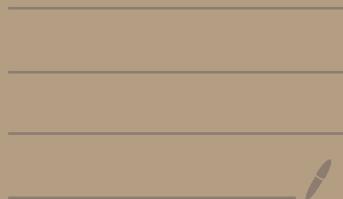


# Gehirn und ZNS

---

SS 20



# Gehirn, Hirnfunktion

- 100 Billionen Neuronen = "hardware"
- 10 000 Synapsen je Neuron (mobil beweglich) - "mobile Schaltkreise"
- 1ms durchschn. Signalverarbeitungszeit
- $10^{18}$  Transaktionen pro Sekunde
- elektr., chem. Prozess in Wechselwirkung

## NERVENSYSTEM

- zentrales Nervensystem (ZNS) = Gehirn, Hirnnerven, Rückenmark
- peripheres Nervensystem = Verkabelung zur Peripherie (Arme,...)
- autonomes (vegetatives) Nervensystem
  - Sympathicus
  - Parasympathicus

## Autonomes Nervensystem

→ Steuerung lebenswichtiger "automatischer" Funktionen

### Sympathicus Fight-or-Flight

- erhöht nach außen gerichtete Aktionsfähigkeit bei tatsächlicher oder gefühlter Belastung

- zB:
- Auge: Pupillenerweiterung
  - Haut: Schweißdrüsenaktivierung
  - Darm: Hemmung Verdauungsprozess

### Parasympathicus Ruhenerv, Erholungsnerv Rest-and-Digest

- Erholung, Aufbau körpereigener Reserven

- zB:
- Auge: Pupillenverengung
  - Herz: Frequenzverlangsamung
  - Nieren: Förderung Urinbildung

## Dermatom, Spinalnerv

Spinalnerv = Nerv der zu bestimmter Seite + bestimmtem Rückenmarksegment gehört ~ zu 2 Wirbeln je 2 Spinalnerven

Dermatom = Hautbereich der von sensiblen Fasern einer Spinalnervwurzel autonom versorgt wird

## Hirnnerven

- 12 Paarnerven mit Ursprung im Hirn
- Numerierung: römisch von oben nach unten, abh. von Austrittsstelle

## Nerven

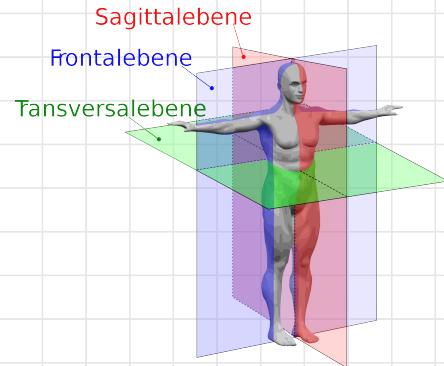
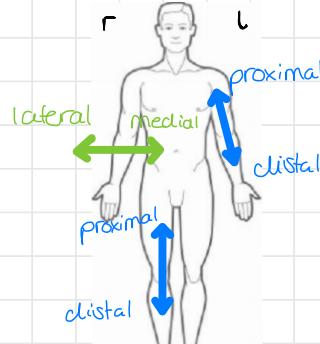
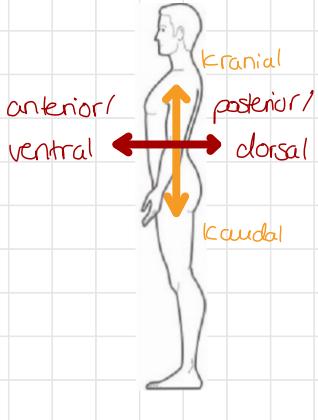
- Kommunikationssystem des Körpers
- geben Impulse zw. ZNS, Körperbereiche weiter
- Nerv = viele Neuronen
- Ernährung, Sauerstoffversorgung durch Blutgefäße

## Aufbau

- Nervenfaserbündel umgeben von Bindegewebshülle
- alle Bündel umgeben von weiterer Bindegewebshülle

## KÖRPEREBENEN

superior



# MOTORIK UND SENSORIK

**Motorik** = Gesamtheit der Aktionen der Muskulatur

**Sensomotorik** = Zusammenhänge Sinneseindrücke, Muskelaktivität  
→ spezifische Steuer-, Regelsysteme

**Psychomotorik** = wechselseitige Beziehung geistig-seelische Verfassung und Befindlichkeit des Körpers  
→ für Persönlichkeit, charakt. Ausdrucksformen (Gestik, Mimik, Körperhaltung, Sprache, ...)

**Sensorik** (Technik) = Umwandlung nicht-elektr. Messgrößen in elektr. Signale

## MUSKULATUR

Muskelarbeit = Umwandlung chem. → mech. Energie

**Muskelarten** ← keine Willkürmotorik da keine motorischen Endplatten  
· quergestreift : Skelett (, Herz)  
ausgelegt auf Spitztleistung, Willkürmotorik

· glatt : Magen, Darm, Gefäßsystem  
autonome Prozesse

## Struktur

### Motorische Endplatte

- Übertragung elektr. Reiz von Nervenfaser auf Muskelfaser via chem. Impuls
- chem. Synapse mit Neurotransmitter Acetylcholin

## Aufbau

Muskel > Muskelfaser-Bündel > Muskelfaser > Myofibrille  
> Sarkomer > Aktin-, Myosinfilamente

## Ablauf Muskelkontraktion

1. ATP beladene Myosinköpfchen über Tropomin an Aktinfilamenten<sup>+</sup> angedockt
2. • ATP zerfällt zu ADP + P  
• Ca wird abgestoßen, ADP bleibt an Myosinköpfchen
3. Myosinköpfchen schlagen um → Kontraktion
4. ADP wird abgegeben, Myosinköpfchen in Endstellung
5. • Lösung Aktin - Myosin - Bindung  
• Myosinköpfchen durch ATP neu gespannt  
  ~ ATP macht Myosinköpfchen "weich"  
→ Aktinfilamente bewegen sich zum Zentrum des dicken Filaments  
→ Bewegung durch "rudern" der Myosinköpfchen  
→ ATP zur Lösung von Aktin - Myosin benötigt  
(kein ATP: Totenstand)

## Tropomin

- Tropomyosinfäden blockieren Myosinbindungsstelle
- Muskelkontraktion → Anstieg  $\text{Ca}^{2+}$  Konzentration  
→ Bindung  $\text{Ca}^{2+}$  an Tropomin  
→ Tropominmoleküle bewegen Tropomyosinfäden  
→ Kontaktstelle zw. Aktin, Myosinköpfchen frei

## MOTORISCHE REGION

### Motorcortex

- = Großhirnrinde - Bereich, funktionelles System
- steuert Willkürmotorik (bewusste + unterbewusste willkür)
- Zusammenstellung komplexer Bewegungen aus einfachen Mustern
- Reizeleitung: Motorcortex → Rückenmark → Nerv → Muskel

## Somatosensorischer Cortex

- = Großhirnrinde - Bereich
- zentrale Verarbeitung haptischer Wahrnehmung

Mechanorezeptoren = Sinneszellen, wandeln mech. Kräfte → Signale

Berührungs-, Druckrezeptoren = Vater-Pacini-Rezeptoren, Merkelsche Scheiben, Haarfolikelrezeptoren

