

Physiologische Praktikum

2024/2025

2. Semester

Universität Szeged

Albert Szent-Györgyi Medizinische Fakultät

Anforderungssystem

Physiologie-Praktikum

Anforderungssystem

Die Teilnahme an den Übungen ist obligatorisch. Mehr als drei Fehlzeiten führen zur Verweigerung der Semesterunterschrift, und der Student wird nicht zur Prüfung zugelassen. Die Übungen beginnen im Rahmen des Präsenzünterrichts unter maximaler Berücksichtigung der aktuellen epidemiologischen Vorschriften. Eine Verspätung von mehr als 10 Minuten gilt als Abwesenheit. Im Falle einer Abwesenheit besteht die Möglichkeit, EINE Übung in der für Nachholungen vorgesehenen Woche nachzuholen.

Mit Ausnahme der ersten und letzten Unterrichtswoche führen die zwei für einen Stundenplantermin angesetzten Gruppen die Übungen im Wechsel mit unterschiedlichen Themen durch. In geraden Wochen führen die geraden, in ungeraden Wochen die ungeraden Gruppen experimentelle Laborübungen durch (6 Laborübungen). Parallel dazu absolvieren die Mitglieder der Partnergruppe eine Online-Übung auf der Coospace-Plattform mit einem online einzureichenden Protokoll (6 Online-Übungen).

In den Laborübungen führen die Studenten einzeln oder in kleineren Arbeitsgruppen unter Anleitung des Übungsleiters die zugewiesenen Aufgaben aus. Es wird erwartet, dass sich die Studenten im Voraus auf den Übungsstoff vorbereiten, dessen Thematik, theoretische Zusammenfassung sowie die Vorlagen für die Protokolle auf der Website des Instituts zu finden sind. Der Übungsleiter kann die Vorbereitung zu Beginn der Übung überprüfen; bei unzureichender Vorbereitung kann dem Studenten die Durchführung der Übung verweigert werden. Der Übungsleiter hat außerdem das Recht, die Anerkennung der Übung aufgrund von unwürdigem Verhalten des Studenten oder Nichtbeachtung seiner Anweisungen zu verweigern; in diesem Fall gilt der Student als abwesend. Um die Übung zu absolvieren und die Anwesenheit zu bestätigen, muss der Student ein Laborprotokoll vorlegen, das die Durchführung der jeweiligen Wochenübung belegt und vom Übungsleiter in 3 Stufen bewertet wird (nicht bestanden, bestanden, gut bestanden). Voraussetzung für die Anerkennung der Übung und den Anwesenheitsnachweis ist mindestens die Bewertung „bestanden“. Bei der Bewertung des Protokolls belohnt der Übungsleiter die Arbeit eines Studenten mit der Bewertung „bestanden“ mit 1 Übungspunkt und die Arbeit eines Studenten mit der Bewertung „gut bestanden“ mit 2 Übungspunkten. In den 6 Laborübungen können so insgesamt 12 praktische Prüfungspunkte gesammelt werden, die in das Ergebnis der Kolloquiumsprüfung einfließen.

Die Anerkennung der Online-Übungen ist an die erfolgreiche Einreichung des Online-Protokolls gekoppelt.

Maßeinheiten, Präfixe:

Stoffmenge::

Mol (mol)	$6 \cdot 10^{23}$
Osmol (Osm)	$6 \cdot 10^{23}$ basierend auf osmotischer
Äquivalent (Eq)	$6 \cdot 10^{23}$ basierend auf Reaktivität

térfogat:

Liter (l)	Kubikdezimete (dm^3)
Milliliter (ml)	Kubikzentimeter (cm^3)
Mikroliter (μl)	Kubikmillimeter (mm^3)

Druck:

1 Bar	100 kPa	1019 H_2Ocm	750 Hgmm
1 Atm	101.3 kPa	1033 H_2Ocm	760 Hgmm

prefixumok:

tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	k	10^3
-	-	10^0
milli	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}

01 Urinanalyse theoretischer Hintergrund

Urinanalyse

Diese praktische Übung stellt die Grundlagen der Urinuntersuchung unter physikalischen, chemischen und mikroskopischen Aspekten vor. Detaillierte Informationen über die Funktion des Ausscheidungssystems erhält man neben der Urinprobenanalyse durch die Untersuchung der Blutzusammensetzung sowie der glomerulären und tubulären Nierenfunktion. Die Gültigkeit der Ergebnisse bei der Urinprobenuntersuchung hängt von der korrekten Probenentnahme ab.

Urinprobenentnahme

Die Probenentnahme kann erfolgen durch (1) spontane Miktion (Mittelstrahlurin), (2) Katheterisierung, (3) bei Säuglingen durch einen auf der Hautoberfläche über den äußeren Harnwegen aufgeklebten Urinbeutel oder (4) durch direkte Blasenentnahme (suprapubische Aspiration, die so gewonnene Probe ist kontaminationsfrei und für anaerobe Erregerkulturen geeignet).

Voraussetzungen für die Urinprobenentnahme sind eine ausreichende Hydratation der Person sowie die Desinfektion der äußeren Urogenitalien (Methoden 1, 2, 3) oder der Entnahmestelle (4). Für die Probenentnahme wird außerdem ein sauberes Sammelgefäß zur Urinaufnahme benötigt.

Häufig reicht eine **Zufallsprobe** aus, die zu jeder Tageszeit entnommen werden kann und sich für chemische und mikroskopische Untersuchungen eignet. Für mikrobiologische und Routineuntersuchungen ist jedoch eine **kontaminationsfreie Urinprobe** besser geeignet: Sammlung von 10 ml frischem Mittelstrahlurin in einem sauberen, trockenen Gefäß (der erste Morgenurin ist am konzentriertesten und am besten für die Untersuchung geeignet). Bei Bedarf kann durch suprapubische Aspiration eine mikrobiologisch kontaminationsfreie Urinprobe gewonnen werden. Für Protein- oder Kreatinin-Clearance-Untersuchungen sowie zur Überwachung des Kohlenhydratstoffwechsels kann eine **24-Stunden-Urinsammlung** erforderlich sein, die in ein oder zwei Teilen (12-12-Stunden-Proben) gesammelt wird.

Allgemeine Regeln für den Umgang mit Urinproben

Bei der Urinuntersuchung müssen immer Handschuhe getragen werden! Es dürfen nur Urinproben mit Raumtemperatur untersucht werden. Wenn die Probe nicht innerhalb von 2 Stunden nach der Entnahme untersucht werden kann, muss sie sofort in den Kühlschrank gestellt werden. Die Probe kann bei 2-8°C 24 Stunden gelagert werden. Längere Lagerung bei Raumtemperatur kann zu falschen Ergebnissen führen, da:

- Bakterien im Urin sich vermehren, Glukose abbauen und die Umwandlung von Harnstoff in Ammoniak fördern, was den pH-Wert des Urins erhöht und zur Ausfällung von Kalzium und Phosphat führt
- Urobilinogen zu Urobilin oxidiert wird, daher muss es aus frischem, aber abgekühltem Urin bestimmt werden
- Erythrozyten, Leukozyten und Zylinder zerfallen, während
- einige Urinbestandteile auskristallisieren können

Auf den folgenden Seiten wird die Theorie der physikalischen, chemischen und mikroskopischen Urinuntersuchung separat behandelt.

01 Urinanalyse theoretischer Hintergrund

Untersuchung der physikalischen Eigenschaften des Urins

Urinproben haben direkt beobachtbare physikalische Eigenschaften, sodass eine einfache visuelle Inspektion der Probe nützliche Informationen liefern kann.

Menge

Physiologisch normalerweise **900-1500 ml/24 Stunden**, wird jedoch von der Menge und Qualität der aufgenommenen Flüssigkeit beeinflusst (z.B. Kaffee, Alkohol usw. steigern die Diurese).

Eine Verminderung der Urinmenge (<600 ml/24 Stunden) ist die **Oligurie**, die durch Dehydratation, verminderte GFR verursacht werden kann. Bei extremer Verminderung (<100 ml/24 Stunden) sprechen wir von **Anurie**, die durch Kreislaufschock und Nierenversagen verursacht werden kann. Eine erhöhte Urinmenge wird als **Polyurie** (>2500ml/24 Stunden) bezeichnet, die durch die Filtration einer osmotisch aktiven Substanz oder geringe tubuläre Wasserreabsorption verursacht werden kann.

Farbe

Der Urin ist normalerweise strohgelb. Verfärbungen des Urins können auch durch aufgenommene Lebensmittel und Medikamente verursacht werden, daher ist es wichtig zu wissen, welche Lebensmittel und Medikamente der Patient in den 36 Stunden vor der Urinsammlung zu sich genommen hat. Die häufigen Farben und ihre möglichen Ursachen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Strohgelb	normale Urinfarbe von Urobilinogen
Farblos	~verdünnter Urin, kann auf hohe Flüssigkeitsaufnahme, Diabetes insipidus hinweisen
Dunkelgelb	~konzentrierter Urin, kann auf Dehydratation hinweisen
Hellbraun	kann auf Bilirubin-Anwesenheit hinweisen
Dunkelbraun	kann auf Porphyrin- oder Melanin-Anwesenheit hinweisen
Rot	kann auf Häm (Hämaturie oder Hämoglobinurie) hinweisen, kann aber auch durch erhöhte Eisenaufnahme und bestimmte Lebensmittel (z.B. Rote Bete) verursacht werden
Grünlich-blau	kann auf <i>Pseudomonas</i> -Infektion oder bestimmte Entzündungshemmer hinweisen

Es ist wichtig zu beachten, dass roter Urin nicht gleichbedeutend mit Blut im Urin ist. Wenn der Teststreifen (siehe später) kein Hämoglobin anzeigt und die mikroskopische Untersuchung des Sediments nicht auf Blut hinweist, ist die Veränderung wahrscheinlich medikamenten- oder nahrungsbedingt. Auch bei positivem Teststreifen kann es sein, dass im Sediment keine Erythrozyten vorhanden sind; in diesem Fall liegt eine Myoglobin- (bei Skelettmuskelschädigung) oder Hämoglobin-Ausscheidung vor (**Hämoglobinurie**). Hämoglobin erscheint nur dann im Urin, wenn das Hämoglobin-bindende Protein (Haptoglobin) gesättigt ist und die tubuläre Rückresorption das Transportmaximum erreicht hat. Wenn der Urin-Teststreifen Hämoglobin anzeigt und wir auch Erythrozyten (oder Erythrozyten-Zylinder) im Sediment sehen, nennen wir das **Hämaturie**. Die Morphologie der Erythrozyten kann auf den Ursprung des Blutes hinweisen (untere Harnwegsverletzung: intakte Erythrozyten; Glomerulus-Schädigung: pathologische Erythrozyten-Formen).

Transparenz (Lichtdurchlässigkeit)

Der Urin ist normalerweise durchscheinend und streut das Licht nicht. Wenn die Transparenz des Urins abnimmt, muss die Urinuntersuchung durch mikroskopische,

01 Urinanalyse theoretischer Hintergrund

chemische (Nitrit) und mikrobiologische Untersuchungen ergänzt werden. Die Transparenz wird in der folgenden Tabelle dargestellt (das 'x' in der Farbprobe zeigt, wie gedruckter Text durch die Urinprobe betrachtet erscheinen würde):

x	klar	normal, frisch ausgeschiedener Urin
x	weißlich-opaleszent	kann auf Leukozyten, Epithelzellen, Bakterien hinweisen
	milchig	kann auf Fett, Cystin-Kristalle, amorphes Phosphat oder Leukozyten hinweisen
x	trüb	kann durch konzentrierten Urin, Harnwegsinfektion, Phosphat, Urat, Harnsäure verursacht werden
	rot, trüb	bei Hämaturie

Geruch

Unter physiologischen Bedingungen hat frischer, verdünnter Urin einen schwachen aromatischen Geruch. "Schlecht" riechender Urin kann je nach Art des Geruchs verschiedene Ursachen haben, sodass die Identifizierung des Geruchs auf die Ätiologie der Veränderung hinweisen kann (z.B. süßlicher Geruch bei Ketonurie).

pH-Wert

Der physiologische/normale pH-Wert des Urins liegt je nach Qualität der aufgenommenen Nahrung zwischen **4,5-8**. Unter den pathologischen Zuständen spielt die pH-Bestimmung eine wichtige Rolle bei: der Untersuchung des Säure-Base-Haushalts, der Aufklärung der Ursachen der Steinbildung sowie der Klassifizierung von Tubulusschäden.

Spezifisches Gewicht

Die Bestimmung des spezifischen Gewichts des Urins (besonders beim Vergleich mehrfacher Messungen) kann wichtige Informationen über die Konzentrationsfähigkeit der Niere liefern. Der Wert kann in kg/L angegeben werden oder als dimensionslose Zahl im Verhältnis zu destilliertem Wasser (1,000 kg/L).

Der normale Bereich der Urindichte liegt beim ersten Morgenurin bei **1,003-1,035 kg/L**, bei 24-Stunden-Proben bei 1,015-1,030 kg/L. Eine Erhöhung des spezifischen Gewichts/der Dichte des Urins wird als **Hypersthenurie** bezeichnet, die z.B. bei Glukosurie, Proteinurie auftreten kann. Eine Verringerung des spezifischen Gewichts/der Dichte (verdünnter Urin) wird als **Hyposthenurie** bezeichnet, z.B. bei ADH-Mangel durch verminderte Wasserrückresorption. Wenn das spezifische Gewicht des Urins dauerhaft dem des proteinfreien Plasmas entspricht, also ~1,010 kg/L, kann die Niere wahrscheinlich weder konzentrieren noch verdünnen (Asthenurie/Isosthenurie bei terminalem Nierenversagen).

Die Messung des spezifischen Gewichts kann mit folgenden Methoden erfolgen:

- Urometer: bestimmt die Dichte mittels eines kalibrierten Schwimmers (Eintauch-Dichtemesser) im Urin, praktisch nach dem Prinzip des Archimedes. Dies werden wir in dieser praktischen Übung verwenden (siehe Durchführung der Übung).
- Refraktometer: der mit dem Refraktometer bestimmte Brechungsindex ist direkt proportional zur Menge der im Urin gelösten Teilchen. Vorteil ist der geringe Urinbedarf.
- Teststreifen: wir erhalten einen Näherungswert als Teil des Teststreifens (siehe später)

Chemische Urinuntersuchung

Bei der Untersuchung der chemischen Zusammensetzung des Urins wird der Nachweis von Substanzen durchgeführt, die durch glomeruläre Filtration, tubuläre Reabsorption und Sekretion in den Urin gelangen (z.B. Urobilinogen, Glukose, Bilirubin, Keton, Blut, Protein, Nitrit, Leukozyten-Esterase).

Formen der chemischen Untersuchung:

- Qualitativ, wobei die Möglichkeit besteht, die Anwesenheit einer bestimmten Substanz durch chemische Reaktionen nachzuweisen (siehe Durchführung der Übung).
- Semiquantitativ, Untersuchung mit Urin-Teststreifen, wodurch der Wertebereich, in dem die tatsächliche Konzentration der jeweiligen Substanz liegt, auch quantifiziert werden kann. Diese Untersuchung basiert ebenfalls auf chemischen Reaktionen, erfordert jedoch sehr geringe Urinmengen, kann innerhalb von 1-2 Minuten mehrere Urinbestandteile gleichzeitig bestimmen, mit geringem finanziellen Aufwand, da keine speziellen Geräte erforderlich sind (siehe Durchführung der Übung).
- Quantitative Bestimmung, geeignet für die genaue qualitative und quantitative Bestimmung einzelner Urinbestandteile, aber mit hohen Kosten und speziellen Geräteanforderungen verbunden (z.B. Photometer, Elektrophorese, Flüssigchromatograph, Massenspektrometer).

Die im Praktikum bestimmten Substanzen und ihre Beziehung zum Urin:

- **Glukose:** wird durch den Glomerulus filtriert, wird aber normalerweise vollständig rückresorbiert (proximaler Tubulus). Das Auftreten im Urin (Glukosurie) weist darauf hin, dass die Plasma-Glukosekonzentration das tubuläre Transportmaximum überschritten hat ($> \sim 10 \text{ mmol/L}$, typischerweise bei Diabetes) oder eine Tubulusfunktionsstörung bei normalem Plasma-Glukosespiegel vorliegt.
- **Bilirubin:** Unter physiologischen Bedingungen gelangt das in der Leber gebildete, wasserlösliche konjugierte Bilirubin (cBi), das mit der Galle in den Verdauungstrakt gelangt, nicht zurück in den systemischen Kreislauf. Wenn cBi im Kreislauf erscheint, kann es frei durch den Glomerulus filtriert werden und gelangt in den Urin (Bilirubinurie). Das im Kreislauf normalerweise vorhandene unkonjugierte Bilirubin ist an Albumin gebunden, wodurch auch seine Filtrationsfähigkeit begrenzt ist.
- **Urobilinogen:** Das in den Verdauungstrakt gelangte cBi wird durch Bakterien zu Urobilinogen (UBG) umgewandelt. Ein Teil des UBG wird mit dem Stuhl ausgeschieden, der andere Teil gelangt über den Pfortaderkreislauf zurück in die Leber. Die Leberzellen können jedoch nur einen kleinen Teil des UBG aufnehmen, während der Rest in den systemischen Kreislauf gelangt und im Glomerulus filtriert wird. In Ermangelung eines tubulären Transportmechanismus erscheint UBG also normalerweise im Urin, während erhöhte Werte auf eine verstärkte Bilirubinausscheidung hinweisen. Das Fehlen von UBG im Urin weist dagegen darauf hin, dass aufgrund einer Gallengangsblockade kein cBi (das Substrat des UBG-Stoffwechsels) in den Verdauungstrakt gelangt ist.
- **Ketonkörper:** Bei geringer Glukoseverfügbarkeit synthetisieren die Leberzellen Ketonkörper. Dies kommt auch unter "normalen" Bedingungen bei Hunger oder kohlenhydratarmer (ketogener) Diät vor, ist aber eher charakteristisch für Diabetes mellitus. Die im Kreislauf erscheinenden Ketonkörper werden frei filtriert, werden aber durch Reabsorptionsmechanismen meist rückresorbiert und erscheinen nur bei hohen Spiegel im Urin (Ketonurie).
- **Blut:** Der glomeruläre Filter filtert normalerweise die Erythrozyten heraus, sodass sie nicht im Urin erscheinen dürfen. Das Auftreten von Blut im Urin kann auf eine

01 Urinanalyse theoretischer Hintergrund

Schädigung des glomerulären Filters sowie auf eine Verletzung der unteren Harnwege hinweisen.

- **Protein:** Normalerweise werden Proteine größtenteils nicht durch den Glomerulus filtriert, die durchgetretenen kleineren Proteine werden durch tubuläre Reabsorption in den Kreislauf zurückgeführt, sodass die mit dem Urin ausgeschiedene Proteinmenge <150 mg/Tag beträgt. Bei Proteinausscheidung (Proteinurie) ist es wichtig, das Ausmaß, die Qualität und den Ursprung der Proteinausscheidung zu klären.
- **Nitrit:** Normalerweise nicht im Urin vorhanden. Die Umwandlung von Nitraten zu Nitriten erfolgt meist während einer Infektion durch bakterielle (gram-negative) Enzyme im Urin.
- **Leukozyten-Esterase:** Ein in Leukozyten/Granulozyten vorkommendes Enzym; der physiologische glomeruläre Filter filtert diese Zellen ebenfalls heraus, sodass sie nicht im Urin erscheinen dürfen. Eine positive Leukozyten-Esterase im Urin weist auf eine Erhöhung der Leukozyten/Granulozyten-Zahl im Urin, also auf eine Infektion hin.

