Plötzlicher Herztod: Voraussage mittels nichtinvasiver Methoden

Andreas W. Schoenenberger[a], Paul Erne[b]

[a] Klinik für Allgemeine Innere Medizin, Inselspital Bern, [b] Kardiologische Abteilung, Kantonsspital Luzern

Quintessenz

- Die nichtinvasiven Methoden zur Voraussage des plötzlichen Herztodes basieren einerseits auf der Aufzeichnung und Verarbeitung des EKG-Signals, andererseits auf den bekannten Methoden zur Messung der linksventrikulären Auswurffraktion.
- Die Langzeit-EKG-Registrierung erlaubt die direkte Aufzeichnung von Rhythmusstörungen. Die ventrikuläre Extrasystolie der Lown-Klassen III und höher geht mit einem erhöhten Risiko für einen plötzlichen Herztod einher.
- Das signalgemittelte EKG ermöglicht die Messung von Spätpotentialen am Ende des QRS-Komplexes und besitzt einen sehr guten negativen Prädiktionswert.
- Neuere Methoden wie die Analyse der Herzfrequenzvariabilität, des T-Wellen-Alternans und der QT-Dispersion sowie die Wedensky-Modulation sind in Entwicklung. Deren Verwendung in der Risikostratifizierung hinsichtlich des plötzlichen Herztodes ist bisher nicht geklärt.
- Von den nichtinvasiven Methoden zur Erfassung des Herztodrisikos am häufigsten verwendet wird die linksventrikuläre Auswurffraktion. Dies hat drei Gründe: Erstens lässt sie sich einfach messen, zweitens sagt eine linksventrikuläre Auswurffraktion von <35% zusammen mit nichtanhaltenden Kammertachykardien ein Risiko für einen plötzlichen Herztod in den ersten zwei Jahren nach einem Myokardinfarkt von bis zu 30% voraus, und drittens ist sie Bestandteil der Risikostratifizierung in den wichtigsten ICD-Studien (MADIT I und II, MUSTT).

Summary

Sudden cardiac death: prediction by non-invasive methods

- *Non-invasive methods of predicting sudden cardiac death are based, first, on recording and processing of the ECG signal and, second, on the well known methods of measuring left ventricular ejection fraction.*
- *Prolonged ECG monitoring renders possible direct recording of arrhythmias. Premature ventricular beats of Lown class III and above are associated with an increased risk of sudden cardiac death.*
- *The signal averaged ECG allows measurement of late potentials at the end of the QRS complex and is a very good negative predictor.*
- *New methods, such as analysis of heart rate variability, T-wave alternans and QT dispersion, as well as Wedensky modulation, are under development. Their use in risk stratification in regard to sudden cardiac death has not yet been clarified.*
- *Of the non-invasive methods of determining cardiac death risk, the most often used is the left ventricular ejection fraction. There are three reasons for this: first, it is easily measurable, second, a left ventricular ejection fraction*

Einleitung

Die Erhebung des individuellen Risikos für einen plötzlichen Herztod hat durch neuere technische Entwicklungen wie etwa der Möglichkeit der Implantation interner Defibrillatoren (Abb. 1) an Aktualität gewonnen. Interne Defibrillatoren (implantable cardioverter-defibrillators, ICD) können Todesfälle durch plötzliche gefährliche ventrikuläre Herzrhythmusstörungen verhindern. Die Entwicklung dieser Technik begann Anfang der achtziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts [1]; Mitte der neunziger Jahre wurden die ICD klinisch anwendbar. Damit stellte sich auch die Frage, welche Patienten von dieser Möglichkeit profitieren können.

Bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit konnten Fortschritte bei der Evaluation des Risikos für spätere gefährliche Rhythmusstörungen erzielt werden. Für Patienten mit anderen strukturellen Herzerkrankungen (z.B. mit dilatativer oder mit hypertropher obstruktiver Kardiomyopathie) sowie für Patienten mit primären Störungen der Reizleitung (z.B. mit einem langen QT- oder einem Brugada-Syndrom) fehlen jedoch bislang Abklärungsstrategien, die auf Grossstudien basieren. Die vorliegende Arbeit stellt die verfügbaren nichtinvasiven Methoden zur Erhebung des Herztodrisikos dar und zeigt die Möglichkeiten einer Abklärungsstrategie in der wichtigsten Hochrisikogruppe auf.

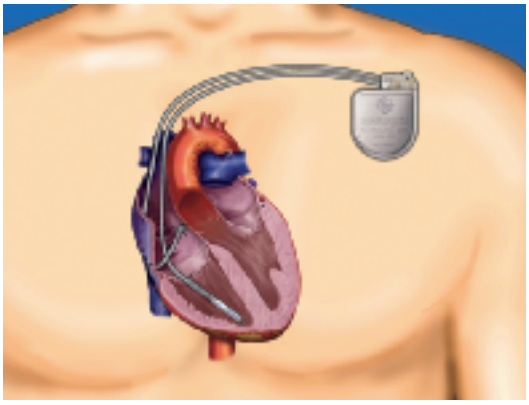

Abbildung 1
Implantierbarer Defibrillator (implantable cardioverter-defibrillator, ICD). Abdruck mit freundlicher Genehmigung der Medtronic Schweiz AG, Tolochenaz.