Kälte-/Wärmerezeptoren = Krausesche Endkolben / Ruffini'sche Endbüschele

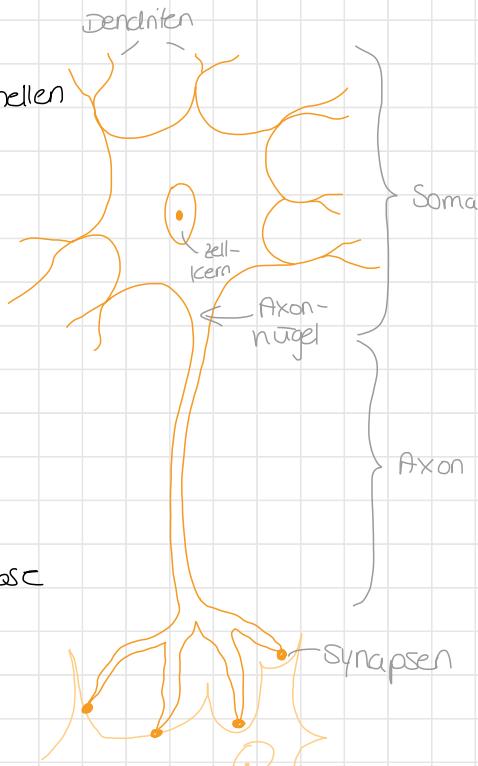
## NERVENZELLE

### Reflektorische Reaktion

- Nerven kommunizieren direkt miteinander ohne Umweg über Hirn  
z.B. bei Reflexen (Stolpern,...)
- Hirn wird informiert, aber Reflex durch direkte Komm. schneller

### Aufbau

Soma = Zellkörper, enthält Zellkern + Organellen



Dendriten = Zellfortsätze

- Kontaktstelle für andere Zellen
- Erregungsübertragung über Synapse

Axon = Zellfortsatz

- entstehen am Axonhügel
- Weiterleitung Erregung an andere Zellen

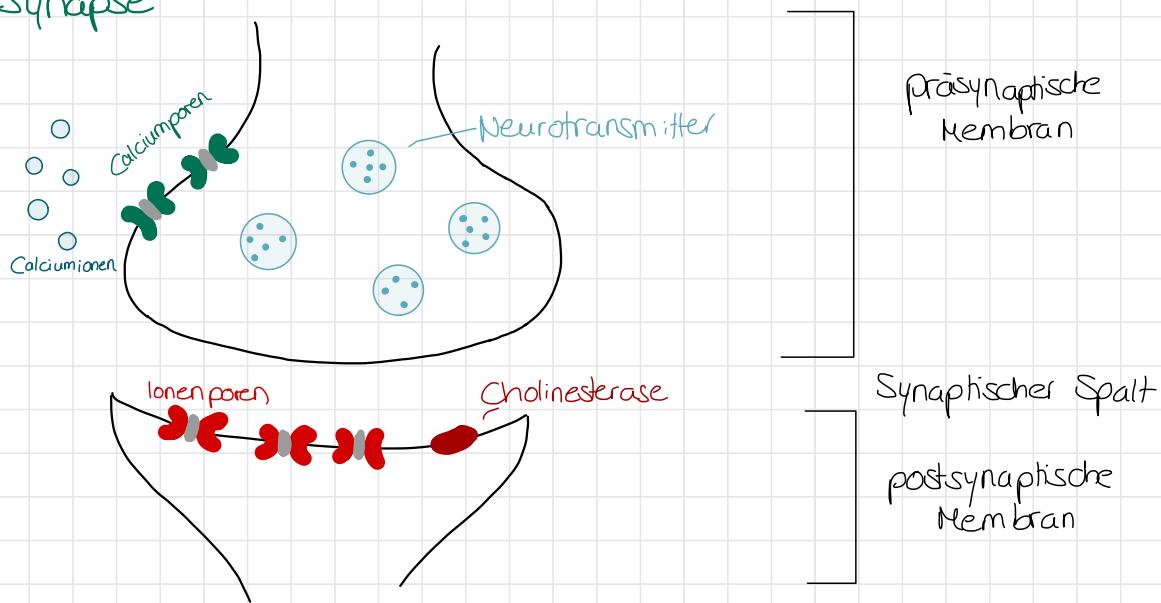
Synaptischer Spalt

- Zwischenraum zw. Präsynapse, Postsynapse bei nachgeschalteter Zelle

## Neurotransmitter

- Botenstoff an chem. Synapsen für Erregungsübertragung
- z.B. Acetylcholin, Noradrenalin, Dopamin, Serotonin, ...

## Synapse



1. Neurotransmitter werden in Nervenzellen produziert  
→ wandern in kleinen Bläschen zum Axonendknöpfchen
2. Freisetzen der Neurotransmitter → Induktion von Aktionspotentialen der Nervenzelle
3. Öffnen spannungsaktiver Calcium-Kanäle ⇒ Anstieg intrazellulärer Calciumionen-Konzentration
4. Bindung Vesikel an präsynaptische Membran, Freisetzung Neurotransmitter in synaptischen Spalt
5. Neurotransmitter diffundieren zur postsynaptischen Membran  
→ bewirken elekt. Impuls: Unterscheidung je Neurotransmitter
  - exzitatorisch = aktivierend
  - inhibitorisch = hemmend

## chemische Synapse

- Mehrzahl der Synapsen chemisch
  - Unterscheidung je nach Neurotransmitter
- 
- EffektorSynapsen = enden an versch. Drüsen, Muskelzelle
  - RezeptorSynapsen = zw. Nerven-, Sinneszellen
  - interneuronale Synapsen = Kontakt zw. einzelnen Nervenzellen

## Zellmembran

- Lipid-Doppelschicht: innen lipophil  
außen hydrophil
- Proteine mit versch. Funktionen, z.B. Ionenkanäle
- versch. Ionenkonzentration: innen  $K^+$  höher  
außen  $Na^+$  höher
- Ionenpumpe: hält Konzentrationsgefälle aufrecht
- Ionenkanäle: Kalium,  $Cl^-$  können diffundieren

↪ Konzentrationsausgleich:

- $K^+$  strömt ins Außenmedium
- $Cl^-$  ins Innenmedium

=> außen: Überschuss pos. Ladungen  
innen: Überschuss neg. Ladungen

· Potentialdifferenz bremst  $K^+$  Ausstrom /  $Cl^-$  einstrom  
→ Gleichgewichtszustand mit neg. Zellinneren = Ruhepotential

## Axonmembran

- Porenproteine spannungsgesteuert
  - Ruhepotential:
    - $Na^+$  Kanäle zuwenige  $K^+$  offen
- Depolarisation durch elektr. Reiz => einige  $Na^+$  Kanäle öffnen
- > ab Schwellenwert: alle  $Na^+$  öffnen
  - > Aktionspotential: pos. Überschuss in Zelle
  - >  $Na^+$  Kanäle schließen,  $K^+$  öffnen
  - > Ruhepotential

# elektrische Nervenleitung

1. Reizung an bestimmter Stelle  
→ Aktionspotential

→ Angrenzen von pos., neg. Ladung ohne trennende Membran

2. Entstehung Ausgleichsströme

→ Membranpot. der benachbarten Stellen wird erniedrigt

→ falls Schwellenwert erreicht: auch hier Aktionspot. auslösen

→ Weiterleitung durch wdh. von 1,2

## Signalmodulation

· Aktionspot. hat immer gleiche Amplitude, Form

→ Information codiert in Frequenz / Entstehungsdauer der Aktionspotentiale

Habituation = Gewöhnung

· verminderte Neurotransmitterausschüttung bei wdh. Reiz

↗ nur kurzfristig →

## Sensibilisierung

· erhöhte Ausschüttung bei wdh. Reiz

längerfristige Änderung durch strukturelle Änderung der Synapsenregionen

# SINNESORGANE

## HAUT

- Gyrus postcentralis = sensible Region  
→ Tastsinn, Temperaturempfinden der Haut

## Reizleitung

erfasste sensorische Signale → ZNS → Gehirn: somatosensorischer Cortex

## Rezeptoren

- Dauer, Ort, Stärke der Berührung bestimmbar
- Gesicht, Hände: ausgeprägter Tast-, Berührungssinn
- Valer-Pacini Körperchen großflächige Berührung
- Merkelsche Scheiben exakt bestimmbar Berührung
- Haarfollikelrezeptoren, Meissnersche Tastrezeptoren Druck
- Ruffinische Endbüschel Wärme der Hautoberfl.
- Krausesche Endkolben Kälte - " -

