

2.2 Herz-EKG

KURSRAUM 23-H-24 (Eingang H-25)

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	3
1.1. LERNZIELE	4
2. ECHOKARDIOGRAPHIE (DEMONSTRATION)	5
2.1. EINFÜHRUNG	5
2.2. VERSUCHSZIELE	5
<i>Herz-Zyklus (Zeitdiagramm):</i>	6
3. AUSKULTATION DER HERZTÖNE	7
3.1. EINFÜHRUNG	7
3.2. VERSUCHSZIELE	7
3.3. METHODIK.....	8
<i>Auskultation</i>	8
<i>Resultate und Auswertung</i>	8
4. ELEKTROKARDIOGRAMM (EKG)	9
4.1. EINFÜHRUNG	9
<i>EKG</i>	10
<i>Position der EKG Elektroden und Ableitungen</i>	10
<i>Bedeutung der Ausschläge eines EKG's:</i>	11
<i>Bestimmung der Elektrischen Herzachse und Lagetypen</i>	12
<i>Schlussfolgerungen</i>	13
4.2. VERSUCHSZIELE	13

4.3. METHODIK.....	13
<i>Standard-EKG</i>	14
<i>Respiratorische Sinusarrhythmie</i>	14
<i>Resultate und Auswertung</i>	15
5. GLOSSAR.....	17

1. Einleitung

Das Herz besteht aus zwei funktionell in Serie angeordneten Pumpen, welche jedoch anatomisch parallel angelegt sind. Seine konstante Funktion ist für das Leben unerlässlich, da ein Unterbruch der Hirndurchblutung von ~10 Sekunden zur Bewusstlosigkeit und ein Unterbruch von wenigen Minuten zu irreversiblen Schäden führt.

In diesem Praktikum haben Sie die Gelegenheit, die wichtigsten nicht-invasiven Methoden zur Beurteilung der Herzfunktion kennenzulernen.

Die Funktion des Herzens wird vom Arzt vorerst klinisch mittels *Anamnese*, *Inspektion*, *Palpation* und *Auskultation* beurteilt. Die Auskultation des Herzens (Herztöne und pathologische Geräusche) kann Hinweise auf angeborene und erworbene funktionelle und/oder morphologische Störungen (Klappendefekte, andere Herzvitien etc.) geben.

Das EKG misst an der Körperoberfläche Potentialdifferenzen (elektrische Spannungsdifferenzen), die durch die elektrische Aktivität des Herzens verursacht werden. So liefert es wichtige Hinweise zur Rhythmogenese und zur Erregungsüberleitung. Die Analyse des EKGs ist auch für die Beurteilung der koronaren Insuffizienz und des Herzinfarkts (Herzischämie) unerlässlich.

Mittels Echokardiographie (Herzultraschall) wird das Herz und seine mechanische Funktion (Klappenbewegungen, Kammervolumina) mit guter zeitlicher und ansprechender räumlicher Auflösung visualisiert. Zugleich können mittels Doppelmessung Blutstromrichtungen und –geschwindigkeiten bestimmt werden.

Invasive Methoden (Herzkatheter) werden hier nicht besprochen. Sie werden für die Bestimmung intrakardialer Druckwerte, für die genaue Bestimmung des Blutstroms (Herzminutenvolumen), für die Visualisierung der Kranzgefäße und für intrakardiale elektrokardiographische Messungen gebraucht.

1.1. Lernziele

1. Allgemein: Praktisches Kennenlernen der nicht-invasiven Methoden zur Beurteilung der Herzfunktion
2. Allgemein: Zeitlichen Ablauf des Herzzyklus praktisch erfassen (elektrische und mechanische Aspekte)
3. Echokardiographie (Herzultraschall) Demonstration: Kenntnis der Methode und Verständnis der Herzmechanik
4. Auskultation: 1. und 2. Herzton erkennen lernen und Entstehung der Herztöne und (pathologischer) Herzgeräusche verstehen. Zeitliche Koordination mit Puls erfassen.
5. EKG: Ausführung eines EKGs erlernen (Anlegen der Elektroden) und Beurteilung eines normalen EKGs üben.

