

Abkürzungsverzeichnis

bpm	beats per minute/Schläge pro Minute
CO	Kohlenstoffmonoxid
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CPP	cranial perfusion pressure/kranialer Perfusionsdruck
CPR	Kardiopulmonale Reanimation
CT	Computertomographie
EKG	Elektrokardiogramm
ERC	European Resuscitation Council
EVD	externe Ventrikeldrainage
GCS	Glasgow-Coma-Scale
Hb	Hämoglobin
HCO ₃	Hydrogencarbonat
HZV	Herzzeitvolumen
ICP	intracranial pressure/intrakranialer Perfusionsdruck
MAD	mittlerer arterieller Druck
Met-Hb	Methämoglobin
mmHg	Millimeter-Quecksilbersäule
NiB	non invasiv bloodpressure/nichtinvasive Blutdruckmessung
O ₂	Sauerstoff
PEA	pulslose elektrische Aktivität
RR	Riva Rocci (Blutdruck)
sec.	Sekunde
SHT	Schädelhirntrauma
SpCO	pulsoxymetrisch gemessene Kohlenstoffmonoxidsättigung
SpO ₂	pulsoxymetrisch gemessene Sauerstoffsättigung
WHO	World Health Association/Weltgesundheitsorganisation
ZVD	Zentraler Venendruck/zentralvenöser Druck

Zum Einsatz des Lehrbriefs

Lehrbriefe haben ihren Ursprung im Fernunterricht. Sie handeln nicht einfach den Lernstoff zu einem bestimmten Thema ab, sondern möchten es dem Lernenden ermöglichen, sich ein Thema selbstständig zu erarbeiten und sich somit im je individuellem Tempo optimal auf eine Prüfung vorzubereiten.

Unsere neue Reihe »Einsatz Notaufnahme« möchte allen, die eine Weiterbildung in der Notfallpflege absolvieren oder sich anderweitig auf den Einsatz in einer Notaufnahme vorbereiten *komprimiert, präzise und prägnant* mit den notwendigen Themengebieten vertraut machen.

Neben dem prägnanten Lernstoff zu einem Thema finden Sie folgende didaktische Elemente in unseren Lehrbriefen, die Ihnen das selbständige Verinnerlichen des Lernstoffs erleichtern:

Definitionen

Hier werden Fachbegriffe erläutert.

Infoboxen

Hier wird Hintergrundwissen prägnant zusammengefasst.

Fallbeispiele

Hier werden typische Fälle aus der Praxis veranschaulicht.

Lernzusammenfassung

Erfolgt immer am Ende eines Kapitels.

Reflexionsfragen

Stehen am Ende des Lehrbriefs und ermöglichen die selbständige Abfrage prüfungsrelevanten Wissens.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß und Erfolg beim Erarbeiten des folgenden Lehrbriefs zur Überwachungstechnik.

Dieser Lehrbrief gehört:

Name, Vorname

Institution

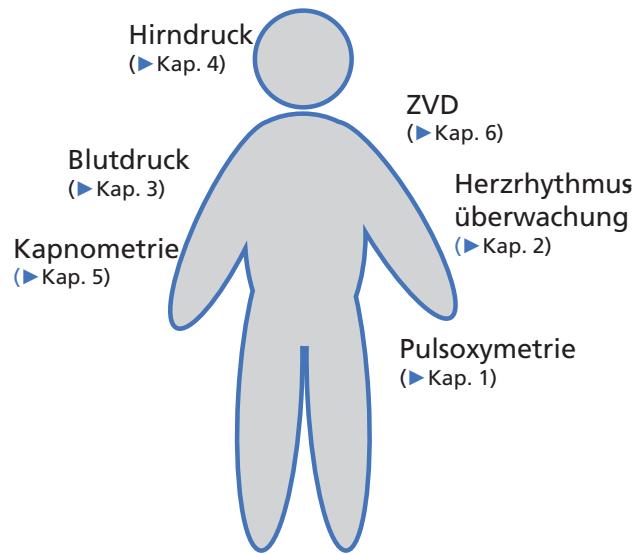
Aus-/Weiterbildungsmaßnahme

Die Welt der klinischen Überwachung

In Notfallsituationen ist es gängig, dass der Mensch im Mittelpunkt steht und jede unserer verfügbaren Ressourcen erhält. Nicht nur die individuelle Betreuung ist nötig um Hilfe zu leisten, ebenso die Suche nach der Ursache und die Behebung dieser Ursache.

