

II. Kreislauf, Atmung

1. Untersuchungen am isolierten Rattenherz (Langendorffsches Präparat)

Mit diesem Präparat kann man die Wirkung verschiedener, auch physiologisch freigesetzter Stoffe auf das Herz untersuchen.

Das Prinzip des Präparates: mit Carbogen (95% O₂ und 5%CO₂) angereicherte Krebs-Lösung strömt durch eine in die Aorta des isolierten Herzens geleitete Katheter. Diese Lösung befüllt die Koronarien, gelangt durch den Sinus venosus zur rechten Herzhälfte, dann fließt sie durch die Arteria pulmonalis ab. Während der Untersuchungen registrieren wir die Zahl und Intensität der Herzkontraktionen (Herzfrequenz) und auch die Strömung durch die Koronarien lässt sich bestimmen.

Das Experiment:

a, Man beobachtet die Herzarbeit unter Ruhebedingungen und bestimmt die Herzfrequenz (sie wird 10-20 Sekunden lang gemessen) und die Amplitude der Kontraktion.

b, Untersuchung der Wirkung von Adrenalin

Man spritzt 0,1 ml Adrenalin-Lösung in die Perfusionsflüssigkeit. Nach 20-30 Sekunden (solange dauert es bis die volle Wirkung erzielt ist) misst man die Herzkontraktionen (Amplitude und Frequenz) 10-20 Sekunden lang. So kann man auch untersuchen, wie schnell das Präparat zur ursprünglichen Aktivität zurückkehrt.

Adrenalin als Sympathomimetikum, steigert die Herzfrequenz und die Kontraktionskraft im großen Maße durch seine positiv chronotrope und inotrope Wirkungen.

c, Untersuchung der Wirkung von Acetylcholin

Man Spritzt 0,1 ml Acetylcholin-Lösung in die Perfusionsflüssigkeit. Darauf folgend untersucht man die Veränderungen der Kontraktionsamplitude und Herzfrequenz und vergleicht diese mit den Adrenalin-induzierten Änderungen.

Acetylcholin als Parasympathomimetikum, übt eine negativ chronotrope und inotrope Wirkung auf das Herz aus. Die Amplitude

und Kraft der Kontraktionen und die Herzfrequenz werden stark gemindert bis hin zum Herzstillstand in Diastole.

d, Untersuchung der Wirkung von Atropin

Man spritzt diesmal 0,2 ml Atropin-Lösung in die Perfusionsflüssigkeit, direkt vor der Gabe von Acetylcholin. Atropin verhindert die Wirkung von Acetylcholin, weil es die parasymphatische Wirkung hemmt.

e, Untersuchung der Wirkung von Kalium-Ionen

Man spritzt 0,1 ml 5%-ige KCl-Lösung in die Perfusionsflüssigkeit. Mit steigender Kaliumkonzentration, steigt auch die Erregbarkeit und Leitungsgeschwindigkeit des Herzens. Erreicht die Konzentration ein kritisches Niveau jedoch, so verringert sich die Erregbarkeit, Leitungsgeschwindigkeit, Amplitude des Aktionspotentials und auch die Kontraktionskraft. Die Pacemaker-Aktivität vom Sinus-Knoten hört auf. Nach Gabe der KCl-Lösung beobachtet man, dass die Kontraktionen kleiner werden, die Herzarbeit aufhört und schließlich das Herz in der Diastole stehenbleibt.

(Die hohe extrazelluläre Kaliumkonzentration kann man bei Herzoperationen ausnutzen. Die sogenannte „kardioplegische Lösung“ reduziert die Reizbarkeit, und immobilisiert so das Herz während Operationen.)

f, Untersuchung der Wirkung von Ca^{2+} -Ionen

Man spritzt 0,1 ml 5%-ige CaCl_2 -Lösung in die Perfusionsflüssigkeit. Die durch die Koronarien strömende Flüssigkeit sammelt man 10 Sekunden lang in einem Messbecher, dann bestimmt man die Menge. Die hohe extrazelluläre Ca^{2+} -Konzentration hat eine positiv inotrope Wirkung, deshalb erhöht sich die Amplitude der Kontraktion. Die CaCl_2 -Lösung in der Katheter reduziert die Frequenz, verlängert die Systolen und der Herzmuskel erschlafft während der Diastole nicht in vollem Maße. Nach kurzer Zeit bleibt das Herz in tonischer Kontraktion bzw. Systole stehen.

2. Elektrokardiographie (EKG)

Im Herzmuskel entstehen während der Herzarbeit elektrische Potenzial-unterschiede. Dies erzeugt im ganzen Körper ein elektrisches Kraftfeld, welches man mit einem geeigneten Registrierapparat mittels Elektroden an der Körperoberfläche messen kann. Unter dem Begriff Elektrokardiogramm versteht man die grafische Darstellung der Potenzial-unterschiede die während der Herzarbeit entstehen.

Die Elektroden werden üblicherweise wie im Folgenden beschrieben angebracht: der Patient liegt und man bringt die ableitenden Elektroden an den Handgelenken und Knöchel an. Diese Elektroden sind eigentlich mit Gaze bedeckte Metallplatten. Es ist wichtig die Gaze vor dem Anbringen anzufeuchten, damit sich die Leitungsfähigkeit erhöht.

Die Farben der mit den Elektroden verbundenen Bananenstecker bedeuten:

Rot = rechter Arm

Gelb = linker Arm

Grün = linkes Bein

Schwarz = rechtes Bein

Bei EKG Untersuchungen benutzt man folgende Ableitungen bzw. Elektrodenverteilungen:

a, Extremitätenableitung nach Einthoven; bipolare Standardableitung (in der frontalen Ebene)

I. zwischen rechtem Arm (negativer Pol) und dem linken Arm (+)

II. zwischen rechtem Arm (-) und linkem Bein (+)

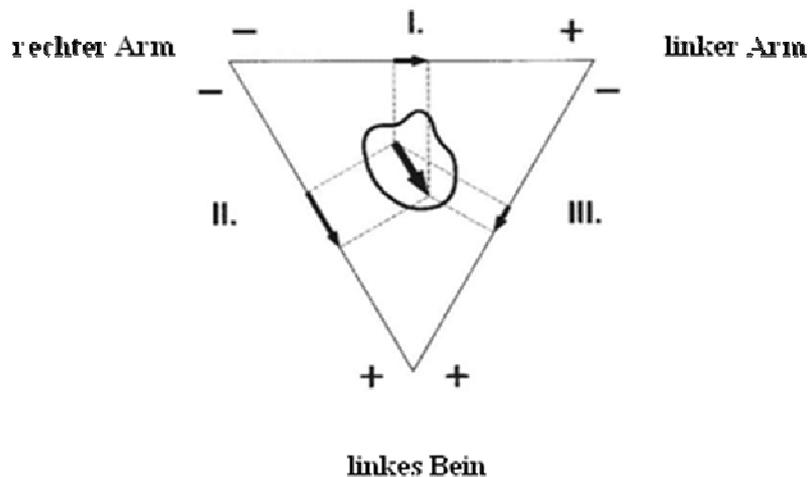
III. zwischen linkem Arm (-) und linkem Bein (+)