CME zu diesem Artikel finden Sie auf S. 513 oder im Internet unter www.smf-cme.ch.

below 35%, associated with non-sustained ventricular tachycardia, is predictive of up to 30% risk of sudden cardiac death in the first 2 years after myocardial infarction, and third, it is a component of risk stratification in the most important ICD studies (MADIT I and II, MUSTT).

Verfügbare Methoden

Die nichtinvasiven Technologien zur Voraussage des plötzlichen Herztodes basieren einerseits auf der Aufzeichnung und Verarbeitung des EKG-Signals, andererseits auf den bekannten Methoden zur Messung der linksventrikulären Auswurffraktion. Bei den Technologien, die das EKG-Signal zur Prädiktion von gefährlichen Arrhythmien benutzen, wird unterschieden zwischen der Langzeit-EKG-Registrierung, welche die gefährlichen Rhythmusstörungen direkt aufzuzeichnen versucht, und denjenigen Methoden, die ein abgeleitetes EKG-Signal auf unterschiedliche Weise analysieren, um die Gefahr von gefährlichen Rhythmusstörungen vorauszusehen.

Arrhythmienachweis in der Langzeit-EKG-Registrierung

Eine ambulante EKG-Aufzeichnung kann nützlich sein, um gefährliche symptomatische und asymptomatische Arrhythmien nachzuweisen. Zur Prädiktion des plötzlichen Herztodes richtet sich das Augenmerk auf die Aufzeichnung einer ventrikulären Extrasystolie der Lown-Klasse III und höher, die Lown primär zur Arrhythmiestratifizierung beim akuten Myokardinfarkt einführte. Ventrikuläre Arrhythmien der Lown-Klasse III und höher gehen allesamt mit einem erhöhten Risiko eines plötzlichen Herztodes einher.

Das Holter-EKG wurde 1961 eingeführt und war die erste verfügbare Technik, um Palpitationen sowie Synkopen hinsichtlich Herzrhythmusstörungen abzuklären [2]. Neuere Geräte vermögen über längere Zeit EKG-Signale registrieren, teils zeichnen sie ein kontinuierliches Signal auf, teils muss die Aufzeichnung durch den Patienten aktiviert werden. Eine weitere Möglichkeit zur ambulanten EKG-Registrierung bieten die implantierbaren Loop-Recorder und die zur Therapieüberwachung entwickelten neueren Schrittmacher- und ICD-Modelle, deren EKG-Aufzeichnung bei den regelmässigen Kontrollen abgerufen werden kann.

Das Holter-EKG ist der Prototyp einer kontinuierlichen Signalaufzeichnung. Die Aufzeichnung erfolgt heute noch meist über zwei oder drei Elektroden während 24 Stunden. Systeme, welche eine Registrierung über eine Woche mit bis zu 10 Ableitungen zulassen, sind heute bereits ebenfalls gebräuchlich (wir verwenden seit einigen Monaten nur noch diese). Das Signal wird entweder analog auf einer Kassette oder bei neueren Geräten digital auf einem passenden Medium gespeichert. Bis vor kurzem war die Aufzeichnungszeit durch den verfügbaren Speicherplatz auf der Kassette auf maximal 48 bis 72 Stunden limitiert. Bisher ging man davon aus, dass die Patienten mit gefährlichen Arrhythmien mit einer Aufzeichnung über 24 Stunden erfasst werden und die Therapie dadurch gesteuert werden kann. Welchen Zusatzgewinn eine Aufzeichnung über mehrere Tage für die Risikoidentifikation bringen wird, muss noch in Studien abgeklärt werden. Eine Aufzeichnung über längere Zeit und mit mehr als drei Registrierungskanälen ist aber für Patienten mit selteneren Palpitationen, zur Planung einer interventionellen Kathetertherapie sowie zur Kontrolle nach der Ablation eines Vorhofflimmerns wünschenswert. Sogenannte Event-Recorder speichern eine kurze EKG-Sequenz über wenige Minuten, sobald das Gerät durch den Patienten aktiviert wird. Der Loop-Recorder stellt eine Erweiterung des Event-Recorders dar, indem das EKG-Signal zwar kontinuierlich aufgezeichnet, jedoch erst nach der Aktivierung durch den Patienten gespeichert wird. Dadurch kann das EKG-Signal sowohl vor als auch nach der Aktivierung gespeichert werden. Bei kurzen Arrhythmieepisoden sollten nur noch Systeme eingesetzt werden, welche die letzten 30 Sekunden vor der Aktivierung durch den Patienten ebenfalls abspeichern. Diese Geräte sind klein und leiten das EKG-Signal über zwei bis drei Elektroden ab. Es gibt Systeme, die an einem Gurt getragen und solche, die implantiert werden (Abb. 2). Durch die lange Tragedauer über Wochen wird die Wahrscheinlichkeit erhöht, eine symptomatische Rhythmusstörung zu dokumentieren. Der Nachteil dieser Geräte, sofern nicht solche mit automatischer Aktivierung bei vorprogrammierten Herzfrequenzen zum Einsatz gelangen, besteht darin, dass asymptomatische Arrhythmien nicht nachgewiesen werden und dass bei einem Bewusstseinsverlust die Aktivierung nicht in jedem Fall gewährleistet ist.