Die Pflegenden müssen hier nicht nur ihre Sinne einsetzen, sondern haben auch diverse technische Überwachungsmöglichkeiten, welche nicht nur korrekt einge-

setzt, sondern ebenso sorgsam interpretiert werden müssen. Um jederzeit alle relevanten Informationen von Ihrem Patienten zu erhalten, stehen Ihnen mehrere technische Hilfen zur Verfügung. Die Folgenden erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, bilden aber die häufigsten und relevantesten Methoden der klinisch-technischen Überwachung.



Eigene Notizen

1 Wie funktioniert die Pulsoxymetrie?

»Was ist das?« – »Rotes Licht!«
»Und was macht es?«
»Es leuchtet rot!«

Wer kennt diese Frage durch überwachte Patienten oder deren Angehörigen nicht. Doch was macht das Pulsoxymeter eigentlich und wie funktioniert es?

Bei der Pulsoxymetrie handelt es sich um ein Verfahren zur nichtinvasiven perkutanen Messung der arteriellen Sauerstoffsättigung.

Um zu verstehen, wie die Pulsoxymetrie genau funktioniert, müssen wir uns kurz einmal den Transport von Sauerstoff im menschlichen Körper in Erinnerung rufen.

In den Alveolen der Lunge werden mittels Diffusion O₂-Moleküle an das Blut abgegeben. Für den Transport müssen diese Moleküle an einen festen Bestandteil des Blutes gebunden werden.

Hier kommt das Hämoglobin zum Einsatz.

Mit O₂ beladenes Hämoglobin verfärbt sich von Dunkelrot nach Hellrot. Eben diese Farbveränderung lässt sich durch die Absorption des Infrarotlichtes messen und daraus die prozentuale Konzentration von mit O₂ beladenem Hämoglobin im Blut errechnen.

Da sich der Sauerstoffgehalt des Kapillarblutes im Rhythmus der Pulsschläge ändert, lässt sich mit der Pulsoxymetrie ebenfalls die Pulsfrequenz in der Messregion ermitteln.

Die Anlage des SpO₂-Sensors sollte an einer möglichst dünnen und gut mit Licht zu durchstrahlenden Körperfeste erfolgen. Die wohl am häufigsten verwendeten Messstellen sind die Finger (mittels Fingerclip), Nasenrücken und Ohrläppchen. Bei Kleinkindern sollte auch die Fußsohle in Betracht gezogen werden.



Abb. 1.1 SpO₂

Bei der nichtinvasiven Messmethode kann es durch eine Vielzahl von Einflüssen zu einer Verfälschung der Messwerte kommen.

Besonders häufig treten Messfehler auf bei:

- Patienten mit künstlichen oder lackierten Fingernägeln.
Da durch den Lack und/oder die Acrylfingernägel die Resorption des Infrarotlichts verändert wird.
- Patienten mit einer Hypoperfusion der peripheren Kapillargefäße.
Beispielsweise bei Patienten im Schock oder einer Hypothermie.
- Patienten, die motorisch unruhig sind.
Beispielsweise durch einen Tremor, Kältezittern oder Verwirrtheitszustände.
- Patienten, bei denen die Messung während des Transportes durchgeführt wird.
Hierbei kann es durch Erschütterungen zu Artefakten in der Messung kommen.