Diese Ableitung ist bipolar, weil die Veränderung des Potenzialunterschiedes zwischen einem negativen und einem positiven Pol registriert werden. Die Abstände zwischen jeder Ableitung und dem Herzen sind gleich, deshalb kann ein gleichseitiges, sogenanntes Einthoven-Dreieck aus den Achsen der Ableitungen gebildet werden. Der während der Arbeit des Herzens entstehende Strom hat eine Größe, eine Richtung und eine Polarität, weshalb wir ihn als Vektor darstellen können. Die im Herzmuskel entstehenden Vektoren werden auf den Seiten des Dreieckes folgendermaßen projiziert: der

Potenzialunterschied in der Inneren des Dreieckes verursacht einen Potenzialunterschied an den Seiten des Dreiecks der so groß ist, wie die rechtwinklige geometrische Projektion des resultierenden Vektoren der einzelnen Seiten.

Für die Standardableitungen gilt die Einthoven-Regel:

$II. = I. + III.$, also ist die Summe der in der ersten und dritten Ableitungen entstehenden Projektionen gleich der Projektion der zweiten Ableitung.



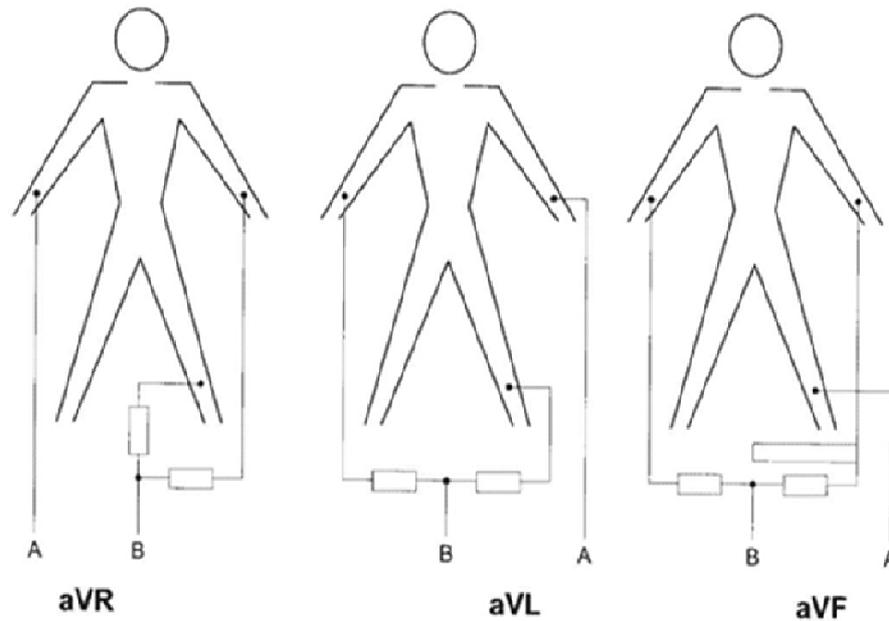
Einthoven-Dreieck

b, Unipolare Extremitätenableitung nach Goldberger (in der frontalen Ebene)

Bei diesem Typ ist der positive Pol irgendein Glied: rechter Arm (aVR), linker Arm (aVL) oder linkes Bein (aVF). Das gemeinsame Potenzial der anderen Extremitätenableitungen ist das sogenannte Nullpotenzial.

(„a“ ist der Anfangsbuchstabe des englischen Wortes „augmented“, welches „vergrößert“ bedeutet. Das Gerät schaltet nämlich das Glied

der gemeinsamen Elektrode an der die Ableitung entsteht aus, damit registriert man größere Potenziale.)



Unipolare Extremitätenableitungen nach Goldberger

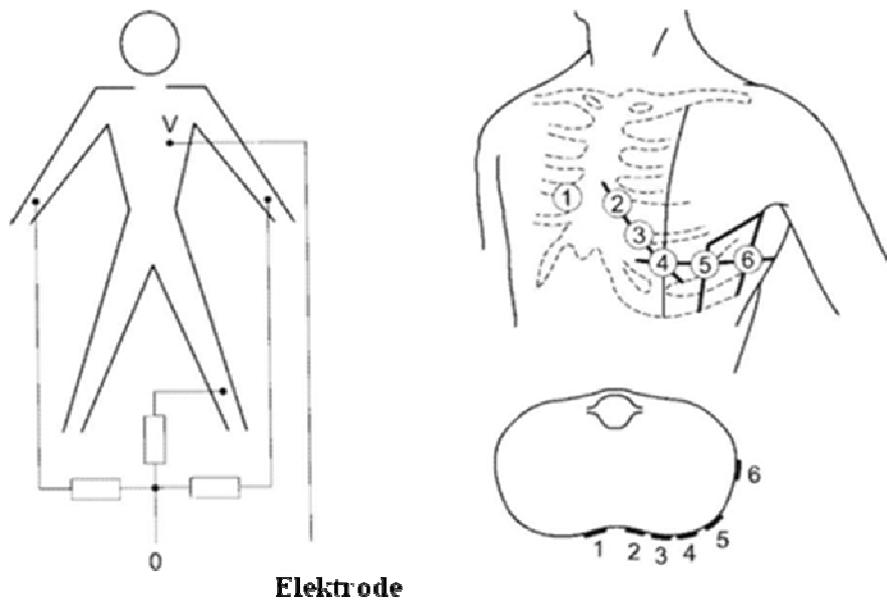
c, Unipolare (präkordiale) Brustwandableitungen nach Wilson

Man bringt die „differenten“ Elektroden (V1-V6) an bestimmten Punkten der Brustwand an. Die „Sammelelektrode“ (sogenannte Wilson-Nullelektrode) entsteht dadurch, dass die Extremitätenableitungen miteinander durch großen Widerstand verbunden werden.