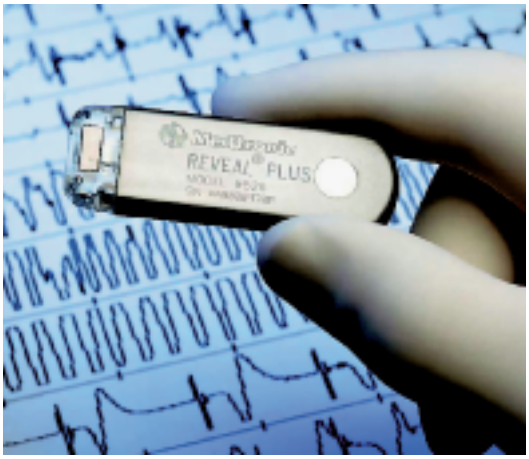

Abbildung 2
Implantierbarer Loop-Recorder.
Abdruck mit freundlicher Genehmigung der Medtronic Schweiz AG, Tolochenaz.

Spätpotentiale im signalgemittelten EKG

Das signalgemittelte EKG wurde in den frühen achtziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts entwickelt, um gefährliche ventrikuläre Arrhythmien vorauszusagen [3]. Das signalgemittelte EKG (Abb. 3) ist in der Lage, Potentialschwankungen im Mikrovoltbereich zu detektieren. Diese kleinsten Potentialschwankungen, auch Spätpotentiale (late potentials) genannt, resultieren aus einer lokal verzögerten und fraktionierten Reizleitung in vernarbtem Myokardgewebe und sollten so die Identifikation von Substraten für die Entstehung von gefährlichen ventrikulären Rhythmusstörungen erlauben.

Abbildung 3
Gerät zur Aufzeichnung eines signalgemittelten EKGs.

Um diese Signale mit tiefer Amplitude überhaupt detektieren zu können, ist es notwendig, ein möglichst störungsfreies EKG-Signal zu empfangen. Dies erfordert einen gewissen Aufwand an Apparaturen, der von einem gewöhnlichen 12-Ableitungs-EKG nicht erbracht werden kann. Der Störsignalpegel im normalen EKG liegt im Bereich von 8–10 µV und wird hauptsächlich durch die Skelettmuskelaktivität erzeugt. Zur Detektierung von Spätpotentialen sollte der Störsignalpegel jedoch in einem Bereich von <1 µV liegen. Beim signalgemittelten EKG lässt sich der Störsignalpegel mittels einer aufwendigen elektrischen Abschirmung des Gerätes und dank einer Mittelung von über 250–500 Schlägen auf bis zu 0,3 µV senken. Eine weitere Massnahme zur Verbesserung des Signals stellt die Limitierung auf einen Summationsvektor dar. Im Unterschied zum 12-Ableitungs-EKG wird beim signalgemittelten EKG also nicht der Summationsvektor auf 12 verschiedene Ableitungsachsen projiziert, sondern aus den drei Frank-Ableitungsachsen (X, Y und Z) ein Summationsvektor hergeleitet. Das Signal des gemittelten Summationsvektors wird dann meist auf einer Zeitachse eingetragen (Abb. 4). Der gemittelte QRS-Komplex des Summationsvektors wird schliesslich mit bezug auf drei Grössen analysiert: erstens hinsichtlich der QRS-Dauer (gebräuchliche Abkürzung: fQRS), zweitens der Dauer von Signalen mit tiefer Amplitude (<40 µV) im terminalen QRS-Komplex (gebräuchliche Abkürzung: LAS) und drittens der durchschnittlichen Amplitude im letzten Teil (meist die letzten 40 ms) des QRS-Komplexes (gebräuchliche Abkürzung: RMS40). Aufgrund von Untersuchungen an Patienten [4] und einer gesunden Population [5] ist für Spätpotentiale typisch, dass der gefilterte QRS-Komplex länger als 114 ms dauert, die Signale mit tiefer Amplitude länger als 38 ms anhalten und in den letzten 40 ms des QRS-Komplexes ein Signal <20 µV vorhanden ist.