Bei Patienten, bei denen der Verdacht auf eine CO-Intoxikation besteht, sollte die nichtinvasive Messung nicht als sicher angesehen werden. Normale SpO₂-Messgeräte können nur messen, wie viel Hämoglobin (Hb) gesättigt ist. Hierbei können die Messgeräte jedoch nicht differenzieren, ob es sich um mit O₂ gesättigtes Hb oder Met-Hb handelt. Kohlenmonoxid (CO) weist eine 200–300-fach (Silbernagl & Despapoulos, 2000) höhere Affinität zu Hämoglobin auf als Sauerstoff (O₂), was dazu führt, dass sich das Hämoglobin leichter mit CO sättigt als mit O₂ (Leuwer & Adams, Kohlenmonoxid (CO), 2010). Bereits das Vorhandensein geringer CO-Mengen in der Atemluft sorgt für eine Verdrängung von O₂ vom Hb und somit für eine Oxydation des Hb zu Met-Hb. Daher sollte bei solchen Patienten immer eine invasive Messung via Blutgasanalyse und/oder die Messung mit einem speziellen SpCO oder SpMet-Messgerät erfolgen.

Met-Hb und CO-Hb

Das normale Hämatin besteht aus einer Eisensulfat (Fe^{2+})-Bindung und hat daher die Möglichkeit bis zu vier O_2 -Moleküle an sich zu binden und zu transportieren. Wird diese Eisensulfat-Verbindung jedoch mit CO oder anderen exogenen Oxydantien (z. B. Nitrate) verbunden, oxidiert diese zu einer Eisenoxid (Fe^{3+})-Verbindung. Solche Eisenoxid-Bindungen lassen sich im Blut je nach Ursache als Met-Hb oder CO-Hb messen. Das Met-Hb und CO-Hb sind aufgrund der durch die Oxydation herbeigeführten strukturellen Veränderung nicht mehr in der Lage O_2 zu binden und zu den Zellen zu transportieren. Daher kann es bei höherer Konzentration von Met-Hb im Rahmen einer Intoxikation oder Erkrankung

zu einer Methämoglobinämie kommen, die eine anämische Hypoxie verursacht (Silbernagl & Despapoulos, 2000).

Lernzusammenfassung

- Bei der Pulsoxymetrie handelt es sich um ein Verfahren zur nichtinvasiven perkutanen Messung der arteriellen Sauerstoffsättigung.
- Bei Verdacht auf eine CO-Intoxikation sollte die nichtinvasive Messung nicht als sicher angesehen werden.
- Die Pulsoxymetrie misst den Anteil an mit O_2 -Molekülen beladenen Hämoglobin.

Eigene Notizen

2 Welche Möglichkeiten zur Herzrhythmusüberwachung gibt es?

Die bekannteste Möglichkeit der klinisch-technischen Überwachung ist das EKG (Elektrokardiogramm). Häufig in grün dargestellt (wobei die Farbzuordnung frei wählbar ist) und mehr oder minder rhythmisch. Der bekannte »Piepton« kann als Ursprungsquelle, je nach Einstellung des Monitors, das EKG oder die Pulsoxymetrie haben. Die verschiedenen Messorte machen eine akustische Analyse schwieriger und nicht zuverlässig.

Die im Rahmen der Reizweiterleitung vorhandenen elektrischen Ströme am Myokard können in abgeschwächter Form auf der Hautoberfläche gemessen werden. Dies passiert mittels Elektroden, die in vorgegebener Reihenfolge auf die Haut geklebt werden und dann mit einem Kabel mit dem EKG-Gerät verbunden werden. Dieses stellt die gemessenen Spannungsdifferenzen in Form eines Elektrokardiographen dar.

2.1 Der Elektrokardiograph

Um die genauen Darstellungen des Graphen zu verstehen, sollte man sich parallel die Reizweiterleitung am Myokard ansehen. Als Ausgangspunkt dient der Sinusknoten in seiner Funktion als primärer Schrittmacher. Dieser ist an der Hinterwand des rechten Vorhofs (Atrium Dexter) nahe der Einmündung der Oberen Hohlvene (V. cava superior) lokalisiert.