Mikroskopische Untersuchung des Urins

Bei der mikroskopischen Untersuchung werden die Formelemente im Urin (Kristalle, Zellen, Zylinder, Mikroorganismen) untersucht. Einige dieser Elemente können physiologisch vorkommen, während andere eindeutig pathologisch sind.

Die Sedimentuntersuchung erfordert eine Zentrifugation der Urinprobe. Das am Boden des Röhrchens abgesetzte Sediment wird in einem kleineren Volumen resuspendiert, und diese Probe wird auf einen Objektträger aufgebracht und unter dem Mikroskop untersucht. Die Ergebnisse werden pro Gesichtsfeld angegeben, im LPF (low power field) bei niedriger Vergrößerung, im HPF (high power field) bei hoher Vergrößerung.

Im Sediment vorkommende Elemente:

- **Kristalle:** bilden sich aus Substanzen, die in hoher Konzentration im Urin vorliegen, ihre Bildung ist pH-abhängig.

Im sauren Urin:

- a. Harnsäure
- b. Ca-Oxalat-Monohydrat
- c. Ca-Oxalat-Dihydrat

Im alkalischen Urin:

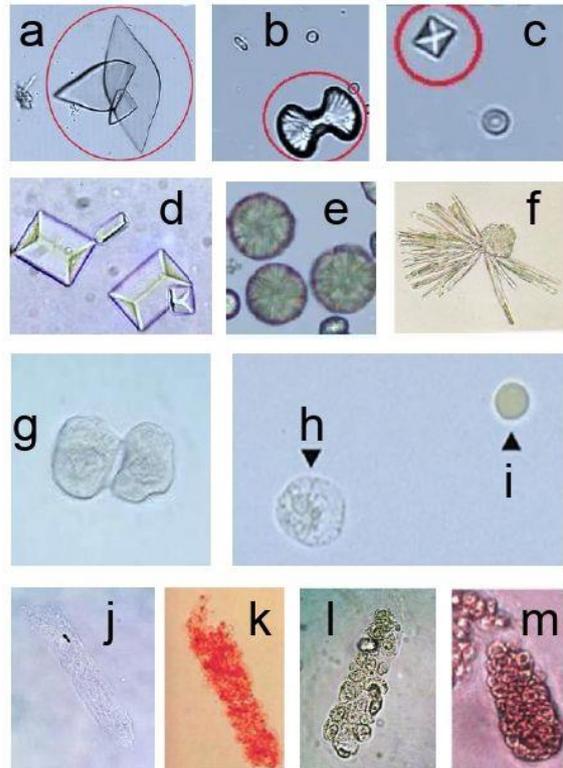
- d. Mg-Ammonium-Phosphat
- e. Ca-Carbonat
- f. Ca-Phosphat

- **Zellen:** können normalerweise in geringer Zahl vorkommen, ihre Anzahl kann sich aber bei Entzündungen und Verletzungen erhöhen.

- g. Tubuläre Epithelzelle
- h. Granulozyt (max. 1-2/Gesichtsfeld)
- i. Erythrozyt (max. 1 in 3-5 Gesichtsfeldern)

- **Zylinder:** Abgüsse von ausgefallten Proteinen und Zellen aus dem distalen Tubulus convolutus oder Sammelrohr (d.h. distales Nephron). Normalerweise kommen nur hyaline Zylinder vor.

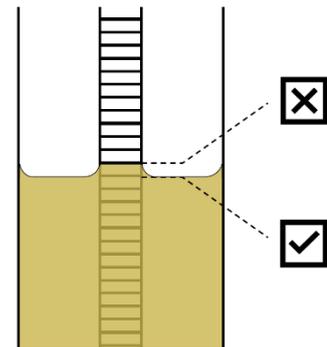
- j. Hyalin
- k. Hämoglobin
- l. Epithel
- m. Erythrozyten



01 Urinanalyse Messungen

I. Messung des spezifischen Gewichts des Urins mit dem Urometer

Das Urometer ist auf Raumtemperatur (20°C) kalibriert und kann daher nur mit Urin bei entsprechender Temperatur verwendet werden. Das Urometer wird in einen mit Urin gefüllten Messzylinder eingetaucht. Für die Messung muss das Urometer schwimmen, daher ist es wichtig, ein ausreichendes Probenvolumen zu haben, und das Gerät darf die Behälterwand nicht berühren. Auf der Urometerskala muss der Wert in Höhe der Urinoberfläche abgelesen werden.



Die Messung kann potenzielle Fehler enthalten, daher ist es wichtig, dass die Messung nach den Vorgaben erfolgt (in gegebenen Fällen können wir überprüfen, ob das spezifische Gewicht von destilliertem Wasser tatsächlich 1,000 kg/L beträgt, und bei Abweichung können wir mit der gemessenen Differenz korrigieren).

II. Chemische Urinanalyse

Glukosenachweis mit Fehling-Test:

- 1-1 ml Fehling I (3,5% CuSO_4) und Fehling II Lösung (17% K-Na-Tartrat in 5% NaOH gelöst) mischen
- Das Reagenzgemisch zum Kochen bringen
- 2-3 Tropfen Urin zur noch heißen, azurblauen Lösung zugeben
- Die Lösung verfärbt sich bei Anwesenheit von reduzierendem Zucker (z.B. Glukose) rot, bei Abwesenheit bleibt sie blau

Proteinnachweis mit Sulfosalicylsäure-Test:

- 2-3 Tropfen Sulfosalicylsäure zu 3 ml Urin zugeben
- Bei Opaleszenz, Trübung oder Ausfällung enthält die Probe Protein

Ketonnachweis mit Rothera-Test:

- Rothera-Mischung auf Filterpapier geben (10g Natriumnitroprussid, 200g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 200g Na_2CO_3)
- Anschließend Urin darauf tropfen
- Bei Anwesenheit von Ketonkörpern tritt eine violette Verfärbung auf

III. Urin-Teststreifen

Bei der Arbeit mit Urin-Teststreifen sind die vorschriftsmäßige Lagerung und die Verwendung innerhalb des Verfallsdatums wichtig. Die Gebrauchsanweisung kann je nach Hersteller variieren; hier erläutern wir die Verwendung des in diesem Praktikum verwendeten CYBOW-Teststreifens:

- Die Reaktionszone nicht mit den Händen berühren!
- Der Streifen sollte max. 1-2 Sekunden in Urin getaucht werden
- Überschüssiger Urin muss vom Teststreifen entfernt werden (überschüssigen Urin von der Rückseite in horizontaler Position entfernen)
- Der Teststreifen muss bis zum Ablesen horizontal gehalten werden
- Das Ablesen sollte 1 Minute nach dem Eintauchen erfolgen (außer Leukozyten: 2 Minuten)
- Den Teststreifen beim Ablesen in der auf der Schachtel angegebenen Richtung halten

01 Urinanalyse Messungen

- Jede Reaktionszone muss separat ausgewertet werden (unter Verwendung der Farbskala auf der Schachtel)

Substanz	Normal	Abweichung					Nachweisprinzip	Alternativer Test	
UBG (µmol/L)	(1.6-16)	/	/	(33)	(66)	(131)	Ehrlich-Reaktion (Benzaldehyd-Substitution)		
Glukose (mmol/L)	neg.	(5.5)	(14)	(28)	(55)	/	Zuckeroxidation → Metallionen-Reduktion	Fehling's test	
Bilirubin [Bi]	neg.	/	+	++	+++	/	Bi + Diazonium → Azofarbstoff		
Ketonkörper (mmol/L)	neg.	(0.5)	(1.5)	(3.9)	(10)	/	Nitroprussid-Reaktion	Rothera-Test	
Spezifisches Gewicht (g/L)	(1000)	(1005)	(1010)	(1015)	(1020)	(1025)	(1030)	Polyelektrolyt + Ionen → pH-Änderung	Urometer
Blut (#µL)	neg.	hemolysis + (10)	hemolysis ++ (50)	hemolysis +++ (250)	non-hemolysis + (10)	non-hemolysis ++ (50)	/	Hb + H ₂ O ₂ → Benzidin-Oxidation	
pH	5	6	6.5	7	8	9	/	pH-Indikator-gemisch	
Protein (g/L)	neg.	nyom	+ (0.3)	++ (1)	+++ (3)	++++ (10)	/	Protein-Indikator-gemisch	Sulfosalicylsäure-Test
Nitrit	neg.	nyom	poz.	/	/	/	/	Griess-Reaktion (Nitrit+Sulfanilamid → Diazonium → Azofarbstoff)	
Leukozyten (#µL)	neg.	+ (25)	++ (75)	+++ (500)	/	/	/	Leukozytenesterase + Indoxylester + Diazonium → Azofarbstoff	

Mögliche Fehler bei der Verwendung von Urin-Teststreifen:

- Fehlerhafte Urinprobenentnahme, -lagerung, -transport
- Wenn die Teststreifenverwendung nicht nach Anweisung erfolgt
- Faktoren, die die Farbreaktionen beeinflussen (z.B. kann Ascorbinsäure zu falschen Ergebnissen bei Glukose, Häm, Bilirubin, Nitrit und weißen Blutkörperchen führen)

01 EMG Aufgabenblatt

Name:
Gruppe:

Datum:
Auswertung:

I. Messung des spezifischen Gewichts mit dem Urometer

Messen Sie das spezifische Gewicht/die Dichte der Urinproben 1 und 2 mit dem Urometer. Während der Messung darf das Urometer die Messzylinderwand nicht berühren, was durch Drehen des Schwimmers verhindert werden kann. Tragen Sie die Ergebnisse in die folgende Tabelle ein.

Probe	Spezifisches Auswertung	Vermutete	Ursache Gewicht
1			
2			

II. Chemische Urinanalyse

Setzen Sie die Untersuchung mit den für die Bestimmung des spezifischen Gewichts verwendeten Proben fort. Führen Sie den Fehling-, Sulfosalicylsäure- und Rothera-Test an beiden Proben durch. Notieren Sie die Ergebnisse in der untenstehenden Tabelle.

Probe	Fehling	Sulfosalicyl säure	Rothera
1			
2			

Kann der Zucker/Protein/Keton-Gehalt den Unterschied im spezifischen Gewicht erklären? _____

Welche Probe erscheint abnormal? _____

Was könnte der Ursprung der Erkrankung sein? _____

Warum könnte Glukose im Urin erscheinen? _____

Warum könnten Ketonkörper im Urin erscheinen? _____

Warum könnte Protein im Urin erscheinen? _____

III. Urin-Teststreifen

Führen Sie die Urin-Teststreifen-Untersuchung an allen vier Proben durch! Notieren Sie die Ergebnisse in der untenstehenden Tabelle und versuchen Sie, die vier Urinsedimentbilder den Proben zuzuordnen.

Probe	UBG	Glu	Bi	Keton	Sp.Gew.	Blut	pH	Protein	Nitrit	Leu	Sediment
1											
2											
3											
4											

Welche Parameter könnten auf eine Infektion hinweisen? _____

Gibt es eine entsprechende Probe (wenn ja, welche)? _____

Welche Parameter weisen auf eine Störung im Bilirubinstoffwechsel hin? _____

Gibt es eine entsprechende Probe (wenn ja, welche)? _____

Welche Parameter weisen auf eine Störung im Kohlenhydratstoffwechsel hin? _____

Gibt es eine entsprechende Probe (wenn ja, welche)? _____

Sportphysiologie

In dieser praktischen Übung werden wir die Auswirkungen körperlicher Aktivität auf grundlegende kardiovaskuläre und respiratorische Parameter untersuchen. Darüber hinaus lernen wir die Kennzahlen kennen, mit denen der allgemeine körperliche Zustand charakterisiert werden kann.

Auswirkungen der Muskelarbeit auf Kreislauf und Atmung

Muskelaktivität ist ein energieintensiver Prozess, bei dem die quergestreifte Muskulatur ihre chemische Energie direkt aus dem ATP-Abbau bezieht. Der durch Arbeit erhöhte ATP-Bedarf wird durch den Stoffwechsel (aerob oder anaerob) von Makronährstoffen (hauptsächlich Kohlenhydrate) in der quergestreiften Muskulatur gedeckt.

Beim **aeroben Stoffwechsel** werden Kohlenhydrate (hauptsächlich Glukose) vollständig oxidiert. Dies ist die primäre Form der Energiegewinnung bei mäßig intensiver und lang andauernder Muskelarbeit. Der dafür benötigte O₂ wird vom Atmungs- und Herz-Kreislauf-System zu den arbeitenden Muskeln transportiert, wodurch diese Systeme auch die Leistung limitieren. Bei untrainierten Personen wird die maximale O₂-Aufnahme (VO₂max) durch die O₂-Verwertungskapazität der Muskeln bestimmt, bei trainierten Personen durch die O₂-Transportkapazität des Herz-Kreislauf-Systems. Regelmäßiges Training steigert sowohl die O₂-Verwertungskapazität der Muskeln als auch die Effizienz des kardiovaskulären Systems.

Der O₂-Verbrauch in den arbeitenden Muskeln kann auf ein Vielfaches des Ruhewerts, bis zum 10-fachen, ansteigen. Damit das Atmungssystem bei einem O₂-Gehalt der Luft von 21% den Bedarf decken kann, muss es sich anpassen: Atemzugvolumen und -frequenz steigen, was zu einer deutlich erhöhten Minutentilung führt. Das Herz-Kreislauf-System passt sich ähnlich an: Die Durchblutung der aktiven Muskeln nimmt zu, Herzfrequenz und Schlagvolumen steigen, was insgesamt zu einem erhöhten Herzzeitvolumen und Blutdruck führt. Die maximale Herzfrequenz (HRmax) hängt stark vom Alter ab, wobei die verfügbaren Formeln den individuellen Maximalpuls nur mit erheblicher Streuung schätzen können. Die einfachste Formel zur Bestimmung lautet: $HR_{max} \approx 220 - \text{Alter}$ (aber mit einer Standardabweichung von 12, d.h. der erhaltene Wert ± 24 enthält mit 95% Wahrscheinlichkeit den tatsächlichen Maximalpuls). Die Differenz zwischen Ruhe- und Maximalpuls wird als Pulsreserve bezeichnet, und die Arbeitsintensität erhöht die Ausnutzung dieser Reserve (0-100%).

Bei maximaler Muskelarbeit (oder bei untrainierten Personen bereits bei mäßiger körperlicher Aktivität) wird der Energieverbrauch schneller als die oxidative Energieproduktion, wodurch der Muskel auf **anaeroben Stoffwechsel** umschaltet. Der Kohlenhydratabbau ist dabei unvollständig, es entsteht Milchsäure, die die Leistung reduziert und letztlich zur Muskelermüdung führt. Regelmäßiges Training erhöht diese anaerobe Schwelle und verzögert das Einsetzen der Ermüdung.

Anthropometrie

Die Anthropometrie beinhaltet die morphologische Untersuchung des menschlichen Körpers, das Messen verschiedener Parameter, den Vergleich der gemessenen Daten und das Suchen nach Zusammenhängen zwischen ihnen.

Die Anthropometrie kann bei der Sportartwahl von Kindern helfen. Eines der wichtigsten körperlichen Merkmale ist die Körpergröße, die durch anthropometrische Messungen mit über 80% Wahrscheinlichkeit vorhergesagt werden kann. Sie hilft auch bei der Bestimmung der biologischen Entwicklung, der Körperzusammensetzung und des charakteristischen Körperbaus. Diese Eigenschaften sind bei der Sportartwahl ebenso wichtig wie die Gelenkbeweglichkeit, die Ergebnisse verschiedener Fitnessstests (z.B. Cooper-Test) oder welchen Sport das Kind gerne macht.

02 Sportphysiologie theoretischer Hintergrund

Bestimmung der Körperzusammensetzung, Kalorienbedarf

Der **Grundumsatz** (basal metabolic rate, **BMR**) gibt den Energiebedarf für die grundlegenden physiologischen Prozesse des Körpers an. Er ist bedeutsam bei Intensivtherapie und Diät. Der normale BMR-Wert liegt bei 6500-7100 kJ/Tag (1 kJ = 0,24 kcal).

Durchschnittlicher Energiebedarf für verschiedene Aktivitäten:

- Sitzende Arbeit: $BMR \times 1,2$
- Leichte körperliche Arbeit: $BMR \times 1,37$
- Mittelschwere körperliche Arbeit: $BMR \times 1,55$
- Schwere körperliche Arbeit: $BMR \times 1,725$
- Extreme körperliche Arbeit: $BMR \times 2,2$

Das **ideale Körpergewicht (Broca-Index)** berücksichtigt nur die Körpergröße bei der Bestimmung des optimalen Gewichts und ist daher nur orientierend und näherungsweise zur Bestimmung des Ernährungszustands geeignet. Der **Body-Mass-Index (BMI)** berücksichtigt ebenfalls nicht die Körperzusammensetzung, und seine Kategorien werden statistisch festgelegt. Daher können die Ergebnisse in bestimmten Fällen (z.B. große Muskelmasse) irreführend sein. Die Bewertung erfolgt wie folgt:

- $BMI < 20$ - Untergewicht
- $20 < BMI < 25$ - Normal
- $25 < BMI < 30$ - Übergewicht
- $30 < BMI$ - Adipositas

Das ideale Körpergewicht kann am genauesten durch eine vollständige Körperzusammensetzungsanalyse (Muskel, Fett, Knochen) mittels DEXA bestimmt werden. Der **Körperfettanteil** wird in der Anthropometrie mit einem Caliper gemessen. Ein Caliper ist ein in Millimeter skaliertes Instrument zur Messung der Hautfaldendicke an bestimmten Körperstellen. Die Auswertung erfolgt anhand von Tabellen nach Alter und Geschlecht. Die fettfreie Körpermasse und der Körperfettanteil können nach Messung verschiedener Körperparameter mit Formeln geschätzt werden. Das erhaltene Ergebnis kann mit einer impedanzbasierten Waage überprüft werden.

02 Sportphysiologie Durchführung der Übung

I. Kardiorespiratorische Auswirkungen körperlicher Arbeit

Diese Aufgabe soll in Paaren (oder Gruppen von maximal 3 Personen) durchgeführt werden! Die Versuchsperson führt die körperliche Arbeit aus, während der Untersucher die gemessenen Daten protokolliert.