Das signalgemittelte EKG hat seine Nützlichkeit zur Voraussage von Arrhythmien nach einem Myokardinfarkt in zahlreichen Studien bewiesen [6]. In den meisten Studien, welche die Wertigkeit des signalgemittelten EKGs zur Voraussage des plötzlichen Herztodes nach einem Myokardinfarkt untersuchten, war der negative prädiktive Wert hoch (96–99%), der positive prädiktive Wert hingegen tief (10–27%); die Sensitivität variierte zwischen 63 und 93%, die Spezifität zwischen 51 und 81%. Ein normales signalgemitteltes EKG schliesst also einen plötzlichen Herztod nach einem Myokardinfarkt mit hoher Wahrscheinlichkeit aus. Auch bei der chronischen ko-

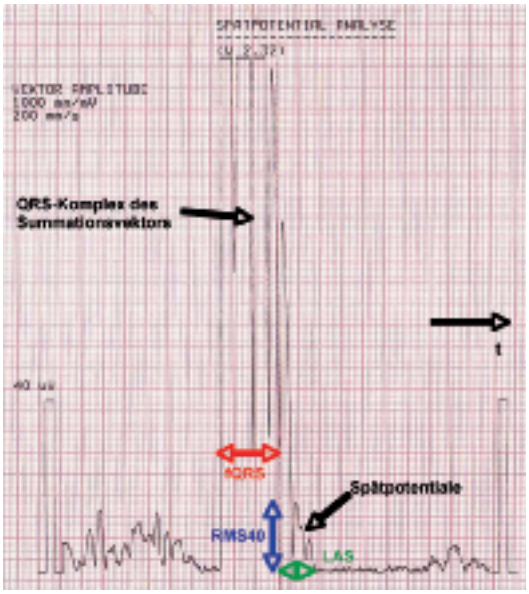

Abbildung 4
Ausdruck eines signalgemittelten EKGs. Der gemittelte QRS-Komplex des Summationsvektors wird analysiert bezüglich der QRS-Dauer (fQRS), der Dauer von Signalen mit tiefer Amplitude (<40 µV) im terminalen QRS-Komplex (LAS) und der durchschnittlichen Amplitude im letzten Teil (meist der letzten 40 ms) des QRS-Komplexes (RMS40). Für Spätpotentiale ist typisch, dass der gefilterte QRS-Komplex länger als 114 ms dauert, die Signale mit tiefer Amplitude länger als 38 ms anhalten und in den letzten 40 ms des QRS-Komplexes ein Signal <20 µV vorhanden ist.

ronaren Herzkrankheit und bei Kardiomyopathien zeichnet sich in kleineren Studien eine gute negative Prädiktion bezüglich gefährlicher Rhythmusstörungen ab. Leider ist die Datenlage für arrhythmiegefährdete Patienten mit anderen Herzerkrankungen als der koronaren sehr dürftig. Die Aussagekraft des signalgemittelten EKGs ist limitiert bei intraventrikulären Reizleitungsstörungen, insbesondere beim kompletten Linksschenkelblock. Auch Vorhofflimmern und Vorhofflattern können die prädiktive Aussagekraft des signalgemittelten EKGs reduzieren.

Herzfrequenzvariabilität

Unter der Herzfrequenzvariabilität ist die Analyse der Variabilität des R-R-Intervalls von Schlag zu Schlag zu verstehen. Die R-R-Intervalle werden aus der Holter-EKG-Aufzeichnung abgeleitet. Die Herzfrequenzvariabilität wird neben der respiratorischen Variabilität vorwiegend durch den Tonus des autonomen Nervensystems beeinflusst. Es besteht Evidenz für eine Korrelation zwischen dem Risiko für einen plötzlichen Herztod und dem autonomen Tonus, wobei eine verminderte vagale Aktivität mit einer erhöhten Suszeptibilität für letale Arrhythmien verbunden zu sein scheint [7]. Die Herzfrequenzvariabilität ist in der Frühphase nach einem Myokardinfarkt vermindert und nimmt in den Wochen nach dem Infarktereignis wieder zu [8]. Patienten mit schwerer Herzinsuffizienz oder diabetischer Polyneuropathie weisen ebenfalls eine verminderte Herzfrequenzvariabilität auf. Es konnte gezeigt werden, dass eine stark verminderte Herzfrequenzvariabilität nach einem Myokardinfarkt mit einem erhöhten Risiko (relatives Risiko bis zu 2,8mal höher als normal) eines plötzlichen Herztodes und für Kammertachykardien einhergeht [9]. Die Herzfrequenzvariabilität für sich allein hat jedoch eine tiefe prädiktive Wertigkeit, so dass sie im klinischen Alltag bisher lediglich eine kleine Rolle spielt.

Herzfrequenzverhalten während der Ergometrie

Kürzlich konnte gezeigt werden, dass das Herzfrequenzverhalten während einer Ergometrie eine Voraussagekraft bezüglich eines späteren plötzlichen Herztodes aufweist [10]. Das Risiko eines plötzlichen Herztodes nach einem Myokardinfarkt war in dieser Untersuchung für Patienten mit einer Ruheherzfrequenz von >75 Schlägen pro Minute fast um das Vierfache, für solche mit einer Herzfrequenzdifferenz zwischen maximaler Belastung und Ruhe von <89 Schlägen pro Minute um gut das Sechsfache und für Patienten mit einer Herzfrequenzabnahme von <25 Schlägen pro Minute während der Erholungsphase um gut das Doppelte erhöht.