2. Echokardiographie (Demonstration)

2.1. Einführung

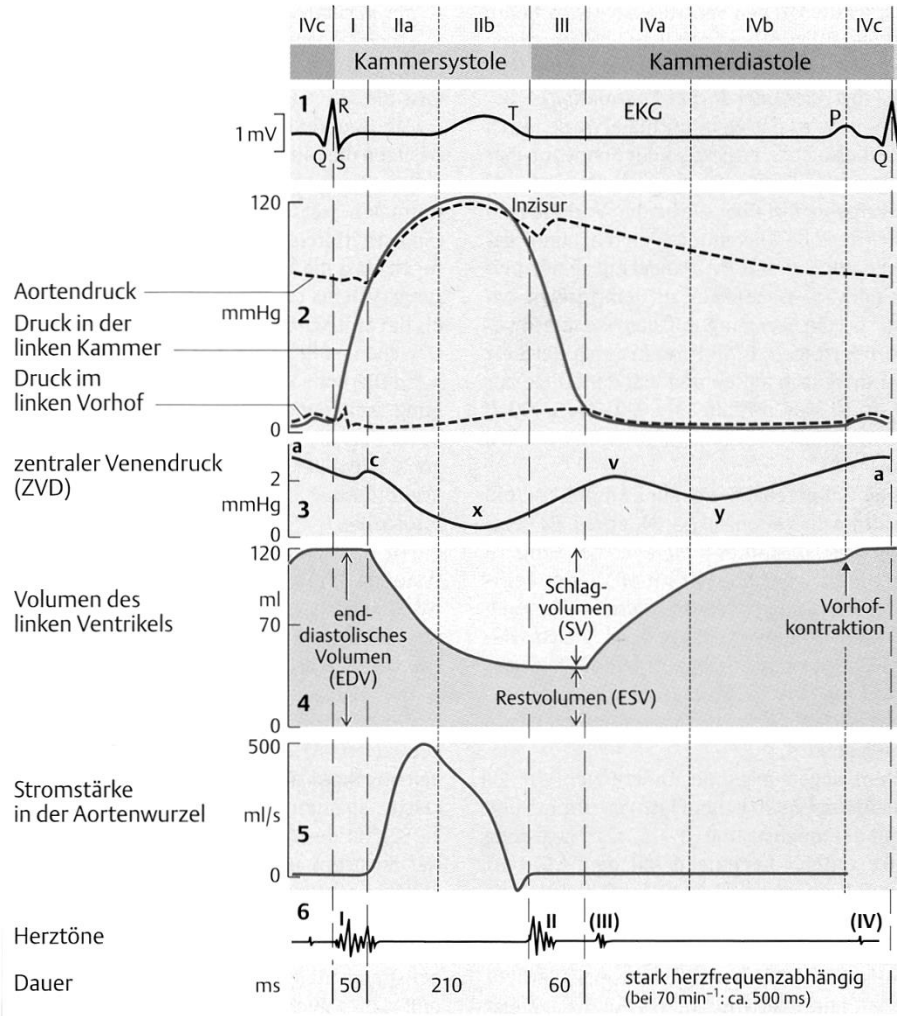
Die Echokardiographie (Ultraschallmethode der Bildgebung am Herzen) hat sich als eine sehr wichtige nicht-invasive Herzuntersuchungsmethode etabliert. Ihr Prinzip beruht darauf, dass Ultraschallwellen von Grenzflächen teilweise reflektiert werden. Der Schallkopf, der mit zahlreichen Sendern und entsprechenden Empfängern ausgerüstet ist, wird gegen die Brustwand gehalten. Dabei werden die Ultraschallechos registriert, welche zur Konstruktion des auf dem Monitor erscheinenden Bildes genutzt werden.

Die dynamischen Schnittbilder erlauben die Anatomie des Herzens und seine Bewegungen zu untersuchen. Beispielsweise kann man die Ventrikelgröße (Fläche) vor und nach dem Auswurf messen und damit die Auswurfraction berechnen. Gleichzeitige Dopplermessungen erlauben auch die Blutstromrichtung und Geschwindigkeit zu messen. Somit können die Klappen nicht nur auf Aussehen und Bewegung, sondern auch auf hämodynamisches Verhalten beurteilt werden.

