

Einige Erläuterungen zur „Cardiographie“

... soweit ich es verstehe...

Das EKG wurde vor über 100 Jahren erfunden (Herr Eindhoven bekam dafür 1924 den Nobelpreis). In den darauf folgenden Jahren fanden einige Weiterentwicklungen des EKGs statt, die allerdings in den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts weitgehend abgeschlossen waren: zunächst kamen einige zusätzliche Ableitungen hinzu, aktuell schreiben wir üblicherweise 12 Ableitungen statt anfangs nur drei. Bei kardiologischen Spezialfragestellungen sind es auch 19, aber damit erschöpft sich der eigentliche Fortschritt, die Geräte wurden lediglich kleiner und komfortabler. In den letzten Jahren kamen sogar Armbanduhren auf den Markt, die eine EKG Ableitung schreiben können!

Zur Technik des EKG:

Sie wissen sicher, dass Muskeln zucken, wenn man Strom an sie anschließt, das kennen wir aus dem Biologieunterricht und vielleicht auch von den Muskelstimulationsgeräten, die man für alle möglichen Zwecke kaufen kann.

Was aber vielleicht nicht jeder weiß, ist, dass Muskeln, die auf natürliche Weise „zucken“ (also sich zusammenziehen und dann wieder entspannen) messbare Stromsignale aussenden, weil bei der Bewegung der Muskeln ein elektrischer Vorgang beteiligt ist. Bei der Bewegung fließen nämlich elektrisch geladene Teilchen (Ionen) vom Muskelzellinneren zum Muskelzelläußeren. Dadurch entsteht elektrische Spannung. Diese kann man mit einer empfindlichen Apparatur messen. Das Gerät dafür ist über 100 Jahre alt, man nennt es Elektrokardiograph, bzw. EKG.

Das Herz ist aber kein homogener Muskel. Nicht alle Herzmuskelzellen bewegen sich gleichzeitig, das Herz vollzieht nämlich eine komplizierte Bewegung (indem bspw. erst die Vorhöfe und dann die Kammern das Blut pumpen...)

Der Ablauf der Bewegung und damit der Ströme, unterliegt also einem komplexem Muster. Dieses kann man messen.

Das ist das Prinzip des EKGs. Ich leite beispielsweise mit zwei Elektroden links und rechts vom Herzen eine Spannungsänderung über die Zeit ab und schreibe daraus eine Kurve, in der ich auf der x-Achse die Zeit und auf der Y-Achse die Spannung auftrage.

Hierbei wird aber das ganze Herz in Summe auf einmal gemessen, also alle kleinen Spannungsänderungen, die in den einzelnen Muskelzellen entstehen, werden zusammengefasst gemessen.

Ein Beispiel zum besseren Verständnis: Das ist ungefähr so, wie wenn man eine Gruppe von Menschen, die sich auf einer großen Fläche bewegt, betrachtet und zum Schluss nur sagen kann, dass sich die komplette Gruppe beispielsweise 100 Meter nach Norden bewegt hat. Dass es dabei vielleicht auch ein paar Menschen in der Gruppe gibt, die in die Gegenrichtung laufen, kann man so nicht wahrnehmen.

Die Untersuchung wird genauer durch mehrere Beobachter: indem wir die Gruppe auch von anderen Seiten ansehen. Dann kann man Aussagen treffen, wie bspw. „100m nach Norden und 100 m nach Westen“. Wenn man möchte, kann man mit diesen Messungen berechnen, wie weit sich die Gruppe in welche Richtung bewegt. Das wird aber dann schon schwieriger, man nennt das übrigens Vektorrechnung...

Bei der normalen EKG-Untersuchung verzichtet man auf diese Vektorrechnung und sieht sich „einfach“ alle 12 Kurven einzeln an. Das ist das Prinzip des Mehrkanal-EKGs. Die Interpretation dieser Kurven ist bereits ziemlich kompliziert. Das können vielleicht die Hälfte der Ärztinnen und Ärzte „für den Alltagsgebrauch“, so richtig gut können das aber nur EKG-Spezialisten (Kardiologie, noch besser Rhythmologie, vielleicht 1% der Mediziner?)