Die Lage der differenten-Elektroden:

- V1: 4. Zwischenrippenraum, rechter Rand des Sternums
- V2: 4. Zwischenrippenraum, linker Rand des Sternums
- V3: im Halbpunkt des Abstandes zwischen V2 und V4
- V4: 5. Zwischenrippenraum, in der Medioklavikularlinie
- V5: in der Höhe von V4, in der vorderen Axillarlinie
- V6 : in der Höhe von V4, in der hinteren Axillarlinie

Vor der EKG-Untersuchung muss man das Gerät eichen: wenn man den entsprechenden Knopf drückt, erscheint eine 10 mm große, senkrechte Auslenkung in positiver Richtung. Dies entspricht 1mV. Im Allgemeinen ist die benutzte Schreibgeschwindigkeit des Papiers 25mm/sec. In diesem Fall entsprechen die kleinen Quadrate auf dem Papier 0,04 Sekunden und die großen Quadrate 0,2 Sekunden.



Unipolare Brustwandableitungen nach Wilson

Im EKG kann man folgende Wellen und Phasen unterscheiden:
(s. Abbildung, II. Standardableitung)

P-Welle: sie entsteht während der Depolarisation des Vorhofmuskels. Ihre Dauer ist nicht länger als 0,1 Sekunden und ihre Amplitude ist 0,1-0,15 mV.

PQ-Interval: Übertragung der Erregung der Vorhöfe auf den Kammermuskel (atrioventrikuläre Überleitungszeit). Diese Phase wird vom Anfang der P-Welle bis Anfang der Q-Welle gemessen. Sie beträgt 0,12-0,20 Sekunden. Wenn sich die Herzfrequenz erhöht, verkürzt sich die PQ-Phase.

QRS-Komplex: er entsteht während der Depolarisation des Kammermuskels. Seine Dauer ist 0,06-0,11 Sekunden.

Q-Welle: sie entsteht während der Depolarisation des Papillarmuskels und des Septums. Im Allgemeinen werden wir ihre Größe gegen die R-Welle.

R-Welle: sie reflektiert die Depolarisation des Hauptanteils des Kammermuskels. Ihre Amplitude ist im Durchschnitt 1mV (in den bipolaren Ableitungen).

S-Welle: sie bedeutet die Depolarisation vom hinteren, basalen Teil der linken Kammer. Meistens hat sie eine negative Richtung. Ihre Größe ist 0,1 mV.

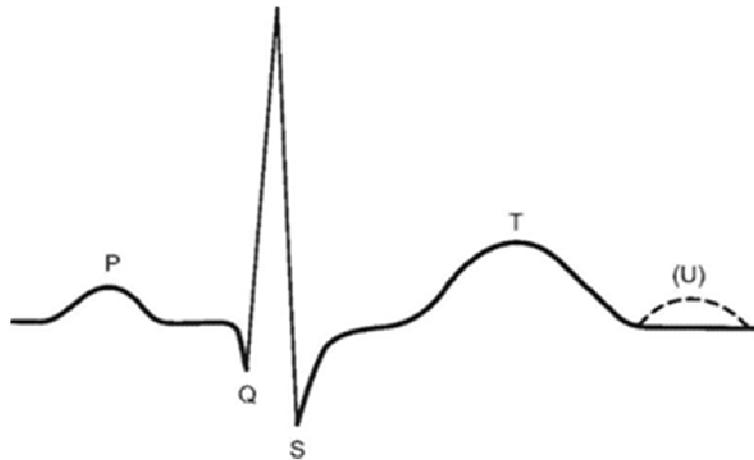
ST-Strecke: sie ist die langsame Repolarisation des Kammermuskels. Sie erstreckt sich vom Ende der S-Welle bis zum Anfang der T-Welle. Sie befindet sich in der isoelektrischen Linie. Davon darf sie höchstens geringfügig abweichen.

Wenn ihr Potenzial gleich oder größer als 0,1 mV ist, spricht man von einer pathologischen ST-Elevation. Das Gegenteil, die negative Auslenkung wird pathologische ST-Senkung genannt.

T-Welle: sie reflektiert die schnelle Repolarisation des Kammermuskels. Ihre Amplitude ist 0,1-0,5 mV.

QT-Intervall: es dauert vom Anfang der Q-Welle bis zum Ende der T-Welle an. Es repräsentiert die Depolarisation und Repolarisation der Kammern. Die Dauer ist 0,35-0,45 Sekunden. Das QT-Intervall verringert sich umgekehrt proportional mit der Erhöhung der Herzfrequenz.

(**U-Welle:** Sie kann nach der T-Welle auftreten. Sie ist die letzte Phase der Repolarisation der Kammern und nur selten zu sehen.)



Normale EKG-Kurve (bipolare Ableitung)

Die Auswertung des EKG:

1, Wir stellen fest, ob P-Wellen (Sinusrhythmus) anwesend sind und die Arbeit des Herzens rhythmisch ist: wir messen und vergleichen die Abstände zwischen den nacheinander folgenden R-Wellen. Bei Arrhythmie sind diese Abstände unterschiedlich.

2, Man bestimmt die Herzfrequenz: der R-R Abstand wird in Sekunden angegeben und wir dividieren 60 Sekunden mit diesem Wert (also wie viel Mal kommt ein R-R Abstand während 60 Sekunden vor). Wenn die Geschwindigkeit des Papiers 25mm/sec ist, entspricht ein kleines Quadrat 0,04 Sekunden.

3, Die Achsenlage des Herzens wird bestimmt, also die Lage seiner elektrischen Achse.

Man misst die Amplitude der R-Wellen in den I.-III. Standardableitungen. Man spricht von Indifferenztyp (etwa 45° Achsenlage), wenn die R-Welle in der II. Ableitung am größten und in I. und III. gleich groß sind.

Beim Linkstyp, ist die Amplitude der R-Welle am größten in der I. Ableitung und in der Dritten hat sie eine negative Richtung. Beim Rechtstyp ist die Amplitude der R-Welle am größten in der III. Ableitung und ist negativ in der I. Ableitung. (Man denke dabei an die Vektorprojektionen der einzelnen Seiten des Einthoven-Dreiecks!)

4, Man untersucht die einzelnen Wellen und misst die PQ-Überleitungszeit. Man bestimmt die Dauer des QRS-Komplexes und analysiert die Form. Abschließend vergewissert man sich dass die ST-Strecke in Höhe der isoelektrischen Linie verläuft.