Alternans der T-Welle

Unter dem elektrischen Alternans der T-Welle versteht man die Variabilität der T-Welle im EKG von Schlag zu Schlag. Alternierende T-Wellen sind Ausdruck einer heterogenen Repolarisation und konnten experimentell kurz vor dem Ausbruch einer Kammertachykardie im EKG beobachtet werden. Die Messung des T-Wellen-Alternans' ist erst seit wenigen Jahren verfügbar. Sie erfordert wie beim signalgemittelten EKG einen apparativen Aufwand, um die Schwankungen, welche sich im Mikrovoltbereich bewegen, nachzuweisen. Zur Bestimmung des Alternans' wird die T-Welle jeweils zur gleichen Zeit nach dem QRS-Komplex gemessen, anschliessend wird das Powerspektrum berechnet, um weitere Einflussfaktoren wie Respiration oder Rauschen auszuschliessen. Verschiedene Studien konnten zeigen, dass der Alternans der T-Welle eine Prädiktion (insbesondere eine positive prädiktive Aussage) bezüglich des Risikos von gefährlichen Herzrhythmusstörungen und eines plötzlichen Herztodes erlaubt.

QT-Dispersion

Als QT-Dispersion wird die Variabilität des QT-Intervalls bezeichnet, welche wie der Alternans der T-Welle die Heterogenität der ventrikulären Repolarisation widerspiegelt. Die QT-Dispersion kann gemessen werden, indem man die Differenz zwischen dem längsten und dem kürzesten QT-Intervall auf einem 12-Ableitungs-EKG bestimmt. Eine abnormal grosse QT-Dispersion scheint mit einem ungefähr doppelt so hohen Risiko für die kardiovaskuläre Gesamtmortalität verknüpft zu sein, wie verschiedene Studien zeigen konnten.

Wedensky-Modulation

Dieses neue Verfahren benutzt einen seit mehr als hundert Jahren aus der Physiologie bekannten Effekt. Wird auf eine depolarisierbare Zelle ein unter der Depolarisationsschwelle liegender elektrischer Stimulus appliziert, so wird die Depolarisationsschwelle herabgesetzt. Dieses Phänomen ist als sogenannter Wedensky-Effekt bekannt. Das computergestützte Gerät zur Bestimmung der Wedensky-Modulation (Abb. 5 📷) ist einfach aufgebaut: Es besteht aus einer EKG-Aufzeichnungseinheit, welche das EKG-Signal über spezielle Elektroden, die ein rauscharmes Aufzeichnen ermöglichen, ableiten sowie aus einem Computer, welcher die Applikation dieser unterschwelligen Stromstösse über besondere Elektroden steuert. Zur Analyse werden 300 QRS-Komplexe aufgezeichnet, und bei jedem zweiten wird ein solcher Stromstoss appliziert. Anschliessend werden die QRS-Komplexe mit und ohne Wedensky-Modulation miteinander verglichen. In experimentellen Untersuchungen liessen sich bisher Unterschiede zwischen von ventrikulären Arrhythmien gefährdeten Patienten und Kontrollpersonen nachweisen, indem die Gruppe der gefährdeten Patienten bei den unterschwelligen Stromstössen

eine kleinere Reizschwellenänderung zeigte als die Kontrollgruppe.

Linksventrikuläre Auswurffraktion

Bei Patienten nach einem Myokardinfarkt ist die linksventrikuläre Auswurffraktion ein wichtiger Prognosemarker für die Gesamtmortalität [11]. In den neueren Untersuchungen zur ICD-Implantation [12–14] spielt die linksventrikuläre Auswurffraktion eine dominante Rolle.

Andere nichtinvasive Parameter

Ein normales Ruhe-EKG bei einem asymptomatischen Patienten ist ein Indikator dafür, dass die Wahrscheinlichkeit einer relevanten Herzkrankheit nicht sehr hoch ist. Mit einem normalen Ruhe-EKG lässt sich jedoch ein erhöhtes arrhythmogenes Risiko nicht mit Sicherheit ausschliessen, da ein akzessorisches Bündel, ein langes QT-Syndrom oder eine Brugada-Konstellation nicht permanent vorhanden sein müssen. Das Vorliegen eines abgelaufenen Infarktes, der Nachweis eines Vorhofflimmerns oder eines Linksschenkelblocks im Ruhe-EKG kann mit einem erhöhten Arrhythmiepotential verbunden sein, doch ist der prädiktive Wert gering. Der Nachweis von erhöhten Katecholamin- oder BNP-Konzentrationen deutet auf eine beträchtliche Herzinsuffizienz hin, ist aber als Indikator eines plötzlichen Herztodes ungenügend untersucht worden.