Vom Sinusknoten aus wird die Erregung über die internodalen Bahnen zum AV-Knoten übergeleitet, welcher sich in der Wand des rechten Atriums befindet. Der Sinusknoten besitzt eine Grundfrequenz von ca. 100 bpm, welche durch den Parasympathikus zur bekannten Ruhefrequenz von 60–80 bpm gedrosselt wird. Obwohl der AV-Knoten ebenfalls in der Lage ist sich spontan zu erregen wird dies in der Regel durch die Erregung des Sinusknoten unterdrückt. Daher liegt seine Hauptaufgabe darin die Erregung des Sinusknoten zu verzögern, um den Vorhöfen und Kammern die Möglichkeit zu geben, sich ausreichend zu entleeren. Sollte es zu einem Ausbleiben der Erregung des Sinusknoten kommen fungiert der AV-Knoten als sekundärer Schrittmacher mit einer Frequenz von 45–60 bpm. Von hier aus verläuft die Reizweiterleitung über das HIS-Bündel und die Tawara-Schenkel durch das Septum zu den Purkinje-Fasern und breitete sich so über das restliche Herz aus.

Ein normales Elektrokardiogramm zeigt eine Vielzahl an Zacken und Linien. Diese werden eingeteilt in P, Q, R, S, T, U, und die sogenannte isoelektrische Linie.

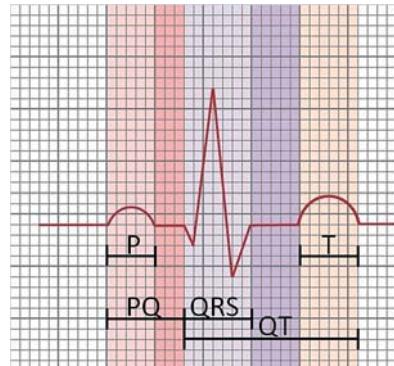


Abb. 2.1: EKG-Zacken (enthalten in: Köhler, 2018, S. 116)

P-Zacke

Die P-Zacke zeigt die elektrische Erregung der Vorhöfe, welche im Normalfall dem Sinusknoten entspringt und damit der Erregung der Atrien voran geht.

Eine Erregungsrückbildung der Atrien kann im EKG nicht erkannt werden, da diese durch den QRS-Komplex überlagert wird.

QRS-Komplex

Der QRS-Komplex zeigt die elektrische Erregung der beiden Ventrikel und geht somit der Kontraktion der beiden Ventrikel voran. Während dieser Erregung findet die Erregungsrückbildung der Vorhöfe statt. Die negative Zache ist aufgrund der Überlagerung durch die Ventrikelerregung nicht zu sehen.

ST-Strecke

Im Zeitraum von Beginn der S-Zacke bis zum Beginn der T-Zacke sind beide Ventrikel vollkommen erregt. Daher zeigt sich kein Ausschlag im EKG, sondern nur eine isoelektrische Linie (► Abb. 2.1 EKG-Zacken).

Die ST-Strecke hat einen sehr hohen diagnostischen Aussagewert über die Erregbarkeit des Myokardgewebes. Daher sollte man der ST-Strecke im EKG ein hohes Maß an Aufmerksamkeit widmen. Sowohl eine ST-Streckenhebung als auch eine Senkung kön-

nen Indikatoren für eine Schädigung des Myokards in Form einer Ischämie zeigen.

Isoelektrische Linie

Die isoelektrische Linie beschreibt den Bereich im EKG in dem kein elektrisches Potenzial in Form eines Ausschlags im Elektrokardiographen gemessen werden kann. Dies wird auch häufig wie bei einer Asystolie als Nulllinie bezeichnet, was jedoch fachlich nicht ganz korrekt ist.



Abb. 2.2: Sinusrhythmus (enthalten in: Köhler, 2018, S. 117)

2.2 Ableitungsformen des Elektrokardiogramms

2.2.1 Ableitung nach Einthoven

Bei der Ableitung nach Einthoven handelt es sich um eine bipolare Ableitungsform, bei der die Spannungsdifferenz zwischen zwei an den Extremitäten gelegenen Elektroden gemessen wird. Dafür müssen die Elektroden oberhalb des Handgelenks und Fußgelenks angebracht werden.