3. Die Untersuchung des arteriellen Pulses

Wegen der Elastizität der Adern strömt das Blut ununterbrochen im Blutgefäßsystem. Während der Systole wird eine gewisse Blutmenge in das arterielle System gepumpt, die mit einer bestimmten Geschwindigkeit eine in die Peripherie verlaufende Volumen- und Druckveränderung verursacht. Die Volumen- und Druckveränderungen nennt man Puls. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit dieser Pulswelle ist 8-12 m/sec in den muskulären Arterien junger Leute (zum Beispiel Arteria radialis). Dieser Wert erhöht sich mit dem Alter, also mit der Verminderung der Elastizität der Gefäße.

Man kann den Puls als Pulsation auf den oberflächlichen, besonders gut auf knöchigem Grund liegenden Arterien tasten, wie zum Beispiel die Arteria radialis auf der Innenseite des Handgelenkes. Man kann hierfür die Spitze der Zeige-, Mittel-, und Ringfinger leicht auf die Arteria radialis legen und die Pulsschläge pro Minute zählen. Wo die Arterien getastet werden können: Schläfe, Hals (Karotis-Puls!), supraklavikulärer Graben, Achselhöhle, Ellenbogen, Leistenbeuge, Kniekehle, innere Oberfläche der Knöchel und dorsale Oberfläche des Fußes.

Die Pulszahl ist etwa 70/min in Ruhe. Im Falle rhythmischer Herzarbeit, liegt man präzise genug wenn man den halb-minütlichen Wert mit 2 multipliziert. Bei Arrhythmie oder Extrasystolen sollte man mindestens 1lang Minute zählen, um verlässliche Werte zu erhalten.

Pulsqualitäten

a, nach der Frequenz

- häufig (frequens), Tachykardie
- selten (rarus), Bradykardie

Normalerweise harmonisiert die Herzfrequenz mit der Pulsfrequenz. Im pathologischen Zustand kann eine Herzkontraktion so schwach sein, dass die Pulswelle die Peripherie nicht erreicht: Pulsdefizit.

b, nach der Rhythmizität der Herzarbeit

- regelmäßig (regularis)
- unregelmäßig (irregularis), Arrhythmie

Der Puls kann eine Fluktuation synchron zur Atmung zeigen: bei Inspiration ist er schneller als bei Expiration.

Das ist die sogenannte respiratorische Arrhythmie, die bei einer tieferen Inspiration oder bei einem vegetativ labilen Mensch ausgeprägter auftritt.

Die anderen Arten der Arrhythmie (Arrhythmie mit Extrasystolen, Absolute Arrhythmie) können wir mittels EKG genauer untersuchen.

c, nach der Amplitude der Pulswelle (die Auslenkung der Gefäßwand)

- hoch (altus)

- niedrig (parvus)

Diese hängt von der Größe des Pulsvolumens und der Elastizität der Gefäßwand ab. Bei einem bestimmten Pulsvolumen ist die Pulsamplitude klein, wenn die Elastizität groß ist und umgekehrt.

d, nach der Steilheit der Pulswelle (die Geschwindigkeit der Auslenkung der Gefäßwand)

- schnell (celer)

- langsam (altus)

Die Steilheit der Pulswelle hängt von der Geschwindigkeit der Druckveränderung ab. Bei einer bestimmten Herzfrequenz begleitet eine notwendigerweise schnelle Druckveränderung den starken Puls und umgekehrt.

e, nach der Unterdrückbarkeit oder der Härte

- hart (durus), schwer unterdrückbar

- weich (mollis), leicht unterdrückbar

Dies hängt von dem arteriellen Mitteldruck ab. Das bedeutet den Druck, den wir brauchen, um den Puls auf dem distalen Teil des Gefäßes zu unterdrücken.

Wenn die Welle, die Höhe, die Geschwindigkeit, und die Härte des Pulses gleichmäßig ist, nennt man ihn: Pulsus aequalis.

Bei absoluter Arrhythmie ist die Zeit zwischen den Schlägen unterschiedlich und jeder Schlag hat ein anderes Volumen, eine andere Welle: Pulsus irregularis et inaequalis.

Wenn der Puls filiformis und leicht unterdrückbar ist: Pulsus parvus, frequens et mollis. Das ist ein Symptom der Hypovolämie (Kreislaufkollaps, Schock).

4. Die Beobachtung der Pulsation der äußeren Drosselvene (Vena jugularis externa)

Während des Herzzyklus entstehen Druckwellen auch im Vorhof. Diese Druckwellen fallen mit der Systole, also dem Schließen der atrioventrikulären Klappen und langsamer Füllung der Vorhöfe, zusammen. Die im rechten Vorhof entstehende Druckwelle verursacht Volumenveränderungen in den Venen des Körperkreislaufes: während des Druckanstiegs im Vorhof wird das Einströmen des Blutes verhindert, das Blut staut sich in den zuleitenden Venen an, und damit erhöht sich das Volumen in diesen. Diese Volumenveränderungen sind mit freiem Auge an der äußeren Drosselvene, bei einem auf dem Rücken liegenden Menschen, sichtbar.

5. Blutdruckmessung

Im Allgemeinen versteht man unter Blutdruckmessung die nicht-invasive, arterielle Druckmessung. Bei dieser Untersuchung bestimmen wir den äußeren Druck, den man braucht um das bestimmte Gefäß zu komprimieren oder die Blutströmung zu verhindern. In diesem Fall drücken wir auf das umliegende Gewebe (Haut, Muskeln), deshalb ist der gemessene Wert ein bisschen größer als der tatsächliche intravaskuläre Druck. Bei der Blutdruckmessung können wir Informationen über den größten und kleinsten Druckwert des arteriellen Systems im Herzzyklus sammeln. Der Erste ist der systolische Wert und der Zweite der diastolische.