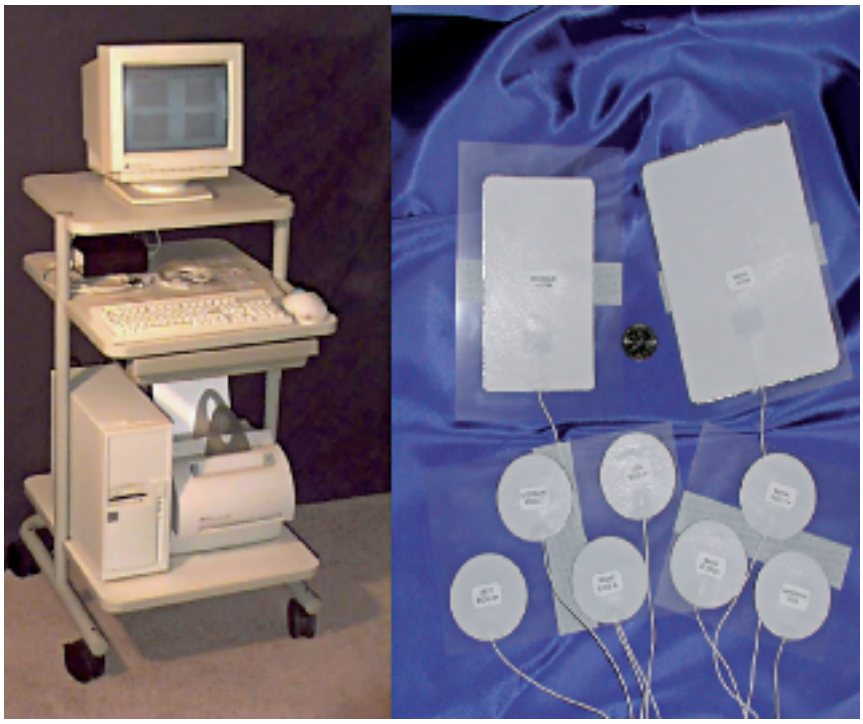

Abbildung 5
Gerät zur Erfassung der Wedensky-Modulation. Es besteht aus einer Computereinheit, welche die elektrischen Impulse steuert sowie das EKG-Signal aufzeichnet und auswertet, und aus den speziellen Elektroden, welche die Impulse auf den Körper übertragen und ein hochaufgelöstes EKG-Signal ableiten.

Strategien für die nichtinvasive Risikostratifizierung bei Patienten mit erhöhtem Risiko für einen plötzlichen Herztod

Allgemeinverbindliche Richtlinien für die Risikostratifizierung hinsichtlich des plötzlichen Herztodes gibt es keine. Am besten belegt ist die Abklärungsstrategie bei Patienten nach einem akuten Myokardinfarkt. Für Patienten mit anderen strukturellen Herzerkrankungen oder mit primären Störungen des Reizleitungssystems ist die Datenlage dürftig. Ein Vorschlag, wie das Risiko für einen plötzlichen Herztod bei Patienten mit chronischer koronarer Herzkrankheit oder mit einer Kardiomyopathie, also einem typischerweise ambulanten Patientenkollektiv, eingeschätzt werden kann, ist in Abbildung 6 dargestellt.

Abklärungsstrategie bei Patienten mit akutem Myokardinfarkt

Von allen Patienten, die ein erhöhtes Risiko für einen plötzlichen Herztod aufweisen, ist rein zahlenmässig die Gruppe der Patienten mit einem akuten Myokardinfarkt die wichtigste und deshalb auch die am besten untersuchte. Patienten mit medikamentös nicht supprimierbaren anhaltenden und nichtanhaltenden Kammertachykardien und mit einer linksventrikulären Auswurffraktion von <35% haben in den auf den Myokardinfarkt folgenden zwei Jahren ein Risiko von bis zu 30%, einen plötzlichen Herztod zu erleiden. Der «Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial» (MADIT) [12] zeigte ein signifikant besseres Überleben für Patienten mit koronarer Herzkrankheit, eingeschränkter linksventrikulärer Herzfunktion (≤35%), nachgewiesenen nichtanhaltenden Kammertachykardien und in der elektrophysiologischen Untersuchung induzierbaren, nicht medikamentös beeinflussbaren monomorphen ventrikulären Tachykardien, welche einen ICD bekamen. Der «Multicenter Unsustained Tachycardia Trial» (MUSTT) [13] bestätigte diese Resultate für eine ähnliche Patientengruppe, indem die Implantation eines ICD das Überleben verbesserte. Der «Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial II» (MADIT II) [14] belegte, dass bereits ein akutes Infarktereignis sowie eine linksventrikuläre Auswurffraktion von ≤30% genügen, um mit einer ICD-Implantation einen signifikanten Überlebensvorteil zu erreichen, wobei sich nicht in allen Studien mit solchen Einschlusskriterien eine Reduktion der Gesamtmortalität dokumentieren liess. Die in den Studien gewählten Einschlusskriterien führten dazu, dass die «number needed to treat» (NNT) zum Teil hoch war (MADIT 4,6; MADIT II 17,9). Klar scheint damit, nicht zuletzt auch aufgrund der enormen gesundheitsökonomischen Implikationen dieser Studien, dass die Abklärungsstrategie verbessert