Die folgenden Ableitungen bilden somit das sog. Einthoven Dreieck:

- Ableitung I: Rechter Arm – Linker Arm
- Ableitung II: Rechter Arm – Linkes Bein
- Ableitung III: Linker Arm – Linkes Bein

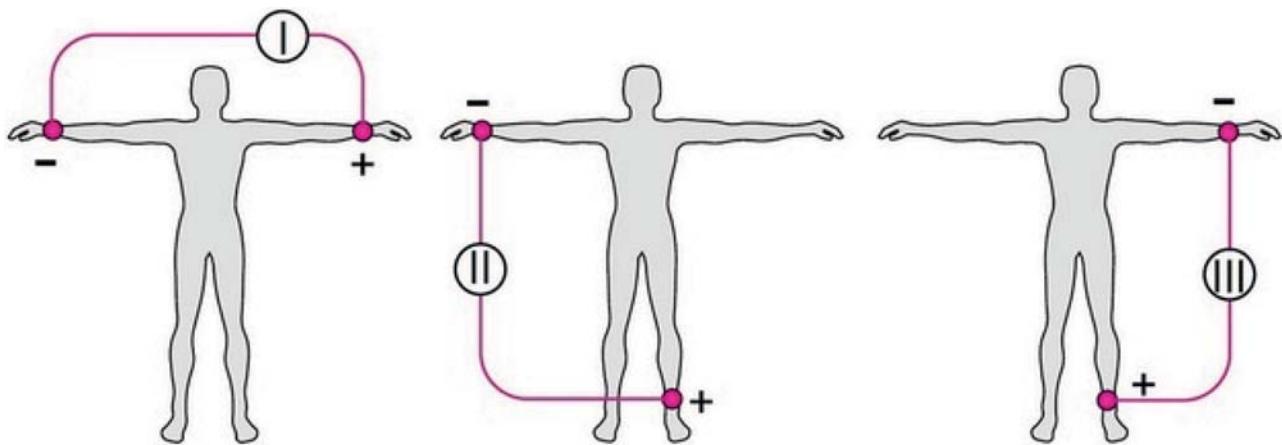


Abb. 2.3: Bipolare Extremitäten-Ableitung

2.2.2 Ableitung nach Goldberger

Bei der Ableitung nach Goldberger handelt es sich um eine unipolare Ableitungsform, bei der die Strömungsdifferenz in allen Extremitäten registriert wird. Dafür

werden Elektroden oberhalb der Handgelenke an beiden Armen und oberhalb des Fußgelenks am linken Bein angebracht. Hierbei wird der Spannungsunterschied einer Extremitätenelektrode (differente Elektrode) in Differenz zu den beiden zusammengeschalteten Elektroden (indifferente Elektrode) gemessen.

- Ableitung aVR: Rechter Arm in Differenz zum linken Arm und Bein.
- Ableitung aVL: Linker Arm in Differenz zum rechten Arm und linken Bein.

- Ableitung aVF: Linkes Bein in Differenz zum linken Arm und rechten Arm.