Oberflächensensibilität = Empfindungen über Rezeptoren in der Haut

Tiefensensibilität = Wahrnehmung bestimmter Reize aus Körperinnerem

- Lagesinn: Pos. des Körpers im Raum, Gelenkstellungen
- Kraftsinn: Spannungszustand Muskeln, Sehnen
- Bewegungssinn

## GERUCHSSINN

Nase: Atmung, Reinigung + Filterung + Befeuchtung der Atemluft,  
Genuchswahrnehmung

- Geschmack, Genuch vernetzt  $\Rightarrow$  gegenseitiger Einfluss
- Genuchzellen erneuern sich alle 60 Tage

## Genuchswahrnehmung

- komplexer chem. neuraler Vorgang
- 347 Rezeptortypen: sprechen auf versch. Duftstoffe an  
 $\hookrightarrow$  bilden Matrixstruktur auf der Riechschleimhaut
- $\rightarrow$  Genuchsmoleküle aus Atemluft scheiden sich an Rezeptormolekülen ab
- $\rightarrow$  Vereinigung Duftmolekül + Rezeptor lässt Kaskade in Rezeptorzellen aus
- $\rightarrow$  neuronale Signale über Riechnerv-Axone an Großhirn

## Olfaktorisches System

- hochkomplex
- Verbindungen zu Hypothalamus (Nahrungsaufnahme, Sexualverhalten) und limbischem System (Instinktverhalten, Gedächtnisleistung)

## GESCHMACKSSINN

- $\hookrightarrow$  Grundqualitäten, Rezeptoren auf der Zunge verteilt
- süß: Zucker (-derivate), Aminosäuren, Peptide, Alkohole
- salzig
- sauer
- bitter: Bitterstoffe, Alkaloide, Glykoside (Chinin, Wermut)
- umami = fleischig/herhaft: Glutaminsäure, Asparaginsäure

## Schärfe

- Schmerzsignal durch Alkaloid Capsaicin

## Signalleitung

Informationsfluss über

- VII : Nervus fascialis
- IX : Nervus glossopharyngeus
- X : Nervus vagus

- erste Verschachtelung im rostralen Anteil des Nucleus tractus solitarii
- Thalamus
- Inselcortex (primärer gustatorischer Cortex)
  - Integration mit Sinnesindrücken aus der Mundhöhle (Tast-, Temperaturinfo,...)
- Sekundärer gustatorischer Cortex im orbito-frontalen Cortex
  - überlappt teilweise mit sekundärem olfaktorischem Cortex
  - Verschaltung zu Hypothalamus, limbischem System

## Trigeminusnerv (VII)

- vermittelt taktile Empfindungen der Gesichtsregion
  - beteiligt an Duffwahrnehmung
  - Wahrnehmung irritativer Eigenschaften (brennend, scharf, prickelnd,...)
  - keine spezifische Sinneszellen  
→ freie sensible Nervenendigungen in Auge, Nasen-, Mundhöhlen-schleimhäute
- zB Zwiebel, Ammoniak, Capsaicin lösen so Reaktionen aus

# AUGEN

- Hirnnerven II - VI beteiligt!

## Tränendrüse

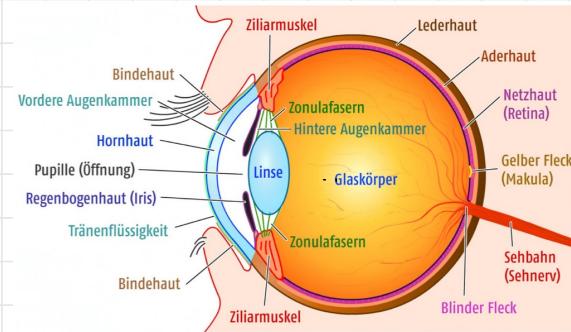
- Tränenfluss über Auge → läuft über Tränenpünktchen in Nase  
→ feuchtet u.a. Atemluft an
- Tränenflüssigkeit beinhaltet Stoffe (z.B. Antibiotika)  
→ hält bakterielles Gleichgewicht in Nase / stabilisiert Nasenflora
- Trauer / Schmerz: Tränenflüssigkeit hat höheren opioïd / Endorphin - Gehalt  
→ verstoffwechselt in Nase  
→ Versuch des Körpers zur Aufheiterung / Heilung

## Aufbau

Augapfel: kugelförmig, kardanische Aufhängung → beliebige Drehung

äußere Augenhaut: 2 Abschnitte

- durchsichtige Hornhaut (Lichteinfall)
- geht über in Lederhaut
- verbindung zu äußeren Augenmuskeln
- bedeckt von Bindehaut
- nur Hornhaut wird direkt von Tränenflüssigkeit benetzt



mittlere Augenhaut: 3 Abschnitte

- Aderhaut: Blutgefäße → Nährstoffversorgung
- Ziliarkörper: Aufhängung Linse
- Iris: Pupille → reguliert Lichteinfall

innere Augenhaut: = Netzhaut / Retina

- enthält Lichtsinneszellen
- Blinder Fleck: Sehnerv verlässt Auge → keine Lichtsinneszellen
- Gelber Fleck: Stelle des schärfsten Sehens

## Lichtsinneszellen

Stäbchen Hell - Dunkel

- empfindlich gegenüber geringen Lichtmengen
- unterscheiden Helligkeitsstufen
- hauptsächlich im peripheren Bereich verteilt

Zapfen Farben

- hauptsächlich um gelben Fleck
- 3 Gruppen: violett, grün, gelb → restl. Farben durch Umrechnung im Gehirn!
- weniger empfindlich → gut bei höherer Lichtintensität  
(deshalb nachts alles grau)

## Reizleitung

- Netzhaut = Zapfen + Stäbchen + Rezeptoren
- Rezeptoren gebunden an G-Protein = Rhodopsin (= Vitamin A + Opsin)
- Photonen lösen Strukturänderung bei Rhodopsin aus
  - $\text{Na}^+$ -kanäle werden geschlossen
  - neg. Aufladen der Zellmembran
  - Aktionspotential => optisches Signal nach elektr. Signal
- Auswertezellen in Netzhaut verarbeiten elektr. Signal
- Weiterleitung Ganglionzellen, Fortsätze bilden II. Hirnnerv

- Eintritt in Schädelhöhle
- äußere Fasern ungekreuzt weiter  
  innere gekreuzt
- je Seite: Weiterleitung zu Tractus optici
- Weiterleitung zu seitl. Kniehöckern
- breite Fächерung hin zur Sehrinde

rechte

linkse Netzhauthälfte

rechte  
→ linke Hirnhälfte

# GEHÖRSINN

## Ohr

**äußeres Ohr** = Ohrmuschel, Ohrknorpel, äußerer Gehörgang

- Schalltrichter → Schall einfangen
- Einfallsrichtung codieren

**Mittelohr** = Trommelfell, Gehörknöchelchen, Eustachische Röhre

- mechanische Impedanzwandlung  
→ optimale Übertragung Außenohr  $\rightsquigarrow$  Innenohr

**Innenohr** = Cochlea, Bogengänge, Hörnerv

- Cochlea: Schall  $\rightsquigarrow$  Nervenimpulse
  - mit Endolymphe gefüllt, Haarzellen mit Hörnerv verbunden
- 3 Bogengänge + 2 Aussackungen = Gleichgewichtsorgan

## Signalfluss

- Schall bringt Trommelfell in Schwingung
- bewegt Gehörknöchelchen
- Steigbügel überträgt Schwingung in Cochlea
- Haarzellen erregt  $\rightarrow$  schütten Neurotransmitter aus  
 $\Rightarrow$  Signaltransduktion in elektr. Signale
- Weiterleitung an Hirn

## Einortstheorie

Jede Frequenz erregt eine Sinneszelle

- Welle zw. Steigbügel, Helicotrema hat Schwingungsmaximum
- Ort untersch. je nach Frequenz
  - hohe Freq.: nahe Steigbügel
  - tiefe Freq.: nahe Helicotrema
- Sinneszellen haupts. an max. Stelle angeregt
- $\Rightarrow$  Vibrato angenehmer als konstanter Ton (weniger Ermüdung)

