

Internist 2021 · 62:665–671
 https://doi.org/10.1007/s00108-021-01037-6
 Angenommen: 15. April 2021
 Online publiziert: 26. Mai 2021
 © Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2021

Sascha Beck · Valeria Martínez Pereyra · Andreas Seitz · Raffi Bekerredjian · Udo Sechtem · Peter Ong

Abteilung für Kardiologie und Angiologie, Robert-Bosch-Krankenhaus, Stuttgart, Deutschland

Erkennung ischämietypischer EKG-Veränderungen

Neue Methoden 2021

Seit der Einführung des Saitengalvanometers durch Einthoven 1903 [1] stellt das Elektrokardiogramm (EKG) in der Kardiologie eine unverzichtbare Basisdiagnostik zur Erkennung von Rhythmusstörungen und Ischämiezeichen dar. Insbesondere bei Patienten mit akutem Brustschmerz gehört das 12-Kanal-EKG zur Standarddiagnostik. Neue technische Entwicklungen haben zu erweiterten Möglichkeiten der EKG-Registrierung per Smartphone und Smartwatch geführt. Ziel dieser Übersichtsarbeit ist es, einen aktuellen Überblick über die Verfahren zur Erkennung von ischämietypischen EKG-Veränderungen zu geben.

spezieller diagnostischer Fragestellungen (▣ Abb. 1c, d).

Alte und neue EKG-Systeme

Mit der Vorstellung des Saitengalvanometers [1] legte Willem Einthoven bereits 1903 den Grundstein der Elektrokardiographie. Die damals noch großen und schweren EKG-Geräte haben sich in den folgenden Jahrzehnten zu immer leichteren und mobilen Messgeräten entwickelt (▣ Abb. 2). Mittlerweile können EKGs selbst von medizinischen Laien mittels „smarter“ Geräte abgeleitet werden. Während mit einer Smartwatch üblicherweise nur eine EKG-Ableitung er-

stellt werden kann, ermöglichen andere Systeme mithilfe kleiner Smartphone-kompatibler Zusatzgeräte bis zu 6 Ableitungen [3]. Diese Geräte eignen sich jedoch nur sehr eingeschränkt zur Erkennung von ischämietypischen EKG-Veränderungen und ersetzen nicht das von den Leitlinien geforderte 12-Kanal-EKG bei Verdacht auf ein akutes Koronarsyndrom (ACS; [4]). Sie können jedoch von Nutzen sein, um temporäre EKG-Veränderungen zu dokumentieren, die bis zum Eintreffen des Rettungsdiensts bzw. bis zum Erscheinen in der Praxis oder Klinik nicht mehr feststellbar wären [5].

Von solchen Technologien zur Rhythmusanalyse in der Heimanwendung

Grundlagen

Das grundlegende Prinzip der Elektrokardiographie basiert auf einer Messung und Darstellung der Herzströme, die mit Messelektroden abgeleitet werden können. Die klassische EKG-Technik misst dabei das elektrische Potenzial zwischen jeweils zwei Elektroden, die an unterschiedliche Positionen auf der Körperoberfläche platziert werden, wodurch sich verschiedene Ableitungen zur Darstellung der elektrischen Erregung in unterschiedlichen Myokardregionen erstellen lassen (▣ Abb. 1a, b).

Eine alternative Technik basiert auf dem Prinzip der Vektorelektrokardiographie, in der die Änderung der Herzströme mit 4–5 Elektroden 3-dimensional als sogenannte Vektorschleife erfasst wird. Mithilfe dieser Daten lassen sich sowohl die klassischen 12 „Kanäle“ errechnen [2] als auch zusätzliche Ableitungen im Falle