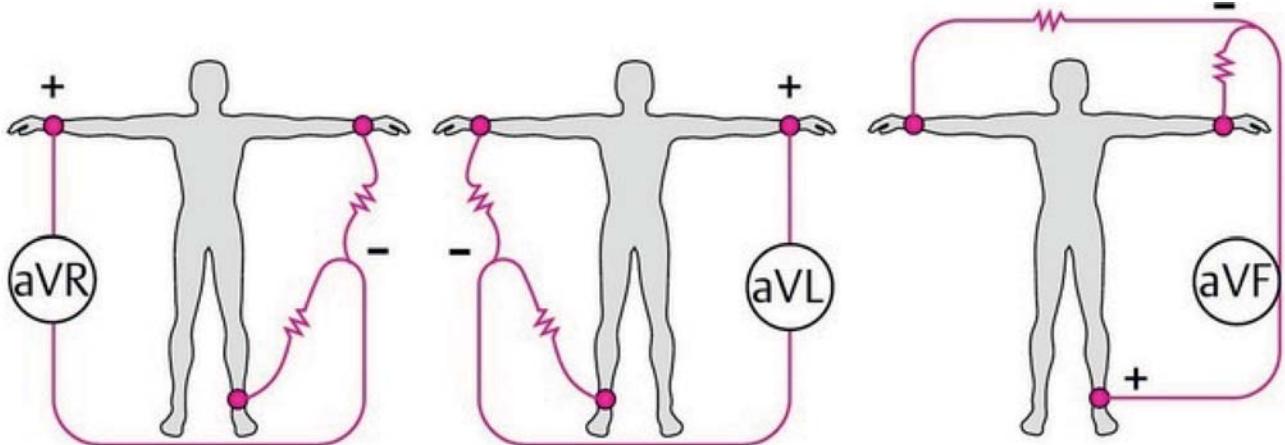


Abb. 2.4: Unipolare Extremitäten-Ableitung

2.2.3 Ableitung nach Wilson

Bei der Ableitung nach Wilson handelt es sich ebenfalls um eine unipolare Ableitung, jedoch des Thorax. Im klinischen Alltag wird sie häufig eher als 12-Kanal-EKG bezeichnet. Die differenten Brustwandelektroden werden an Sechs (C1–C6) vorgegebenen Punkten des Thorax entlang angebracht. Als indifferenten Elektrode dient hierbei der Zusammenschluss aus den drei unipolaren Extremitätenableitungen. Durch die Verwendung der sechs weiteren Thoraxeletroden kann das Herz flächendeckend abgedeckt werden und verbessert somit die Diagnostik von eventuellen Rhythmusstörungen wesentlich.

- Diese Ableitung lässt sich in sehr spezifischen Fällen noch durch drei (C7–C9) weitere Ableitungen nach Nehb erweitern.

Zusammenfassend bietet das EKG ein großes diagnostisches Spektrum zur Erfassung von Erregungsstörungen am Myokard. Reflektorisch gesehen können die Ursachen hierfür vielfältig und nicht immer einfach identifizierbar sein. Jedoch sollte bei der Verwendung eines EKGs zum Überwachen eines Patienten nicht vergessen werden, dass das EKG lediglich eine Aussage über die elektrische Aktivität geben kann. Keinesfalls aber über die mechanische Arbeit und Auswurfleistung des Myokards.

Daher gilt auch in Zeiten der modernen Medizin »hands on the patient« und dass selbst die besten Geräte zur Patientenüberwachung nur in Verbindung mit einer guten Krankenpflegebeobachtung eine optimale Überwachung bieten.

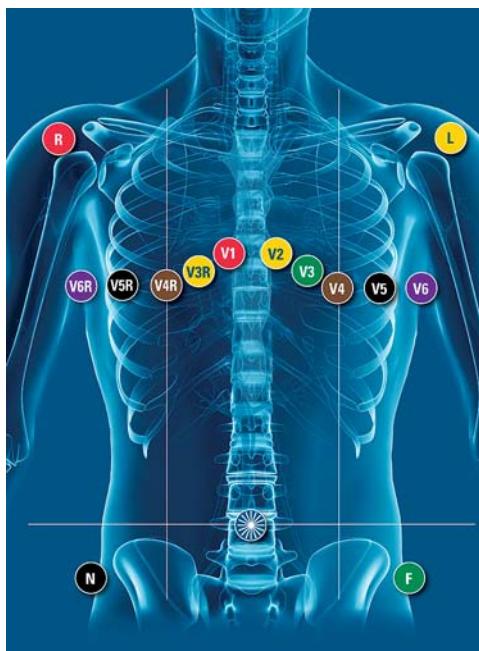


Abb. 2.5: Ableitung nach Wilson, mit freundlicher Genehmigung der ZOLL Medical Deutschland GmbH

2.3 Herzrhythmusstörungen

Als Herzrhythmusstörung wird jede Abweichung vom Sinusrhythmus bezeichnet. Jede Veränderung im EKG muss mittels eines 12-Kanal-EKGs verifiziert werden, da Monitore nur sehr bedingt zur korrekten Befundung geeignet sind. Um hier Sicherheit zu erlangen, braucht es ein 12-Kanal-EKG und die Befundung durch einen Arzt

innerhalb von 10 Minuten nach dem ersten medizinischen Kontakt. Die häufigsten Rhythmusstörungen, welche man im EKG eines Monitors erkennen kann, sind hier nachfolgend aufgelistet. Die angegebenen Werte beziehen sich auf Erwachsene.