## Auditives wahrnehmen

### Auditiver cortex

- auditorische Fasern rückverschaltet
  - Impulse beider Ohren kommen in beiden auditiven Cortices an
  - Richtungshören

### oberer Olivenkomplex

- Rücksendung von Fasern zum Innenohr
  - Empfindlichkeitsmodulierung

## GLEICHGEWICHTSSINN

- im Innenohr:
  - 3 Bogengänge
  - 2 Ausstülpungen Utriculus, Sacculus
- Utriculus, Sacculus besitzen von Gallertrasse umhüllte Sinneshaarzellen
- Calciumcarbonat Kristalle auf Sinneshaarzellen, umgeben von weniger dichter Flüssigkeit
- Translationsbewegung
  - Kristalle hinken Bewegung nach
  - Beugung + Reizung der Sinneshaarzellen
- Rotationsbewegung:
  - 3 Bogengänge: in 3 Ebenen angeordnet (3 Raumachsen)
- Signale über III. Hirnnerv in das Stammhirn
- zusätzliche Infos von Augen, Kopf:
  - spezielle Ausgänge aus zentralem vestibulärem System zu Motoneuronen in Halsmark, Arm-/Beinmuskeln, Augenmuskeln, Hypothalamus, Thalamus

## DENKEN UND LERNEN

Lernen = erwerben geistiger, körperl., sozialer Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten

Intrinspektionsfähigkeit = reflektiertes Verhältnis zu sich, anderen, Umwelt

Denken = geistige Modelle bilden + in Verbindung setzen

### Assemblies

- Neuronenverbände die während eines bestimmten Gedankens gemeinsam aktiv sind
- flexibel, können sich immer wieder zu neuen Gruppen formen
- über Hirnrinde verteilt in versch. assoziativen Arealen

### Intuition

- zw. Vernunft, Emotion
- nicht kontrollierbar
- Vermutung: intuitives Denken nahe Zirkelndüse (Tag-Nacht-Rhythmus)

Intelligenz = geistige Leistungsfähigkeit

- Fähigkeit Probleme, Aufgaben schnell, effektiv zu lösen
- Zurechtfinden in ungewohnten Situationen

Neuropsychologie = neuronale Grundlagen von Intelligenz

Neocortex: im Großhirn, neurale Leistung für Intelligenz besonders relevant

Dezentral: Intelligenz nicht in einem Bereich lokalisiert

Generalfaktor g vs. multiple Intelligenzen

Theorien von Forschern

- einziger, bereichsübergreifender Intelligenzfaktor
- viele unabh. Intelligenzen

## fluide Intelligenz

- angeboren, vererbt, nicht durch Umwelt beeinflussbar
- z.B. geistige Kapazität, Auffassungsgabe, ...

## Kristalline Intelligenz

- Fähigkeiten die im Laufe des Lebens erlernt
- von Umwelt beeinflusst

→ Intelligente Personen sterben mit mehr Synapsen  
 → höhere Bildung?

## Intelligenztests

- ermittelt IQ
- Bewertung des allg. intellektuellen Leistungvermögens
- $\text{IQ} \sim N(\mu, \sigma^2) = N(100, 15)$
- Männer + Frauen :  $\mu$  gleich  
 $\sigma^2$  bei Männern größer → mehr hochbegabte  
 mehr dumme

## Medikamente

### Methylphenidat (Ritalin)

- steigert Kapazität des räuml. Arbeitsgedächtnisses, BD-Planung
- Amphetamin ähnliche Substanz → haupts. Einsatz bei ADHS
- Anwendung bei Narcolepsie, Steigerung Antidepressiva-Wirkung

### neue Studie:

- KEINE Steigerung der kogn. Fähigkeiten
- Motivationssteigerung → Belohnung nach schweren Aufgaben wird als stärker empfunden

## Modafinil

- steigert Leistung bei Mustererkennung + räuml. Planung
- verbessert Kurzzeitgedächtnis für Zahlen
- gehört zur Psychostimulanzen - Gruppe  
→ Behandlung von Narcolepsie
- brain-booster: hält wach, konzentrationsfördernd

## Physostigmin

- verbessert Arbeitsgedächtnis bei Gesichtserkennung
- hemmt Acetylcholinesterase:
  - Enzym: hydrolysiert Acetylcholin Ach ~> Essigsäure + Cholin
- ! zu hohe Dosis (zB in E605/Sarin): tödlich
- Enzym unwirksam
- Ach verbleibt in erhöhter Konzentration im synaptischen Spalt
- Erhöhter Parasympathikotonus
- Krämpfe Magen-Darmtrakt, Atemlähmung, Herzstillstand, ...

## Erythropoetin

- verursacht eine Woche nach Einnahme erhöhte Wurfflüssigkeit
- vermehrte Produktion von roten Blutkörperchen → bessere Sauerstoffversorgung

## Kognition

- Oberbegriff für höhere geistige Funktionen (Denken, erkennen, Wahrnehmung, Verstand)

## Gedächtnis

- Fähigkeit Sinnesreize, psych. Erlebnisse zu merken (engrammieren) erinnern (ekphorieren)

## Sensorisches Gedächtnis (Ultrakurzzeit)

- Infos gespeichert für ms - wenige Sekunden  
→ elektr. Impulse

## Arbeitsgedächtnis (Kurzzeit)

- Infos gespeichert für min - wenige Stunden / Tage
- Bildung von Proteinketten in spez. Neuronen

## Langzeitgedächtnis

- Infos gespeichert über Jahre
- Einlagerung der Proteine in Neuronen

## GEHIRN

Großhirn cerebrum, telencephalon

Großhirnrinde: äußere Nervenzellenreiche Schicht (graue Substanz)

- Frontallappen: motorische Funktion
- Temporallappen: primärer auditorischer Cortex, Wernicke-Sprachzentrum, Hippocampus (Gedächtnis-Strukturen)

Lateralisation: Zuordnung körperl./mentale Funktionen  $\leftrightarrow$  Großhirnhemisphäre

Balken: dicker Nervenstrang, verbindet beide Hemisphären

Hippocampus = Struktur die Erinnerungen generiert

- Ort des Informationszusammenflusses versch. Sensorsysteme
- Verarbeitung von Infos  $\rightarrow$  Zurücksenden an Cortex
- Cortex speichert Gedächtnisinhalte an versch. Stellen
- wichtig für Gedächtniskonsolidierung: Überführung Kurzzeit-  $\rightsquigarrow$  Langzeitged.

## Gyrus Dentatus

- maßgeblich an Konsolidierung der Gedächtnisinhalte beteiligt
- Langzeitkonsolidierung: Speichern in Langzeitgedächtnis, dauert Tage bis Monate  
 $\rightarrow$  je emotionaler, desto schneller
- Körnerzellen = erste Instanz der 3 Schichten
- Vorbereitungen für implizites Gedächtnis (Gewohnheiten, Handlungen zB Radfahren)

## enthorinaler Cortex

- Nachbar des Hippocampus
- Rasterzellen < ortszellen (Hippocampus) :
  - bilden Schaltkreis zur räuml. Orientierung
  - > Wissen + Erfahrungen räuml. organisiert
- besitzt Verschaltung zu emotionalen, visuellen, akustischen,.. Zentren
- über Hippoc., Thalamus als "Tör des Bewusstseins"

## Zwischenhirn Thalamus + Hypothalamus

- Zentren für Riech-, Seh-, Hörbahn
- Oberflächen-, Tiefensensibilität
- emotionale Empfindung
- weitere überlebenswichtige Empfindungen, Triebe, Instinkte  
(Hunger, Durst, Schlaf-, Fortpflanzungsbedürfnis, Überlebensinstinkt)

## Kleinhirn Cerebellum

Kleinhirnrinde . äußere nervenzellreiche Schicht (graue Substanz)

Steuerung Motorik : Koordination + Feinabstimmung  
unbewusste Planung  
Erlernen von Bewegungsabläufen

## Stammhirn = Mittelhirn

· steuert überlebenswichtige Funktionen (Atmung, Reflexe, ...)