- Berechnen Sie die geschätzte maximale HR mit der Formel **$HR_{max} \approx 220 - \text{Alter}$**
- Der Untersucher misst Ruheblutdruck, Ruhepuls und Atemfrequenz der Versuchsperson. Für die Blutdruckmessung kann ein automatisches Blutdruckmessgerät, für die Pulsmessung ein Pulsoximeter verwendet werden. Die Messungen sollten im Sitzen nach den gelernten Kriterien durchgeführt werden (linker Arm in Herzhöhe, Rücken gestützt, Füße am Boden). Zur Messung der Atemfrequenz eine Hand auf die Brust und die andere auf den Rücken der Versuchsperson legen und die Atemzüge eine Minute lang zählen.
- Körperliche Arbeit
Die Versuchsperson beginnt mit der Arbeit, während der Untersucher die festgelegten Parameter aufzeichnet. Die Arbeit kann **statisch** oder **dynamisch** sein, mindestens eine Aufgabe aus jeder Arbeitsart muss durchgeführt werden. Die Muskelarbeit soll bis zur Ermüdung (oder max. 5 Minuten) durchgeführt werden (die verstrichene Zeit mit einer Stoppuhr messen und der Untersucher notiert die Zeit bis zur Ermüdung). Je nach Trainingszustand kann die Versuchsperson anspruchsvollere Aufgaben durchführen.
STATISCHE Arbeit:
 - Armarbeit (Arme frei nach vorne/seitlich halten oder mit Gewichten)
 - Beinarbeit (Wandsitz mit gebeugten Knien oder Pferdestand ohne Wand)DYNAMISCHE Arbeit:
 - Armarbeit (wiederholte Liegestütze an Wand oder Tisch)
 - Beinarbeit (wiederholte Kniebeugen oder Step-ups auf Plattform)
- **Unmittelbar nach Beendigung der Arbeit** (in der Tabelle als 0' gekennzeichnet) müssen Blutdruck, Puls und Atemfrequenz erneut gemessen und aufgezeichnet werden. Danach zeichnet der Untersucher den vom Pulsoximeter angezeigten Puls alle halbe Minute (+1') bis zur Rückkehr zum Ruhepuls auf.

II. Anthropometrische Messungen

Bewerten Sie Ihre eigenen anthropometrischen Daten/Zustand anhand der bereitgestellten Tabellen

- Tragen Sie folgende Grunddaten in die bereitgestellte Tabelle ein: Geschlecht, Alter (A), Gewicht (W), Größe (H), Taillenumfang, Hüftumfang, Handgelenkumfang, Unterarmumfang
- Berechnen Sie den Grundumsatz (BMR) mit den bereitgestellten Formeln:
 - Frauen: $BMR = 665 + (9,6 \times W) + (1,7 \times H) - (4,7 \times A)$
 - Männer: $BMR = 660 + (13,7 \times W) + (5 \times H) - (6,8 \times A)$
- Berechnen Sie das ideale Körpergewicht nach Broca-Index mit folgender Formel:
 - $(H - 100) \times 0,9$
- Berechnen Sie den BMI-Wert mit folgender Formel:
 - $BMI = W/H^2$
- Berechnen Sie den Körperfettanteil anhand der Arbeitsblatt-Tabellen und vergleichen Sie mit dem impedanzbasierten Messwert.

02 Sportphysiologie Aufgabenblatt

Name:
Gruppe:

Datum:
Auswertung:

I. Kardiorespiratorische Auswirkungen körperlicher Arbeit

HRmax	
-------	--

Ruhezustand

Blutdruck (mmHg)	
Atemfrequenz (/min)	
Pulsfrequenz (/min)	

Effects of Physical Work

		Statisch		Dynamisch	
		Arm	Bein	Arm	Bein
Reihenfolge					
Arbeitsdauer					
Blutdruck (mmHg)	0'				
Atemfrequenz (/min)	0'				
Pulsfrequenz (/min)	0'				
	1'				
	2'				
	3'				
	4'				
	5'				
	6'				
	7'				
	8'				
	9'				
10'					

Welche Übungsform war am schwierigsten (schnellste Ermüdung)? _____

Welche Übungsform erhöhte den Blutdruck am meisten (mittleren arteriellen Druck)?

Gibt es einen Zusammenhang zwischen Puls- und Atemfrequenzanstieg? _____

Vergleichen Sie die Ergebnisse mit Ihren Gruppenmitgliedern. Hinsichtlich des Trainingszustands: Wer ermüdet langsamer und bei wem kehrt der Ruhepuls schneller zurück?

Welche anderen Faktoren könnten die Werte beeinflussen? _____

02 Sports physiology task sheet

II. Anthropometrische Messungen

	Hinweise	Werte
Geschlecht		
Alter (Jahre)	A	
Gewicht (kg)	W	
Größe (cm)	H	
Taillenumfang (cm)	(auf Nabelhöhe gemessen)	
Hüftumfang (cm)	(an breitester Stelle gemessen)	
Handgelenkum (cm)	(an breitester Stelle gemessen)	
Unterarmumfang (cm)	(an breitester Stelle gemessen)	

Grundumsatz (BMR) (kcal/Tag) _____

Ideales Körpergewicht (Broca-Index) _____

Body-Mass-Index (BMI) (kg/m²) _____

Körperfettanteil-Berechnungen

Für Frauen (25-30% = normal, >35% = Adipositas)

Faktor 1	$(W \times 1,614) + 8,987$	
Faktor 2	Handgelenkumfang / 7,98	
Faktor 3	Taillenumfang \times 0,0062	
Faktor 4	Hüftumfang \times 0,098	
Faktor 5	Unterarmumfang \times 0,171	
Fettfreie Körpermasse	$(\text{Faktor 1} + \text{Faktor 2} + \text{Faktor 3} + \text{Faktor 4} + \text{Faktor 5}) \times 0.4536$	
Fettmasse	$W - \text{fettfreie Körpermasse}$	
Körperfettanteil % (Formel)	$(\text{Fettmasse} \times 100) / W$	
Körperfettanteil % (Impedanz)	(Messergebnis)	

Für Männer (15-20% = normal, >35% = Adipositas)

Fettfreie Körpermasse	$(1,1 \times W) - 1,28 \times [W^2 / (100 \times H^2)]$	
Fettmasse	$W - \text{fettfreie Körpermasse}$	
Körperfettanteil % (Formel)	$(\text{Fettmasse} \times 100) / W$	
Körperfettanteil % (Impedanz)	(Messergebnis)	

Untersuchung des Zentralnervensystems

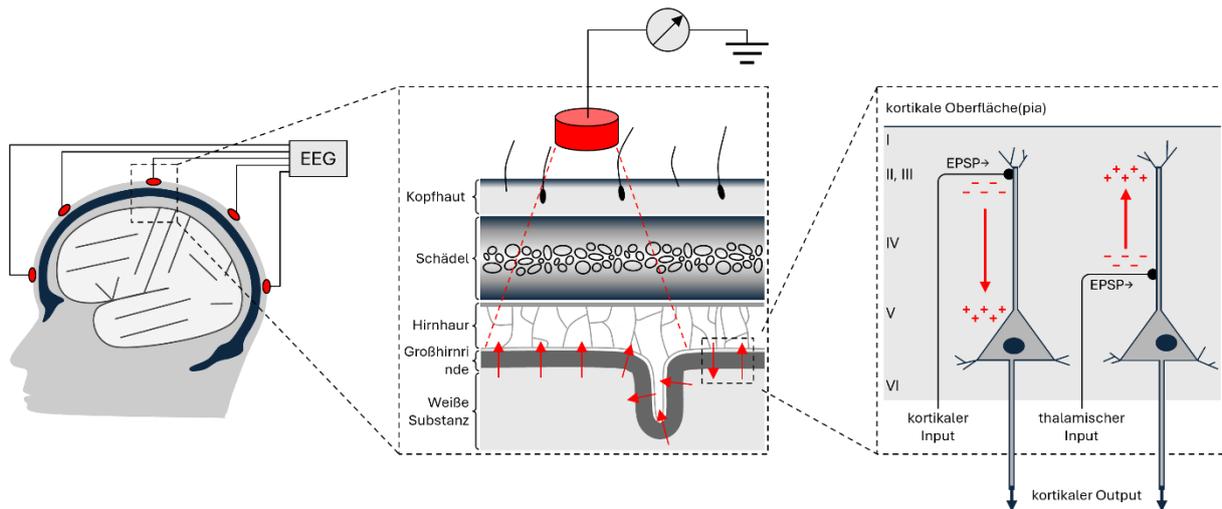
Diese praktische Übung stellt direkte und indirekte Untersuchungsmethoden der Funktion des Zentralnervensystems vor. Die **Elektroenzephalographie (EEG)** ist eine nicht-invasive funktionelle Untersuchung, die elektrische Signale der Großhirnrinde direkt untersucht. Ihre klinische Bedeutung liegt hauptsächlich in der Epilepsie- und Schlafdiagnostik, und sie wird auch als Forschungsinstrument eingesetzt. Einfachere **klinische Tests und Skalen** untersuchen verschiedene Aspekte der höheren Funktionen des Zentralnervensystems, von der Wachheit (Glasgow-Koma-Skala) über den allgemeinen mentalen Zustand (Mini-Mental-Test) bis zur Beurteilung höherer kognitiver Fähigkeiten.

Theorie der EEG-Technik

Das auffälligste Merkmal des menschlichen Gehirns im Vergleich zu anderen Säugetieren ist die Größe der kortikalen grauen Substanz, des ausgedehnten Neokortex. Während der kortikalen Funktion werden elektrische Signale erzeugt und entlang neuronaler Prozesse übertragen. Diese elektrischen Signale können - ähnlich wie beim EKG - von der Körperoberfläche abgeleitet werden, benötigen jedoch eine wesentlich stärkere Signalverstärkung (während die EKG-Signalamplitude im mV-Bereich liegt, liegt das EEG-Signal nur im μV -Bereich). Obwohl sowohl EKG als auch EEG Potentiale messen, die im extrazellulären Raum entstehen, stammen die beiden Signaltypen von unterschiedlichen Arten von Potentialänderungen. Während der Herzmuskelaktivität erzeugen (verlängerte) Aktionspotentiale extrazellulären Strom, der von der Körperoberfläche messbar ist. Die (kurzen) Aktionspotentiale kortikaler Neurone können jedoch aufgrund der Filterung durch Schädel und andere Gewebe nicht von der Kopfhaut gemessen werden. Daher stammt das EEG-Signal nicht von Aktionspotentialen, sondern typischerweise von der extrazellulären Projektion postsynaptischer Potentiale (PSPs). Der zelluläre Ursprung des EEG-Signals ist nachfolgend zusammengefasst.

Das zentrale Element kortikaler Funktionen ist die Aktivität von Pyramidenzellen, die den kortikalen Output liefern. Der Haupteingangsfortsatz der Pyramidenzellen, der apikale Dendrit, steht senkrecht zum Kortex. Der dendritische Baum enthält zahlreiche Synapsen aus verschiedenen Quellen. Im Allgemeinen bilden Eingänge aus dem Thalamus Synapsen in tieferen Schichten des Kortex (IV), während Eingänge aus anderen kortikalen Bereichen oberflächlicher (II, III) synaptisch verschaltet werden. Die Pyramidenzelle kann über den Axonfortsatz von ihrer Basis Aktionspotentiale senden, wenn die summierte Potentialänderung aktiver synaptischer Eingänge den Schwellenwert erreicht. PSPs, die durch synaptische Aktivität entstehen, verändern nicht nur die Membranspannung, sondern erzeugen auch Spannungsunterschiede im extrazellulären Raum. Die Stelle der PSP-Bildung (innerhalb des dendritischen Baums) hat bestimmende Bedeutung für die Polarität des gemessenen Signals (siehe Abbildung, rechtes Panel: ein "Vektor", der zur Elektrode zeigt, erscheint als positives Signal).

03 ZNS theoretischer Hintergrund



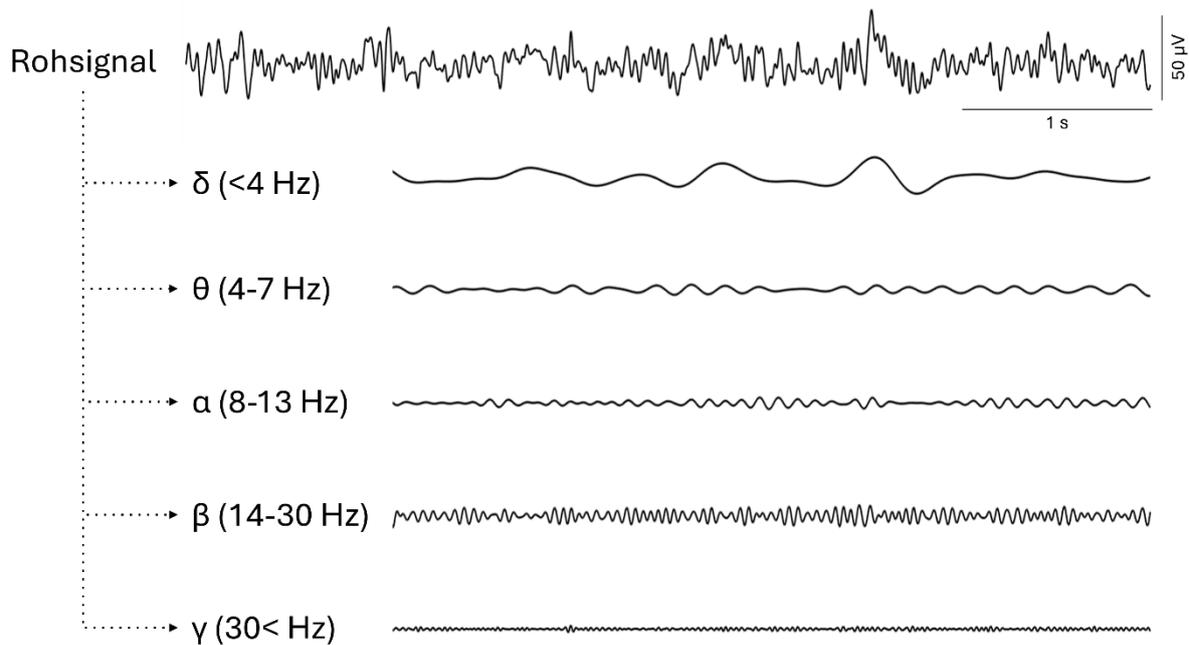
Aufgrund der Dämpfung durch zwischenliegende Gewebeschichten (Kopfhaut, Schädel, Liquor) sammeln die Ableitungen jeder EEG-Elektrode Signale nur aus einem begrenzten kortikalen Bereich ($\sim 6 \text{ cm}^2$). Die tieferen Hirnkerne der grauen Substanz, basale und mesiale kortikale Bereiche sowie die Tiefen der Sulci sind für das EEG "unsichtbar". Im klinischen Standard-10-20-Elektrodensystem (Abbildung) unterscheiden wir frontale (F), temporale (T), zentrale (C), parietale (P) und okzipitale (O) Elektroden. Eine solche Mehrkanal-EEG-Aufzeichnung liefert somit Informationen darüber, wie sich die kortikale Aktivität in verschiedenen Hirnregionen entwickelt. Eine Erhöhung der Elektrodenanzahl (bis zu einem gewissen Grad) kann die räumliche Auflösung der Messung verbessern, jedoch ist zu beachten, dass die räumliche Lokalisationsfähigkeit des EEGs für sich genommen sehr begrenzt ist.

EEG-Signalcharakteristika und klinischer Nutzen

Während der normalen Hirnfunktion kann das EEG-Signal als komplexe Wellenaktivität beobachtet werden. Die Frequenz der Aktivität liegt typischerweise zwischen 1 und 30 Hz, und ihre Amplitude zwischen 20 und 100 μV . Hirnwellen können in folgende Frequenzbänder eingeteilt werden: α (Alpha) 8-13 Hz, β (Beta) 14-30 Hz, γ (Gamma) $30 < \text{Hz}$, δ (Delta) $< 4 \text{ Hz}$, θ (Theta) 4-7 Hz. Das Verhältnis der Aktivität in verschiedenen Frequenzbändern kann charakteristisch für den Wachheitszustand sein:

- Im aktiven Wachzustand ist höherfrequente (Beta, sogar Gamma bei erhöhter mentaler Aktivität), niederamplitudige Aktivität charakteristisch, hauptsächlich in frontalen Bereichen
- Im ruhigen Wachzustand, besonders bei geschlossenen Augen, kann eine starke Alpha-Aktivität beobachtet werden, hauptsächlich in okzipitalen und parietalen Regionen (Störung der Ruhe, Augenöffnen führt zur Desynchronisation des EEG-Signals, Alpha nimmt ab und Beta zu)
- Theta- und Delta-Wellen sind charakteristisch während Schläfrigkeit und Non-REM-Schlafphasen
- In der REM-Schlafphase sehen wir Wellen, die für den Wachzustand charakteristisch sind

03 ZNS theoretischer Hintergrund



Wenn lokale kortikale Zellgruppen synchron arbeiten, wird ihre elektrische Aktivitätssumme größer, was bedeutet, dass die EEG-Signalamplitude zunimmt. Dies kann normalerweise während des Schlafes auftreten (z.B. Schlafspindeln), ist aber besonders charakteristisch für epileptische Störungen. Bei Epilepsie wird die Funktion bestimmter kortikaler neuronaler Netzwerke pathologisch gesteigert, was epileptische Anfälle verursachen kann, aber auch zwischen den Anfällen können "Spikes" beobachtet werden, die auf abnormale Synchronisation hinweisen. Bei fokaler Epilepsie ist die Quelle der abnormalen Aktivität ein umschriebenes Hirnareal, wobei das EEG eine wichtige Rolle bei der Lokalisierung spielen kann. Bei generalisierter Epilepsie kann die genaue Quelle nicht bestimmt werden; die abnormale Aktivität scheint überall gleichzeitig aufzutreten. Epileptische Anfälle mit unkontrollierbarer kortikaler Aktivität können motorische und sensorische Komponenten sowie Bewusstseinsverlust beinhalten, was auf die Funktion der betroffenen kortikalen Areale hinweist.

Die EEG-Technik kann nicht nur erhöhte neuronale Aktivität, sondern auch das Fehlen kortikaler Aktivität nachweisen. Sie kann als ergänzende Untersuchung in der Hirntod-Diagnostik eingesetzt werden.

In der kontinuierlichen EEG-Aufzeichnung könnten theoretisch elektrische Signale im Zusammenhang mit der neuronalen Verarbeitung eines neu auftretenden Reizes (z.B. visuell oder auditiv) beobachtet werden. Dies wird jedoch durch den von Natur aus "verrauschten" Charakter des EEGs erschwert, da im Kortex gleichzeitig zahlreiche Prozesse ablaufen. Bei wiederholter Stimulation können jedoch EEG-Signale, die zeitlich mit dem Reizaufreten zusammenhängen, gemittelt werden, wodurch sogenannte **evozierte Potentiale** auf den Reiz untersucht werden können. Während der Mittelung wird das zufällige Hintergrundrauschen herausgefiltert, während das konsistent auftretende evozierte Signal hervortritt. Zum Beispiel kann eine Verzögerung bestimmter Wellenkomponenten des klinisch verwendeten visuell evozierten Potentials (VEP) auf eine Demyelinisierung des Sehnervs aufgrund langsamerer Leitung hinweisen.

