K, Pepper C, Tayebjee M. Electrocardiogram interpretation and arrhythmia management: a primary and secondary care survey. *Br J Gen Pract* 2016;66:e291-6.
- Whitman M, Layt D, Yelland M. Key findings on ECG's – level of agreement between GPs and cardiologists. *Aust Fam Physician* 2012;41:59-62.
- Scheltens T, De Beus MF, Hoes AW, Rutten FH, Numans ME, Mosterd A, et al. Een elektrocardiogram bij elke patiënt met hypertensie. *Huisarts Wet* 2011;54:122-7.
- Groot A, Bots ML, Rutten FH, Den Ruijter HM, Numans ME, Vaartjes I. Measurement of ECG abnormalities and cardiovascular risk classification: a cohort study of primary care patients in the Netherlands. *Br J Gen Pract* 2015;65:e1-8.
- Wallace ML, Ricco JA, Barrett B. Screening strategies for cardiovascular disease in asymptomatic adults. *Prim Care* 2014;41:371-97.
- Mant J, Fitzmaurice DA, Hobbs FD, Jowett S, Murray ET, Holder R, et al. Accuracy of diagnosing atrial fibrillation on electrocardiogram by primary care practitioners and interpretative diagnostic software: analysis of data from screening for atrial fibrillation in the elderly (SAFE) trial. *BMJ* 2007;335:380.
- Willemsen RT, Konings KT. ECG 10+: Systematisch ECG's beoordelen. *Huisarts Wet* 2016;4:166-70.
- Poldervaart JM, Reitsma JB, Backus BE, Koffijberg H, Veldkamp RF, Ten Haaf ME, et al. Effect of using the HEART score in patients with chest pain in the emergency department: A stepped-wedge, cluster randomized trial. *Ann Intern Med* 2017;166:689-97.
- Delrot C, Bouzille G, Calafiore M, Rochoy M, Legrand B, Ficheur G, et al. Do medical practitioners trust automated interpretation of electrocardiograms? *Stud Health Technol Inform* 2019;264:536-40.
- Garg A, Lehmann MH. Prolonged QT interval diagnosis suppression by a widely used computerized ECG analysis system. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2013;6:76-83.
- Shah AP, Rubin SA. Errors in the computerized electrocardiogram interpretation of cardiac rhythm. *J Electrocardiol* 2007;40:385-90.
- Guglin ME, Thatai D. Common errors in computer electrocardiogram interpretation. *Int J Cardiol* 2006;106:232-7.
- Hwan Bae M, Hoon Lee J, Heon Yang D, Sik Park H, Cho Y, Chull Chae S, et al. Erroneous computer electrocardiogram interpretation of atrial fibrillation and its clinical consequences. *Clin Cardiol* 2012;35:348-53.
- Schläpfer J, Wellens HJ. Computer-interpreted electrocardiograms: benefits and limitations. *J Am Coll Cardiol* 2017;70:1183-92.
- Hughes KE, Lewis SM, Katz L, Jones J. Safety of computer interpretation of normal triage electrocardiograms. *Acad Emerg Med* 2017;24:120-4.
- Jensen MS, Thomsen JL, Jensen SE, Lauritzen T, Engberg M. Electrocardiogram interpretation in general practice. *Fam Pract* 2005;22:109-13.
- Attia ZI, Kapa S, Yao X, Lopez-Jimenez F, Mohan TL, Pellikka PA, et al. Prospective validation of a deep learning electrocardiogram algorithm for the detection of left ventricular systolic dysfunction. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2019;30:668-74.
- Kwon JM, Kim KH, Jeon KH, Kim HM, Kim MJ, Lim SM, et al. Development and validation of deep-learning algorithm for electrocardiography-based heart failure identification. *Korean Circ J* 2019;49:629-39.
- Attia ZI, Noseworthy PA, Lopez-Jimenez F, Asirvatham SJ, Deshmukh AJ, Gersh BJ, et al. An artificial intelligence-enabled ECG algorithm for the identification of patients with atrial fibrillation during sinus rhythm: a retrospective analysis of outcome prediction. *Lancet* 2019;394:861-7.
- MacKinnon GE, Brittain EL. Mobile health technologies in cardiopulmonary disease. *Chest* 2020;157:654-64.