2.3.1 Sinusbradykardie

Als Sinusbradykardie bezeichnet man einen Sinusrhythmus mit einer Frequenz < 60 bpm (Menche & Allert, Herzrhythmusstörungen, 2004). In Ruhe ist dies bei guter sportlicher Konstitution physiologisch. Mit abnehmender Frequenz tritt individuell ebenfalls eine Minderung des HZV (Herzzeitvolumen) auf. Bei Bradykardien kann es ab einer gewissen Unterschreitung der Fre-

quenz zu Hypotonien und Kreislaufversagen kommen. Exemplarisch können Intoxikation, Hypothermie oder ein Sick-Sinus-Syndrom pathologische und therapierebare Gründe für eine Sinusbradykardie darstellen.

Das *Herzzeitvolumen* ist das Volumen, welches das Herz innerhalb einer Minute durch den gesamten Kreislauf pumpt.

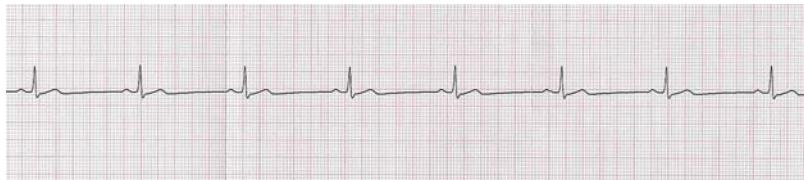


Abb. 2.6: Sinusbradykardie (enthalten in: Köhler, 2018, S. 136)

2.3.2 Sinustachykardie

Als Sinustachykardie bezeichnet man einen Sinusrhythmus mit einer Frequenz von > 100 bpm. (Menche & Allert, Herzrhythmusstörungen, 2004) Unter Belastung, Stress oder körperlicher Anstrengung sind Steigerungen der Herzfrequenz physiologisch. Anhaltende Sinustachykardien können zur Erschöpfung des Herzmuskels führen. Das Herz ist in der Lage, die Diastole zu verkürzen, wodurch eine Frequenzsteigerung möglich ist. Da die Koronargefäße nur während der Diastole mit Blut versorgt werden können, führt eine verkürzte Diastole auch zu einem verminderteren einströmen von Blut in die Koronargefäße. Dies führt mit zunehmender Frequenz und kürzer werdender Diastole zu einer Unter-versorgung des Myokards durch ein Missverhältnis von Sauerstoffangebot und Sauerstoffverbrauch. Durch den Mangel an Sauerstoff versucht das Herz kompensatorisch das Herzzeitvolumen über eine Zunahme der Fre-

quenz zu steigern. Infolge des Missverhältnisses zwischen Sauerstoffangebot in der verkürzten Diastole und Sauerstoffverbrauch kann es zu Ischämien des Muskelgewebes kommen.

Der *Bainbridge-Reflex* ist eine physiologische Reaktion, bei welcher es durch die Erhöhung des Blutvolumens zu einer Sinustachykardie kommt. Hierbei erkennen die Dehnungsrezeptoren im rechten Vorhof das steigende Volumen und somit die steigende Vorlast und veranlassen eine Tachykardie, um diese zu senken.

Der Bainbridge-Reflex führt ebenfalls zu einer physiologischen Tachykardie.

Pathologische Gründe für eine Sinustachykardie können Hyperthermie, Hypo- und Hypervolämie, Schock, Intoxikationen und Anämie sein.

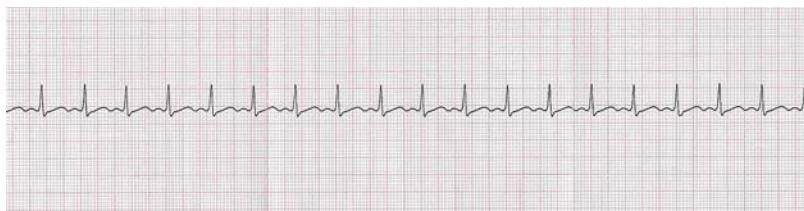


Abb. 2.7: Sinustachykardie (enthalten in: Köhler, 2018, S. 136)

2.3.3 Vorhofflimmern

Das Vorhofflimmern ist eine ungeordnete elektrische, ineffiziente Aktivität beider Vorhöfe bei der die einzelnen Muskelfasern unkoordiniert kontrahieren. Hierbei kann es durch das Ausbleiben des Auswurfs in die Ventrikel zur Aktivierung der Blutgerinnung in den Vorhöfen kommen. Dies erhöht das Risiko einer Embolie signifikant.