Untersuchung des Bewusstseins

In der klinischen Praxis ist die Bewusstseinsuntersuchung Teil der grundlegenden neurologischen Untersuchung und ein wichtiger Schritt bei der Beurteilung eines verletzten Patienten mit unbekanntem Zustand ("ist er bei Bewusstsein?"). Hier untersuchen wir zwei

03 ZNS theoretischer Hintergrund

Aspekte des Bewusstseins: Wachheit (Vigilanz) und Inhalt (Integrität). Die Wachheit kann normal (wach/vigil), vermindert (in der Reihenfolge: Bewusstseinstäubung [Benommenheit] > Somnolenz > Sopor > Koma) oder gesteigert (ekstatischer Zustand) sein. Eine etablierte Methode zur Untersuchung der Wachheit ist die Glasgow-Koma-Skala (GCS), die die Augenöffnung, verbale Reaktion und beste motorische Reaktion des Patienten untersucht (siehe praktische Durchführung). Im Wachzustand kann auch der Bewusstseinsinhalt gut untersucht werden, das heißt, wie gut der Patient seinen eigenen und den Zustand seiner Umgebung kennt, adäquate Antworten geben und Handlungen ausführen kann. Normalerweise ist das Bewusstsein geordnet, aber es können Zustände verminderter Integrität (verwirrt) oder auf bestimmte Inhalte eingeeengte Zustände auftreten. Der allgemeine Bewusstseinszustand und grundlegende kognitive Funktionen werden durch den Mini-Mental-Test (Mini Mental State Examination, **MMSE**) untersucht, der in der Praxis hauptsächlich zum Demenz-Screening verwendet wird (siehe praktische Durchführung). Während des Schlafes haben wir es mit einer normal auftretenden Variante des verminderten Bewusstseinszustands zu tun, die sich von pathologischen Zuständen am deutlichsten durch die Erweckbarkeit unterscheidet.

Reaktionszeit

Ein wichtiges Werkzeug zur Quantifizierung von Empfindung und Wahrnehmung ist die Psychophysik, die ein Sammelbegriff für Methoden ist, die psychologische Reaktionen auf physikalische Reize (Licht/Ton/Objekt/etc.) untersuchen. Häufige Messgrößen in psychophysikalischen Aufgaben sind das Verhältnis korrekter Antworten und die durchschnittliche Antwortzeit (Zeit zwischen Reizaufreten und Antwort). Eine solche Aufgabe könnte der Vergleich zweier Reize sein (z.B. Entscheidung, welcher heller/lauter/schwerer/etc. ist). Wir sprechen von **einfacher Reaktionszeit**, wenn lediglich das Auftreten eines einfachen Reizes angezeigt werden muss. Die Reaktionszeit umfasst die Zeit der sensorischen Verarbeitung, der darauf basierenden Wahrnehmung, der Entscheidungsfindung sowie der Planung und Ausführung der motorischen Antwort. Die Reaktionszeitverteilung zeigt charakteristischerweise eine rechtsschiefe statt einer Normalverteilung, was bedeutet, dass es eine untere Grenze gibt, unter der wir keine kürzeren Reaktionszeiten produzieren können, während das Rauschen kognitiver Prozesse die Antwortzeit in unterschiedlichem Maße verlängern kann. Daher ist neben der durchschnittlichen Reaktionszeit auch der Reaktionszeitmedian ein nützlicher Indikator.

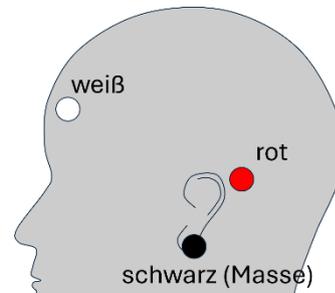
03 ZNS Durchführung der Übung

Die folgenden Aufgaben sollten vorzugsweise in Paaren (max. 3 Personen) durchgeführt werden. Bei der Aufzeichnung von GCS und MMSE sollten Proband und Untersucher gewechselt werden. Die Reaktionszeitmessung sollte individuell durchgeführt werden.

I. EEG

AUFZEICHNUNG

- Starten Sie das Biopac Student Lab (BSL) Programm und wählen Sie Lektion L03-EEG-1. Legen Sie klar fest, wer Proband und wer Untersucher ist.
- Bringen Sie die Klebeelektroden an und verbinden Sie die farbigen Kabel wie im Diagramm gezeigt. Platzieren Sie die Elektroden auf der gleichen Seite, die Erdung am Ohrläppchen, die Messelektroden an der Stirn und der freiliegenden Kopfhaut hinter dem Ohr.
- Nach dem Anschließen der Elektroden sollte der Proband sich **für mindestens 5 Minuten hinsetzen und entspannen** (wichtig für die korrekte Elektrodenhaftung).
- **WÄHREND DER KALIBRIERUNG UND MESSUNG SOLLTE DER PROBAND BEWEGUNGSLOS BLEIBEN, WENN MÖGLICH NICHT BLINZELN UND SOLLTE IN KEINER WEISE STIMULIERT WERDEN.**
- Zur Kalibrierung drücken Sie die Taste *Calibrate* und warten Sie die 15-sekündige Kalibrierungsaufzeichnung ab. Wenn die Kurve flach ist (keine großen Ausschläge), kann die Messung beginnen; andernfalls wiederholen Sie die Kalibrierung (*Redo Calibration*).
- Um die Messung zu starten, drücken Sie die Taste *Record*.
- Die Messung besteht aus fünf 30-Sekunden-Blöcken. Zwischen den Blöcken teilt der Untersucher dem Probanden die Aufgabe mit und markiert diese Zeit durch Drücken der **F9-Taste**. Nur korrekt beschriftete Aufzeichnungen können ausgewertet werden. Die Blöcke sind:
 - geschlossene Augen, vollständige Entspannung, für 30 Sekunden
 - geöffnete Augen, für 30 Sekunden
 - geschlossene Augen, vollständige Entspannung, für 30 Sekunden
 - geschlossene Augen, mentale Aufgabe (z.B. rückwärts zählen von 100 in 7er-Schritten), für 30 Sekunden
 - Augen öffnen, Beobachtung des VEP-Stimulus (auf dem Schreibtisch "VEP.gif"), für 30 Sekunden
- Um die Messung zu beenden, drücken Sie die Taste *Stop*.
- Wenn die Datenserie zu verrauscht ist (große Wellen enthält), wiederholen Sie die Aufzeichnung (*Redo*).
- Wählen Sie die zu analysierenden Frequenzbänder aus (drücken Sie die Tasten **alpha**, **beta**, **delta**, **theta**), dann klicken Sie auf *Done*



ANALYSE

- Identifizieren Sie die Blöcke anhand der Markierungen (F9)
- Wählen Sie in jedem Block mindestens 10 Sekunden rauschfreien Zeitraum mit dem "I"-Cursor aus. Der stddev-Wert in den Messfenstern charakterisiert die Amplitude des jeweiligen Kanals.
- Für die Frequenzmessung stellen Sie das Messfenster auf die Option frequency ein und markieren Sie einen einzelnen Zyklus (z.B. von Spitze zu Spitze) im jeweiligen

03 ZNS Durchführung der Übung

Block und Frequenzband. Für eine genauere Messung mitteln Sie die Ergebnisse mehrerer (z.B. 3) Zyklen.

II. GCS-Beurteilung

Bei der Bewertung der Glasgow-Koma-Skala beurteilen wir die Komponenten **Augenöffnung** (1-4), **verbale Reaktion** (1-5) und **beste motorische Reaktion** (1-6) (siehe Tabelle). Wir beobachten primär das spontane Verhalten des Patienten, versuchen bei Bedarf, ihn durch Ansprechen oder sogar Rufen zu wecken. Wenn er darauf nicht reagiert, versuchen wir physische Stimulation durch Druck auf Fingerkuppe, Trapezmuskel oder Glabella (Schmerzreiz). Die Punkte für Reaktionen in jeder Komponente (siehe Tabelle) werden addiert (3-15) oder einzeln angegeben (z.B. 4-5-6). Wenn eine Komponente nicht beurteilt werden kann, muss dies deutlich gekennzeichnet werden (NT).

Punkte	Augenöffnung	Verbale Antwort	Motorische Antwort
6	-	-	Befolgt Aufforderungen (führt komplexe Anweisungen aus)
5	-	Orientiert (kann Ort, Namen und Zeit angeben)	Lokalisiert Schmerz (hebt Hand über Klavikula bei Kopf-/Nackenschmerz)
4	Spontan (ohne Reiz, von selbst)	Verwirrt (desorientiert, aber verständliche Sprache)	Normale Flexion (geordnete Bewegung auf Schmerzreiz, Armbeugung)
3	Auf Ansprache (bei Ansprechen oder Rufen)	Einzelne Wörter (spricht sinnvolle Wörter)	Abnorme Flexion (ungeordnete Bewegung auf Schmerzreiz, langsame, dekortikal Armbeugung)
2	Auf Schmerzreiz (Druck auf Fingerkuppe)	Unverständliche Laute	Extension (Streckung der Arme auf Schmerzreiz)
1	Keine (öffnet Augen auf keinen Reiz)	Keine (keine hörbaren Laute)	Keine (keine Extremitätenbewegung auf Schmerzreiz)
NT	Nicht testbar (aufgrund von Verletzungen, Umständen)	Nicht testbar (aufgrund von Verletzungen, Umständen)	Nicht testbar (Lähmung oder andere limitierende Faktoren)

Bei wachen, gesunden Personen erwarten wir die maximale Punktzahl von 15. Eine Punktzahl unter 10 weist auf eine schwere Hirnverletzung hin, und eine Intubation/Beatmung sollte erwogen werden (wichtig ist es, die Komponentenpunktzahlen zu kennen!). Ab 8 Punkten abwärts haben wir es im Wesentlichen mit einem Koma zu tun.

III. MMSE-Beurteilung

Füllen Sie den MMSE-Fragebogen auf dem Arbeitsblatt gemäß den Anweisungen aus. Die Gesamtpunktbewertung hängt von Alter und Bildungsjahren ab. Eine Abweichung von mindestens 3 Punkten vom Durchschnitt kann auf eine kognitive Dysfunktion hinweisen. In Ungarn bewerten wir beim vaskulären Demenz-Screening (55+ Jahre) nach folgenden Schwellenwerten: >24 Punkte normal; 15-23 Punkte leichte Demenz; 10-14 Punkte mittelschwere Demenz; <10 Punkte schwere Demenz.

03 ZNS Durchführung der Übung

IV. Reaktionszeitmessung

Sie müssen auf visuelle und akustische Reize, die in drei Intensitätsstufen erscheinen, so schnell wie möglich mit Tastendruck reagieren. Am Ende der Aufgabe zeigt das Programm die durchschnittlichen Reaktionszeiten gruppiert nach Modalität und Intensität an.

Öffnen Sie das Programm *ReactionTime.psyrun* auf dem Desktop, klicken Sie auf die Ausführen-Taste (▶). Setzen Sie die Kopfhörer auf. Beim Programmstart können Sie eine Kennung (*participant*) und die Anzahl der Wiederholungen für jeden Stimulus (*repeats*) eingeben. Die Standardeinstellung (10 Wiederholungen) ist für praktische Zwecke ausreichend, aber höhere Zahlen führen zu genauerer Messung.

03 ZNS Aufgabenblatt

Name:
Gruppe:

Datum:
Auswertung:

I. EEG-Untersuchung

Messen Sie die Aktivitätsniveaus (stddev) jedes Frequenzbandes während der fünf Blöcke.

Frequenz-band	1. Block Augen geschl.	2. Block Augen offen	3. Block Augen geschl.	4. Block Kognitive Auf.	5. Block VEP
alpha (CH2)					
beta (CH3)					
delta (CH4)					
theta (CH5)					

Markieren Sie in der Tabelle (z.B. durch Einkreisen), welcher Block für jedes Frequenzband die stärkste Aktivität zeigte. Stimmt es mit der Theorie überein? _____

Messen Sie die Frequenz des spontanen Alpha-Rhythmus bei geschlossenen Augen:

Während der VEP-Stimulation ändert sich das Bild alle 200 ms. Welcher Frequenz entspricht das? _____

Hat sich die Aktivität im VEP-Frequenzband in Block 5 erhöht? _____

II. GCS-Beurteilung

Beurteilen Sie die GCS Ihres Partners anhand der Tabelle.

Augenöffnung	Verbale (V)	Motorische (M)	GCS Gesmat

Ist es möglich, ein Koma zu "simulieren"? _____

III. MMSE-Beurteilung

Notieren Sie unter Verwendung des Fragebogens auf der Rückseite den MMSE-Score Ihres Partners.

Gesamtpunktzahl: _____

IV. Reakcióidő

Füllen Sie die untenstehende Tabelle basierend auf dem Reaktionszeit-Experiment aus.

	VISUELL	AUDITIV
Niedrige Intensität		
Mittlere Intensität		
Hohe Intensität		

Was könnte die Unterschiede zwischen den Intensitäten und Modalitäten erklären?

03 ZNS Aufgabenblatt

Orientierung

- | | | | | |
|------------------------------|-----|--------------------------------------|-----|--------|
| Welcher Tag ist heute? | [] | Wo sind wir hier? | [] | |
| Welches Jahr haben wir? | [] | In welchem Stockwerk sind wir? | [] | |
| Welche Jahreszeit haben wir? | [] | In welcher Stadt sind wir? | [] | ___/10 |
| Welcher Monat ist jetzt? | [] | In welcher Region liegt diese Stadt? | [] | |
| Der wievielte ist heute? | [] | In welchem Land sind wir? | [] | |

Merkfähigkeit

Ich nenne Ihnen jetzt drei Wörter. Sprechen Sie diese bitte nach:

- | | | | |
|-------------|-----|---|-------|
| - Apfel | [] | Maximal drei Versuche sind erlaubt, aber nur der erste Versuch wird bewertet. | ___/3 |
| - Schlüssel | [] | | |
| - Ball | [] | | |

Merken Sie sich diese Wörter, ich werde Sie später noch einmal danach fragen.

Aufmerksamkeit und Rechnen

Bitte ziehen Sie von 100 jeweils 7 ab. Von dieser Zahl wieder 7, und so weiter! ...

- 93 [] - 86 [] - 79 [] - 72 [] - 65 []

Falls keine 5 Punkte erreicht werden oder Ablehnung, dann alternative Aufgabe: ___/5

Buchstabieren Sie die Buchstaben des Wortes STUHL (S-T-U-H-L). Nun buchstabieren Sie es rückwärts.

- L [] - H [] - U [] - T [] - S []

Erinnerungsfähigkeit

Sie haben vorhin drei Wörter nachgesprochen, die Sie sich merken sollten. Welche Wörter waren das? ___/3

- Apfel [] - Schlüssel [] - Ball []

Benennen

Zwei Gegenstände zeigen (z.B. Armbanduhr und Bleistift)

Wie heißt dieser Gegenstand? Und dieser? ___/2

- Armbanduhr [] - Bleistift []

Nachsprechen

Wiederholen Sie bitte: „Kein Wenn und Aber“ [] ___/1

Befolgen von Anweisungen

Nehmen Sie bitte das Blatt Papier in die rechte Hand, falten Sie es in der Mitte und legen Sie es auf den Tisch! ___/3

- nimmt mit rechter Hand [] - faltet in der Mitte [] - legt auf den Tisch []

Lesen

Lesen und befolgen Sie bitte diese Anweisung:

Schließen Sie die Augen!

 [] ___/1

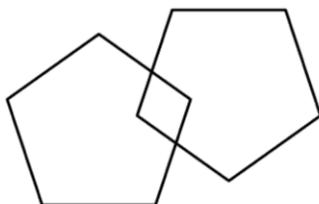
Schreiben

Schreiben Sie bitte einen beliebigen Satz!

 [] ___/1

Zeichnen

Zeichnen Sie bitte diese Figur nach!



Die beiden Fünfecke und ihre Überschneidungen müssen vorhanden sein.



[] ___/1

Gesamtpunktzahl: ___/30

04 Das Hören theoretischer Hintergrund

Das Hören

Im Folgenden präsentieren wir die wichtigsten theoretischen Grundlagen, die für die erfolgreiche Durchführung der Übungen zur Untersuchung des auditiven Systems erforderlich sind. Die Details der Anatomie und Physiologie des Hörsystems werden in den Vorlesungen und Lehrbüchern der entsprechenden Studiengänge behandelt.

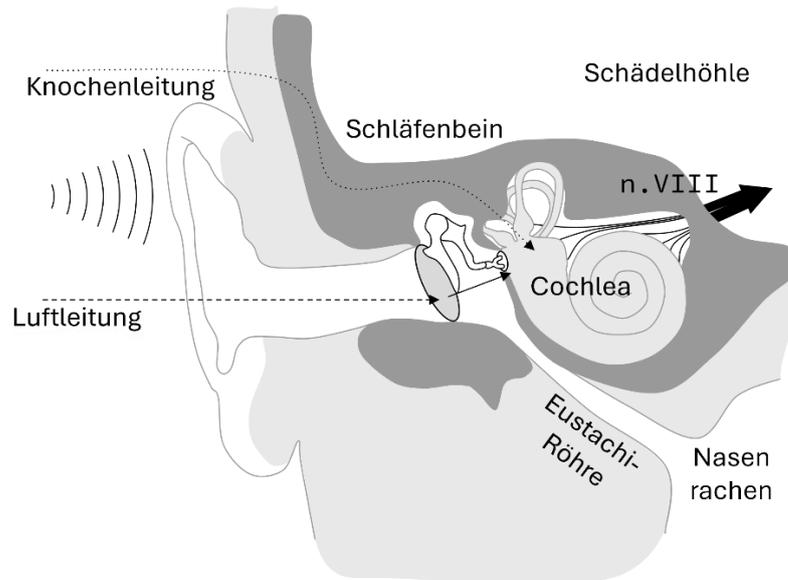
Physiologische Grundlagen des Hörens

Beim Hören nehmen wir Schwingungen (Schall) wahr, die sich im umgebenden Medium ausbreiten, sofern sie innerhalb des vom Hörorgan wahrnehmbaren Frequenz- und Intensitätsbereichs liegen. Im Hörprozess ist es von grundlegender Bedeutung, dass Schallreize die empfindlichen Rezeptorzellen erreichen. Entsprechend der terrestrischen Lebensweise des Menschen ist unser Hörorgan (das Ohr) primär für die Erfassung von in Luft sich ausbreitenden Schallwellen geeignet. Der Mechanismus, durch den Luftschwingungen die Rezeptorzellen in der Cochlea erreichen, wird als Luftleitung bezeichnet.

Die Luftleitung umfasst wichtige Strukturen wie das äußere Ohr (bestehend aus Ohrmuschel und äußerem Gehörgang) und die Strukturen des Mittelohrs, die vom Trommelfell und den drei Gehörknöchelchen der Gehörknöchelchenkette gebildet werden. Luftgetragener Schall gelangt durch den äußeren Gehörgang zum Trommelfell und versetzt es in Schwingung. Das Wesentliche der Mittelohrfunktion besteht darin, Gasschwingungen in Festkörperschwingungen umzuwandeln, die die Flüssigkeitsräume des Innenohrs (Perilymphe und Endolymphe) ohne nennenswerten Energieverlust in Schwingung versetzen können. Luftschwingungen werden von Flüssigkeitsoberflächen weitgehend reflektiert (akustische Impedanz). Die Funktion des Mittelohrs wird am treffendsten durch den Begriff der "akustischen Impedanzanpassung" ausgedrückt.