2.2. Versuchsziele

- Demonstration durch einen Kardiologen des USZ
- Kenntnis der Echokardiographie als diagnostische Methode
- Verständnis der Herzmechanik durch Visualisierung des Herzzyklus

Herz-Zyklus (Zeitdiagramm):



Aus Taschenatlas der Physiologie, Thieme

3. Auskultation der Herztöne

3.1. Einführung

Die Herztöne (physikalisch eigentlich Geräusche) sind zeitlich scharf begrenzte Schwingungen (≤ 50 Hz) des Herzens, welche sich bis auf die Thoraxwand fort-pflanzen, mit dem Stethoskop hörbar und mit dem Phonokardiogramm registrier-bar sind. Der *erste Herzton* wird durch die Anspannung der Ventrikelwände und die Schliessung der Tricuspidal- und Mitralklappe (Segelklappen, AV-Klappen) verursacht. Der *zweite Herzton*, der heller und kürzer ist, entspricht der Schlies-sung der Aorten- und Pulmonalisklappe (Taschenklappen). Die zeitliche Verzö-gerung des Pulmonalisklappenverschlusses wird durch die Inspiration vergrös-sert und kann zu einer hörbaren Spaltung des zweiten Herztones führen. Ein drit-ter Herzton (rasche Füllung der Ventrikel) und ein vierter Herzton (Vorhofkontrak-tion) können meistens nur in pathologischen Fällen gehört werden.

Pathologische Herzgeräusche (zwischen den Herztönen, höhere Frequenz) be-ruhen auf Turbulenzen der Blutströmung. Systolische Geräusche treten haupt-sächlich bei Stenose (Verengung) der Taschenklappen und Insuffizienz der Se-gelklappen auf, diastolische Geräusche bei Stenose der Segelklappen und bei Insuffizienz der Taschenklappen. Im Falle einer Anämie fördern die erniedrigte Blutviskosität (wegen des niedrigen Hämokrits) und ein erhöhtes Herzzeitvolu-men die Entstehung von Turbulenzen.

3.2. Versuchsziele

Entstehung der Herztöne und (pathologischer) Herzgeräusche verstehen.

Ersten und zweiten Herzton mittels Auskultation erkennen lernen (Probanden-position und Auskultationsstellen beachten).

Zeitliche Koordination zwischen elektrischer Herzaktion – EKG – und mechani-scher Herzaktion – Puls – beschreiben können.

3.3. Methodik

Auskultation

Auskultieren Sie sich gegenseitig mit dem Stethoskop, zuerst im Liegen, dann im Sitzen (nach vorne gebeugt: Herztöne und -geräusche sind besser zu hören wenn das Herz gegen die Thoraxwand anliegt). Die Herztöne sollten alle am Erb-Punkt (3. ICR parasternal links) gut hörbar sein.

Für die Beurteilung des dumpferen, längeren ersten Herztones sind die Mitral-Auskultationsstelle (5. I.C.R. links, medioclaviculär, optimiert durch linke Seitenlage) und die Tricuspidal-Auskultationsstelle (5. I.C.R. rechts, parasternal) besonders geeignet. Bei gleichzeitiger Palpation der Carotis kann die zeitliche Korrelation des ersten Herztones mit dem Puls erfasst werden.

Nach den gleichen Kriterien wird der zweite Herzton beurteilt. Am besten hört man die Komponente der Aortenklappe im 2. I.C.R. parasternal rechts und die der Pulmonalisklappe im 2. I.C.R. parasternal links. Man achte auf die Spaltung der zwei Komponenten bei tiefer Einatmung.

Resultate und Auswertung

Sie sollten die Herztöne mit dem Stethoskop nun hören und erkennen können und ihren zeitlichen Bezug zum Puls erfassen.