## Hirnschäden

### Gyrus fusiformis

- hinterer Teil: Farberkennung
- mittlerer Teil: Gesichtserkennung

→ Schäden führen zu Prosopagnosie = Gesichter werden nicht mehr erkannt

## Anterograde Amnesie

- beide Hippocampi zerstört → keine neuen Erinnerungen formbar  
alte bleiben erhalten

## Demenz

Erkrankungsbilder mit Verlust geistiger Funktionen

- Denken / Erinnern / Orientieren / Verknüpfen von Denkhalten gestört
- alltägl. Aktivitäten alleine nicht mehr möglich

### Alzheimer - Demenz häufigste Form

Ursache: Störung im Glutamat - Gleichgewicht

- Hirnzellen sterben ab
- Ablagerung von Amyloid (Eiweißspaltprodukte im Hirn)
- Reizübertragung behindert
- Entstehung seniler Plaques

Konsequenz: immer geringere Produktion von Acetylcholin

- Glutamatkonzentration im synaptischen Spalt dauerhaft erhöht
- Signale nicht richtig erkennbar (weitergeleitet)
- Nervenzelle dauerregt → überzigt
- stirbt ab

Behandlung: Minderung der Störung durch Antidepressiva

### Vaskuläre Demenz

Ursache: Durchblutungsstörungen

- plötzliche Verschlechterung der Hirnleistung
- Schlaganfallartige Symptome + Abbau Hirnmaterial

### Sekundäre Demenzen

Ursache: nicht-hirnorganische Grunderkrankungen

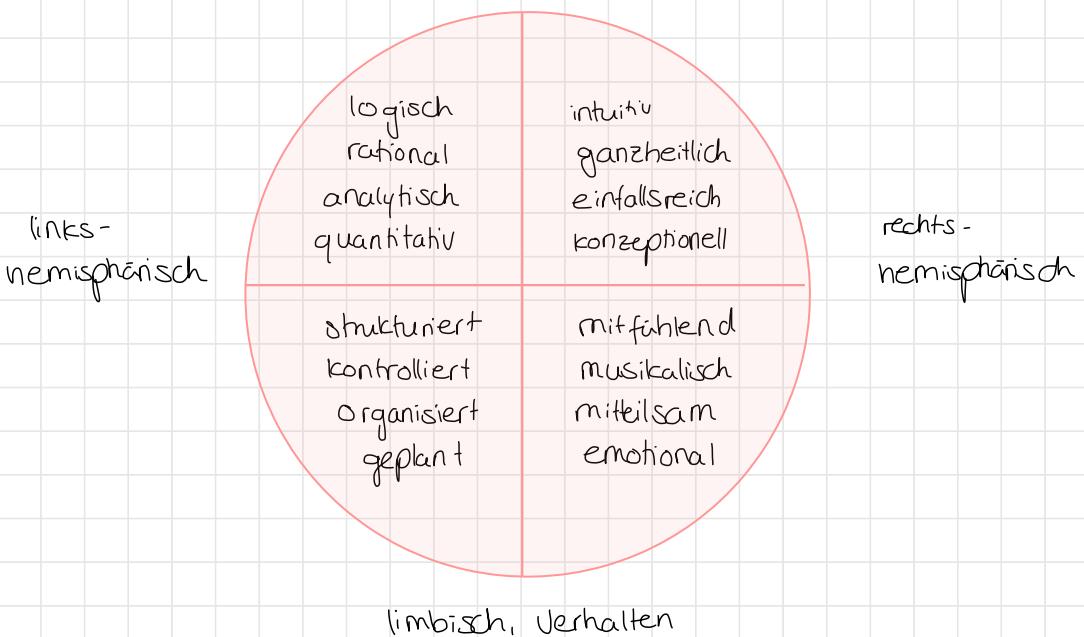
- erfolgreiche Behandlung: ggf. Rückbildung möglich

zB Schilddrüsenerkrankungen, Alkoholismus, B12-Mangel, ...

## Hirnhälften

- Hirn = 2 Hemisphären mit versch. Funktionen  
stärkere Beanspruchung einer Seite kommt beiden zugute

cerebral, Denken



## Neuroinformatik, Robotik

Neuroinfo: Informationsverarbeitung in neuronalen Systemen zur technischen Anwendung  
→ Arbeitsweise Gehirn simulieren

Stereotaktische OP: Zielgenaues Platzieren von Arbeitselektroden

endoskopische OP: gezieltes Führen, punktgenaues Halten von Instrumenten

# DIAGNOSTIK

• klassischer Untersuchungsablauf:

1. Hirnnerven testen

- Riechen? Sehen? Pupillenbewegung? ...

2. Reflexe testen

3. Motorik prüfen

4. Sensibilität einzelner Körperteile prüfen



Rückschluss  
auf

betroffene Hirnareale

invasive

vs.

nicht-invasive

Diagnostik

• Lumbalpunktion (Liquordiagnostik)

Elektrophysiologie

Radiologische Diagnostik

Ultraschall

## ELEKTROPHYSIOLOGIE

• beschäftigt sich mit elektro-chem. Signalübertragung im Nervensystem

**EEG** = Elektroenzephalographie

- Aufzeichnung Hirnströme als Maß elektrischer Hirnaktivität (5-100 µV)
- Oberflächen-EEG: Elektroden auf Kopfhaut  
→ Spannungsunterschiede zw. Elektroden (=Hirnströme) auf Monitor  
wellentförmig sichtbar

Hirnströme nach Frequenz eingeteilt in 6-5 Rhythmen

- schnelle Freq.: normale Hirnaktivität, Patient wach
- langsame Freq.: Patient schläft / krankhafter Befund
- **Alpha-Rhythmus** (8-13 Hz): wach, entspannt
- **Beta-Rhythmus** (16-30 Hz): Medit., fehlende Entspannung
- **Gamma-Welle** (> 30Hz): starke Konzentration
- **Theta-Welle** (4-7 Hz): normal bei Kindern / Jugendlichen
- **Delta-/Subdelta-Welle** (0,5-3 Hz / < 0,5 Hz): Tiefschlaf, Trance
- **Spikes / Sharp-Waves**: Epilepsie / Creutzfeld-Jacob

**NLG** = Nervenleitgeschwindigkeit

Prinzip:

1. kurzer elektr. Impuls reizt Nerv an Arm / Bein
2. Nerv depolarisiert
  - Weiterleitung in beide Richtungen
  - Messung ausgelöste Spannungsänderung entlang Nerv

Berechnung:

- Nerv an 2 Orten stimulieren
- Reizantworten im Muskel messen
- Differenzen Leitungszeiten, Reizorte bestimmen  
 $\Rightarrow \text{NLG} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
- Amplitude = grober Anhaltspunkt über # weiterleitender Nervenfasern

Verwendung:

- Ort, Schwere eines Nervenschadens ermitteln  
zB bei Karpaltunnelsyndrom

**EMG** = Elektromyographie

- Messung elektr. Aktivität von Muskeln
  - Einstechen dünner Nadelelektr. in Muskel
  - Ableitung von Potentialsschwankungen einzelner motorischer Einheiten

Einsatz:

- Muskelschwäche:
  - Differenzierung Hypopathie vs. Neuropathie möglich
  - = Erkrankung des Muskels
  - = Nerv - Erkrankung
- Bandscheibenvorfall mit Kompression einer Nervenwurzel
  - Ort bestimbar

Intraoperativ:

- Monitoring von Rückenmarksfunktion bei Wirbelsäulen - OPs
- Registrierung Hirnfunktionen bei Hirnstamm - OPs

## Evozierte Potentiale

### Prinzip:

#### 1. Sinnesreiz

- el. Potentialänderung in sensorischen Großhirnrinde-Arealen
- ~ wesentl. kleinere Amplituden → schwer erfassbar
- Evozierte Aktivität = mehrere gemittelte evozierte Potentiale