Alternativ können bestimmte Schallwellen den Schädel direkt in Schwingung versetzen, und durch die Schädelknochen wandernde Schwingungen können sich auf die Innenohrflüssigkeit übertragen und die Rezeptoren stimulieren. Wenn Schall die Cochlea-Rezeptoren auf diese Weise erreicht, spricht man von Knochenleitung. Achtung! Die Gehörknöchelchen sind an der Knochenleitung NICHT beteiligt! Die Knochenleitung spielt bei der Wahrnehmung äußerer Geräusche eine untergeordnete Rolle, aber zum Beispiel hören wir unsere eigene Stimme auf diese Weise (und deshalb klingt unsere mit einem Mikrofon aufgenommene und über Lautsprecher wiedergegebene Stimme -- also ausschließlich über Luftleitung wahrgenommen -- ungewohnt). Auch der Klang einer auf den Schädelknochen aufgesetzten schwingenden Stimmgabel wird über Knochenleitung gehört.

04 Das Hören theoretischer Hintergrund



Von Hörstörung sprechen wir, wenn das Hörvermögen eines Patienten deutlich schlechter ist als das der gesunden Durchschnittsbevölkerung (Hörverlust). Die Ursachen des Hörverlusts lassen sich in zwei große Gruppen einteilen, je nachdem, ob sich die störende Abweichung in der Übertragung der Schallreize zu den Rezeptorzellen oder in der Signalverarbeitung durch die Rezeptorzellen und die zugehörigen neuronalen Strukturen manifestiert. Im ersten Fall sprechen wir von "Schalleitungs-Schwerhörigkeit", im zweiten Fall von "sensorineuraler Schwerhörigkeit", und natürlich können beide Arten von Störungen gleichzeitig beim selben Patienten, sogar auf derselben Seite auftreten.

Die Schalleitungs-Schwerhörigkeit wird durch Verlegung des äußeren Gehörgangs (meist Ohrenschmalzpfropf, Fremdkörper) oder Mittelohrerkrankungen (Entzündung, Druckänderungen durch Tubenverschluss, degenerative Veränderungen der Gehörknöchelchen) verursacht, die die Schwingungen des Trommelfells und der Gehörknöchelchenkette behindern. In solchen Fällen haben Schallwellen Schwierigkeiten, die Rezeptoren zu erreichen, und die Hörschwelle (die minimale Reizintensität, die erforderlich ist, um eine Schallempfindung auszulösen) ist erhöht. Bei Schalleitungs-Schwerhörigkeit werden die Innenohrrezeptoren empfindlicher für über Knochenleitung eintreffende Schwingungen, was beim Weber-Test genutzt wird (siehe später).

Höruntersuchung

Zu Beginn einer Höruntersuchung ist es ratsam, zunächst die Durchgängigkeit des äußeren Gehörgangs und die Integrität des Trommelfells mittels Otoskopie zu untersuchen, da die am einfachsten zu behebbende Ursache einer (Schalleitungs-)Schwerhörigkeit die Beseitigung eines verstopften Gehörgangs ist.

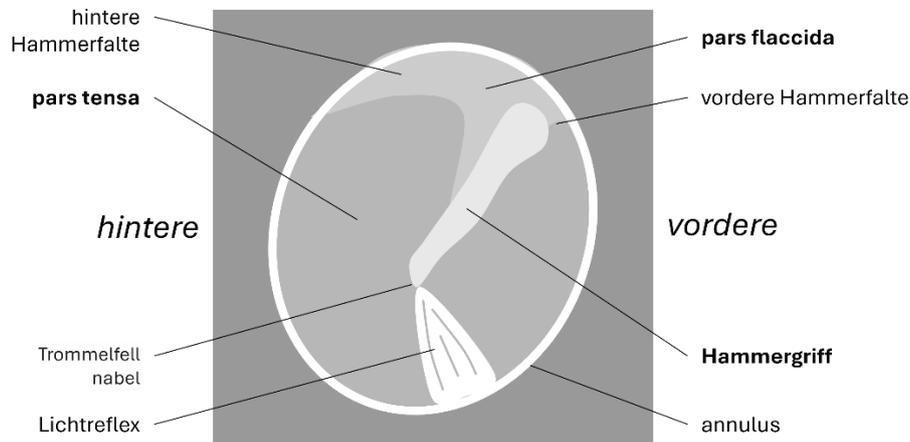
An jedem Ohr getrennt kann das (Luftleitungs-)Hörvermögen subjektiv durch Nachsprechen von Flüstersprache (zweisilbige Wörter, aus der Reserveluft geflüstert, aus 5 Metern Entfernung, wobei das andere Ohr durch rhythmisches Drücken des Tragus durch den Patienten maskiert wird) und genau über mehrere Frequenzen des Hörbereichs mittels objektiver Schwellenaudiometrie untersucht werden, wobei letztere Methode auch zur Bestimmung der Knochenleitungsschwelle geeignet ist.

Die Audiometrie wird durch Stimmgabeltests ergänzt. Der Rinne-Test vergleicht Knochenleitung und Luftleitung am selben Ohr, während der Weber-Test die Knochenleitungsempfindlichkeit zwischen beiden Ohren vergleicht.

1. Otoskopie

04 Das Hören theoretischer Hintergrund

Die Otoskopie ist ein klinisches Verfahren, das Informationen über den Zustand des äußeren Gehörgangs, des Trommelfells und des Mittelohrs liefert. Die Untersuchung ist geeignet, zahlreiche Anomalien zu identifizieren, wie etwa akute Otitis media und traumatische Trommelfellperforation. Vor Beginn der Untersuchung fordert der Untersucher den Patienten auf, die Gesichtsmuskelkraft zu demonstrieren (Lächeln, Stirn runzeln, Augen schließen, Wangen aufblasen). Das Gelingen dieser Aufgaben weist auf die Integrität des Nervus facialis (VII) hin, der durch das Mittelohr verläuft und bei akuter Otitis media betroffen sein kann.



Danach kann die Otoskopie beginnen, bei der ein entsprechend dimensionierter Ohrtrichter am Otoskop mit Lichtquelle befestigt wird, der dem Patienten keine Schmerzen bereitet und gleichzeitig eine angemessene Visualisierung und maximale Ausleuchtung der Ohranatomie ermöglicht. Um den Gehörgang zu begradigen, sollte bei erwachsenen Patienten die Ohrmuschel nach oben und hinten, bei Kindern nach unten und hinten gezogen werden. Der Trichter wird dann langsam in den Gehörgang eingeführt, wobei dessen Gesundheitszustand überprüft wird (Entzündung, Infektion). Der Trichter sollte bis zur Sichtbarkeit des Trommelfells eingeführt werden. Am Trommelfell können wir seine Farbe, Wölbung oder das Vorhandensein einer Perforation untersuchen. Zusätzlich können wir die Integrität wichtiger anatomischer Strukturen überprüfen, wie Pars flaccida (superior), Pars tensa (posterior) und Malleus (anterior). Das physiologische Trommelfell ist perlfarben, oval, 8-10 mm im Durchmesser. Der eingezogene Teil zeigt die Anhaftung des Malleus-Fortsatzes.

2. Schwellenwertbestimmung

Für die präzise Untersuchung der Hörschärfe (Hörschwelle) verwenden wir ein Schwellenaudiometer. Das Audiometer ist ein Schallerzeuger, der reine, sinusförmige Töne bestimmter Frequenzen (60-20000 Hz) erzeugen kann. Für die Luftleitungsprüfung werden die Prüftöne über Kopfhörer getrennt beiden Ohren zugeführt. Die Prüftöne können in 5-10 dB-Schritten variiert werden. Für die Knochenleitungsprüfung wird neben dem Kopfhörer ein spezieller Vibrationsgenerator auf den Processus mastoideus aufgesetzt, und der 50 dB Maskierungsschall entfällt.

Die in der Audiometrie verwendete Schallstärke wird auf einer Dezibel (dB)-Skala relativ zur durchschnittlichen Hörschwelle gesunder Erwachsener reguliert. Die Bel-Skala ist eine logarithmische Skala zur Basis 10, wobei dB als Verhältnis zu interpretieren ist, das den Quotienten von Schalldrücken (SPL) oder Intensitäten (SIL) auf einer logarithmischen Skala darstellt. Dementsprechend bedeutet 0 dB, dass das Verhältnis zwischen Mess- und Referenzwert gleich ist. 0 dB entspricht bei verschiedenen Frequenzen unterschiedlichen Schalldrücken, was bei 1000 Hz einen Druck von 20 μ Pa bedeutet.

04 Das Hören theoretischer Hintergrund

$$SPL (dB) = 20 \log \frac{P_n}{P_0}$$

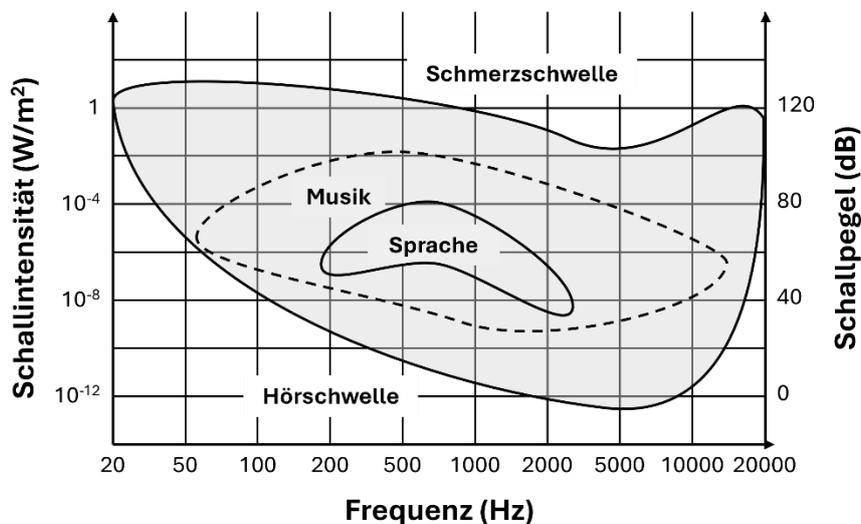
$$P_0 = 20 \mu Pa$$

$$SIL (dB) = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$I_0 = 10^{-12} W/m^2$$

Die audiometrische Untersuchung sollte in einem von Umgebungsgeräuschen freien Raum (schallgedämmt) durchgeführt werden. Die Versuchsperson zeigt das Hören von Tönen durch Handheben oder Drücken einer Signaltaste an. Die so ermittelten Hörschwellenwerte können bei verschiedenen Frequenzen (125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000 Hz) aufgezeichnet werden. Die Hörschwellenwerte für jede Frequenz werden nach internationaler Notation "x" für das linke Ohr und "o" für das rechte Ohr auf dem Auswertungsbogen markiert und dann die Punkte verbunden. Eine Abweichung von 10-15 dB gilt noch als physiologisch. Bei normaler Luftleitung erhalten wir eine nahezu gerade Linie. Bei Luftleitungsstörung erhöht sich der Schwellenwert für tiefere Frequenzen (<2000 Hz).

Schallintensität (W/m ²)	Änderung der Intensität	Schallpegel (dB)	Schalldruck (μPa)	Druckänderung
10 ⁻¹²	1x	0	20	1x
10 ⁻¹⁰	100x	20	200	10x
10 ⁻⁸	10.000x	40	2000	100x
10 ⁻⁶	1.000.000x	60	20000	1000x



3. Stimmgabeltests

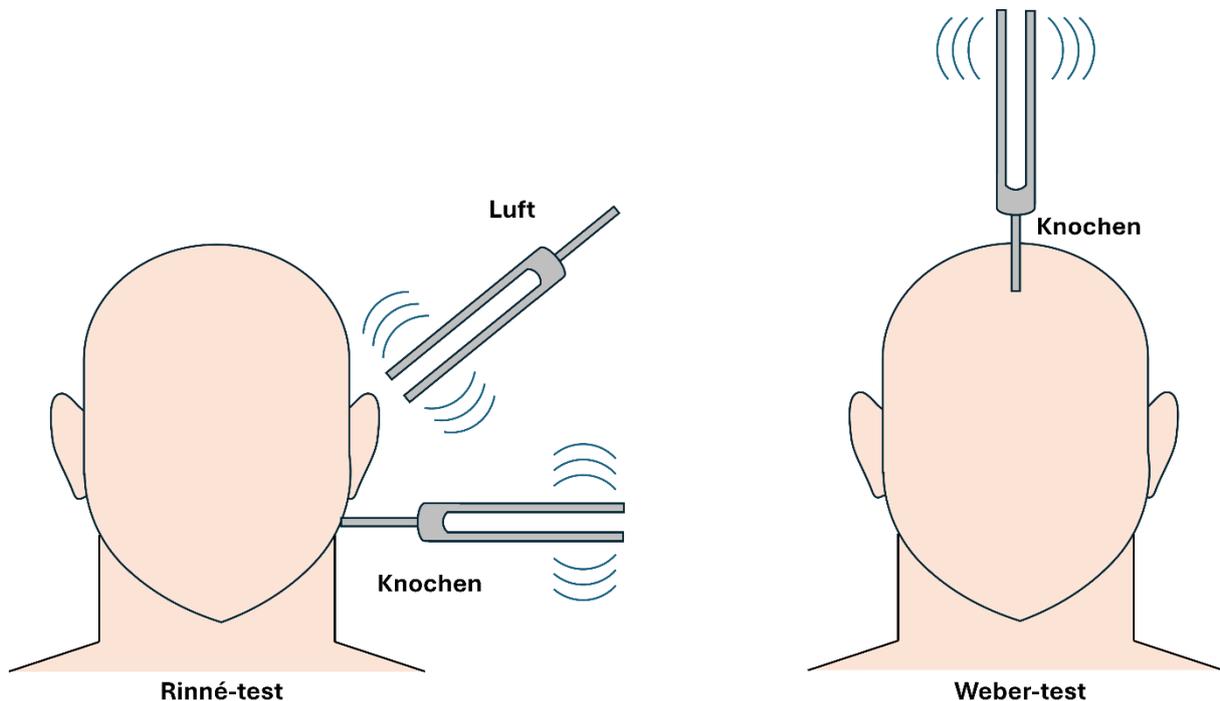
Wir können auch Unterschiede in der Luft- und Knochenleitung mit Stimmgabeltests prüfen, die feststellen können, ob die konduktiven oder perzeptiven Eigenschaften der Leitung beeinträchtigt sind. Die wichtigsten Testarten sind Weber-, Rinne- und Schwabach-Tests.

Weber-Test: Die schwingende Stimmgabel wird in der Mittellinie des Kopfes auf dem Scheitel oder der Stirn, im gleichen Abstand von beiden Ohren, aufgesetzt. In physiologischen Fällen erreicht der Schall beide Ohren gleichermaßen. Bei einseitigem Hörverlust wird der Ton auf einer Seite stärker gehört, was wir als Lateralisation bezeichnen. Dies hilft uns, einseitige Schallleitungs- oder einseitige sensorineurale Schwerhörigkeit zu erkennen. Wenn Weber zum schlechter hörenden Ohr lateralisiert, dann können wir von Schallleitungs-Schwerhörigkeit sprechen, und wenn er zum besser hörenden Ohr lateralisiert, dann liegt eine sensorineurale

04 Das Hören theoretischer Hintergrund

Schwerhörigkeit vor. Der Weber-Test allein reicht nicht aus, um konduktive und perzeptive Anomalien zu identifizieren, daher ist die Durchführung des Rinne-Tests ebenfalls essentiell.

Rinne-Test: Er ermöglicht uns den Vergleich von Knochen- und Luftleitung am gleichen Ohr. Die schwingende Stimmgabel wird auf den Processus mastoideus aufgesetzt, wodurch die Knochenleitung getestet wird. Wir halten die Stimmgabel dort, bis der Ton nicht mehr wahrgenommen wird. Dann halten wir die noch schwingende Stimmgabel neben das Ohr des Patienten, wodurch der Ton wieder hörbar wird (Luftleitung). In physiologischen Fällen ist die Luftleitung besser als die Knochenleitung, also wenn der Stimmgabelton bei Luftleitung lauter ist, bewerten wir dies als Rinne-positiv. Bei sensorineuraler Schwerhörigkeit erhalten wir ebenfalls ein Rinne-positives Ergebnis, sodass wir unter Berücksichtigung der Lateralisation auf die Art der Beeinträchtigung schließen können. Bei Schallleitungs-Schwerhörigkeit erhalten wir ein Rinne-negatives Ergebnis, das bedeutet, der Stimmgabelton ist bei Knochenleitung lauter.



		Weber		
		Links lateralisiert	Keine lateralisiert	Rechts lateralisiert
Rinné	L + / R +	R SN	normal (or both SN)	L SN
	L - / R +	L C	-	L SNC
	L + / R -	R SNC	-	R C
	L - / R -	L C + R SNC	Both C	L SNC + R C

SN: sensorineurale-, C: Schallleitungs-, SNC: kombinierte sensorineurale- und Schallleitungs-Schwerhörigkeit

Vestibulo-okulärer Reflex (VOR)

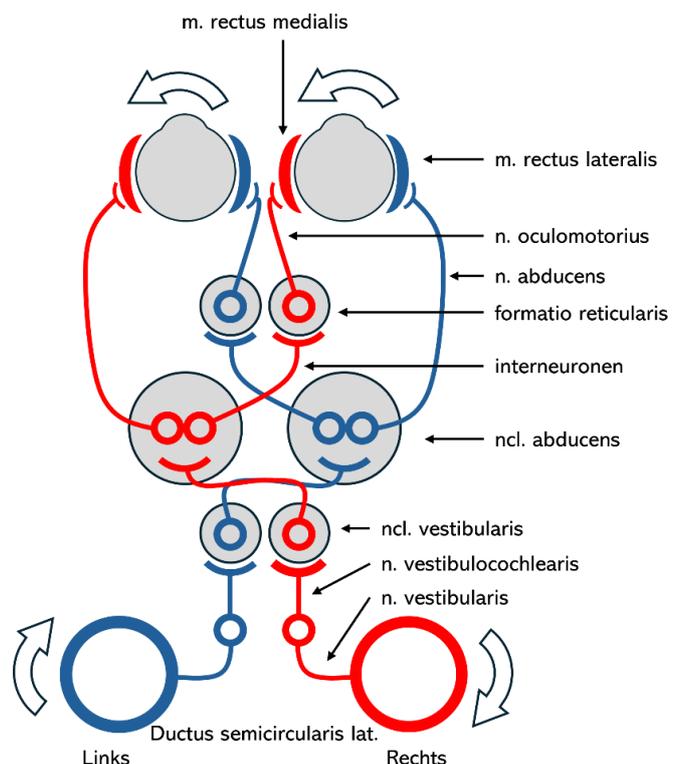
04 Das Hören theoretischer Hintergrund

Der vestibulo-okuläre Reflex ist ein Mechanismus, der die Stabilität des Auges und des auf der Netzhaut projizierten Bildes während Kopfbewegungen durch Aktivierung der entsprechenden extraokulären Muskeln gewährleistet. Der Reflex hat 3 Hauptelemente: 1. peripherer Sinnesapparat (Vestibulum, Bogengänge), 2. zentrales Verarbeitungssystem (Kerne, Hirnnerven), 3. motorischer Output (extraokuläre Muskeln). Das Vestibulum kann lineare Beschleunigung des Kopfes erfassen, entsprechend der Position relativ zur Schwerkraft und Kopfbewegung. Die Bogengänge können Winkelbeschleunigung (Kopffrotation) erfassen. Wenn wir unseren Kopf bewegen, bewegen sich die Kanäle relativ zur Flüssigkeit (Trägheit), was eine Bewegung der Haarzellen auslöst. Jeder Kanal hat (über den VIII. Hirnnerv) exzitatorische und inhibitorische Innervation mit den Augenbewegungsmuskeln beider Augen (motorische Kerne der Hirnnerven III, IV, VI). Bewegung der Kanäle in eine bestimmte Richtung löst konjugierte Gegenbewegung der Augen aus. Die Bewegung ist nicht sakkadisch, sondern besteht aus langsameren und kontinuierlich folgenden Bewegungen.