4. Elektrokardiogramm (EKG)

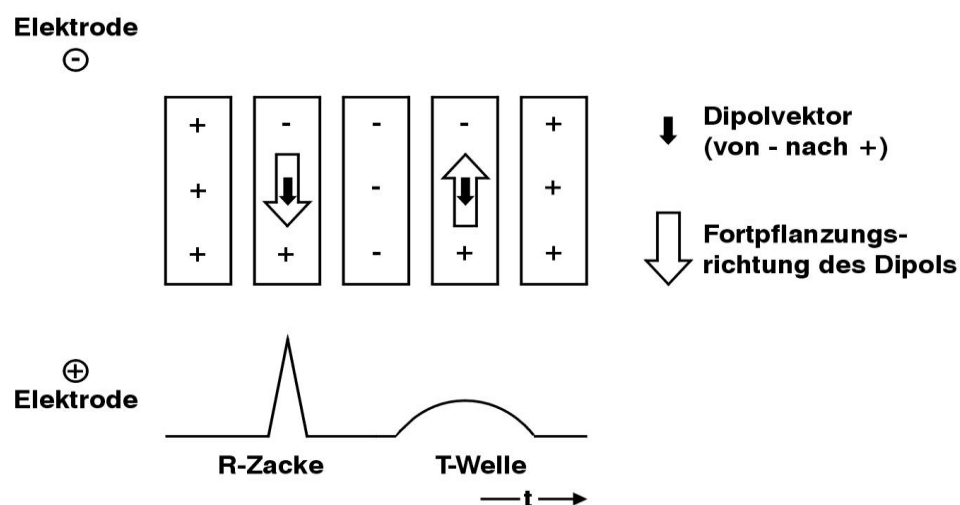
4.1. Einführung

Das EKG registriert Potenzialdifferenzen an der Körperoberfläche, die durch die elektrische Aktivität des Herzens verursacht werden.

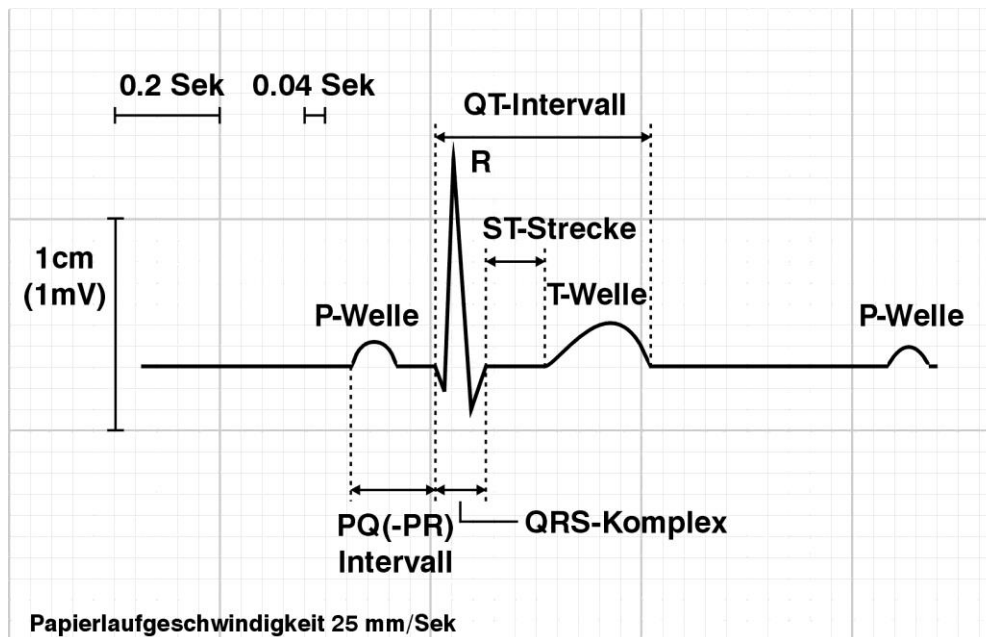
Allgemeines zur Entstehung der gemessenen Potenziale:

Die fortschreitende Erregung (Depolarisierung) der einzelnen Myocardzellen führt zu einer progressiven Elektronegativität deren Oberfläche. Über die Grenzen zwischen erregten (elektronegativ) und noch nicht erregten (elektropositiven) Zellgebieten ergeben sich dabei elektrische Dipole. Diese können als Vektoren beschrieben werden, welche vom erregten Gebiet (negative Oberfläche) in Richtung nicht erregtem Gebiet (positiv) zeigen. Zu jedem Zeitpunkt der Herzerregung resultiert von diesen Einzelvektoren ein *Summen- oder Integralvektor* (ein Großteil der Vektoren heben sich dabei gegenseitig auf). Bei der Repolarisierung bildet sich die Oberflächenelektronegativität entsprechend zurück, sodass der sich neuerlich ergebende Dipolvektor vom erregten Gebiet (negativ) Richtung repolarisiertem Gebiet (positiv) zeigt. Wenn der Summenvektor gegen eine positive oder unipolare Elektrode hin zeigt, kommt es zu einem positiven Ausschlag.

Schematische Darstellung der Dipolbildung bei Herzmuskerregung und Repolarisation mit entsprechendem Elektrokardiogramm



EKG

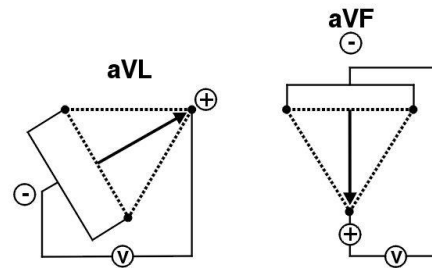
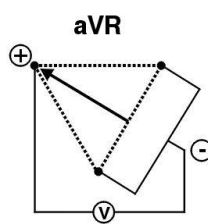
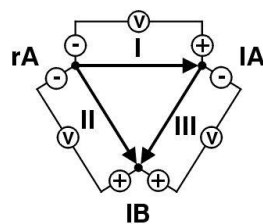


Position der EKG Elektroden und Ableitungen

Frontalebene

Ableitungen nach Einthoven (Standard, bipolar)

Ableitungen nach Goldberger (Peripher, unipolar)



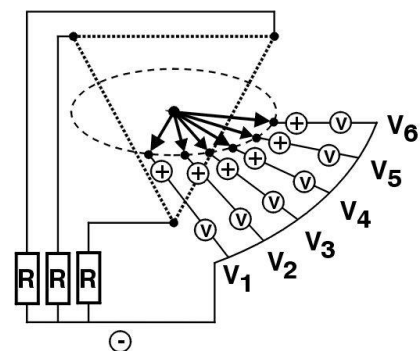
→
Ableitungslinie auf die sich der Summenvektor projiziert

- rA rechter Arm
- IA linker Arm
- IB linkes Bein

- V₁ 4. I.C.R parasternal re
- V₂ 4. I.C.R parasternal li
- V₃ zwischen V₂ und V₄
- V₄ 5. I.C.R medioclaviculär li
- V₅ Höhe V₄, vordere Axillarlinie
- V₆ Höhe V₄, mittlere Axillarlinie

Transversalebene

Ableitungen nach Wilson (präcordial, Brustwand, unipolar)