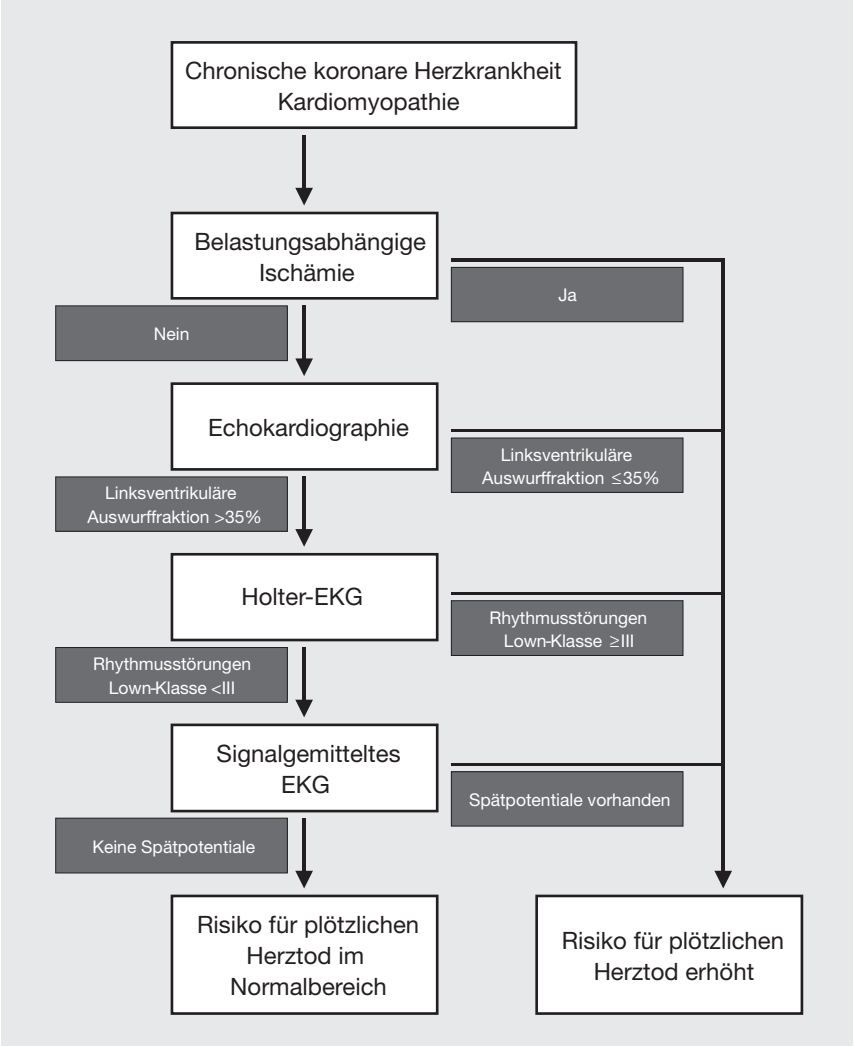

Abbildung 6
Flussdiagramm zur Evaluation des Risikos für einen plötzlichen Herztod.

werden muss. Es gilt Methoden einzusetzen, mit denen der plötzliche Herztod mit hoher Sicherheit ausgeschlossen werden kann, insbesondere auch bei jenen Patienten, die eine linksventrikuläre Auswurffraktion von <30% haben. Andererseits wäre es wünschenswert, Methoden zur Verfügung zu haben, die Patienten identifizieren, die trotz einer linksventrikulären Auswurffraktion von >30% ein erhöhtes Risiko für Arrhythmien aufweisen. Die linksventrikuläre Auswurffraktion wird heutzutage in der Schweiz bei jedem Infarktpatienten ermittelt, sei es mittels einer Echokardiographie oder anlässlich der Koronarangiographie. Dies erlaubt eine gewisse Risikoeinschätzung. Grundsätzlich könnte aufgrund der MADIT-II-Studie bei einer linksventrikulären Auswurffraktion von <30% ohne weitere Abklärung ein ICD empfohlen werden. Will man aber mit den Ressourcen ökonomisch umgehen und die «number needed to treat» senken, ist eine elektrophysiologische Untersuchung zur ICD-Implantation ein Muss.

Offene Fragen hinsichtlich der Abklärungsstrategie gibt es viele. Zum Beispiel belegten einige der erwähnten Studien die Wichtigkeit des Nachweises von nichtanhaltenden Kammertachykardien. Praktisch alle Infarktpatienten werden nach dem Akutereignis mittels Rhythmusmonitor überwacht. Es stellt sich damit die Frage, ob Patienten mit einer linksventrikulären Auswurffraktion von >35% und mit einem Nachweis nichtanhaltender Kammertachykardien in jedem Fall mittels elektrophysiologischer Untersuchung weiter abgeklärt werden sollten. Eine weitere Frage wäre, ob ein normales signalgemitteltes EKG, welches einen exzellenten negativen Prädiktionswert besitzt, ausreicht, um auf eine weitere Abklärung hinsichtlich einer ICD-Implantation zu verzichten. Zukünftige Studien werden die Patienten, welche wirklich von der ICD-Implantation profitieren, weiter eingrenzen und auch zeigen müssen, welche Abklärungsstrategie im jeweiligen Fall ideal ist. Insbesondere sollten in diese künftigen Untersuchungen auch die dargestellten nichtinvasiven Methoden einbezogen werden, da diese über ein vielversprechendes, jedoch bislang nicht genutztes Potential verfügen.