### Typen:

- SSEP = somatosensorisch evozierte Potentiale  
→ Beurteilung zentrale somatosensible Leitungsbahnen peripherer, sensibler Nerven
- VEP = visuell evozierte Potentiale  
→ Beurteilung Sehnerven, -bahn
- MEP = motorisch evozierte Potentiale
- AEP = akustisch evozierte Potentiale

## SONOGRAPHIE = Ultraschall

Ultraschall: Schall mit Freq. > hörbarer Bereich des Menschen  
~ 20 kHz - 1 GHz

Sonographie / Echografie: Anwendung von Ultraschall als bildgebendes Verfahren zur Untersuchung von Gewebe

### Prinzip

1. Kristalle im Schallkopf schwingen im Rhythmus einer angelegten Wechselspannung (piezoelektr. Effekt)
2. Schallkopf sendet Schwingung ins Gewebe  
→ untersch. Reflexion an Gewebe / Organen  
= Impedanz = Widerstand der Wellenausbreitung entgegengesetzt

3. Schallkopf empfängt wellen  
→ Stärke der Reflexion als Grauwertbild darstellen

### Arten

B-Bild = brightness - Modulation

- refl. Wellen als Graustufen
- 2D Darstellung durch Zuordnung refl. Wellen (Strukturen) → Pixel

Tiefe: Laufzeit der Wellen

Breite: komb. von ~120 Bildern nebeneinander → 2D Bild

M-Bild = time - motion Bild

- erfasst schmalen Bildausschnitt in zeitl. Verlauf
- sinnvoll bei Wiedergabe bewegter Strukturen  
(z.B. Echokardiographie → Bewegung der Herzkappen)

### Doppler-Sonographie

#### Dopplereffekt

refl. Signal um Frequenz relativ zum Sendesignal verschoben

→ Vorzeichen: Flussrichtung

→ bestimmen der Blutflussgeschwindigkeit

Farb-Doppler: Blutflussrichtung  
(rot = Fluss zu Schallsonde  
blaue = weg von )

pw-Doppler: gepulster Doppler

z.B. für Gefäßuntersuchungen

⊖ Aliasing: bei hohen Strömungsgeschw. Flussrichtung unklar

Cw-Doppler: 2 piezoel. Elemente → 1 sendet kontinuierlich  
1 empfängt kontinuierlich  
z.B. für Herzklappenmessung

Duplexsonographie: pw-Doppler + B-Bild

→ Morphologie (Gefäße) + Strömungsrichtung, -geschw.keit des Blutes darstellbar

**Laser - Doppler:** Geschwindigkeitsverteilung von Fluiden messen  
→ Doppler - Effekt an streuenden Partikeln der Strömung

**Laser - Doppler - Imager:** Darstellung Blutfluss im Gewebe  
→ kl. Gefäße unter Hautoberfl. darstellbar

## RÖNTGEN

Durchstrahlung des Körpers mit kurzwelliger Strahlung (0,01 - 10 nm)

**Durchleuchtung:** durchstrahltes Gewebe schwächt Strahlung ab  
→ Darstellung mit fluoreszierendem Schirm / Bildverstärker

untersch. Dichte → untersch. Strahlenabsorption

### Prinzip

Elektroden von Glühwendel (Kathode) beschleunigt

→ treffen auf Anode

→ Abbremsen, dadurch entstehen Röntgenstrahlen + Wärme

→ Röntgenstrahlen werden durch kleines Fenster auf Patienten gestrahlt

Strahlengütekriterien: weich / hart → abh. von Spannung in kV  
→ weniger kV = weiche Strahlung

25 - 35 kV Mammographie

38 - 120 kV Rest

je weicher desto höhere Absorption im Gewebe

⇒ höhere Auflösung - feinere Gewebeunterschiede sichtbar

⇒ höhere Strahlenbelastung

Kontrastmittel erlauben Untersuchung von Hohlorganen (Magen, Darm, ...)

# Strahlenbelastung

in mSv

## Aquivalenzdosis

- berücksichtigt Größe für ionisierende Strahlung
- berücksichtigt übertragene Energiedosis
- berücksichtigt relative biologische Wirksamkeit von Strahlenarten

## Natürliche Belastung

$\approx 2,1 \text{ mSv/Jahr}$

### - Kosmische Strahlung

$0,3 \text{ mSv/Jahr}$

- entsteht in äußerer

Atmosphäre: Kollision von  $\text{H}_2$ -Atomkernen und Luftmolekülen

### - Terrestrische Strahlung

$0,4 \text{ mSv/Jahr}$

- durch Radionuklide in Böden / Gesteinen der Erdkruste

### - Innere Strahlung

$1,4 \text{ mSv/Jahr}$

- Zerfall natürlicher radioaktiver Stoffe

- Aufnahme durch Trinkwasser, Nahrung, Atemluft

## Künstliche Belastung

### - Medizinische Anwendungen $\varnothing 2 \text{ mSv/Jahr}$

- CT einmalig  $10 - 12 \text{ mSv}$

### - Zigaretten

### - Flugreisen

### - Militärische Radaranlagen

- Belastung durch in den Geräten erzeugten Röntgenstrahlen

## Computertomographie

- = Computer-Auswertung vieler Röntgenaufnahmen aus versch. Richtungen

## Spiralverfahren:

Patient mit konst. Geschw.keit entlang seiner Längsachse durch Strahlenebene bewegen während Strahlenquelle rotiert

$\Rightarrow$  3D Rekonstruktion aus Einzelschnitten

## Angiographie

- Darstellung mit Kontrastmittel gefüllter Blutgefäße durch Röntgenstrahlung
- => exakte Gefäßarchitektur darstellen
- => Engstellen + Blutungen lokalisieren

Phlebographie : Darstellen artikulärer / venöser Blutgefäße

Lymphographie : Darstellen von Lymphgefäßen

## DSA

1. Leeraufnahme anfertigen
2. KM in Gefäß spritzen
3. in schneller Abfolge Aufnahmen machen
4. Leeraufnahme subtrahieren  $\rightarrow$  Störungen (Knochen,...) ausgeblendet

## Interventionelle Radiologie

- Diagnostik + Behandlung gleichzeitig

Ballondilatation : Aufweitung Gefäßverengungen durch winzige Ballons

Stents : Gefäßwandstützen (Drahtkärbchen)

Coils : Blutungsverschließung (Platinspiralen)

## MRT Magnetresonanztomographie

- Atomkerne mit ungerader Protonen- / Neutronenanzahl besitzen Eigendrehimpuls = Spin  
 $\rightarrow$  werden zu winzigen Magneten
- $\rightarrow$  Nutze starke Magnetfelder, elektromagn. Wechselfelder zur Anregung des Spins
- $\rightarrow$  Nach Abschalten richten sich Spins wieder parallel zu statischem Magnetfeld aus (Relaxation)
  - $\rightarrow$  je nach Gewebe untersch. Abklingzeit wird relaxiert
  - $\rightarrow$  untersch. Signalstärken im Bild

## Gefahren

- magnetische Metalle im Körper
- Verlagerung / Erwärmung ↴
- Bildstörungen

## Auflösung

- ca 1mm

## Artefakte

- Auslöschungs- / Verzerrungsartefakte durch lokale Magnetfeldinhomogenitäten
- Bewegungs- / Flussartefakte
- Funktionsstörungen + metallische Gegenstände

## Untersuchungsmodalitäten

- anatomische Bildgebung
- Diffusionsbildgebung (diffusion von Wasser in Gewebe messen)
- Perfusionssbildgebung (Durchblutung darstellen + quantifizieren)
- Spektroskopie (Konzentration bestimmter Moleküle in Bereich)
- funktionelle MRT (Größen wie zB Blutfluss messen)
- zelluläre Bildgebung

# NEUROLOGISCHE KRANKHEITSBILDER

## Strategie

1. Anamnese · Erhebung Krankheitsgeschichte
2. Untersuchung: klinisch + neurologisch
3. Adaptive Diagnostic: Test kognitiver Fähigkeiten
4. Planung + Therapie
5. Nachuntersuchungen