Die Größe des Blutdruckes hängt von folgenden Faktoren ab:

- Intensität der Herzarbeit
- Größe des peripheren Widerstandes des arteriellen Systems
- Elastizität der Gefäßwände
- Menge und Viskosität des Blutes im Kreislaufsystem

Zur nicht-invasiven, indirekten Blutdruckmessung wird das Sphygmomanometer nach Riva-Rocci (nach den Anfangsbuchstaben kürzt man den Blutdruckwert mit RR ab) angewendet. Dieses besteht aus einer Manschette, dem Manometer, und einem Gummiballon. Die Manschette ist aus Stoff und mit einem Gummikissen gepolstert.

a, Palpatorische Methode

Man legt die luftleere Manschette um den Arm und pumpt sie auf, bis der radiale Puls nicht mehr tastbar ist. Dann öffnet man ganz leicht das Ventil und lässt die Luft langsam entweichen bis der Puls wieder tastbar ist. Der Druckwert dabei wird vom Manometer abgelesen und entspricht dem systolischen Wert. Da das Lumen wegen des äußeren Druckes noch nicht vollkommen frei ist, ist der nun tastbare Puls etwas schwächer als der zuvor getastete „Normalpuls“. Man lässt die Luft so lange weiter entweichen, bis der Puls sich wieder so stark anfühlt wie zu Beginn der Untersuchung. Der Druck bei diesem Zeitpunkt entspricht in etwa dem diastolischen Wert.

b, Auskultatorische Methode (nach Korotkoff):

Diese Methode ermöglicht eine genauere Bestimmung des Blutdruckes als die palpatorische Methode.

Die Manschette wird um den Arm gelegt. Man ertastet die Pulsation der Arteria brachialis im Ellbogen und legt das Stethoskop darauf (nicht drücken!!). Anschließend bläst man die Manschette mit 20-30 mmHg mehr als den erwarteten systolischen Wert auf. Dadurch wird die Arteria brachialis komprimiert und der Blutstrom unterbrochen. Darauffolgend reduziert man den Druck langsam mit der Hilfe des Ventils. Sobald der Druck ein wenig unter dem systolischen Wert ist, kommt der Blutstrom wieder in Gang. Doch aufgrund des kleinen Lumens kommt es zu einer turbulenten Strömung, welche mit einem kurzen scharfen Ton einhergehen („Korotkoff-Töne“).

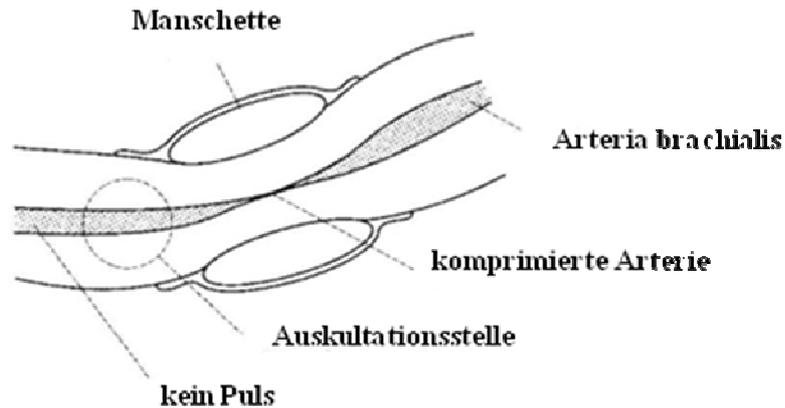
Beim ersten Korotkoff-Ton liest man den systolischen Wert an der Skala ab und lässt weiterhin den Druck fallen. Wenn die pulsierenden Töne verschwinden, liest man den diastolischen Wert ab. Das Ergebnis wird als Bruch angegeben: die erste Zahl ist der systolische Wert und die Zweite ist der diastolische. Zum Beispiel: RR=120/80 mmHg.

Wenn man einen Unterschied im Seitenvergleich der beiden Radialis-Pulse spürt, muss man den Blutdruck an beiden Armen messen.

Ein Unterschied von mehr als 20 mmHg ist pathologisch. Kleinere Differenzen können physiologisch vorkommen, da das rechte obere

Glied mittels Arteria anonyma, und das linke obere Glied direkt von der Aorta versorgt werden.

Der normale Blutdruck ist bei einem jungen Menschen: 120/80 mmHg.



indirekte Blutdruckmessung

6. Perkussion der Brustwand (Abklopfen der Brustwand)

Das Abklopfen (die Perkussion) und das Abhorchen (die Auskultation) gehören zu den am häufigsten angewendeten Untersuchungen in der medizinischen Praxis.

Bei der Perkussion bildet man durch Schlagen der Körperoberfläche Schwingungen, und der entstehende Ton wird interpretiert.

Die Qualität der Perkussion hängt von der Art der Perkussion, der Elastizität der Körperoberfläche und dem Luftgehalt der darunter liegenden Organe ab.

Die Perkussion hat zwei Ziele:

- man kann Informationen über den Luftgehalt bestimmter Organe erhalten: vergleichende Perkussion
- wir können die Grenze bestimmter Organe bestimmen: topographische Perkussion

Die Technik der Perkussion: man legt den Zeigefinger oder Mittelfinger (sogenannter Plessimeterfinger) der linken Hand auf die zu untersuchende Oberfläche, und schlägt auf das erste oder zweite

Fingerglied mit einem gebogenen Mittelfinger (Perkussionsfinger) der rechten Hand. Wenn Sie schwach perkutieren, können Sie feine Veränderungen erkennen; z.B.: eine dünne Flüssigkeitsschicht. Je stärker man perkutiert und je fester man den Plessimeterfinger auf die Oberfläche drückt, desto besser sind tiefer liegende Organe hörbar. Ein dumpfer (hoch, kurz, leise) Ton wird gehört, wenn man über einem nicht luftgefüllten Organ (z.B.: Herz, Leber) oder intrapleuraler Flüssigkeit klopft. Über große, luftgefüllte, kavitöse Organe (z.B.: Magen) kann man tympanischen Klopfeschall (Tympanie) hören. Eine gesunde Lunge gibt sonoren Klopfeschall, der tiefer, lauter und länger ist. (Oder vollständiger, scharfer nicht-tympanischer Klopfeschall).