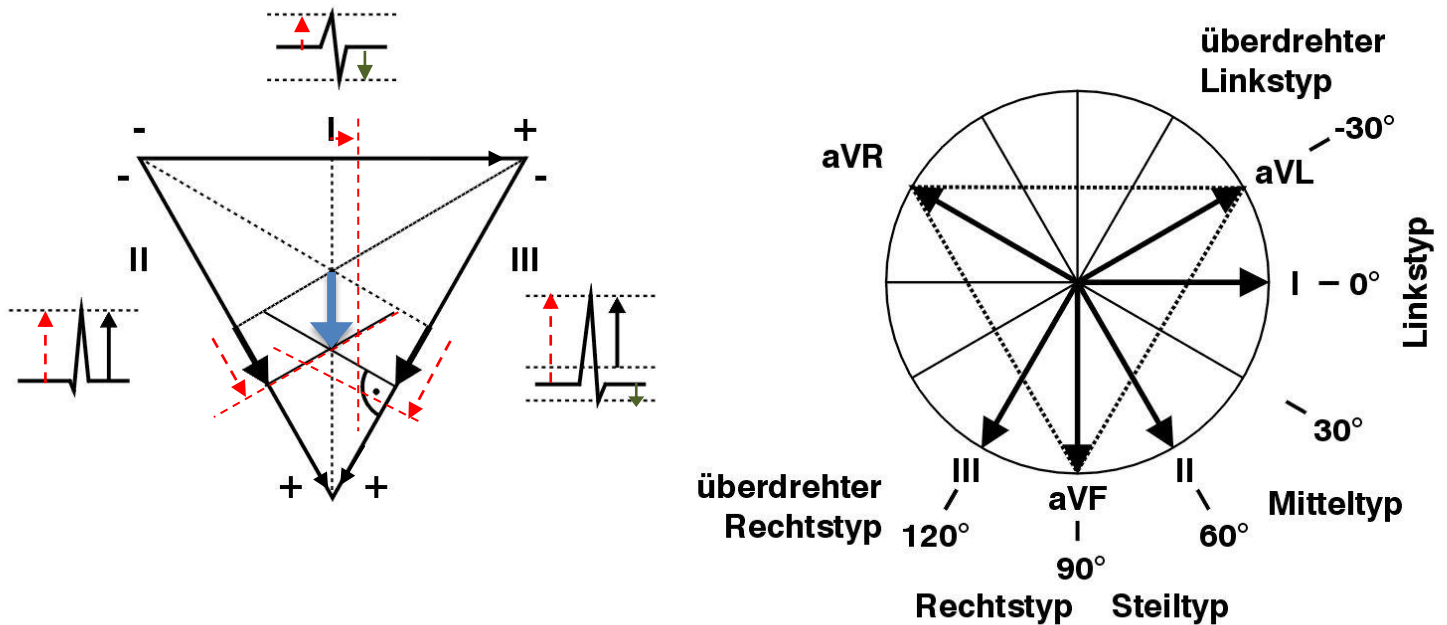
Bedeutung der Ausschläge eines EKG's:

P-Welle: Erregungsfortpflanzung in den Vorhöfen, normalerweise vom Sinusknoten aus (positiv in II, III und AVF, negativ in AVR). Die Repolarisation der Vorhöfe ist nicht zu sehen, da sie zeitlich mit dem QRS-Komplex zusammenfällt.

P-Q (=P-R) Intervall (P + PQ-Strecke): Fortleitung der Erregung vom Sinusknoten bis in die His-Bündel und die Tawara-Schenkel. Die PQ-Strecke ist isoelektrisch, weil die Masse der sich während dieser Zeit depolarisierenden Zellen (AV Knoten, His Bündel) klein ist.

QRS-Komplex: rasche Erregung der Kammermuskulatur (*per Definition wird eine negative Zacke Q genannt, wenn sie als erste vorkommt. Positive Zacken heissen immer R [R und R' falls es 2 sind], negative Zacken nach einer positiven Zacke heissen S*). Zuerst wird die obere Septummuskulatur vom linken Schenkel aus erregt. Dies kann zu einer kleinen Q Zacke in den Ableitungen, welche "von links her schauen" (I, II, AVL, V₄-V₆) führen (fakultativ). Die Erregung schreitet dann hinunter zur Herzspitze und weiter, entlang der Kammerwände, bis zur Klappenebene. Um die Richtung der QRS-Zacken (Summenvektor) zu verstehen muss man berücksichtigen, dass das Kammermyocard jeweils vom Endocard her nach aussen hin erregt wird. Da im Normalfall der Summenvektor zum grösseren Teil vom linken Ventrikel bestimmt wird (grössere Muskelmasse), zeigt der grösste Momentanvektor (= elektrische Herzachse) in der Frontalebene (Extremitätenableitungen) meistens nach unten und/oder links (zwischen -30° und +120°). Die Richtung der elektrischen Herzachse kann zeichnerisch (siehe Figur) bestimmt werden. Die elektrische Herzachse und der entsprechende Lagetyp variieren je nach Alter, Körperbau, Thoraxform und Training. Pathologische Veränderungen kann es bei Herzhypertrophie, Leitungsstörungen, Herzinfarkt usw. geben.