## ÜBERSICHT

Unterscheidung      zerebral = Gehirn betreffend  
                          spinal = zur Wirbelsäule, zum Rückenmark gehörend

### · Zirkulationsstörungen

- Infarkt: Gewebsuntergang (Nekrose) infolge einer Sauerstoffuntersorgung durch unzureichenden Blutfluss
- Infarzierung: Sauerstoffuntersorgung durch Abflusshindernis
- Thrombose: Bildung Blutgerinnsel in Blutgefäß
- Blutungen

### · Raumforderungen

- gutartige (benigne) / bösartige (maligne) Tumore
- Blutungen

### · Infektionen

- Bakteriell / Viral / durch Prionen / Parasitär / Autoimmunerkrankungen

### · Gefäßmissbildungen

- Aneurysmen: Krankhafte Gefäßaussackung
- Angiome: tumorartige Gefäßneubildung / -fehlbildung
- Kavernome: Gefäßmissbildung

### · Epilepsien

- Erkrankungen PNS

- **Stoffwechselkrankungen**
  - Speicherkrankheiten
  - Vergiftungen / Arzneimittel / Rauschmittel
- **Myopathien** Muskelkrankungen
- **Systemerkrankungen ZNS**
  - nukleäre Atrophien: Gewebe Verkleinerungen
  - Spinalparalyse
  - Amyotrophe Lateralsklerose
- **Psychiatrische Störungen**
  - Schizophrenie / Psychose / Neurose / Angst
  - Anpassungsstörungen / Persönlichkeitsstörungen

## EPILEPSIE

- Spontan auftretende Krampfanfälle

## Ursache

- Folge anfallartiger synchroner Entladungen von Neuronengruppen im Gehirn
- plötzliche, unwillkürliche Verhaltens- / Befindensstörung

## Diagnostik

- Anamnese
- EEG → typisch: sharp waves
- Hirn-MRT

## Therapie

- Krampunterdrückende Medis (Antikonvulsiva)
- therapieresistent → operative Methoden, ggf. Entfernung des ursächlichen Hirntumors

## Anfälle

- Gelegenheitskrämpfe = Fieberkrämpfe  
→ tritt einmal/ wenige Male auf, keine Wiederholung

### Fokale Anfälle

- bestimmte Hirnregion betroffen = Ausgangsstelle
- ggf. über Aura bestimmbar
  - ↳ Sinneswahrnehmung auf die ein Anfall folgt

### Generalisierte Anfälle

- Verlauf + Symptome geben keine Hinweise auf anatomisch begrenzte Lokalisation  
→ ges. Hirn betroffen
- Absenzen: petit-mal → Bewusstseinspausen
- tonisch-klonische Anfälle: grand-mal  
→ Bewusstseinsverlust, Sturz, Verkrampfung, rhythmische Zuckungen, Zungenbiss  
→ oft sekundäre Schäden durch Sturz (Schädel-Hirn-Trauma)
- astatische Anfälle: Sturzanfälle mit atonischer Muskulatur (Erschlaffung)
- status epilepticus: Anfallserie → kann lebensbedrohlich sein

# SCHWINDEL

Multifaktorielles Syndrom = multikausal

- Unterscheidung
  - objektiver Vertigo = tatsächliche Bewegung im Raum  
→ Schwerelosigkeit, Achterbahn, Seekrankheit, ...
  - subjektiver Vertigo = realitätsnahe Bewegungsempfinden

## Ursachen

- Krankheiten des ZNS
  - Innenohr, visuelles System
- Umwelt einflüsse
  - Sonnenstich, Höhenkrankheit, ...
- Intoxikation
  - Alkohol, Medis, Drogen, ...

## Anatomische Quellen des Schwindels

- ZNS : Hirnstamm, Hirnnerven, Hirnnervenkerngebiete, ...
  - Kranio-zerukaler Übergang = Übergang Kopf - HWS  
→ sehr fragil
  - Wirbelsäule
  - Gefäßsystem : Arterien entlang Wirbelsäule, ...
- => WICHTIG: Zusammenspiel der Komponenten muss funktionieren

## therapierbarer Schwindel

- zerebrale Raumforderungen = Tumore
- vakuläre Läsionen = Gefäßmissbildungen → Gefäß drückt / platzt
- kranielle, spinale Traumen

## Kranio- zervikale Läsionen

- Traumen
  - Bänderprobleme / "Wackelbewegungen" der Wirbelsäule
  - Rückenmarkschäden
- Tumore
  - Kompressionen des Rückenmarks
- Angeborene Fehl- / Missbildungen

## VERLETZUNGEN ZNS

### Regeneration

- manche Hirnregionen können in gewissem Maße regenerieren
  - zB manche Assoziationszentren: können Teilfunktionen übernehmen
  - solitäre Hirnregionen NICHT ersetzbar
- Synapsen können ab-/andocken → gewisse Schäden können umgangen werden

### Querschnittssyndrom

- Schädigung des Rückenmarks in ges. Durchmesser  
→ unterliegende Spinalnerven funktionslos

Paraplegie: Querschnittssymptomatik betrifft nur Unterkörper

Tetraplegie: Querschn. symp. betrifft Arme + Beine

- NICHT regenerativ bei kompletter Durchtrennung

### Polytrauma

- Schädel - Hirn - Trauma + Wirbelsäulenverletzung

# Schädel-Hirn-Trauma

## Typische Verletzungen

- Hirnkontusion ≈ blauer Fleck
- Epidurallämmatom: Blutung zw. Dura, Schädelknochen  
→ drückt Hirn zur Seite
- Subdurallämmatom: Blutung unter Hirnhaut
- Schädelimpressionsfraktur ? Operativ therapierbar
- Schädelbasisfraktur
- traumatisches Hirnödem: Hirnschwellung
- Offenes / perforierendes SHT / Schussverletzung  
→ austreten von Hirnmasse → schwer therapierbar

## Beispiel Boxen

- akute Folge: Gehirnerschütterung  
→ bleibende Folgeschäden, bis hin zur Boxerdemenz
- Coup- und contre-Coup-Läsionen  
→ Trauma durch Schlag und dann Aufprall auf Boden
- nach Trauma:
  - erhöhte Bildung von beta-Amyloid = Grundstein der Alzheimer - Plaques
  - Signifikant höhere Werte von NFLP, GFAP = Abbauproteine  
→ Indikator für "Untergang" des Gehirns
- => akute neuronale + astrogliale Zellläsionen

## Spätfolgen:

- Motorikschäden: Tremor, Parkinson-Symptome, Spasmen, ...
- kognitionsschäden: Demenz, Gedächtnisstörungen, Verlangsamung
- Verhaltensstörungen: Depression, Reizbarkeit, Sucht, Aggressivität, Kriminalität
- Riech-, Geschmacksstörungen

## TUMORE

- ossär = Knochen betreffend
- neurogen = Nervensystem betreffend
- vaskular = Blutgefäße betreffend
- intrasellär = liegt in Sella (= Teil des Schädelknochens, stellt wichtige Ratenstoffe her)
- rezidiv = wiederkehrend

## gutartige Tumore WHO Grad I, II

- Abgrenzung schwer

Einordnung basierend auf

- Morphologie / Histologie
- Wachstumsverhalten (wohin wächst er / wie schnell)
- Lokalisation (wo sitzt er / wo drückt er ggf. dran?)
- Größe (→ Raumfordernd? Kompression des Hirns?)
- subjektive ärztliche Einschätzung (Erfahrung)
- klinische, statistische Ergebnisse (Behandlungsergebnis)

Typischerweise gutartig → abh. von individuellem Fall!