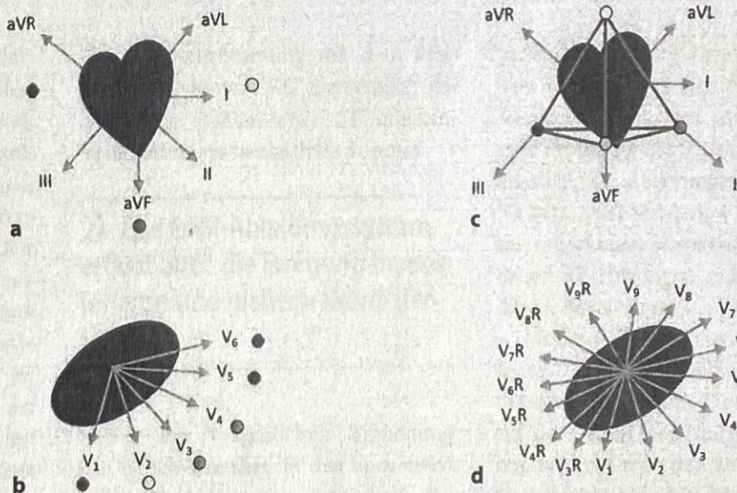


Abb. 1 ▲ Verschiedene Möglichkeiten zur EKG-Ableitung. **a** Extremitätenableitungen nach Einthoven (I, II, III) und Goldberger (aVR, aVL, aVF) in der Frontalebene durch 3 Elektroden. **b** Brustwandableitungen nach Wilson (V₁–V₆) in der Horizontalebene durch 6 zusätzliche Elektroden. **c, d** EASI-Ableitungssystem basierend auf dem Prinzip der Vektorelektrokardiographie. Mit insgesamt 4 Elektroden (E, A, S, I) lässt sich der Summenvektor 3-dimensional erfassen (c). Neben den zuvor genannten Ableitungen lassen sich auch zusätzliche posteriore (V₇–V₉) und rechtspräcordiale (V_{3R}–V_{9R}) Ableitungen errechnen (d)