- 36 Himmelreich JCL, Karregat EPM, Lucassen WAM, Van Weert H, De Groot JR, Handoko ML, et al. Diagnostic accuracy of a smartphone-operated, single-lead electrocardiography device for detection of rhythm and conduction abnormalities in primary care. *Ann Fam Med* 2019;17:403-11.
- 37 Proesmans T, Mortelmans C, Van Haelst R, Verbrugge F, Vandervoort P, Vaes B. Mobile phone-based use of the photoplethysmography technique to detect atrial fibrillation in primary care: diagnostic accuracy study of the fibrichk app. *JMIR Mhealth Uhealth* 2019;7:e12284.
- 38 Li KHC, White FA, Tipoe T, Liu T, Wong MC, Jesuthasan A, et al. The current state of mobile phone apps for monitoring heart rate, heart rate variability, and atrial fibrillation: narrative review. *JMIR Mhealth Uhealth* 2019;7:e11606.
- 39 Vaes B, Stalpaert S, Tavernier K, Thaelts B, Lapeire D, Mullens W, et al. The diagnostic accuracy of the MyDiagnostick to detect atrial fibrillation in primary care. *BMC Fam Pract* 2014;15:113.
- 40 Perez MV, Mahaffey KW, Hedlin H, Rumsfeld JS, Garcia A, Ferris T, et al. Large-scale assessment of a smartwatch to identify atrial fibrillation. *N Engl J Med* 2019;381:1909-17.
- 41 Kaasenbrood F, Hollander M, Rutten FH, Gerhards LJ, Hoes AW, Tieleman RG. Yield of screening for atrial fibrillation in primary care with a hand-held, single-lead electrocardiogram device during influenza vaccination. *Europace* 2016;18:1514-20.
- 42 Kaasenbrood F, Hollander M, de Bruijn SH, Dolmans CP, Tieleman RG, Hoes AW, et al. Opportunistic screening versus usual care for diagnosing atrial fibrillation in general practice: a cluster randomised controlled trial. *Br J Gen Pract* 2020;70:e427-e433.
- 43 Uittenbogaart SB, Verbiest-van Gorp N, Erkens PM, Lucassen WA, Knottnerus JA, Winkens B, et al. Detecting and Diagnosing Atrial Fibrillation (D2AF): study protocol for a cluster randomised controlled trial. *Trials* 2015;16:478.
- 44 Lowres N, Olivier J, Chao TE, Chen SA, Chen Y, Diederichsen A, et al. Estimated stroke risk, yield, and number needed to screen for atrial fibrillation detected through single time screening: a multicountry patient-level meta-analysis of 141,220 screened individuals. *PLoS Med* 2019;16:e1002903.
- 45 Welton NJ, McAleenan A, Thom HH, Davies P, Hollingworth W, Higgins JP, et al. Screening strategies for atrial fibrillation: a systematic review and cost-effectiveness analysis. *Health Technol Assess* 2017;21:1-236.
- 46 Duarte R, Stainthorpe A, Mahon J, Greenhalgh J, Richardson M, Nevitt S, et al. Lead-I ECG for detecting atrial fibrillation in patients attending primary care with an irregular pulse using single-time point testing: A systematic review and economic evaluation. *PLoS One* 2019;14:e0226671.
- 47 Verbiest-van Gorp N, van Mil D, van Kesteren HAM, Knottnerus JA, Stoffers H. How do Dutch general practitioners detect and diagnose atrial fibrillation? Results of an online case vignette study. *BMC Fam Pract* 2019;20:175.

Willemsen RT, Konings KT, Stoffers HE. Het ecg in de huisartsenpraktijk: waar ligt de grens? *Huisarts Wet* 2020;63:DOI:10.1007/s12445-020-0774-7. Universiteit Maastricht, Care and Public Health Research Institute [CAPHRI], Vakgroep Huisartsgeneeskunde, Maastricht: dr. R.T.A. Willemsen, huisarts: robert.willemsen@maastrichtuniversity.nl; dr. K.T.S. Konings, huisarts; dr. H.E.J.H. Stoffers, huisarts en universitair hoofddocent huisartsgeneeskunde. Mogelijke belangenverstrengeling: Karen Konings en Robert Willemsen zijn medeauteurs van het boek ECG's beoordelen én begrijpen: de ECG 10+-methode.