Die Perkussion der Lunge

Am bequemsten kann man die vordere Oberfläche der Brustwand untersuchen, wenn der Patient auf dem Rücken liegt. Der Rücken wird in sitzender Lage untersucht, während der Patient sich ein bisschen vorwärts beugt und seinen Kopf ebenfalls vorwärts beugt.

a, Bei der vergleichenden Perkussion klopft man über jeden nacheinander folgenden Zwischenrippenräumen auf dem Rücken vom Interskapulär-Raum bis zum Zwerchfell. Man klopft auf symmetrische Punkte auf der rechten und linken Seite hintereinander. Auf gleichem Wege soll man auch von der Skapularlinie nach distal zur Axillarlinie perkutieren.

b, Mit der topographischen Perkussion kann man die Grenzen der Lunge bestimmen. Unter dem Diaphragma sind luftleere Organe, deshalb löst ein dumpfer Schall, den für die Lunge charakteristischen Ton ab (ausgenommen vorne links: Magen)

Die unteren Grenzen der Lunge:

- vorne auf der rechten Seite: 6. Zwischenrippenraum in der Medioklavikularlinie
- auf beiden Seiten in der mittleren Axillarlinie, der 8. Zwischenrippenraum
- auf beiden Seiten in der Skapularlinie, der 9. Zwischenrippenraum
- auf beiden Seiten paravertebral in Höhe des Dornfortsatzes des 11. Rückenwirbels

Wenn man von oben nach unten perkutiert und die entsprechende Höhe des Diaphragmas reicht, bittet man den Patienten tief einzuatmen. So lässt sich die Atemauslenkung des Diaphragmas untersuchen. Wenn der Patient einatmet, öffnen sich die Sinusse, die Dämpfung lässt nach und man kann den typischen Lungenschall hören. Im Falle von entzündlichen Prozessen, bemerkt man eine reduzierte Auslenkung.

Das Diaphragma kann höher stehen: wenn die Lunge oder das Diaphragma schrumpft, oder bei entzündlichen Prozessen des Diaphragmas. Tiefer steht es z.B. während eines Asthmaanfalles.

Die Perkussion des Herzens:

Die maximale frontale Projektion des Herzens (nicht die Größe) kann man bestimmen, wenn man die Grenze der relativen Herzdämpfung perkutiert. Normalerweise überschreitet die rechte Grenze der Herzdämpfung nicht den rechten Rand vom Sternum. Das kann man perkutieren, wenn man den Plessimeterfinger vorne senkrecht zum Diaphragma und parallel zur erwarteten Herzgrenze auf die Brustwand legt, schwach darauf drückt und dann in Richtung des Sternums mittelhart klopft. Die linke Grenze der relativen Herzdämpfung liegt 1-2cm in medialer Richtung von der Medioklavikularlinie entfernt. Man kann das herausfinden, in dem man von der linken Axillarlinie Richtung Sternum perkutiert. Die obere Grenze befindet sich links im 3. Zwischenrippenraum. Diese Grenze klopft man mit dem auf dem Zwischenrippenraum gelegten Finger parasternal von oben nach unten.

Mit unserer auf die Brustwand gelegten Hand bestimmen wir die Lage der Herzspitze, welche physiologisch auf der linken Seite, 1-2 cm weit in medialer Richtung von der Medioklavikularlinie, im 5. Zwischenrippenraum ist.

Innerhalb der relativen Herzdämpfung kann man mit leiser Perkussion einen kleineren, dumpfen Ton gebenden Bereich abgrenzen. Dieser ist die absolute Herzdämpfung. In diesem Bereich ist das Herz nicht vom Lungengewebe bedeckt und liegt der Brustwand direkt an. In der Praxis findet diese Methode jedoch selten Anwendung.

7. Auskultation der Brustorgane

Man hat zwei Möglichkeiten die Auskultation durchzuführen: mit dem direkt auf die Brustwand gelegten Ohr (direkte Auskultation), oder mit Hilfe eines Stethoskops (indirekte Methode). Es ist besser ein Stethoskop zu verwenden, weil man damit die Töne lauter hören kann, und wir den liegenden Patienten bequemer erreichen können.

Die Auskultation der Lunge:

Über der gesunden Lunge können Sie zwei verschiedene Atemgeräusche hören:

- das vesikuläre Atemgeräusch: hörbar wo lufthaltiges, an der Atmung beteiligtes Lungengewebe ist. Dieses Geräusch wird durch die Ausdehnung der Alveolen und der Luftströmung verursacht. Im Allgemeinen hört man es nur bei Inspiration, weil es beim Ausatmen sehr kurz und leise ist.

- das tracheobronchiale Atemgeräusch: hörbar wo ein größerer Bronchus nahe der Brustwand liegt (z.B.: rechter Hauptbronchus im interskapulären Raum oder vorne neben dem Manubrium sterni). In anderen Bereichen der Lunge ist dieses Geräusch vom vesikulären Atemgeräusch überlagert. Man hört es bei In- und Expiration.

Wenn das vesikuläre Geräusch fehlt, wird das tracheobronchiale Atemgeräusch an die Oberfläche geleitet (z.B.: wenn die Alveolen den Luftinhalt wegen Flüssigkeit oder einem Infiltrat verlieren).

Die Auskultation des Herzens

Im Allgemeinen kann man zwei verschiedene Herztöne während des Herzzyklus hören. Der Erste ist der systolische Ton. Er entsteht am Anfang der Systole durch den schlagartigen Verschluss der kuspidalen Klappen. Der Zweite oder der diastolische Ton wird am Anfang der Diastole durch den schlagartigen Verschluss der semilunaren Klappen ausgelöst. In der Mitte der Diastole (in der schnellen Füllungsphase) kann auch der dritte Herzton, oder auch Füllungston genannt, physiologisch vorkommen. Diesen Ton kann man besonders bei jungen Personen mit dünner Brustwand an der Herzspitze auskultieren. In bestimmten Fällen kann man sogar den vierten, von der Vorhofkontraktion verursachten Ton hören. Es gibt bestimmte Punkte, wo man die Töne der einzelnen Klappen am stärksten hören kann: Punctum Maximum.

Man fängt die Auskultation mit dem Stethoskop an der Herzspitze an. Der erste Ton wird identifiziert: dieser ist länger, kommt nach der diastolischen Pause und ist synchron zum Karotispuls. (Verhältnis zum Karotispuls ist das einzige Kennzeichen bei Tachykardie, weil die Dauer der Systole und Diastole gleich sind.) Der erste Ton ist länger und tiefer, der Zweite kürzer, höher und schärfer.

Die Punctum Maxima der Klappen:

- Aortenklappe: auf der rechten Seite, neben dem Sternum im 2. Zwischenrippenraum
- Pulmonalklappe: auf der linken Seite, neben dem Sternum im 2. Zwischenrippenraum
- Bikuspidalklappe: auf der Herzspitze; auf der linken Seite, 2 fingerbreit fern von der Medioklavikularlinie in der medialen Richtung im 5. Zwischenripperraum
- Trikuspidalklappe: auf der rechten Seite, neben dem Sternum im 4-5. Zwischenrippenraum

An der Stellen der Semilunarklappen kann man den zweiten Herzton und an den Stellen der Kuspidalklappen den ersten Herzton lauter hören.