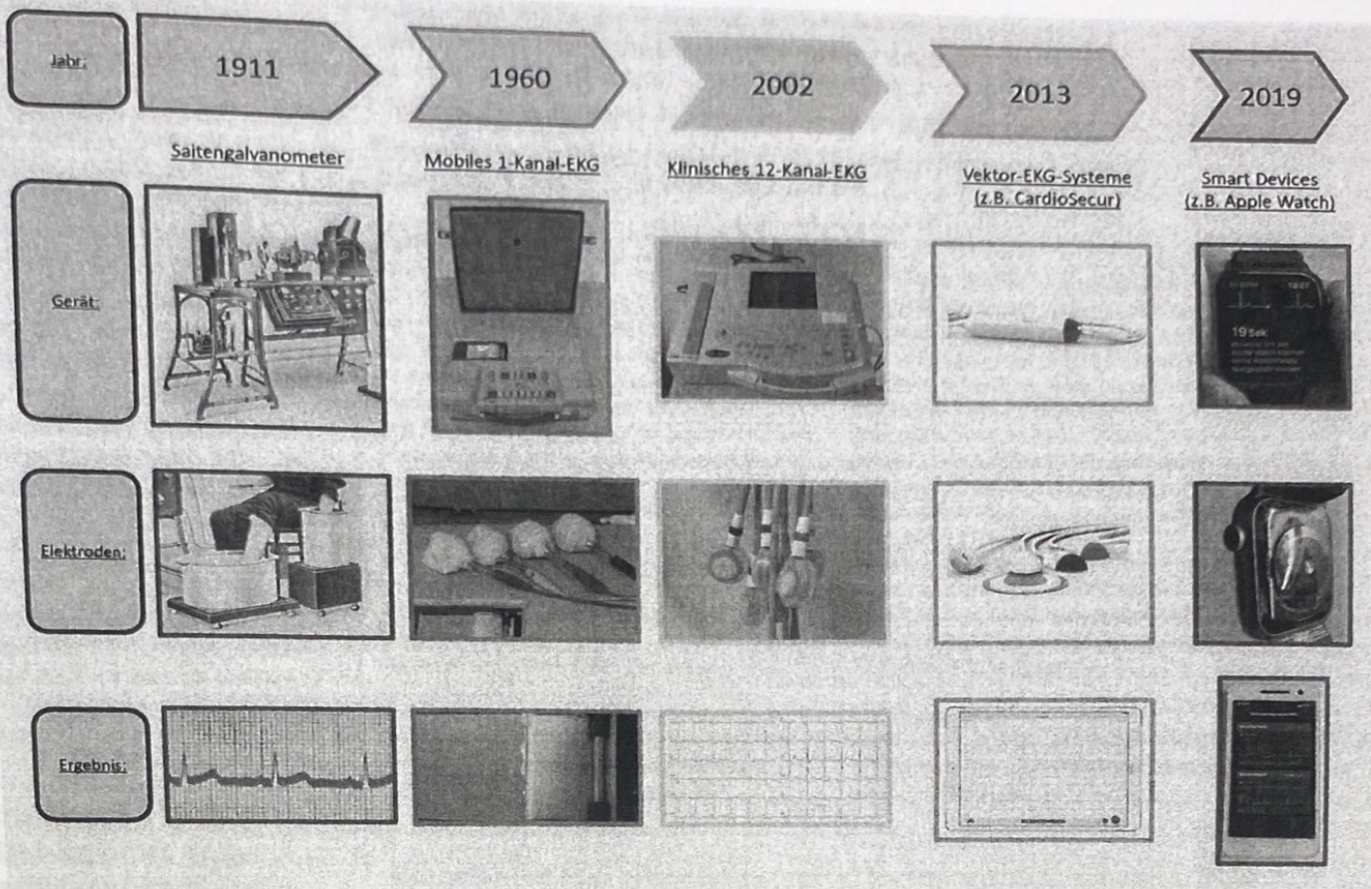


Abb. 2 ▲ Auswahl verschiedener EKG-Geräte im zeitlichen Verlauf von 1911 bis 2019. 1911: Saitengalvanometer (Cambridge Scientific Instrument Co Ltd; Cambridge, UK/Ausdruck W. Einthoven 1903 [1]); 1960: Cardiomat TS (Siemens, Erlangen, Deutschland); 2002: MAC 1200 ST (GE Medical Systems IT Inc., Milwaukee, WI, USA); 2013: CardioSecur (Personal MedSystems GmbH, Deutschland); 2019: Apple Watch (Apple Inc., Cupertino, CA, USA). (Verwendung der Einzelabbildungen mit Genehmigung)

müssen Geräte auf Basis der Vektorelektrokardiographie differenziert werden. Diese Systeme leiten nur 3 Kanäle ab, erfassen damit jedoch die Herzströme 3-dimensional und können daraus die klassischen 12 Ableitungen berechnen [2]. Wehr et al. [6] verglichen hierzu ein konventionelles 12-Kanal-EKG mit dem auf der Vektorelektrokardiographie basierenden EASI-Ableitungssystem (4 Messelektroden [E, A, S, I] + 1 Referenzelektrode) in der Diagnostik von Notfallpatienten mit akutem Brustschmerz. Dabei stimmte die Erkennung von signifikanten ST-Strecken-Hebungen im initialen EKG bei 80 von 81 Patienten zwischen beiden Ableitungssystemen überein. Bonaventura et al. [7] nutzten eine modifizierte Form des EASI-Ableitungssystems ohne Referenzelektrode, womit sie bei 147 von 148 balloninduzierten Ischämien

eine Übereinstimmung mit dem klassischen 12-Kanal-EKG hinsichtlich des Auftretens ischämischer ST-Strecken-Veränderungen beobachten konnten.

» Das EASI-Ableitungssystem erfasst auch die Erregung im posterioren und rechtspräkordialen Myokard

Neben der verlässlichen Erkennung von Ischämiezeichen in den konventionellen 12 Ableitungen ermöglicht das (modifizierte) EASI-Ableitungssystem auch die Darstellung der Erregung in den posterioren und rechtspräkordialen Myokardregionen, die mit den konventionellen 12 Kanälen nicht abgebildet werden können. Bei Patienten mit akutem Myokardinfarkt kann durch solche

zusätzlichen Ableitungen die Erkennung von ST-Hebungen signifikant verbessert werden. Zalenski et al. [8] beschrieben so eine Erhöhung der Sensitivität, wenn die zusätzlichen Ableitungen V_4R , V_8 und V_9 betrachtet werden; 4 von 34 Patienten mit akutem Myokardinfarkt zeigten dabei ST-Hebungen ausschließlich in diesen Ableitungen.

Moderne EKG-Systeme wie CardioSecur (Personal MedSystems GmbH, Frankfurt am Main, Deutschland), die auf dem EASI-Ableitungssystem basieren, bieten neben den zuvor genannten Vorteilen auch die Möglichkeit zur Übermittlung der EKG-Daten in Echtzeit vom eigenen Smartphone zu dem des behandelnden Arztes. Dieser ist so in der Lage, EKG-Veränderungen unmittelbar zu erkennen und den Patienten bei Bedarf umgehend in die Klinik einzuweisen.

Definition ischämietypischer EKG-Veränderungen beim akuten Koronarsyndrom

Eine Myokardischämie kann zu elektrokardiographisch sichtbaren Veränderungen der Reizleitung durch das hypoxische Gewebe führen [9]. Aktuelle Leitlinien der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie (ESC) beschreiben dabei bestimmte EKG-Veränderungen, die häufig mit einer myokardialen Ischämie einhergehen, wenn sie gemeinsam mit der entsprechenden Beschwerdesymptomatik auftreten (▣ Abb. 3; [4, 10]). Im Falle akut einsetzender pektanginöser Beschwerden wird daher die Anlage und Interpretation eines 12-Kanal-EKGs spätestens 10 min nach erstem medizinischem Kontakt empfohlen [4] und sollte aufgrund des häufig dynamischen Verlaufs einer akuten Ischämie während der ersten 1–2 h regelmäßig wiederholt werden [10].