Wie wir in dem Beispiel mit der Menschengruppe bereits gesehen haben, war die erwartbare Weiterentwicklung in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts die Erfindung der Vektor-Elektrokardiographie. Hier werden Spannungsunterschiede zwischen 3 Polen gleichzeitig gemessen, es entstehen also Vektorkurven (zweidimensionale Bilder in denen die Bewegung als Punkt und die Spannung als Farbe dargestellt wird). Die Berechnung und anschließende Interpretation dieser Kurven allerdings so komplex, dass sich das Verfahren nicht durchgesetzt hat. Ich würde mal annehmen, dass vielleicht jeder tausendste Arzt Vektor-EKGs grob beurteilen kann, aber vielleicht nur jeder 10.000 Arzt richtig gut. Außerdem kostet diese Beurteilung viel Zeit. Die „klassische Methode“, des „mal einen Blick drauf werfen und sagen was los ist“ wie beim normalen EKG funktioniert nicht.

Die Cardisiographie geht nun aber noch einen Schritt weiter und misst mit vier Elektroden im dreidimensionalen Raum. Dabei entsteht eine „Datenwolke“, es werden also die Spannungsverläufe für ganz viele kleine Stellen im Herzen gemessen.

Die Beurteilung von dreidimensionalen Objekten ist zwar in der Medizin nichts systemfremdes, sondern geschieht häufig, bspw. beim Abtasten, Ultraschallen und so weiter „vor dem inneren Auge“ – man kann das in Maßen erlernen, es bedarf aber eine grundsätzlichen Begabung dafür. Wir haben aber als Menschen keinen Sinn für Elektrizität und brauchen daher technische Hilfsmittel um diese erfassen zu können.

Die Cardisiographie wurde erfunden von Menschen, die eine Leidenschaft für Vektor-EKGs hatten und die frustriert waren, dass sich dieses Verfahren nicht durchsetzt hat, obwohl es eigentlich zur Früherkennung von Krankheiten gut geeignet wäre.

Darauf möchte ich im Verlauf eingehen:

Herzkrankheiten, die auftreten durch Durchblutungsstörungen, aber auch durch Entzündungen oder strukturelle Anomalien, führen zu geändertem elektrischem Verhalten der betroffenen Herzmuskelzellen. Diese werden beispielsweise gar nicht mehr (Herzinfarkt) oder falsch (Rhythmusstörung) elektrisch geladen und damit bewegt.

Aus der Betrachtung der eindimensionalen Informationen im klassischen EKG kann man bereits viele Störungen erfassen.

Das neue Verfahren kann aber Veränderungen auch in kleinen Teilen des Herzens erfassen, wenn andere noch völlig normal sind. Veränderungen, die sonst im großen Gesamtbild nicht erkannt werden (In unserem Beispiel sind das die wenigen Menschen in der Gruppe, die sich anders bewegen, als die Gruppe insgesamt).

Da aber bereits die klassische zweidimensionale Vektorelektrokardiographie extrem komplex ist, kommt unser Gehirn hier an seine Grenzen. Es schlägt die Stunde der KI, die eigentlich nichts anderes ist, als ein lernfähiges Computerprogramm zur Mustererkennung und zum Mustervergleich. Das Programm wurde (und wird weiterhin) „gefüttert“ mit Cardisiographien von gesunden Menschen und von solchen, bei denen man die Krankheit kannte. Die künstliche Intelligenz also der Computer erkennt nun also typische Veränderungen, die beispielsweise auftreten, wenn eine Hauptarterie partiell verschlossen ist und dann dadurch einige Zellen in der Herzspitze nicht so gut arbeiten, wie sie es sonst tun würden.

Wenn das Muster einem der KI bereits bekannten ähnelt, wird sie den Befund „äußern“, dass eventuell eine koronare Herzerkrankung vorliegen könnte, was dann Anlass zu ergänzenden Untersuchungen gibt.

Die Erkennung von Herzrhythmusstörungen wird in der Cardisiographie einerseits dadurch optimiert, dass man sie nun einzelnen Herzarealen zuordnen kann, aber auch durch eine optimierte Vergleichsmöglichkeit der einzelnen Herzschläge durch den Computer. Das ist sehr spannend zum Beispiel bei der Früherkennung von Vorhofflimmern durch Detektion arhythmischer Stellen im Vorhof bereits zu einem Zeitpunkt, an dem noch kein permanentes Vorhofflimmern vorliegt, bzw. es nur ganz selten auftritt und sich der Diagnostik dadurch entzieht. Leider wird Vorhofflimmern oft erst nach dem Schlaganfall festgestellt – dessen Hauptrisikofaktor es ist...

So viel zur Theorie. Das Ganze ist extrem spannend und verspricht wirklichen medizinischen Fortschritt.

Ich bin für Frage und Diskussionen gerne offen. Sprechen Sie mich an.

Ihr

Jürgen Fehr