Das Vorhofflimmern wird auch als absolute Arrhythmie bezeichnet, da es durch die gestörte Erregungsweiterleitung zu einer arrhythmischen Kontraktion der Ventrikel kommt. Es kann paroxysmal (intermittierend, sich wiederholend) oder permanent sein. Durch die fehlende Vorhofaktivität kommt es zu einer schlechteren Füllung der Ventrikel. Die Patienten leiden stellenweise unter verminderter Leistungsfähigkeit.



Abb. 2.8: Vorhofflimmern Absolute-Arrhythmie (enthalten in: Köhler, 2018, S. 138)

2.3.4 Vorhofflimmern

Das Vorhofflimmern ist eine Erregungsleitungsstörung im Bereich des AV-Knotens.

Die Vorhöfe kontrahieren hierbei mit einer Frequenz von 250–350 bpm (Hahn & Adler, 2010). Jedoch wird nur jeder zweite, dritte oder sogar vierte Schlag weiter zu den Ventrikeln geleitet. Im EKG zeigt sich dabei ein »Sägezahn«-Muster, bei welchem man deutliche P-Wel-

len sieht. Häufig äußert sich das Vorhofflimmern symptomatisch in Palpitationen und einer Tachykardie von > 120 bpm mit einer 2:1-Überleitung. (Hier wird jede zweite Vorhofaktivität weiter zu den Ventrikeln geleitet.) Im Verlauf der Therapie kann es zu einer Verlangsamung der Herzfrequenz kommen sowie zu einer 3:1- oder 4:1-Überleitung.

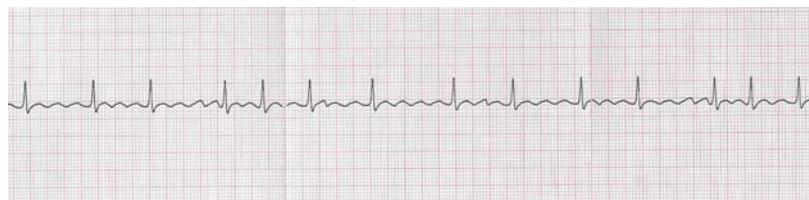


Abb. 2.9: Vorhofflimmern (enthalten in: Köhler, 2018, S. 137)

2.3.5 Ventrikuläre Extrasystolen

Dies sind einzelne Kammererregungen, die einem physiologischen QRS-Komplex folgen. Einzelne auftretend sind diese als harmlos anzusehen. Erst mit gehäuftem Auftre-

ten werden diese behandlungsbedürftig. Durch die verkürzte Zeit zwischen physiologischem QRS-Komplex und der ausgelösten Extrasystole, kann es zu einer verminderten Füllung des Herzens kommen. Der Auswurf der Extrasystole fällt demnach deutlich geringer aus.

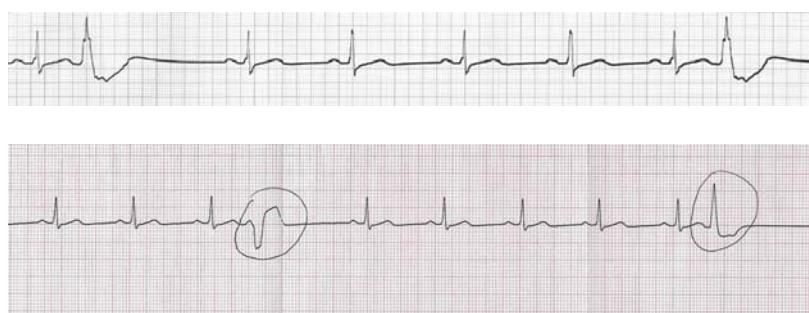


Abb. 2.10 a + b: Ventrikuläre Extrasystolen (enthalten in: Köhler, 2018, S. 145)