» Ursache einer ST-Strecken-Hebung ist häufig der akute Verschluss eines epikardialen Koronargefäßes

Neu aufgetretene *ST-Strecken-Hebungen* stellen dabei eines der charakteristischen Merkmale eines *ST-Hebungs-Infarkts* (STEMI) dar [4, 10]; sie können sich jedoch auch erst zeitlich verzögert entwickeln [11]. Die verschiedenen EKG-Stadien in der Akutphase eines STEMI werden von manchen Autoren als Stadien 0–I [12] bzw. als Grad I–III [11] definiert. Ursache einer *ST-Strecken-Hebung* ist häufig der akute Verschluss eines epikardialen Koronargefäßes, verursacht durch Thrombenbildung oder seltener auch durch spontane Koronarspasmen [4, 13]. Ein solcher Spasmus ist jedoch häufig durch die Gabe von Nitroglycerin vollständig reversibel, was zu einer raschen Besserung der Beschwerden und EKG-Veränderungen führen kann [4].

Neben der *ST-Strecken-Hebung* stellen auch neu aufgetretene horizontale oder deszendierende *ST-Strecken-Senkungen* im 12-Kanal-Ruhe-EKG eine ischämietypische EKG-Veränderung dar

Internist 2021 · 62:665–671 <https://doi.org/10.1007/s00108-021-01037-6>
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2021

S. Beck · V. Martínez Pereyra · A. Seitz · R. Bekerredjian · U. Sechtem · P. Ong

Erkennung ischämietypischer EKG-Veränderungen. Neue Methoden 2021

Zusammenfassung

Hintergrund. Das Elektrokardiogramm (EKG) stellt nicht nur in der Kardiologie ein unverzichtbares diagnostisches Hilfsmittel dar. Klassische EKG-Geräte ermöglichen die Ableitung von bis zu 12 Kanälen, wohingegen moderne EKG-Systeme zusätzliche Ableitungen bei gleichzeitig geringerer Elektrodenzahl ermöglichen. Auch medizinische Laien sind mit „smarten“ Geräten in der Lage, ein EKG in der Heimanwendung abzuleiten.

Fragestellung. Evaluation eines möglichen Zusatznutzens durch Verwendung verschiedener moderner EKG-Systeme in der Erkennung ischämietypischer EKG-Veränderungen.

Material und Methoden. Darstellung verschiedener Ischämiezeichen im EKG gemäß aktuellen Leitlinien. Vorstellung von modernen EKG-Systemen und deren Nutzen in der Erkennung von Ischämiezeichen anhand aktueller Studienergebnisse.

Ergebnisse. Die Erkennung ischämietypischer EKG-Veränderungen kann mit modernen vektorbasierten EKG-Systemen vereinfacht und optimiert werden. Nichtvektorbasierte Geräte in der Heimanwendung dienen primär der Arrhythmieerkennung. Sie ersetzen kein klassisches 12-Kanal-EKG in der Ischämiediagnostik, können jedoch vorteilhaft in der Dokumentation von nur temporären EKG-Veränderungen auch im Bereich der ST-Strecke sein.

Schlussfolgerungen. EKG-Systeme basierend auf der Vektorelektrokardiographie können die Erkennung ischämietypischer EKG-Veränderungen gegenüber konventionellen 12-Kanal-EKGs verbessern.

Schlüsselwörter

Akutes Koronarsyndrom · Myokardinfarkt · Myokardischämie · Vektorelektrokardiographie · Smartwatch

Detection of ECG alterations typical for myocardial ischemia. New methods 2021

Abstract

Background. The electrocardiogram (ECG) represents an essential diagnostic tool in cardiology and beyond. Classical ECG devices enable the registration of up to 12 leads, whereas modern ECG systems enable additional leads even with a reduced number of electrodes. Additionally, “smart” devices even enable patients to record an ECG at home.

Objective. Evaluation of a potential additional benefit of using various modern ECG systems for the detection of ECG alterations typical for myocardial ischemia.

Material and methods. Presentation of various signs of ischemia in the ECG according to the latest guidelines. Demonstration of modern ECG systems and their potential advantage in the detection of signs of ischemia in the ECG based on current study results.

Results. Modern ECG systems with vector-based electrocardiography can facilitate and optimize the detection of ischemic ECG alterations. Smart nonvector-based devices for patients are primarily useful for detection of arrhythmias and do not replace the 12-lead ECG for detection of ischemia, even though they can be useful for documentation of temporary ECG alterations also within the ST-segment.