8. Die Wirkung der physischen Belastung auf den Kreislauf

Mit physischer Belastung kann ein Arzt die Leistung und die Anpassungsfähigkeit des kardiopulmonalen Systems messen. Unter Ruhebedingungen misst man den Blutdruck des Patienten, Puls und Atemfrequenz. Dann bittet man den Patienten Muskelarbeit auf dem Fahrradergometer bei bestimmter Belastung eine gewisse Zeit lang zu verrichten. Man verwendet niedrig anfangende, stufenweise steigende und gleichlang dauernde Belastungsniveaus. Man misst dabei den Blutdruck und zählt den Puls und die Atmungszahl direkt nach der Belastung und nach 1, 2, 3, 5, Minuten. Eine Abweichung gegenüber erwarteten Parameterveränderungen und die Zeit zur Rückkehr auf die Ausgangswerte werden gewertet.

Normalerweise, wenn man die Belastung um 30 Watt in jeder dritten Minute erhöht, steigt jedes Mal die Herzfrequenz durchschnittlich um 10/min und der systolische Wert um 10-20 mmHg. Im Allgemeinen kehren die Parameter in 2 Minuten auf die Ausgangswerte zurück.

Belastungstests werden üblicherweise benutzt um Sportler zu testen, okkulte Herzerkrankungen zu erkennen (mit simultaner EKG-

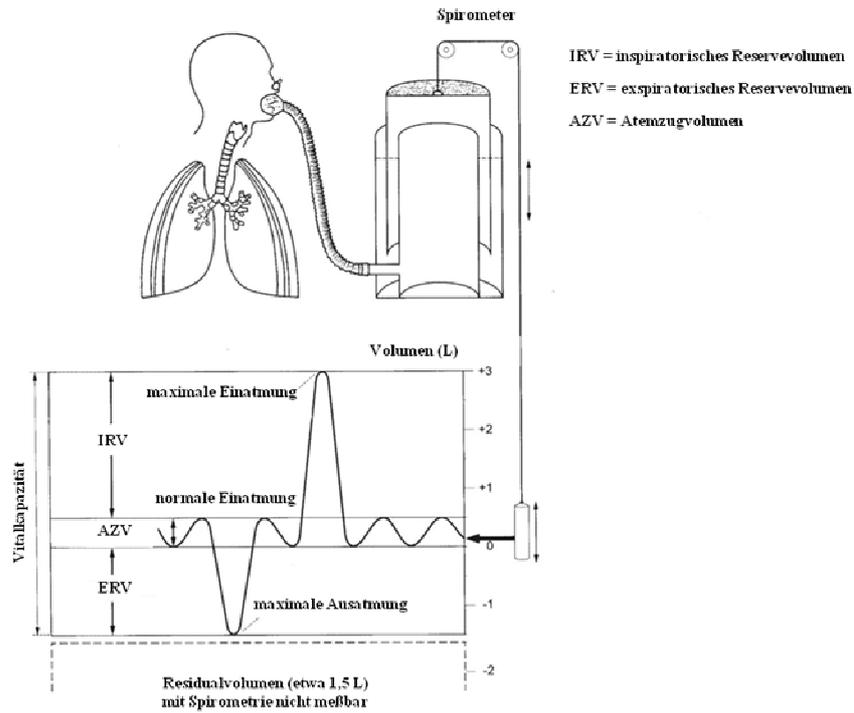
Kontrolle) und das Maß der Rehabilitation nach Krankheit zu ermitteln

9. Atemfunktionstest

Bei der Untersuchung der Atemfunktion misst man Lungenvolumen und Ventilation der Lunge. Für die Untersuchung benutzt man einen Spirometer, welcher für die Sammlung der Gasen und Bestimmung ihrer Volumina geeignet ist. Im Allgemeinen wird der sogenannte „Glocke-Gasometer“ Typ benutzt (Spirometer nach Hutchinson). Das ist ein mit Wasser gefüllter, walzenförmiger Behälter, in dem eine Metallglocke getaucht wird. Eine Metallröhre ist in die Walze eingeleitet, deren Ende über dem Wasserpegel ist. Diese Röhre ist mit einer Gummiröhre verbunden, die ein Mundstück hat und den Kontakt zwischen dem geschlossenen Raum und den Atemwegen des Patienten herstellt. Während der Ausatmung wächst das Volumen vom Gas im Spirometer und die Glocke steigt. Während der Einatmung sinkt sie. Diese Bewegungen kann man an einer kalibrierten Skala ablesen und registrieren. Das wird als „Spirogramm“ bezeichnet.

Bei der Untersuchung nimmt der Patient das Mundstück in seinen Mund, hält sich die Nase zu und atmet die Zimmerluft etwa 1 Minute ein und aus. Nach der Eingewöhnungsphase legt man den Hahn des Spirometers um und bestimmt das Volumen der ausgeatmeten Luft während einer normalen Ausatmung. Auf gleichen Weg kann man das Volumen der eingeatmeten Luft während einer normalen Einatmung messen. Dieser Wert ist das sogenannte „Atemzugvolumen“ (ca. 500ml).

Man misst auch das Volumen der Luft, welches man nach einer normalen Ruheeinatmung noch einatmen kann: das inspiratorische Reservevolumen (etwa 2500 ml). Danach erfasst man das Volumen der forcierten Ausatmung fest, das man nach einer normalen Ruheausatmung exspirieren kann: das expiratorische Reservevolumen (etwa 1000ml).



IRV = inspiratorisches Reservevolumen
 ERV = expiratorisches Reservevolumen
 AZV = Atemzugvolumen

Messung der Lungenvolumina

Die Vitalkapazität ist das Volumen, das der Patient nach maximaler Einatmung mit einer maximalen Ausatmung ausatmen kann. Wenn Sie das Atemzugvolumen, das expiratorische und inspiratorische Reservevolumina zusammenrechnen, erhalten Sie die Vitalkapazität. Die Vitalkapazität zeigt das Maß der Elastizität der Brustwand und sie hängt vom Alter, Geschlecht, Körpergröße und dem Trainingszustand ab. Im Allgemeinen ist dieser Parameter bei Frauen 25% weniger als bei Männern. Bei Sportlern kann man größere Werte (8 Liter) messen. Die respiratorische Hilfsmuskulatur (M. pectoralis major und minor) ist bei Schwimmern und Ruderern besonders gut entwickelt. Die Vitalkapazität ist reduziert, wenn sich die Elastizität und die „Luftbehälter“ Funktion der Lunge verringert.