Zur Untersuchung des Reflexes legen wir den Kopf des Patienten in unsere Hände, bestimmen dann den freien Zustand des Nackens durch sanftes Bewegen des Kopfes nach rechts und links. Dann bitten wir den Patienten, in unsere Augen zu schauen und machen ohne Vorwarnung eine schnelle, kleine Bewegung zur Rotation des Kopfes nach rechts, dann links (10-15°). Bei intaktem VOR behält der Patient den Blick auf den untersuchenden Arzt gerichtet. Bei Verletzung des Reflexbogens erscheint das sogenannte Puppenköpfchenzeichen, bei dem die Kopffrotation im Auge nicht kompensiert wird und der Patient den Blick während plötzlicher Bewegung nicht auf einen Fokuspunkt halten kann.

Bei längerer, unidirektionaler vestibulärer Stimulation folgt der langsamen Bewegung eine sakkadische Korrektur. Der Wechsel von langsamer Folgebewegung und sakkadischen Bewegungen ist der Nystagmus. Experimentell können wir postrotatorischen Nystagmus durch Rotation in einem Bárány-Stuhl induzieren. In einem anderen Versuchsaufbau erzeugen wir einen Temperaturgradienten durch kaltes oder warmes Wasser, das in den Gehörgang eingeführt wird. Bei intaktem Hirnstamm löst kaltes Wasser kontralaterale Augenbewegung aus, während warmes Wasser ipsilaterale Augenbewegung auslöst. Dieses Phänomen nennen wir kalorischen Nystagmus. Wir können auch Nystagmus nach ihrer Richtung unterscheiden. In diesem Fall erhalten sie ihre Namen von der schnellen, sakkadischen Komponente. Das Auftreten und die Richtung des Nystagmus können uns zum Beispiel bei der Differentialdiagnose von Schwindelzuständen helfen.

Postrotatorischer Nystagmus kann mithilfe des Bárány-Stuhls induziert werden. Dazu setzen wir den Patienten in den Stuhl und bitten ihn, seinen Kopf etwa 45° nach vorne zu beugen. Dann rotieren wir ihn 15-20 s lang mit relativ hoher Geschwindigkeit im Stuhl und stoppen dann plötzlich. Wir bitten ihn dann, in unsere Augen zu schauen. Durch den plötzlichen Stopp zirkuliert die Endolymphe aufgrund ihrer Trägheit weiter in den Bogengängen. Diese Strömung löst kompensatorischen Nystagmus im Auge aus.



04 Das Hören Aufgabenblatt

Name: _____
 Gruppe: _____

Datum: _____
 Auswertung: _____

Otoskopie-Ergebnisse

Gehörgangs-Durchgängigkeit: _____
 Trommelfell-Integrität: _____
 Trommelfell-Farbe: _____
 Lichtreflex: _____

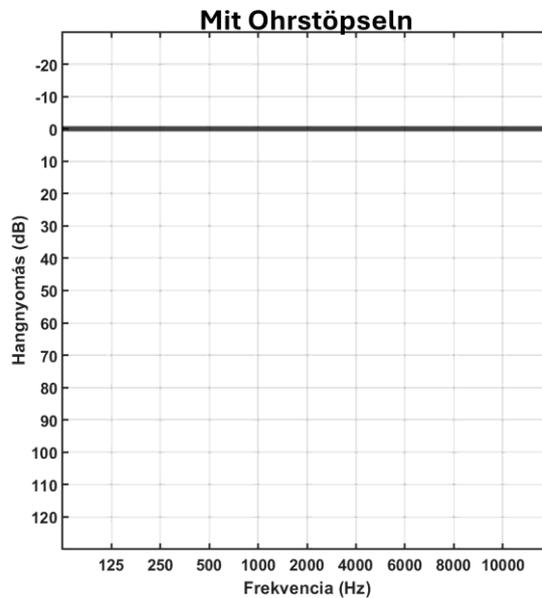
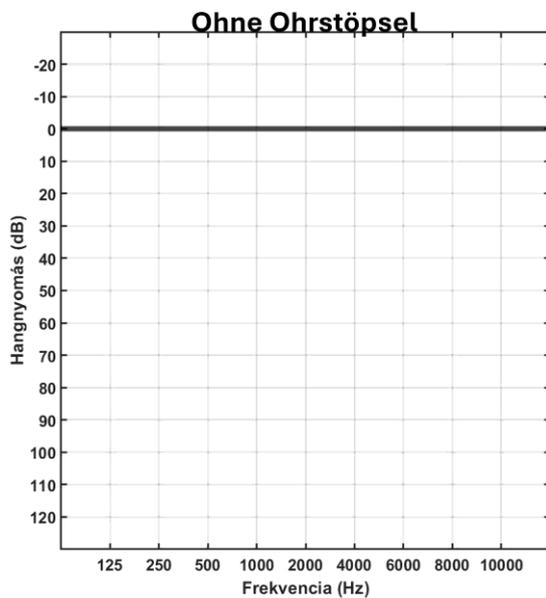
Stimmgabeltest-Ergebnisse

	Ohne Ohrstöpsel		Mit Ohrstöpsel	
Weber				
Rinne	R:	L:	R:	L:
Ergebnis				

Audiometrie

Bestimmen Sie die Hörschwelle für beide Ohren, zunächst ohne Ohrstöpsel, dann mit einem Ohrstöpsel in einem Ohr!

Anleitung: Der Untersuchende sendet Schallreize bestimmter Frequenzen an das linke und dann das rechte Ohr. Die Versuchsperson sitzt mit dem Rücken zum Untersuchenden und signalisiert durch eine Handbewegung, wenn sie den Ton hört. Ausgehend von 0 dB regulieren wir den Schalldruck nach folgender Methode: wenn sie ihn gehört hat, den Schalldruck um 10 dB verringern; wenn sie ihn nicht gehört hat, um 5 dB erhöhen. Auf diese Weise überqueren wir die Hörschwelle mehrfach, und wir notieren den Wert im Audiogramm, bei dem die Versuchsperson in 50% der Fälle richtig reagiert hat (O: rechtes Ohr, X: linkes Ohr). Wir führen dies bei 250, 500, 1000, 2000, 4000 und 8000 Hz durch.



Vestibuläres System

Beurteilen Sie den vestibulo-okulären Reflex! _____
 Beurteilen Sie den Nystagmus!
 Rotationsrichtung: _____
 Nystagmus-Richtung: _____

05 Das Sehen theoretischer Hintergrund

Das Sehen

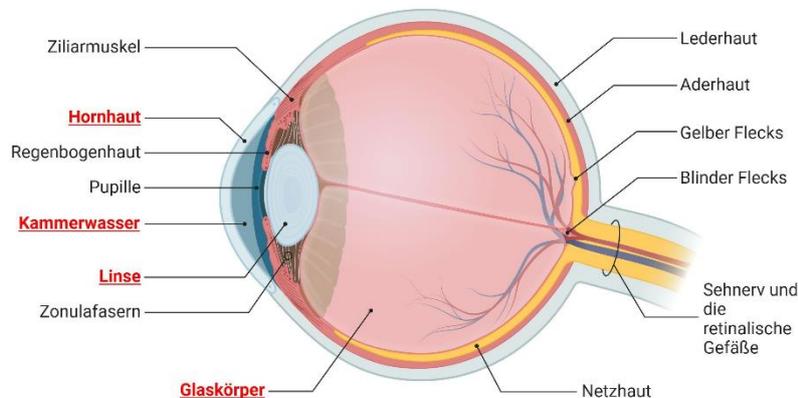
In dieser praktischen Übung besprechen wir die grundlegendsten Untersuchungen im Zusammenhang mit dem Sehen, ergänzt durch die Untersuchung der Augenbewegungen. Ausführlicheres theoretisches Material ist in den Vorlesungen und Lehrbüchern enthalten; hier präsentieren wir nur das minimale theoretische Wissen, das zum Verständnis der praktischen Arbeit notwendig ist.

Das optische System des Auges

Das optische System des Auges ist die Gesamtheit der Strukturen, die das Sehen ermöglichen (aber nicht ausreichend sind), welche einfallendes Licht durch Brechung so umwandeln, dass es auf der Netzhaut konvergieren kann. Wir sprechen von Brechung, wenn Licht von einem Medium mit einem Brechungsindex in ein Medium mit einem anderen Brechungsindex übergeht (z.B. Luft-Wasser-Grenzfläche). Die Einheit der Brechkraft ist die Dioptrie (D), die der Kehrwert der in Metern ausgedrückten Brennweite (f) ist:

$$D = \frac{1}{f}$$

Im Fall des Auges gibt es vier brechende Medien, von außen nach innen: Hornhaut, Kammerwasser, Linse und Glaskörper. Es ist wichtig zu beachten, dass die Brechung an den Grenzen zwischen diesen Medien stattfindet, wobei die stärkste Brechung an der Luft-Hornhaut-Grenze (etwa 40-43 Dioptrien) und der Kammerwasser-Linsen-Grenze (17-20 Dioptrien beim Blick in die Ferne) erfolgt. Die Gesamtbrechkraft eines in die Ferne blickenden Auges beträgt etwa 60 Dioptrien; beim Blick auf nahe Objekte kommen durch die Krümmung der Linse maximal weitere +12 Dioptrien hinzu.



Sehschärfeuntersuchung

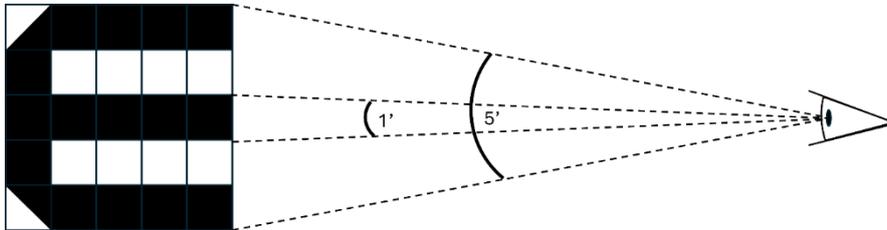
Bei der Bildfokussierung passt sich das optische System des Auges so an, dass der Brennpunkt der vom Bild kommenden Lichtstrahlen genau auf den zentralen Teil der Makula (Fovea centralis) der Netzhaut fällt, der der Ort des scharfen Sehens ist. Beim Blick auf einen fernen Punkt entspannen sich beim gesunden (emmetropen) Auge die Ziliarkörpermuskeln (M. ciliaris), wodurch sich die Aufhängebänder der Linse spannen und die Linse abflachen (wodurch ihre Brechkraft verringert wird). Damit die Bilder naher Objekte scharf auf der Netzhaut abgebildet werden, muss die Brechkraft des Auges zunehmen. Die einzige Struktur, deren Brechkraft sich ändern kann, ist die Linse.

05 Das Sehen theoretischer Hintergrund

Beim Blick auf nahe Objekte (Naheinstellung oder Akkommodation) kontrahiert sich der Ziliarmuskel, wodurch sich die Aufhängebänder der Linse entspannen und die Linse durch ihre eigene Elastizität konvexer wird (ihre Brechkraft erhöht sich). Dieser Prozess wird von einer Konvergenz der Augenachsen und Pupillenverengung (Miosis) begleitet. Zusammen wird dies als Naheinstellungstrias bezeichnet.

Die Sehschärfe wird mithilfe einer Sehtafel bestimmt. Die Tafel zeigt Figuren (Snellen-Buchstaben, Zahlen oder Landolt-Ringe) in von oben nach unten abnehmender Größe, die aus der daneben angegebenen Entfernung betrachtet genau unter einem Sehwinkel von 5' erscheinen, wobei die Details der Bilder unter einem Sehwinkel von 1' erscheinen. Das Detail der obersten Figur ergibt einen Sehwinkel von 1' aus 50 m, während die Figuren der vorletzten Reihe diesen aus 5 m ergeben (die letzte schwarze Reihe unter der Linie wird für die Prüfung der Hypersehschärfe verwendet). Die Buchstaben auf der Tafel sind in ein Quadrat gezeichnet, das in 25 kleine Quadrate unterteilt werden kann; jedes kleine Quadrat erscheint unter einem Sehwinkel von 1', und das große Quadrat unter einem Sehwinkel von 5'.

Die Untersuchung wird mit einer gut beleuchteten Tafel durchgeführt. Die zu untersuchende Person sitzt 5 Meter von der auf Augenhöhe an der Wand hängenden Tafel entfernt und deckt ein Auge mit der Hand der gleichen Seite ab. Wir bitten sie, die Buchstaben und Zahlen von oben nach unten zu lesen. Wir ermitteln das kleinste Symbol, das sie noch zuverlässig erkennen kann.



Sehschärfe (Visus) kann mit einem Bruch beschrieben werden: $V=d/D$

- d: die Entfernung in Metern, aus der die Lesung erfolgt
- D: die Entfernung, aus der die erkannte Figur unter einem Sehwinkel von 5' und ihre Details unter einem Sehwinkel von 1' erscheinen
- Normalwert: $V = 5\text{m}/5\text{m} (= 1)$
- Wenn eine Person nur Symbole aus 5 m erkennen kann, die aus 15 m unter einem Sehwinkel von 5' sichtbar sein sollten, dann beträgt ihre Sehschärfe $V = 5/15$
- Wenn die untersuchte Person nicht einmal die oberste Figur sehen kann, bringen wir die Tafel näher. Wenn das Lesen der Tafel erfolglos ist, führen wir Fingerzählen aus verschiedenen Entfernungen durch. In solchen Fällen geben wir statt des Visus die Entfernung an, aus der die untersuchte Person die Anzahl der vor dunklem Hintergrund gezeigten Finger zuverlässig zählen kann.

Die Nahsehschärfe kann mit Tafeln (Csapody-Tafel) untersucht werden, die Texte in verschiedenen Größen enthalten und 30-35 cm vom Auge entfernt gehalten werden. Der Visuswert ist neben den Texten angegeben.

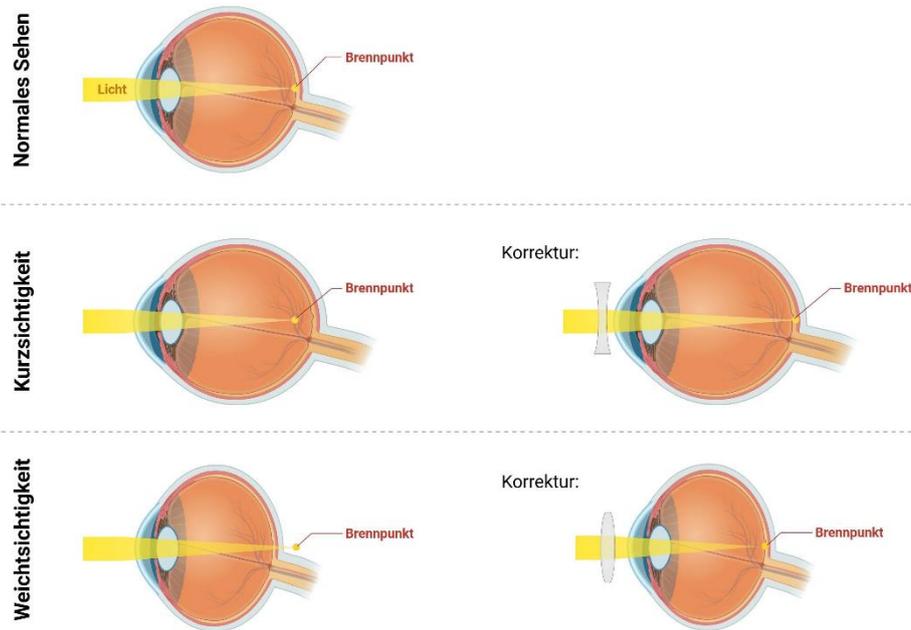
Der nächstgelegene Punkt, von dem aus wir einfallendes Licht noch auf die Makula fokussieren können, wird als Nahpunkt des Sehens bezeichnet. Mit zunehmendem Alter verliert die Linse ihre Elastizität, und dieser Abstand vergrößert sich. Zur Bestimmung des Nahpunkts fixieren Sie mit einem Auge die Spitze Ihres nach oben zeigenden Daumens in Armlänge und bringen ihn näher, bis Sie ihn noch scharf sehen können. Messen Sie den Abstand zwischen Ihrem Daumen und Auge (Sie können auch einen Stift statt Ihres Daumens verwenden).

Wenn der Visus vom Normalen abweicht, setzen wir verschiedene Linsen vor das Auge der untersuchten Person und korrigieren die Abweichung mit der entsprechenden Linse. Wir korrigieren die Brechung immer nur eines Auges.

05 Das Sehen theoretischer Hintergrund

Bei Kurzsichtigkeit (Myopie) ist die Längsachse des Auges länger als normal oder die Brechkraft im Verhältnis zur Bulbuslänge zu stark, wodurch der Brennpunkt vor die Netzhaut fällt. Sie wird mit konkaven (divergierenden, negativen Dioptrien) Linsen korrigiert.

Bei Weitsichtigkeit (Hypermetropie) ist die Längsachse des Auges kürzer als normal oder die Brechkraft im Verhältnis zur Bulbuslänge zu gering, wodurch der Brennpunkt hinter die Netzhaut fällt. Sie wird mit konvexen (konvergierenden oder positiven Dioptrien) Linsen korrigiert.



Astigmatismus-Untersuchung

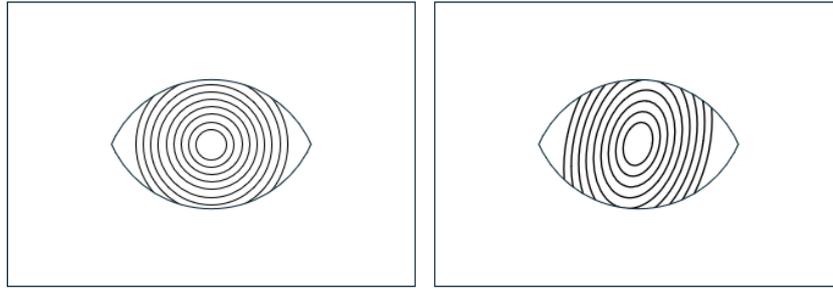
Die Hornhaut ist normalerweise eine fast regelmäßige halbkugelförmige Struktur. Wenn die Krümmung der Hornhautoberfläche nicht einheitlich ist, sondern entlang verschiedener Meridiane unterschiedlich ist (in einer Richtung konvexer, in einer anderen flacher), sprechen wir von Astigmatismus. Dies führt dazu, dass die Brennpunkte einzelner Lichtstrahlen an verschiedenen Stellen liegen. Dies führt oft zu verschwommenem Sehen sowohl beim Nah- als auch beim Fernsehen. Die Hornhaut weist physiologisch einen leichten Astigmatismus auf: ihre Brechkraft ist in vertikaler Richtung um 0,5 D stärker (dies wird als physiologischer Astigmatismus bezeichnet).