Conclusion. The ECG systems based on vector electrocardiography can improve the detection of ECG alterations typical for ischemia compared to the conventional 12-lead ECG.

Keywords

Acute coronary syndrome · Myocardial infarction · Myocardial ischemia · Vector electrocardiography · Smart watch

(▣ Abb. 4; [10]). Aszendierende *ST-Strecken-Senkungen* hingegen sind bei steilem Anstieg und sonst unauffälligem Kurvenverlauf oft physiologisches Zeichen einer erhöhten Herzfrequenz [14].

Zusätzliches EKG-Merkmal einer myokardialen Ischämie können neu aufgetretene *T-Negativierungen* sein [10], wie sie auch beim Takotsubo-Syndrom vorkommen. Bei dieser passageren, stressinduzierten Wandbewegungsstörung

| Veränderung der ST-Strecke | Ableitung (≥ 2 räumlich benachbarte) | Grenzwerte (1,0 mm = 0,1 mV) | |
|----------------------------|--|--|--|
| | | Frauen | Männer |
| Hebung | I, II, III, aVL, aVR, aVF, V ₁ , V ₄ -V ₆ | ≥ 1,0 mm | |
| | V ₂ -V ₃ | ≥ 1,5 mm | < 40 Jahre: ≥ 2,5 mm ≥ 40 Jahre: ≥ 2,0 mm |
| | V _{3R} -V _{4R} | ≥ 0,5 mm | < 30 Jahre: ≥ 1,0 mm ≥ 30 Jahre: ≥ 0,5 mm |
| | V ₇ -V ₉ | ≥ 0,5 mm * | < 40 Jahre: ≥ 1,0 mm ≥ 40 Jahre: ≥ 0,5 mm * |
| | | * Erhöhung der Spezifität bei ≥ 1,0 mm | |
| Senkung | I, II, III, aVL, aVR, aVF, V ₁ -V ₆ | ≥ 0,5 mm | |

Abb. 3 ◀ Verschiedene Grenzwerte für ST-Strecken-Veränderungen als Zeichen myokardialer Ischämie [4, 10]

des linken Ventrikels können darüber hinaus auch akute ST-Hebungen und -Senkungen auftreten. Mögliche Hinweise zur Abgrenzung gegenüber einer Koronarobstruktion sind unter anderem ein im Verhältnis zum Ausmaß der EKG-Veränderungen nur moderater Troponinanstieg oder EKG-Veränderungen, die sich nicht dem Versorgungsgebiet eines einzelnen Koronargefäßes zuordnen lassen [10].

Nutzen zusätzlicher Ableitungen bei der Diagnose ischämietypischer EKG-Veränderungen

Das klassische 12-Kanal-EKG bildet mit den anterioren (V₁-V₄), inferioren (II, III, aVF) und lateralen (I, aVL, V₅, V₆)

Ableitungen die wesentlichen Teile der kardialen Reizleitung ab [15]. Nur ansatzweise werden dabei jedoch der rechte Ventrikel sowie die posterioren Teile des linken Ventrikels dargestellt. Im Falle einer Hypoxie in diesen Versorgungsgebieten kann es daher notwendig sein, zusätzliche Ableitungen zu erstellen, um Veränderungen der Reizleitung wie beispielsweise ST-Hebungen erkennen zu können.

Die Anlage der beiden *rechtspräkordialen Ableitungen* V_{3R} + V_{4R} wird von den ESC-Leitlinien im Falle eines inferioreren Myokardinfarkts empfohlen, um eine rechtsventrikuläre Beteiligung zu erkennen [10]. Die Indikation zum Erstellen der *posterioren Ableitungen* V₇-V₉ kann aus der Betrachtung der reziprok ableitenden Kanäle V₁-V₃ gestellt werden,

wenn ausschließlich in diesen Ableitungen eine ST-Senkung (≥ 0,5 mm), insbesondere bei gleichzeitig positiver T-Welle, festgestellt wird [4, 10].

Neue Wege der EKG-Interpretation – aktuelle Studien

BARCELONA-Algorithmus

Auch mehr als 100 Jahre nach der Entwicklung des ersten EKG-Geräts lässt sich der diagnostische Nutzen eines Routine-EKGs kontinuierlich erweitern. So konnten kürzlich die (modifizierten) Sgarbossa-Kriterien [16, 17] zur Diagnose eines akuten Myokardinfarkts bei gleichzeitigem Linksschenkelblock weiter optimiert werden (▣ Abb. 5).