Ins Spirometer wird ein spezielles Registrierungspapier gelegt. Das Gerät leitet das Papier automatisch parallel zur Ausatmung weiter. Auf diesem Papier ist das Volumen der ausgeatmeten Luft gegenüber der Dauer der Ausatmung dargestellt. Das expirierte Volumen (die maximale Amplitude der Kurve) wird identisch mit der Vitalkapazität sein. Wenn man das Volumen am Ende der ersten Sekunde der Ausatmung misst und durch die Vitalkapazität dividiert und dann diesen Wert mit 100 multipliziert, erhält man die

Einsekundenkapazität. Bei einem gesunden Menschen ist dieser Wert 75%.

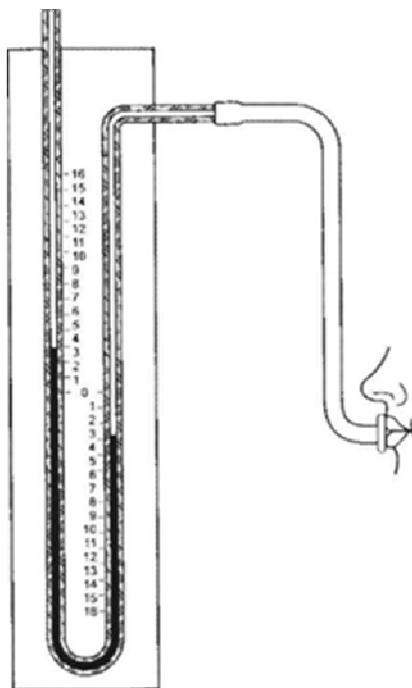
Bei respiratorischer obstruktiver Krankheit ist dieser Wert niedriger.

Einsekundenkapazität (Tiffeneau-Index) = $FEV1/VC \times 100$

10. Die Bestimmung des Atemdrucks

Die Arbeit und die Belastung der respiratorischen Muskeln werden dadurch widerspiegelt, welche Druckunterschiede sie während der Ein- und Ausatmung herstellen und aufrecht halten können.

Die Untersuchung führt man mittels Pneumatometer durch, welches eigentlich ein Quecksilber enthaltendes Manometer ist. Ein Mundstück ist mit dem Manometer verbunden. Der Patient soll sich die Nase zuhalten und verrichtet eine kraftvolle Expiration. Die Auslenkung zwischen den zwei Quecksilbersäulen zeigt uns den Atemdruck in mmHg an. Dieser Parameter beträgt ungefähr 30 mmHg bei einem untrainierten Menschen. Bei Sportlern und Menschen die die Atemmuskulatur beruflich nutzen wie Glasbläser oder Blasmusiker, kann dieser Wert sogar 300 mmHg erreichen.



Pneumatometer

10. Der Einfluss der Atmung auf den Kreislauf (Valsalva- und Müller- Versuch)

a, Valsalva-Versuch

Das Prinzip: der erhöhte Druck in der Lunge kann die intrathorakal liegenden Gefäße/Gefäßabschnitte komprimieren. Dadurch wird der venöse Rückstrom gehemmt.

Die Versuchsperson atmet tief ein und versucht gegen die verschlossene Glottis auszuatmen. Dadurch kontrahieren die Atem- und Bauchmuskeln kräftig und der intrathorakale und intraabdominale Druck steigt soweit an, dass die Venen komprimiert werden und der venöse Rückstrom blockiert wird. Das Blut wird dabei aus den Lungengefäßen gepresst. Der vorübergehende Anstieg des arteriellen Blutdrucks und des Schlagvolumens der linken Kammer wird von starkem Druckabfall gefolgt. Die linke Herzhälfte leert ihren Inhalt aus und schlägt dann quasi ins Leere. Deshalb kann man den radialen Puls kaum noch tasten.

b, Müller-Versuch

Nach dem Ausatmen versucht der Patient gegen die verschlossene Glottis einzuatmen. Dadurch steigt der negative intrathorakale Druck und das Herz und die Lungengefäße füllen sich derartig mit Blut, dass das Herz seinen Inhalt aufgrund des angewachsenen Drucks nicht entleeren kann. Auch hier ist der radiale Puls kaum tastbar.

Diese zwei Manöver können bei pathologischen Zuständen gefährliche Folgen haben (z.B.:Herzerkrankung). Man darf sie deshalb nur bei gesunden jungen Menschen ausführen!

12. Cold Pressor Test

Die Kälte löst Vasokonstriktion in den Kapazitätsgefäßen und Widerstandsgefäßen der Haut (zuerst an Händen und Beinen, dann Kopf und schließlich Rumpf) aus. Die Herzfrequenz und das Pulsvolumen sinken, der Blutdruck steigt. Intensive Kälteeinwirkung kann bedeutsame Blutdruckveränderung verursachen. Dieses Phänomen zeigt der „Cold Pressor Test“. Bei diesem diagnostischen Verfahren misst man den Blutdruck des Patienten und vergleicht die Werte vor und nach dem Eintauchen der Hand in Eiswasser.

Der Blutdruck soll mehrmals gemessen werden, bis der Wert sich stabilisiert (1-5 Minuten). Die Manschette wird aufgelockert aber

nicht entfernt und die eine Hand wird in Eiswasser 1 Minute lang bis zum Handgelenk eingetaucht. Nach 30 und 60 Sekunden misst man den Blutdruck, beziehungsweise man misst ihn laufend, bis er auf einen stabilen Wert zurückkehrt. Man kann einen Zuwachs von 20-30 mmHg beobachten.

10. Die Dreifachantwort der Haut

An der inneren, haarlosen Oberfläche des Unterarmes zieht man einen dünnen, stumpfen Gegenstand kräftig entlang. Nach einigen Sekunden entsteht eine rote Linie in Richtung der Reizung, die die Folge einer lokalen Vasodilatation ist. Danach folgt ein roter, großräumiger Bereich um die Reizung. Dieser Bereich wird durch vasodilatatorische Proteine, vorwiegend Calcitonin gene-related Peptide (CGRP), aus den Kollateralen gereizter Axonen gebildet. Das nennt man Axonreflex. Nach einigen Minuten beobachtet man eine ödematöse Schwellung, die von Substance P ausgelöst wird. Substance P wird von den Nervenendigungen freigesetzt und erhöht die Permeabilität der Gefäßwand.