Ausblick

Insbesondere bei den nichtinvasiven Methoden zur Abklärung des Risikos eines plötzlichen Herztodes sind weitere Verbesserungen in naher Zukunft auch für gefährdete Patienten ohne koronare Herzkrankheit zu erwarten. Der technische Fortschritt erlaubt beispielsweise eine immer längere ambulante EKG-Überwachung mit stetig kleiner werdenden Messinstrumenten. Das signalgemittelte EKG steht trotz einer über 20jährigen Erfahrung nicht am Ende seiner Entwicklung und hat seine Tauglichkeit als ausgezeichneter negativer Prädiktor in unterschiedlichem klinischem Kontext bewiesen. Methoden wie die Wedensky-Modulation oder die Messung des Alternans' der T-Welle sind nichtinvasiv erst seit kurzem verfügbar. Aufgrund der aktuellen Datenlage könnte sich die Wedensky-Modulation als guter negativer Prädiktor erweisen, während der Alternans der T-Welle sowie die Herzfrequenzvariabilität vielleicht eine positive Prädiktion erlauben werden. Die Verwendung und Weiterentwicklung nichtinvasiver Risikostrategien soll dazu beitragen, Ressourcen dort einzusetzen, wo Vorteile zu erwarten sind, und gleichzeitig Patienten vor potentiell gefährlichen inadäquaten Schocktherapien zu bewahren. Um Mittel ökonomisch einzusetzen und eine unnötige Gefährdung von Patienten zu vermeiden, wird zur Indikationsstellung für eine ICD-Implantation nach wie vor die invasive elektrophysiologische Untersuchung empfohlen, da nur sie über eine ausreichend hohe positive Prädiktion verfügt, um die Nützlichkeit der ICD-Implantation zu belegen.

Korrespondenz:
Prof. Dr. med. Paul Erne
Kardiologische Abteilung
Kantonsspital
Spitalstrasse
CH-6000 Luzern 16
paul.erne@ksl.ch

Literatur

1 Mirowski M, Reid PR, Mower MM, Watkins L, Gott VL, et al. Termination of malignant ventricular arrhythmias with an implanted automatic defibrillator in human beings. NEJM 1980;303:322–4.
2 Holter NJ. New method for heart studies. Continuous electrocardiography of active subjects over long periods is now practical. Science 1961;134:1214–20.
3 Simson MB. Use of signals in the terminal QRS complex to identify patients with ventricular tachycardia after myocardial infarction. Circulation 1981;64:235–42.
4 Breithardt G, Cain ME, el-Sherif N, Flowers NC, Hombach V, et al. Standards for analysis of ventricular late potentials using high-resolution or signal-averaged electrocardiography: a statement by a task force committee of the European Society of Cardiology, the American Heart Association, and the American College of Cardiology. Circulation 1991;83: 1481–8.
5 Schmid JJ, Zuber M, Evéquoz D, Erne P. Reproducibility, circadian variability and limit values of ventricular late potentials in healthy men. Ann Noninvasive Electrocardiol 1998; 3:211–9.
6 Gomes JA, Cain ME, Buxton AE, Josephson ME, Lee KL, et al. Prediction of long-term outcomes by signal-averaged electrocardiography in patients with unsustained ventricular tachycardia, coronary artery disease, and left ventricular dysfunction. Circulation 2001;104:436–41.
7 Schwartz PJ, La Rovere MT, Vanoli E. Autonomic nervous system and sudden cardiac death. Experimental basis and clinical observations for post-myocardial infarction risk stratification. Circulation 1992;85(1 Suppl):I77–91.
8 Bigger JT Jr, Fleiss JL, Rolnitzky LM, Steinman RC, Schneider WJ. Time course of recovery of heart period variability after myocardial infarction. J Am Coll Cardiol 1991;18: 1643–9.
9 Zuanetti G, Neilson JM, Latini R, Santoro E, Maggioni AP, Ewing DJ. Prognostic significance of heart rate variability in post-myocardial infarction patients in the fibrinolytic era. The GISSI-2 results. Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell' Infarto Miocardico. Circulation 1996; 94:432–6.
10 Jouven X, Empana J-P, Schwartz PJ, Desnos M, Courbon D, Ducimetière P. Heart rate profile during exercise as a predictor of sudden death. NEJM 2005;352:1951–8.
11 Bigger JT Jr. Role of left ventricular ejection fraction. In: Akhtar M, Myerburg RJ, Ruskin JN, eds. Sudden cardiac death. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1994. p. 190–201.
12 Moss AJ, Hall WJ, Cannom DS, Daubert JP, Higgins SL, et al. Improved survival with an implantable defibrillator in patients with coronary artery disease at high risk for ventricular arrhythmia. NEJM 1996;335:1933–40.
13 Buxton AE, Lee KL, Fisher JD, Josephson ME, Prystowsky EN, Hafley G. A randomised study of the prevention of sudden death in patients with coronary artery disease. Multicenter Unsustained Tachycardia Trial Investigators. NEJM 1999;341:1882–90.
14 Moss AJ, Zareba W, Jackson Hall W, Klein H, Wilber DJ, et al. Prophylactic implantation of a defibrillator in patients with myocardial infarction and reduced ejection fraction. NEJM 2002;346:877–83.