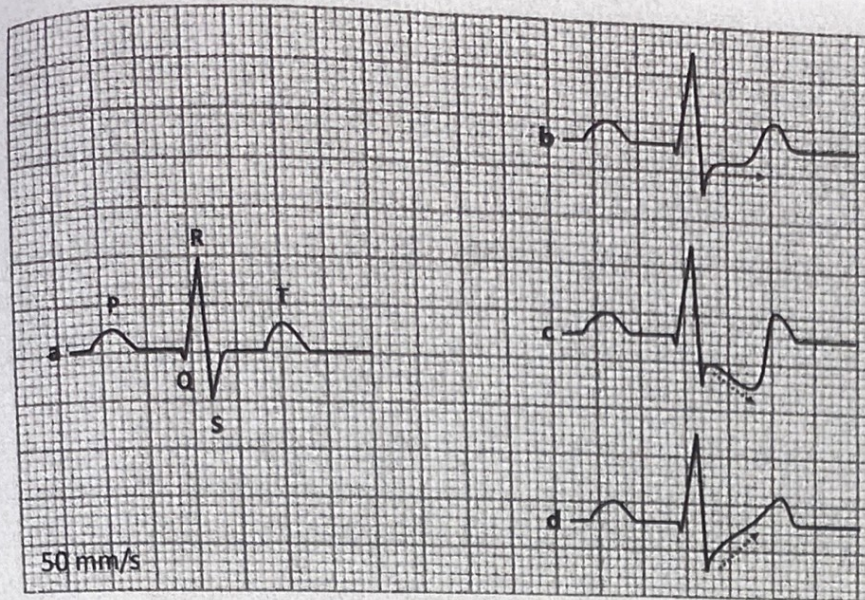


Abb. 4 ▲ Verschiedene Formen von ST-Senkungen. **a** Normalbefund, **b** horizontale ST-Senkung, **c** descendierende ST-Senkung, **d** ascendierende ST-Senkung

Zugunsten einer verbesserten Sensitivität von 93 bis 95% definiert der BARCELONA-Algorithmus [18] neben konkordanten ST-Strecken-Hebungen bzw. -Senkungen ($\geq 0,1$ mV; unabhängig von der Ableitung) erstmalig einen neuen diagnostischen Parameter: Während diskordante ST-Hebungen nach den (modifizierten) Sgarbossa-Kriterien nur im Falle einer extensiven Ausprägung relevant waren ($\geq 0,5$ mV bzw. $\geq 25\%$ der S-Zacken-Amplitude), sind diskordante ST-Abweichungen hier bereits ab 0,1 mV relevant, wenn sie in Ableitungen mit Niedervoltage (R- bzw. S-Zacke $\leq 0,6$ mV) auftreten.

Technische Assistenzsysteme

Wenngleich EKGs üblicherweise von ärztlichem Personal ausgewertet werden, geht dies insbesondere ohne entsprechende Schulungen oft mit einer nur unzureichenden Genauigkeit einher, wie eine Metaanalyse von 78 Arbeiten, aufgeteilt auf verschiedene ärztliche Qualifikationen, darlegt [19]. Selbst die EKG-Auswertung durch Kardiologen führt in den 8 zutreffenden Arbeiten nur zu einer Genauigkeit von rund 75%.

Nicht nur vor diesem Hintergrund könnte die EKG-Auswertung unter Zuhilfenahme technischer Assistenzsysteme verbessert werden, beispielsweise ge-

stützt durch künstliche Intelligenz (KI). Eine kürzlich veröffentlichte Studie der Universität Düsseldorf [20] zeigt, dass Zeichen eines frischen Myokardinfarkts im EKG signifikant besser erkannt werden, wenn dieses durch KI anstelle von erfahrenen Kardiologen ausgewertet wird. In Bezug auf die Sensitivität, Spezifität wie auch den negativen prädiktiven Wert ist die KI in 289 ausgewerteten EKGs den 10 teilnehmenden Kardiologen signifikant überlegen. Eine KI in EKG-Geräten von Arztpraxen, Kliniken oder Rettungsdienst könnte die Patientenversorgung durch eine noch frühere Erkennung von Infarktzeichen verbessern.