Nicht-physiologischer Astigmatismus wird mit zylindrischen Linsen korrigiert, bei denen die Linse einen Grund- (symmetrischen) Dioptrienwert und eine zylindrische Dioptrienkomponente in einer bestimmten Richtung aufweist.

Der Astigmatismus kann am einfachsten mit dem Placido-Keratoskop untersucht werden. Dies ist eine Scheibe von etwa 25 cm Durchmesser mit einem Griff, die konzentrische Kreise und eine runde Öffnung in der Mitte aufweist. Die zu untersuchende Person steht mit dem Rücken zur Lichtquelle, und wir halten das Gerät vor unser Auge, sodass das Licht der Lampe auf die Scheibe und von dort auf das Auge fällt, dann untersuchen wir die Reflexion der konzentrischen Kreise auf der Hornhaut des Patienten durch die runde Öffnung. Wenn sich die Krümmungsradien entlang verschiedener Meridiane unterscheiden, erscheinen die konzentrischen Kreise verzerrt.

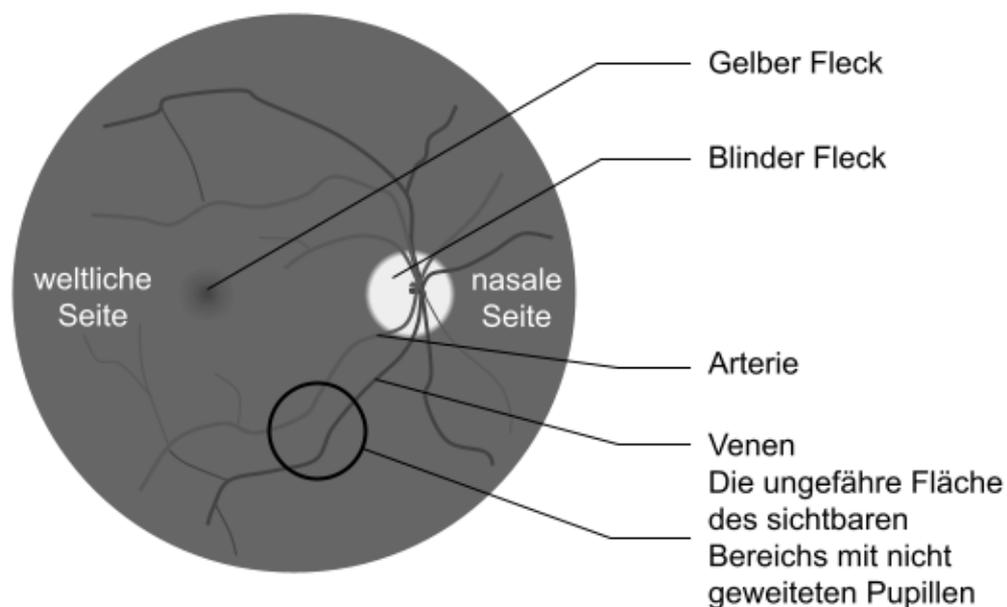
In der klinischen Praxis erfolgt die qualitative Messung des Astigmatismus (der Unterschied der Brechkraft zwischen den Meridianen) mittels Refraktionsprüfung und Keratometrie (automatisierter Ophthalmometer). Im ersten Fall muss der Patient Symbole auf einer Sehtafel lesen, während verschiedene Linsen vorgesetzt werden, während letzteres direkte Informationen über die Hornhautkrümmung liefert.

05 Das Sehen theoretischer Hintergrund



Ophthalmoskopie

Dies gehört zu den am häufigsten verwendeten ophthalmologischen Untersuchungen. Die Untersuchung wird mit einem Ophthalmoskop durchgeführt, das eine eingebaute Lichtquelle und verstellbare Linsenserien zur Korrektur besitzt. Mit diesem Gerät können wir die Strukturen am Augenhintergrund sehen, indem wir durch die Pupille ins Auge leuchten. Die Untersuchung wird in einem dunklen Raum durchgeführt. Wir bitten den Patienten, auf einen fernen Gegenstand zu fokussieren. Wenn wir das rechte Auge des Patienten untersuchen, nehmen wir das Ophthalmoskop in unsere rechte Hand und stabilisieren den Kopf des Patienten mit unserer linken Hand. Wir setzen das Ophthalmoskop vor unser rechtes Auge und positionieren uns etwa 15 cm vom Auge des Patienten entfernt. Durch das Ophthalmoskop blickend suchen wir im Auge des Patienten nach dem "roten Reflex" (von der Netzhaut durch die Pupille reflektierte Lichtstrahlen). Sobald wir diesen gefunden haben, nähern wir uns dem Patienten, bis der Fundus und seine Strukturen scharf erscheinen. Aufgrund der starken Lichtquelle wird sich die Pupille verengen und nur ein kleiner Abschnitt des Fundus wird sichtbar sein. Wir können das Gesichtsfeld des Fundus durch Kippen des Ophthalmoskops ändern. Die eingebauten Linsen sollten basierend auf der Summe der unkorrigierten Refraktionsfehler sowohl des Untersuchten als auch des Untersuchers eingestellt werden. Am Fundus untersuchen wir die Papille (Austrittsstelle des Sehnervs), die Macula lutea (Ort des scharfen Sehens) und den Zustand der Blutgefäße am Fundus. Normalerweise hat der Sehnervenkopf scharfe Konturen und eine helle Farbe (es ist ratsam, bei der Fundus-Orientierung dem Verlauf der Gefäße zu folgen).



05 Das Sehen theoretischer Hintergrund

Farbsehprüfung

Drei Arten von Zapfen (rot, grün, blau) sind für das Farbsehen verantwortlich. Wir sprechen von Farbenblindheit, wenn die Farbwahrnehmung vollständig fehlt. Sie kann erblich oder erworben sein (z.B. durch Diabetes). Bei Dichromaten fehlt ein Zapfentyp (Protanopie = Rotblindheit; Deutanopie = Grünblindheit; Tritanopie = Blaublindheit). Monochromaten haben nur einen Zapfentyp in ihren Augen. Bei vollständiger Farbenblindheit fehlen alle drei Rezeptoren (einschließlich der Macula lutea), dies ist jedoch selten.

Wenn die Wahrnehmung einer bestimmten Farbe reduziert ist oder der Patient Schwierigkeiten hat, zwischen zwei Farben zu unterscheiden, sprechen wir von Farbsehschwäche. Dies kann auftreten, weil die Anzahl der Rezeptoren reduziert ist, sie nicht richtig funktionieren oder ihre Lichtabsorptionsspektren zu nahe beieinander liegen. Die Rot-Grün-Farbsehschwäche ist am häufigsten und tritt häufiger bei Männern auf, da sie X-chromosomal vererbt wird.

Die Farbsehschwäche wird am häufigsten mit Pseudo-Isochromatischen Tafeln (z.B. Ishihara) getestet. Diese Tafeln zeigen Zahlen, Buchstaben oder Linien in einer vom Hintergrund verschiedenen Farbe, aber mit übereinstimmender Leuchtdichte. Sowohl das Symbol als auch der Hintergrund bestehen aus Punkten, wodurch Konturen eliminiert werden. Die durchschnittliche Größe, Sättigung und Helligkeit der Punkte sind für Symbol und Hintergrund gleich, sodass diese Faktoren nicht beim Erkennen des Symbols helfen. Nur Personen mit normalem Farbsehen können das Symbol erkennen, während Personen mit Farbsehschwäche es entweder nicht sehen oder eine andere Zahl sehen. Bei der Untersuchung von Kindern, die noch keine Zahlen kennen, besteht die Aufgabe darin, mit dem Finger entlang der auf der Tafel sichtbaren Linie zu fahren.

Pupillenreflexprüfung

Der Pupillenreflex ist ein Hirnstammreflex, der eine Rolle bei der Lichtadaptation des Auges spielt. Die Pupillen verengen sich (Miosis) als Reaktion auf Licht und erweitern sich (Mydriasis) in der Dunkelheit. Der Pupillenreflex wird mit einem schwachen oder mittleren Licht (Pupillenlampe, Pupilloskop) getestet. Bei Beleuchtung eines Auges (das Licht wird eher durchgezogen als stetig gehalten) beobachten wir zunächst den Reflex des ipsilateralen Auges (direkter Pupillenreflex) und dann den des kontralateralen Auges. Die Pupille auf der Gegenseite verengt sich ebenfalls, obwohl sie nicht direkt dem Licht ausgesetzt ist. Dies wird als indirekter (konsensueller) Pupillenreflex bezeichnet. Dies geschieht, weil Informationen von den gleichen Seiten (nasal oder temporal) beider Augen vom Sehnerv das ipsilaterale prätektale Areal erreichen, aber Fasern von hier sowohl die ipsi- als auch die kontralateralen Edinger-Westphal-Kerne (Nucleus oculomotorius accessorius) innervieren, die den M. sphincter pupillae über den III. Hirnnerv (N. oculomotorius) innervieren.

Optokinetischer Nystagmus

Nystagmus bezeichnet konjugierte Augenbewegungen mit gleicher Abweichung, bei denen sich langsame und schnelle Phasen abwechseln. Die langsame Komponente ist labyrinthären Ursprungs (siehe: vestibulo-okulärer Reflex), während letztere eine zentrale, korrigierende Bewegung ist. Per Konvention wird die Richtung des Nystagmus durch die Richtung der schnellen Komponente identifiziert.

Nystagmus kann durch Stimulation des Vestibularsystems ausgelöst werden, aber auch durch Bewegung/Bewegung des Gesichtsfeldes (z.B. beim Blick auf Bäume am Straßenrand aus einem fahrenden Fahrzeug). Letzteres wird als optokinetischer Nystagmus bezeichnet. Zunächst ist eine langsame Folgebewegung der Augen zu beobachten, gefolgt von einer schnellen Sakkade in die entgegengesetzte Richtung, mit der das Auge in die Mittelstellung zurückkehrt und sich auf einen neuen Fixationspunkt einstellt.

05 Das Sehen theoretischer Hintergrund

Während des Praktikums lösen wir Nystagmus aus, indem wir die Probanden ein schwarz-weißes Rastermuster auf dem Computerbildschirm betrachten lassen.

Augenbewegungsuntersuchung

Zunächst beobachten wir die Position der Bulbi in Ruhe, die Weite der Lidspalten und das Vorhandensein von Nystagmus. Wir fragen den Patienten, ob er Doppelbilder wahrnimmt. Dann können wir die willkürlichen (commanded) Augenbewegungen untersuchen, indem wir den Patienten bitten, nach links, rechts, oben und unten zu schauen. Für die Prüfung der geführten Augenbewegungen bitten wir den Patienten, unserem Zeigefinger oder Stift zu folgen, den wir etwa 60 cm vor seinen Augen in einem "H"-Muster (horizontal und vertikal) bewegen. Wir beobachten, ob die Augenbewegung frei und konjugiert ist und ob Doppelbilder auftreten. Dann bitten wir den Patienten, unseren Finger oder Stift in etwa 50 cm Entfernung zu fixieren, den wir dann näher zum Nasenrücken bringen, wobei wir die Konvergenz der Augenachsen beobachten, die Teil der Akkommodationsreaktion ist. Während der Untersuchung können wir die Integrität der Blickzentren und -bahnen, der für die Augenbewegung verantwortlichen Nerven und ihrer Kerne (III, IV und VI) testen.

Bei negativem Status sind die Lidspalten gleich weit, die Bulbi blicken parallel nach vorne, der Patient hat keinen Nystagmus oder Doppelbilder, und die Augen bewegen sich konjugiert und frei in alle Richtungen.

Konfrontationsgesichtsfeldprüfung

Das Gesichtsfeld ist der Bereich der Umgebung, aus dem wir in einem bestimmten Moment visuelle Informationen sammeln. Eine imaginäre vertikale Linie durch die Pupille teilt das Gesichtsfeld in nasale und temporale Felder, während eine horizontale Linie es in obere und untere Gesichtsfelder teilt. Basierend darauf teilen wir das Gesichtsfeld in Quadranten (obere und untere nasale Quadranten, obere und untere temporale Quadranten). Obwohl wir auf die Makula projizierte Bilder scharf sehen, nehmen wir auch auf periphere Bereiche projizierte Objekte wahr.

Die einfachste Methode (binokulare Gesichtsfeldprüfung) beinhaltet, dass der Untersucher dem Patienten gegenüber sitzt oder steht und seine Finger am Rand seines eigenen Gesichtsfeldes in gleichem Abstand sowohl vom Gesicht des Patienten als auch des Untersuchers entlang einer imaginären Ebene bewegt. Wir bitten den Patienten, auf die Mitte unserer Stirn zu schauen und die Augen nicht zu bewegen. Der Patient gibt verbal an, auf welcher Seite der Untersucher seine Finger bewegt (rechts, links, beide), oder wir können ihn bitten, die Hände des Untersuchers zu greifen, wenn er die bewegten Finger bemerkt.

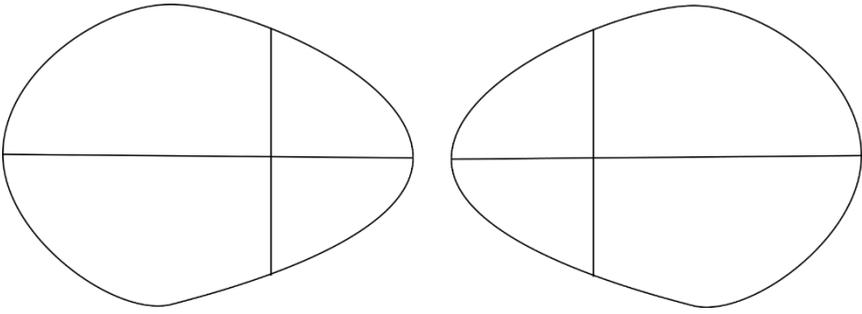
Eine andere Methode (monokulare Untersuchung) beinhaltet, dass der Patient ein Auge bedeckt, während der Untersucher sein gegenüberliegendes Auge bedeckt (wenn also der Patient sein rechtes Auge bedeckt hat, bedeckt der Untersucher sein linkes). Dann testet der Untersucher das Gesichtsfeld des Patienten temporal, nasal, oben und unten, indem er Finger am Rand seines eigenen Gesichtsfeldes bewegt. Gesichtsfelddefekte können durch Läsionen in bestimmten Teilen der Sehbahnen und des Okzipitallappens auftreten.

05 Das Sehen Aufgabenblatt

Name:
Gruppe:

Datum:
Auswertung:

Evaluieren Sie die folgenden Parameter:

	Rechtes Auge	Linkes Auge
Fernsehschärfe		
Nahpunkt		
Astigmatismus		
Fundus		
Farbsehen		
Pupillenreflex	Direkt:	Direkt:
	Konsensuell:	Konsensuell:
Willkürliche Augenbewegungen		
Geführte Augenbewegungen		
Akkommodation		
Optokineischer Nystagmus	Bewegungsrichtung: Nystagmusrichtung:	
Konfrontationsgesichtsfeld		

06 Neurologische Untersuchung theoretischer Hintergrund

Neurologische Untersuchung

Eine neurologische Untersuchung zielt darauf ab, die Funktion des zentralen und peripheren Nervensystems zu beurteilen. Dies umfasst die Untersuchung des Bewusstseinszustands, der Hirnnerven-Funktion sowie der sensorischen und motorischen Funktionen des Nervensystems.

Bewusstseinsuntersuchung

Die neurologische Untersuchung beinhaltet die Beurteilung sowohl der Vigilanz als auch des Bewusstseinsinhalts. Eine detaillierte Beschreibung hierzu wird in Praktikum 3 behandelt.

Nackenuntersuchung

Einer der ersten Schritte bei einer neurologischen Untersuchung ist die Untersuchung des Nackens. Mögliche Ursachen für eine Nackensteifigkeit sind Meningitis und Subarachnoidalblutung, da diese Erkrankungen durch Reizung der Meningen die Wirbelsäulenbeweglichkeit einschränken. Die Beurteilung und der Ausschluss dieser Zustände sind essentiell.

Drei klinische Tests werden zur Untersuchung der Nackensteifigkeit beim liegenden Patienten verwendet:

- Brudzinski-Zeichen: bei gestreckten Beinen beugen wir den Kopf des Patienten nach vorne. In pathologischen Fällen tritt eine Kniebeugung auf
- Kernig-Zeichen I: wir heben das gestreckte Bein des Patienten an. In pathologischen Fällen tritt Kopfnicken auf
- Kernig-Zeichen II: wir strecken das angehobene, gebeugte Bein des Patienten. In pathologischen Fällen wird ebenfalls Kopfnicken beobachtet

Untersuchung der Hirnnerven

Geruch (I): Zur Beurteilung der Funktion des Nervus olfactorius fragen wir die Patienten üblicherweise nach ihrer Selbsteinschätzung des Geruchssinns und eventuellen damit verbundenen Beschwerden. Eine instrumentelle Untersuchung des Geruchssinns ist mit einem Olfaktometer möglich.

Sehen (II, III, IV, VI): Die neurologische Untersuchung umfasst auch die Beurteilung des visuellen Systems. Dies beinhaltet die Untersuchung der Sehschärfe des Patienten. Dieser Schritt ist wichtig, da eine verminderte Sehschärfe durch zahlreiche Erkrankungen (neurologisch und internistisch) und nicht nur durch ophthalmologische Probleme verursacht werden kann. Die Sehuntersuchung umfasst auch die Beurteilung des Fundus, der Gesichtsfelder und die Bewertung der Augenbewegungen. Zwei Reflexe werden typischerweise in Bezug auf das visuelle System untersucht. Einer davon ist der Pupillenreflex. Normalerweise sind die Pupillen rund, mäßig erweitert, gleich im Durchmesser und lichtempfindlich. Zusätzlich untersuchen wir den Kornealreflex, der die Hirnnerven V und VII testet. Das Fehlen des Kornealreflexes, besonders beidseitig, weist auf Hirnstammläsionen hin. Während des Tests berühren wir die Hornhaut am Augenwinkel des Patienten sehr vorsichtig mit einer Gazespitze, worauf der Patient normalerweise mit Blinzeln reagiert. Diese werden in Praktikum 5 ausführlich besprochen.

Nervus trigeminus (V): Der Trigeminierv besteht aus motorischen und sensorischen Fasern. Die motorischen Äste sind für die Innervation der Kaumuskeln verantwortlich; zur Untersuchung bitten wir den Patienten, den Kiefer zusammenzubeißen. In pathologischen Fällen kann eine Asymmetrie im Kiefer auftreten, und der Tonus der beiden Masseteren kann bei Palpation nicht gleich sein. Bei der Untersuchung der sensorischen Innervation testen wir primär die Feinberührungsempfindung; dafür berühren wir das Gesicht des Patienten. Da der Nerv drei Hauptäste hat, müssen alle drei Nerven getestet werden, daher sollte diese

06 Neurologische Untersuchung theoretischer Hintergrund

Berührung symmetrisch an Stirn, Gesicht und entlang der Kieferlinie durchgeführt werden. Bei pathologischen Zuständen nimmt der Patient symmetrische Berührungen auf beiden Seiten unterschiedlich wahr.