Bestimmung der Elektrischen Herzachse und Lagetypen



Einthoven-Dreieck

Lagebestimmung der elektrischen Herzachse mit Hilfe des Einthoven-Dreiecks. Bei der "Lehrbuchmethode" (rot / gestrichelte Linie) ergibt sich bei bestimmten Konstellationen, wie hier gezeigt, kein gemeinsamer Schnittpunkt. Das zugrunde liegende Problem ist, dass zu einem gegebenen Zeitpunkt nicht notwendigerweise die R-Zacke in allen drei Ableitungen gerade bei ihrem Maximum ist. In diesem Beispiel ist sie bei Ableitung II beim Maximum, bei Ableitung I aber bereits wieder auf der Basislinie und bei Ableitung III im abfallenden Bereich. Um dieses Problem zu lösen, wird anstelle der Differenz Basislinie bis R-Zacke (rot / gestrichelter Pfeil), die Differenz zwischen den Beträgen der R-Zacke und der S-Zacke (grün / durchgezogener Pfeil) genommen. In diesem Beispiel resultiert eine elektrische Herzachse von 90° (blau).

Cabrera-Kreis

ST-Strecke: Diese Strecke ist normalerweise isoelektrisch (ausser in den rechtspräkordialen Ableitungen), da die ganze Kammer erregt ist. Verschiebungen der ST Strecke nach unten oder oben findet man im Falle von Ischämie (ungenügende Durchblutung bei Koronararterienverengung) oder bei einem Herzinfarkt (Myocardnekrose bei unterbrochener Durchblutung eines Territoriums).

T-Welle: Diese entspricht der progressiven Repolarisierung des Ventrikelmyokards, welche dort anfängt, wo die Erregung zuletzt stattgefunden hat. Dies erklärt, warum der Ausschlag (siehe Dipolrichtung oben) allgemein mit dem QRS konkordant ist (= gleiche Richtung). Mögliche Ausnahme: V₁ und V₂.

QT-Dauer: Die Zeit vom Beginn des QRS-Komplexes bis zum Ende der T-Welle entspricht der Gesamtdauer der Kammererregung (elektrische Kammerystole). Diese ist abhängig von der Herzfrequenz (~ 0.25 bis 0.45 Sekunden), jedoch in geringerem Masse als die elektrische Kammerdiastole.

Schlussfolgerungen

Wichtige Hinweise gibt das EKG vor allem zur Rhythmogenese und zur Überleitung der Depolarisation, vom Sinusknoten via AV-Knoten bis zu den Ventrikelmyokardzellen. Ausserdem ist die Beurteilung des EKGs auch im Fall koronarer Insuffizienz (Herzschämie) und eines Herzinfarkts diagnostisch wichtig. Mit der Entwicklung der Echokardiographie hat sich jedoch sein Stellenwert zur Beurteilung von Herzhypertrophie und anderer morphologisch feststellbarer Pathologien gemindert.

4.2. Versuchsziele


Ausführung eines EKGs erlernen (Anlegen der Elektroden) und Beurteilung eines normalen EKGs üben.

4.3. Methodik



Die Elektroden werden entsprechend dem Schema angelegt und mit dem Elektrokardiograph verbunden. Zu berücksichtigen ist, dass der Elektroden-Haut-Widerstand bei den Kontaktstellen mittels einer Salzlösung verringert wird.

Registrierung: Gleichzeitig werden Einthoven-Ableitungen (Standard-Ableitungen I, II, III), Goldberger-Ableitungen (periphere unipolare Ableitungen: aVR, aVL, aVF), und Wilson-Ableitungen (präkordiale oder Brustwandableitungen V₁-V₃ und V₄-V₆) registriert.