Vektorelektrokardiographie

Eine Alternative zum klassischen 12-Kanal-EKG bieten – wie bereits erwähnt – EKG-Systeme basierend auf der Vektorelektrokardiographie. Unter Nutzung des EKG-Systems CardioSecur im Notarztdienst konnten Spaich et al. [21] bei 203 Patienten mit Verdacht auf ein ACS ein 22-Kanal-EKG mit nur 4 Elektroden ableiten, was neben dem diagnostischen Mehrwert dieser zusätzlichen Ableitungen auch zu praktischen Vorteilen in der Handhabung führte. In der Tat ergab die Studie eine Genauigkeit des EKG-Systems CardioSecur, die mit dem klassischen 12-Kanal-EKG vergleichbar

war. Zudem erwies sich das innovative System als schneller und einfacher in der Handhabung. Diese innovative Technik kann auch bei Patienten mit unklaren Brustschmerzen einen wichtigen Hinweis auf eine kardiale Genese der Beschwerden liefern, wenn während einer Brustschmerzattacke ischämietypische EKG-Veränderungen nachgewiesen werden können.

EKG-Ableitung mit Smartwatch

Die EKG-Funktion einer Smartwatch dient primär der Arrhythmieerkennung mittels einer Ableitung, jedoch lässt sich damit auch behelfsmäßig ein Mehrkanal-EKG konstruieren: In einer klinischen Studie mit 100 Patienten konnten die Ableitungen I, II und III sowie V_1 – V_6 erstellt werden, wenn die Uhr vom Handgelenk abgenommen und auf verschiedene Körperpositionen platziert wurde. Die so festgestellten ST-Strecken-Veränderungen bei Patienten mit ACS waren vergleichbar mit denen eines konventionellen 12-Kanal-EKGs [22]. Auch die Aufzeichnung von nur temporären EKG-Veränderungen durch die Patienten selbst ist mit einer Smartwatch möglich. Drexler et al. [5] berichteten kürzlich einen Fall, in dem bei klinischer Aufnahme einer symptomatischen Patientin zunächst keine Anzeichen einer akuten myokardialen Ischämie feststellbar waren. Während vergangener Beschwerdephasen hatte die Patientin aber schon deutliche ST-Strecken-Senkungen mittels Smartwatch dokumentieren können, woraufhin koronarangiographisch zwei relevante Gefäßstenosen festgestellt wurden. Wichtig ist aber, dass die Smartwatch nicht die von den Leitlinien empfohlene Ischämiediagnostik mittels 12-Kanal-EKG bei Verdacht auf ein ACS ersetzt.

Zusammenfassend bieten die innovativen EKG-Systeme zwar Vorteile in der Ischämiediagnostik, werden aber momentan auch aufgrund fehlender Studiendaten noch nicht in der klinischen Routine verwendet. Eine Weiterentwicklung auch in Kombination mit KI-Algorithmen wird aber zu einer breiten Verwendung führen und sowohl die