Nervus facialis (VII): Der Fazialisnerv hat motorische, sensorische und autonome Äste. Schädigungen der sensorischen und autonomen Fasern, die an Geschmack und Speichelsekretion beteiligt sind, werden üblicherweise nicht mit separaten klinischen Tests untersucht. Motorische Fasern innervieren die Gesichtsmimikmuskulatur, und die Untersuchung dieser Muskeln ist essentiell. Wir bitten den Patienten, die Augenbrauen zu heben und dann zu runzeln. Dann bitten wir sie, die Lippen zu spitzen und die Zähne zu zeigen (grinsen). Schließlich bitten wir sie, die Wangen aufzublasen und unserem Versuch zu widerstehen, die Luft herauszudrücken. Bei Fazialisparese tritt eine Asymmetrie in der Kraft der Mimikmuskulatur und damit im Gesicht auf.

Nervus vestibulocochlearis (VIII): Das Gehör des Patienten kann mit den bereits besprochenen Weber- und Rinne-Tests oder genauer mit Audiometrie untersucht werden (siehe Praktikum 4). Wenn diese nicht verfügbar sind, können wir das Gehör des Patienten grob mit sehr leisen Klicks nahe am Ohr beurteilen. Um die weitere Funktion des Vestibulocochlearnerven zu testen, untersuchen wir, ob der Patient Schwindel (Vertigo) erlebt oder Nystagmus hat. Eine andere Option ist die Beobachtung des vestibulo-okulären Reflexes (VOR), auch bekannt als "Puppenaugen"-Manöver, das wir ebenfalls in Praktikum 4 beschreiben.

Nervus glossopharyngeus (IX): Bei Verletzung des Glossopharyngeus-Nervs können wir aufgrund der motorischen Faserschädigung eine Asymmetrie des Rachenbogens, des weichen Gaumens und der Uvula beobachten, daher ist es wichtig, in den Mund des Patienten zu schauen. Zusätzlich können Geschmacks-, Speichel- und Schluckstörungen (Dysphagie) auftreten. Zum Testen des IX. Hirnnervs können wir den Würgereflex auslösen, der bei Nervenschädigung träge wird. Dazu berühren wir den Rachen des Patienten vorsichtig mit einem Spatel, was normalerweise einen Würgereflex auslöst.

Nervus vagus (X): Bei Vagusnerv-Verletzung können wir ebenfalls Rachen-Asymmetrie und Dysphagie beobachten. Weitere wichtige Symptome sind Stimmveränderungen (Dysphonie) oder -verlust (Aphonie) und Verdauungsschwierigkeiten aufgrund von Trägheit des Magen-Darm-Systems (Gastroparese). Zusätzliche wichtige Symptome sind schwankende Herzfrequenz und Blutdruck sowie damit verbundener Bewusstseinsverlust (Synkope).

Nervus accessorius (XI): Der Accessorius-Nerv ist für die Innervation der Muskeln um den Nacken verantwortlich. Zum Testen bitten wir den Patienten, die Schulter zu heben und unserem Versuch zu widerstehen, sie nach unten zu drücken.

Nervus hypoglossus (XII): Der Hypoglossus-Nerv innerviert die Zungenmuskulatur. Während der Untersuchung bitten wir den Patienten, die Zunge herauszustrecken. Die Zunge sollte symmetrisch sein, mit der Spitze in der Mittellinie. Dann bitten wir den Patienten, die Zunge nach rechts und links zu bewegen.

Untersuchung des sensorischen Systems

Bei der Untersuchung des sensorischen Systems suchen wir primär nach Sensibilitätsausfällen in den Extremitäten. Es ist wichtig, die Integrität sowohl der protopathischen als auch der epikritischen Empfindungen sowohl in den proximalen als auch in den distalen Teilen der Gliedmaßen zu untersuchen.

Die epikritische Wahrnehmung umfasst Feinberührung und Vibration. Die Feinberührung wird durch symmetrisches und sanftes Berühren der oberen und dann unteren Extremitäten des Patienten getestet. Von oben nach unten streichen wir über Oberarme, Unterarme und Hände des Patienten und entsprechend an der unteren Extremität. Es ist wichtig zu beobachten, ob der Patient den Reiz spürt, ihn überall spürt und ob die Empfindung

06 Neurologische Untersuchung theoretischer Hintergrund

symmetrisch auftritt. Für die Vibrationsprüfung setzen wir den Fuß einer vibrierenden Stimmgabel auf eine knöchernen Oberfläche, das ist am Handgelenk für die oberen Extremitäten und am Knöchel für die unteren Extremitäten. Wir bitten den Patienten anzugeben, wenn sie die Vibration nicht mehr spüren (falls sie sie überhaupt spüren). Dann setzen wir den Stimmgabelfuß auf unser eigenes Handgelenk und vergleichen so die Vibrationsempfindung des Patienten mit unserer eigenen.

Die protopathische Empfindung wird primär durch die Temperaturempfindung getestet. Dafür verwenden wir die Metall- und Gummiteile des Reflexhammers, wobei die Metallteile eine kalte Empfindung hervorrufen, während die Gummi- oder Kunststoffteile eine wärmere Empfindung auslösen. Bei intakter Temperaturempfindung kann der Patient zwischen Berührungen der beiden Hammerteile unterscheiden. Wir berühren den Patienten mit einem bestimmten Teil des Hammers, während ihre Augen geschlossen sind, und fragen, ob sie den kälteren oder wärmeren Teil spüren. Wenn die Temperaturempfindung nicht erhalten ist, ist auch eine Schmerzprüfung möglich. Dabei machen wir kleine Stiche mit einem nicht zu scharfen Instrument, ohne die Haut des Patienten zu verletzen, und beobachten die Reaktion.

Es besteht auch die Möglichkeit, höhere integrative Funktionen des sensorischen Systems zu testen. Eine solche höhere Funktion ist die Stereognosie. Für diese Untersuchung bitten wir den Patienten, die Augen zu schließen, und legen dann einen Gegenstand in ihre Hand (Schlüssel, Stift etc.). Bei erhaltener Stereognosie sollte der Patient den Gegenstand ohne visuelle Information benennen können. Eine weitere solche Funktion ist die Graphästhesie, bei der wir wieder bei geschlossenen Augen des Patienten einfache Formen (z.B. Zahlen) mit unserem Finger auf die Handfläche des Patienten zeichnen, und der Patient muss die Form benennen. Schließlich können wir die Zwei-Punkt-Diskriminationsfähigkeit testen, das ist der kleinste Abstand zwischen zwei Punktreizen, den das Nervensystem als getrennte Reize erkennen kann. Bezüglich der Zwei-Punkt-Diskrimination ist es wichtig zu beachten, dass sie auch innerhalb von Hautflächen große Unterschiede aufweist. Dieser Abstand ist an Hand und Fingern am kleinsten, während er an Nacken und Rücken mehrfach größer sein kann. Diese Funktion basiert auf der Dichte der Rezeptoren und der Größe der rezeptiven Felder im jeweiligen Hautareal. Zum Testen können wir den Weber-Zirkel verwenden.

Untersuchung des motorischen Systems

Im motorischen System bewerten wir drei Dinge: Muskeltonus, Muskelkraft und Reflexe.

Zur Untersuchung des Muskeltonus bitten wir den Patienten, die entsprechende Extremität zu entspannen und bewerten dann den Muskeltonus durch passive Bewegung der Gelenke. Die Bewertung kann hypoton, normoton oder spastisch sein. Der Muskeltonus ist wichtig für die Unterscheidung zwischen zentraler und peripherer Lähmung. Bei zentraler Parese tritt primär ein spastischer Tonus auf (spastische Parese), während bei peripherer Lähmung eine Hypotonie auftritt.

Bei der Untersuchung der Muskelkraft testen wir die Kraft der großen Extremitätenmuskelgruppen gegen Widerstand. In der Praxis bitten wir den Patienten, einer von uns ausgeübten Kraft zu widerstehen, z.B. nicht zuzulassen, dass wir ihren Oberarm nach unten drücken, nicht zuzulassen, dass wir ihren Ellbogen öffnen, etc. Bei der Muskelkraftuntersuchung untersuchen wir symmetrisch die großen Gelenke der oberen Extremität (Schulter, Ellbogen, Handgelenk) und dann der unteren Extremität (Hüfte, Knie, Sprunggelenk). Zusätzlich wird die Fingerkraft typischerweise getestet, indem der Patient aufgefordert wird, nacheinander mit den Fingern Ringe zu bilden, während wir versuchen, diese zu trennen. Die Muskelkraft wird auf einer Skala von 0-5 bewertet:

- 0: keine Muskelreaktion bei aktivem Bewegungsversuch (komplette Lähmung)

06 Neurologische Untersuchung theoretischer Hintergrund

- 1: Faszikulation (Muskelzucken) als Reaktion auf aktiven Bewegungsversuch, aber keine Gelenkbewegung
- 2: aktive Bewegung ist nur mit ausgeschalteter Schwerkraft möglich (in der horizontalen Ebene)
- 3: die Extremität kann gerade gegen die Schwerkraft gehalten werden
- 4: stärker als 3, aber keine volle Muskelkraft (aktive Bewegung gegen geringen Widerstand)
- 5: volle Muskelkraft

Zur Muskelkraftuntersuchung gehört auch das Testen auf latente Paresen (meist einseitig auftretende verminderte Muskelkraft), wofür wir den Mingazzini-Test verwenden. Dabei bitten wir den liegenden Patienten, die Hand in 45° mit der Handfläche nach oben zu heben, die Augen zu schließen und die Arme zu halten. Bei verminderter Muskelkraft und ohne visuelle Information rotiert und sinkt die paretische Extremität ab. Der Test kann ähnlich an der unteren Extremität durchgeführt werden.

Bei der Reflexuntersuchung bewerten wir Eigenreflexe, Hautreflexe und pathologische Reflexe. Die Reflexbewertung kann sein: Areflexie, Hyporeflexie, Normoreflexie, Hyperreflexie oder Klonus. Bei Areflexie fehlt die Muskelreaktion auf adäquaten Reiz vollständig; bei Hyporeflexie ist die Muskelreaktion geringer als erwartet (besonders einseitig auffällig). Bei Hyperreflexie erscheint eine verstärkte Muskelreaktion auf einen adäquaten oder sogar kleineren Auslösereiz. Die Hyperreflexie kann als erweitertes Reflexareal auftreten, das heißt, die Muskelreaktion kann von einer größeren Fläche ausgelöst werden. Von Klonus sprechen wir, wenn eine rhythmische Muskelreaktion auf den Auslösereiz erscheint.

Eigenreflexe werden in den Extremitätengelenken untersucht. Eine Verminderung dieser Reflexe tritt am häufigsten bei peripherer Lähmung auf, während Hyperreflexie bei zentraler Parese auftritt. Zusätzlich hilft das Vorhandensein und Fehlen verschiedener Reflexe bei der Lokalisation von Rückenmarksläsionen, daher ist es wichtig, das synaptische Segment jedes Reflexes zu kennen.

An der oberen Extremität untersuchen wir drei Eigenreflexe: Bizeps-, Trizeps- und Radiusreflex.

- Der Bizepsreflex hat sein Synapsensegment in C5-C6. Zu seiner Auslösung finden wir die Bizepssehne im leicht gebeugten Ellbogen des Patienten, die wir mit unserem Daumen herunterdrücken, um den Muskel zu spannen. Dann schlagen wir mit dem Reflexhammer auf unseren Finger, wodurch sich der Bizeps kontrahiert und eine Flexion im Ellbogen auftritt.
- Für den Trizepsreflex (Segment C6-C7) schlagen wir mit dem Hammer auf die Trizepssehne über dem Olekranon bei rechtwinklig gebeugtem Ellbogen. Dies bewirkt eine Trizepskontraktion und Ellbogenstreckung.
- Der Radiusreflex (Segment C5-C6) kann durch Beklopfen des Radiusköpfchens am gebeugten Unterarm ausgelöst werden, was zu einer Flexion im Unterarm führt.

An der unteren Extremität untersuchen wir den Patellarsehnenreflex und den Achillessehnenreflex.

- Für den Patellarsehnenreflex (L4) schlagen wir mit dem Hammer auf die Quadrizepssehne unterhalb der Patella an der aufgehängten, gebeugten unteren Extremität. Die Reflexantwort wird eine Kniestreckung sein.
- Für den Achillessehnenreflex (L5-L6) heben wir den Fuß des liegenden Patienten bei gebeugtem Knie an. Die Fußsohle in Dorsalflexion haltend, schlagen wir mit dem Hammer auf die leicht gespannte Achillessehne, was eine Plantarflexion im Fuß bewirkt. Der Achillessehnenreflex kann auch durch Beklopfen der Fußsohle ausgelöst werden.

06 Neurologische Untersuchung theoretischer Hintergrund

Bei den Oberflächenreflexen untersuchen wir den Bauchdeckenreflex und den Plantarreflex.

- Beim Bauchdeckenreflex können wir die Rückenmarksegmentintegrität auf drei Ebenen testen (Th7-Th8, Th9-Th10, Th11-Th12). Wir kratzen die Bauchhaut von außen zum Nabel hin auf derselben Seite in der oberen, mittleren und unteren Ebene mit dem Reflexhammer. Bei normaler Reflexantwort bewegt sich der Nabel zur Kratzstelle hin, weil sich die Bauchmuskulatur auf dieser Seite anspannt.
- Beim Plantarreflex (L5-S2) kratzen wir mit dem Reflexhammer vorsichtig den lateralen Fußsohlenbogen von der Ferse zur Großzehenbasis in L-Form. Die physiologische Antwort ist die Plantarflexion der Zehen.

Als letzten Schritt untersuchen wir die pathologischen Reflexe. Wie ihr Name schon sagt, ist das Vorhandensein dieser Reflexe pathologisch und tritt am häufigsten bei Schädigung der absteigenden Bahnen und zentraler Parese auf. Wir suchen nach drei pathologischen Reflexen: Hoffman-, Trömner- und Babinski-Reflex.

- Zur Auslösung des Hoffman-Reflexes halten wir die Hand des Patienten in unserer und schnellen den Nagel des Mittelfingers nach unten. Physiologisch gibt es keine Reflexantwort, während in pathologischen Fällen eine Adduktion/Flexion des Daumens beobachtet werden kann.
- Das Trömner-Zeichen ist dem vorherigen ähnlich. Zur Auslösung des Reflexes schnellen wir die Finger des Patienten von unten an, was in pathologischen Fällen ebenfalls eine Daumenflexion auslöst.
- Das Babinski-Zeichen ist eine pathologische Antwort auf den Plantarreflex. Beim Kratzen des lateralen Fußsohlenbogens tritt statt der Plantarflexion eine Dorsalflexion der Großzehe auf. Unter einem Jahr ist die Dorsalflexion die physiologische Antwort.

Zerebelläre Tests und Gleichgewichtsprüfungen

Zerebelläre Tests untersuchen die Kleinhirnfunktion. Dabei beobachten wir die Koordination und Bewegung der Extremitäten.

Beim Finger-Nase-Versuch bitten wir den Patienten, den Arm auszustrecken, dann mit dem Zeigefinger die Nase zu berühren und dies mit geschlossenen Augen zu wiederholen. Bei Kleinhirnschädigung ist die Bewegung nicht glatt und kontinuierlich, und der Patient verfehlt das Ziel. Wenn der Patient nur bei geschlossenen Augen Probleme hat, sollte an eine Propriozeptionsstörung gedacht werden, da in diesem Fall der Mangel an visueller Information das Problem verursacht.

Der Knie-Hacke-Versuch ist das Äquivalent zum Finger-Nase-Versuch. Wir bitten den Patienten, mit der Ferse das gegenüberliegende Knie zu berühren und dann die Ferse am Schienbein entlang nach unten zu führen.

Kleinhirnfunktionen können gut durch die Diadochokinese untersucht werden, was die Ausführung schnell alternierender Bewegungen bedeutet. In der Praxis bitten wir den Patienten, abwechselnd mit Handfläche und Handrücken zu klatschen. Bei gestörten Kleinhirnfunktionen werden die alternierenden Bewegungen ruckartig, was zu einer Dysdiadochokinese führt.

Für die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts stehen visuelle, propriozeptive und vestibuläre Informationen zur Verfügung, und mindestens zwei davon werden benötigt. Diese Fähigkeit wird mit dem Romberg-Test geprüft. Beim Romberg-Test bitten wir den Patienten, mit geschlossenen Füßen zu stehen, und wenn dies gelingt, die Augen zu schließen. Durch Ausschalten der visuellen Information testen wir die vestibuläre und propriozeptive

06 Neurologische Untersuchung theoretischer Hintergrund

Wahrnehmung. Beim verschärften Romberg-Test muss der Patient nicht mit geschlossenen Füßen stehen, sondern mit einem Fuß vor dem anderen.

Am Ende der Untersuchung bitten wir den Patienten, zum anderen Ende des Raums und zurück zu gehen. Dabei beobachten wir den Gang des Patienten. Normales Gehen erfordert intakte pyramidale, extrapyramidale, zerebelläre, periphere und sensorische Nervensysteme. Infolgedessen können zahlreiche Erkrankungen zu Gangproblemen führen.

06 Neurologische Untersuchung Aufgabenblatt

Name:
Gruppe:

Datum:
Auswertung:

Bewerten Sie die folgenden Parameter basierend auf der Untersuchung:

Bewusstsein: _____

Nacken: _____

Hirnnerven

Geruch		
Sehen		
Trigeminus (L/R)		
Fazialis (L/R)		
Vestibulocochlearis		
Glossopharyngeus		
Vagus		
Accessorius		
Hypoglossus		

Sensorisches system

	Berührung (L/R)		Vibration (L/R)		Temperatur (L/R)		Graphästhesie (L/R)		2-Punkt-Diskr (L/R)	
Obere Extr.										
Untere Extr.										
Rumpf										

Motorisches system

	Muskeltonus (L/R)		Muskelkraft (L/R)	
Prox. obere Extr.				
Dist. obere Extr.				
Prox. untere Extr.				
Dist. untere Extr.				

06 Neurologische Untersuchung Aufgabenblatt

Obere Extremität	Bizepsreflex (L/R)		
	Trizepsreflex (L/R)		
	Radiusreflex (L/R)		
Untere Extremität	Patellarsehnenreflex (L/R)		
	Achillessehnenreflex (L/R)		
	Fußsohlenreflex (L/R)		
Pathologische Reflexe	Hoffman-Zeichen (L/R)		
	Trömner-Zeichen (L/R)		
	Babinski-Zeichen (L/R)		

Koordination und Gleichgewicht

Finger-Nase-Versuch (L/R)		
Knie-Hacke-Versuch (L/R)		
Diadochokinese (L/R)		
Romberg-Test		
Gangprüfung		