Standard-EKG

1. Gerät einschalten, grüne Taste 
2. Daten des Probanden eingeben über die Patientendaten/EKG-Umschalttaste
3. Zurück mit gleicher Taste
4. Elektroden platzieren
5. EKG-Kurven auf Monitor kontrollieren, wenn i. O. Aufnahme mit grüner Taste (START) erfassen

Respiratorische Sinusarrhythmie

1. Mit Taste  Einthoven-Ableitungen (I, II, III) auswählen
2. Manueller Start drücken  (2. Taste von rechts, unterhalb des Screens)
3. Papiergeschwindigkeit auf 10 mm/sec. reduzieren (Taste 7, oberste Reihe)
4. langsam tief ein- und ausatmen
5. Kurz vor Ende der A4-Seite rote Stopp-Taste drücken
6. Zweites mal rote Stopp-Taste drücken => Perforation

Resultate und Auswertung

Befund:

P-Welle: Frequenz:

Rhythmus (Regelmässigkeit, respiratorische Sinusarrhythmie?):

Form: positiv in Ableitung II:

P-Q Intervall: Dauer, Regelmässigkeit:

(Normal: 0.12 – 0.20 Sek. AV-Block 1. Grades: >0.20 Sek.)

QRS-Komplex: Frequenz, Regelmässigkeit (falls anders als P):

Dauer (Norm: ≤ 0.10 Sek.):

Elektrische Herzachse/Lagetyp:

Übergangszone (R = S in Wilson):

[Höhe der Ausschläge: Sokolow-Lyon Index (S in V_1 + R in V_5)]

ST-Strecke: Isoelektrisch?

T-Wellen: Konkordant (Ausnahme $V_{1,2}$)?

Extrasystolen?

Bemerkungen:

Beobachten Sie das Verhältnis der Q-T Dauer (elektrische Kammsystole) und der Distanz zwischen T und dem nächsten Q (elektrische Kammerdiastole) bei verschiedenen Probanden mit verschiedenen Herzfrequenzen.

5. Glossar

Anämie

(*anemia*) Erniedrigter Hämoglobingehalt des Blutes

Auskultieren

(*auscultate*) Mittels Stethoskop im Körper entstehende Laute hören

Auswurfraction

(*ejection fraction*) Anteil (in % ausgedrückt) des enddiastolischen Ventrikelvolumens, welches während der Systole ausgeworfen wird

Dopplermessung

(*Doppler measurement*) Ausnützung der Frequenzänderung des Ultraschallechos zur Bestimmung der Bewegung (Strömungsgeschwindigkeit) der Erythrozyten

Echokardiographie

(*echocardiography*) Ultraschallmethode der Bildgebung am Herzen

EKG

(*ECG = electrocardiogram*) Elektrokardiogramm: Registrierung von Potentialdifferenzen (elektrische Spannungsdifferenzen), welche durch die elektrische Aktivität des Herzens verursacht werden

Elektrische Herzachse

(*QRS axis*) Zeichnerisch (Vektorenaddition) aus den QRS-Komplexen der sechs Ableitungen der Frontalebene (I, II, III, aVR, aVL, aVF) rekonstruierter grösster Momentanvektor der Kammererregung (QRS-Komplex)

Herzgeräusche

(*heart murmurs*) Geräusche mit höherer Frequenz als Herztöne, welche durch Turbulenzen generiert werden (*murmur*)

Herzinfarkt

(*myocardial infarction*) Myocardnekrose bei unterbrochener Durchblutung eines Territoriums

Herztöne

(*heart sounds*) Zeitlich begrenzte niederfrequente (<100 Hz) Geräusche, welche der Schwingung des Herzens und/oder der grossen Arterien entsprechen und durch die Anspannung des Myocards und/oder die Schliessung von Klappen entstehen

Ischämie

(*ischemia*) Durchblutungsmangel

Klappeninsuffizienz

(*valvular regurgitation*) Inkompletter Klappenverschluss, welcher zu einem Rückstrom führt

Lagetyp

Sogenannte Lagetypen entsprechen gegebenen elektrischen Herzachsen (z.B. Steiltyp wenn elektrische Herzachse zwischen 60° und 90° liegt)

Rhythmogenese

Erregungsentstehung (im Normalfall durch die Spontanaktivität (*pacemaker activity*) im Sinusknoten)

Sokolow-Lyon-Index

Der Sokolow-Lyon-Index ist ein diagnostisches EKG-Zeichen für die Hypertrophie des Herzmuskels

Stenose

(*stenosis*) Verengung eines Gefäßes oder einer Klappe

Übergangszone

(*transition zone*) Wilson Ableitung(en) bei der $S = R$ (Normalfall zwischen V_2 und V_5)