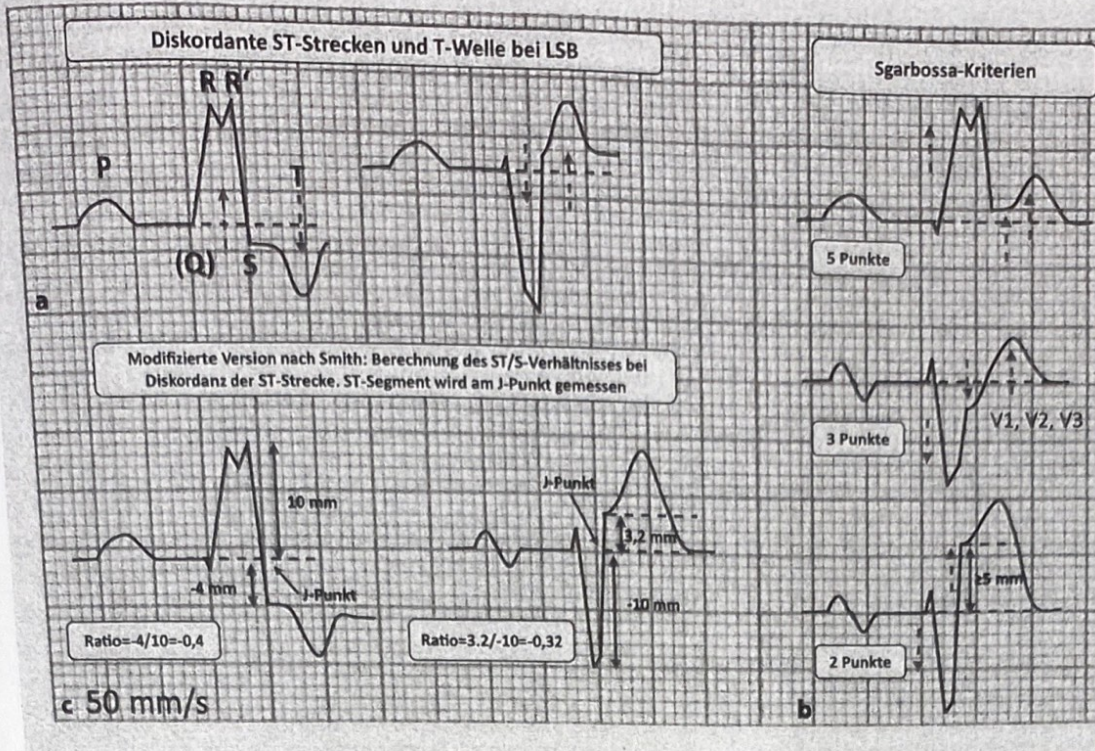


Abb. 5 ▲ Erkennung eines ST-Hebungs-Infarkts (STEMI) bei Linksschenkelblock (LSB): **a** Nicht-Infarkt-EKG bei LSB mit ausgeprägter Diskordanz zwischen QRS-Komplex und ST-Strecke/T-Welle (blaue und rote Pfeile). **b** Sgarbossa-Kriterien [16] zur Identifizierung eines STEMI bei LSB. Hierfür werden drei verschiedene Morphologien berücksichtigt, denen jeweils eine unterschiedliche Punkteanzahl zugeordnet ist. Erreichen die Kriterien mindestens 3 Punkte, sollte an eine myokardiale Ischämie als Auslöser der EKG-Veränderungen gedacht werden. Eine konkordante ST-Hebung oder ST-Senkung erreicht die erforderliche Punktzahl von 3, hierbei ist ein Infarkt also wahrscheinlich. Eine diskordante Hebung ≥ 5 mm ist hingegen lediglich verdächtig (2 Punkte). **c** Nach S.W. Smith modifizierte Sgarbossa-Kriterien [17], die das Streckenverhältnis zwischen ST-Strecke und QRS-Komplex einbeziehen. Dieses wird bei Diskordanz aus der Abweichung der ST-Strecke von der Nulllinie und der Amplitude des QRS-Komplexes errechnet. Ist der Wert $\geq 0,25$ (25%), wird von einem akuten Infarkt ausgegangen. Gemessen wird vom J-Punkt aus

diagnostische Genauigkeit als auch die praktische Handhabung verbessern.

Fazit für die Praxis

- EKG-Veränderungen wie ST-Strecken-Hebungen oder -Senkungen geben wichtige Hinweise auf eine akute Myokardischämie.
- Aktuelle Leitlinien empfehlen die sofortige Ableitung eines 12-Kanal-EKGs beim Verdacht auf ein akutes Koronarsyndrom; Wiederholungsmessungen sind bei initial unauffälligem EKG aufgrund des dynamischen Verlaufs akuter Ischämien ratsam.
- EKG-Geräte basierend auf der Vektorelektrokardiographie benötigen weniger Elektroden als ein konventionelles 12-Kanal-EKG, können damit jedoch 12 und mehr Ableitungen berechnen. Die diagnostische Aussagekraft zur Erkennung ischämischer

EKG-Veränderungen ist dabei vergleichbar.

- Geräte wie Smartphones oder Smartwatches ermöglichen es Laien, EKGs mit 1–6 Kanälen abzuleiten; diese ersetzen kein 12-Kanal-EKG zur Diagnostik von Ischämiezeichen, können jedoch im Einzelfall hilfreich bei der Dokumentation temporärer Ereignisse sein.

Korrespondenzadresse



PD Dr. med. Peter Ong
Abteilung für Kardiologie und Angiologie, Robert-Bosch-Krankenhaus
Auerbachstr. 110,
70376 Stuttgart, Deutschland
peter.ong@rbk.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. S. Beck, V. Martínez Pereyra, A. Seitz, R. Bekeredjian, U. Sechtem und P. Ong geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Literatur

1. Einthoven W (1903) Die galvanometrische Registrierung des menschlichen Elektrokardiogramms, zugleich eine Beurteilung der Anwendung des Capillar-Elektrometers in der Physiologie. Pflüger Arch 99(9–10):472–480. <https://doi.org/10.1007/BF01811855>
2. Dower GE, Yakush A, Nazzari SB, Jutzy RV, Ruiz CE (1988) Deriving the 12-lead electrocardiogram from four (EASI) electrodes. J Electrocardiol 21:S182–S187. [https://doi.org/10.1016/0022-0736\(88\)90090-8](https://doi.org/10.1016/0022-0736(88)90090-8)
3. Isakadze N, Martin SS (2019) How useful is the smartwatch ECG? Trends Cardiovasc Med. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2019.10.010>
4. Ibanez B, James S, Agewall S, Antunes MJ, Bucicciari-Ducci C, Bueno H, Caforio ALP, Crea F,