- Hirneigene Tumore : ausgehend von Hirnstützgewebe
- Meningiome : gehen von Hirnhäuten aus
- Hypophysenadenome
- Neurinome : auf Hirnnerven
- Hämangioblastome : Kleinhirn, Stammhirn
- Dysplasien

## Hirneigene Tumore

- Astrozytome : Ursprung in ZNS - Stützgewebe
- Gliome : entstehen aus Glia-Zellen, meist im Gehirn

## Kraniopharyngom

- Ursache : Fehlbildung von Restgewebe bei Hirnanhangsdrüse

## FISTEL

- pathologische / künstlich angelegte röhrenförmige Verbindung zw. 2 Hohlorganen ~ Kurzschluss

## ANEURYSMEN

### Gefäße

- Hohlmuskel der aus mehreren Schichten besteht
  - innere Schicht = Endothel = Auskleidung (Gefäßhaut)
  - mittlere = muskuläre Schicht

### Ursache

- (angeborene) Gefäßwanddefekte  
→ häufig an Gefäßteilungsstellen

### Auslöser für Aneurysma-Ausbildung

- exogene Faktoren: Bluthochdruck, Rauchen, Bewegungsmangel, nutritive Faktoren
- Entzündungen
- Hämodynamik

## Symptomatik

innozente Aneurysmen = ohne Ausblutung

- meistens Symptomlos
- zysternieren, Bauchaortaneurysmen Hinweis auf mögl. Hirnan.
- Störungen am Sehapparat:
  - Sehmotorik
  - Sehnerv
- anfallartige Kopfschmerzen: falls An. an Hirnhaut drückt  
→ Hirn selbst ohne Schmerzempfinden, Hirnhaut aber schon
- "Warnblutungen": Miniblutungen ins Hirnwasser

## Rupturierte Aneurysmen

- plötzlicher, vernichtender Kopfschmerz
- Bewusstseinstörung, Bewusstlosigkeit
- Nackenschmerzen, Meningismus

## Rupturierte Aneurysmen

- Gefäßwand reift → Blutfluss ins Hirnwasser
- massive Hirndruckerhöhung (ICP)
- zerebraler Perfusionsdruck (CPP) sinkt
- Druckausgleich
- Blutfluss ins Hirn stoppt
- zerebraler Kreislauf Stillstand
- Patient verstirbt

Falls sich Aneurysma selbst abdichtet: ICP sinkt wieder  
→ Patient hat Überlebenschance

## Therapie

Mortalität = durch Operateur generierte Sterberate

Morbidität = Folgeschäden durch OP

## Clipping

- An. hält mit Clip verschließen → Blutfluss unterbinden
- Titanclip verbleibt im Hirn

↑ abh. vom Aneurysma +  
Patienten

## Coils

- An. ausfüllen mit Draht
- Einbringen über Katheter durch Halsschlagader

## THERAPIE

### NPH - Behandlung

- NPH = Wasserkopf = Demenzform  
↳ Wassereinlagerung im Hirn  
Symptome: Gangstörung, Harninkontinenz, kogn. Defizite

### Shunt - OP

- Einsatz eines Ventils + Katheter
  - Abfluss wassereinlagerung in den Bauchraum
- Verbesserung der Symptomatik

### Moderne Verfahren

- weniger invasiv: Neuronavigation, Ultraschall
- technische Neuerungen
- additive Verfahren: z.B. intraop. Chemotherapie
- Radiochirurgie
- Zukunft: bessere chemo mit Energieapplikation  
↳ Thermoablation, fokussierter Ultraschall, ...

## NEUROCHIRURGIE

Gefahr Hirn, Wirbelsäule: wegdrücken / einklemmen / durchtrennen / ...  
⇒ irreversibler Schaden ⚡

### Operative Therapie

- Gehirnchirurgie → Strategie: Hirn möglichst umgehen
  - Tumore, Gefäßmissbildungen, Blutungen, ...
- Wirbelsäulenchirurgie:
  - Bandscheiben, Verletzungen, Tumore, ...
- Peripherievenen chirurgie:
  - Nervenengpasssyndrome, Tumore, ...

## Allgemeines Vorgehen

1. Individuelle Beratung: Diagnostik, Patientengespräch
2. Fallbezogene Aufklärung: Risiken, Methode, ...
3. Risikoabschätzung: eigene Erfahrung, Statistik
4. alternative Therapieoptionen untersuchen
5. Zeitplanung: Notfall? Wahrleingriff?
6. OP-Ziel: zB komplett Entfernung? ggf. dadurch Verschlechterung der Gesamtsituation?

## Hilfsmittel im OP

- bildgebende Diagnostik
- computer-assistierte Chirurgie → Neuronavigation
- intraoperative Bildgebung (CT, MRI, Ultraschall)
- intraoperative Elektrophysiologie
- Neuroendoskopie
- intraoperative Dopplersonographie → flow probe
- spezielle OP-Instrumente

## Tumor OP

- Trennung = Zugangsplanung
- Adäquate Exposition des Tumors → so klein wie möglich, so groß wie richtig
- Kosmetik + Funktion → optimale knöcherne Rekonstruktion  
vermeide Sinusöffnung (= Nasen-/Stirnhöhle)  
→ Infektionsrisiko!

## OP-Planung

- anatomisch geführte Zugänge → nutzen Spalträume im Hirn als Zugang, Bahnverlauf der Gefäße um Hirn möglichst wenig zu schädigen → individuell je Patient
- Kraniotomie: öffnen des Schädels
- indirekter Zugang → aussparen von Risikostrukturen

## OP - Durchführung

1. Lagerung Patient → Kopf eingespannt, Haarschnitt
2. Hautdesinfektion, steriles Abdecken
3. Hautschnitt, Darstellung der Kalotte (Schädeldecke)
4. Kraniotomie
5. Hirnhauteröffnung
6. Auffinden der Läsion, Tumoresektion (mechanisch, Ultraschall, Laser, bipolare Koagulation,...)  
↳ Tumor von innen aushöhlen

## Beispiel: AV-Fisteln

Kurzschlussverbindung zw. Vene, Arterie

↳ Puls-, Druckreduktion

2 Optionen:

- endovaskuläre Embolisation der Fistel  
= Verschluss des Gefäßes
- mikrochirurgischer Verschluss der Fistel  
↓  
bessere Langzeitergebnisse

## mikrochirurgische Grundsätze

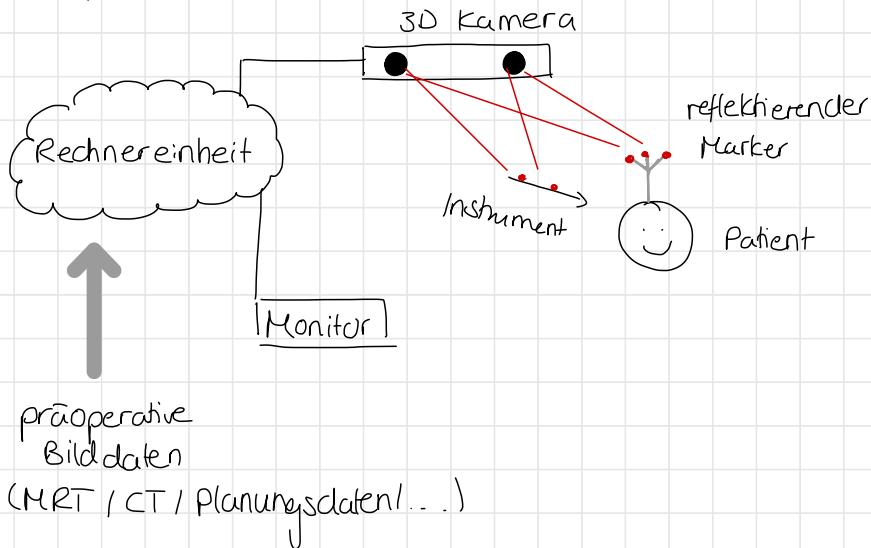
- Erhalt oder Verbesserung der neurologischen Funktion
- benigne Läsionen
- intraoperative Lokalisation
- intraoperative Elektrophysiologie
- minimaler operativer Zugang

## endovaskuläre Grundsätze

- Erhalt oder Verbesserung der neurologischen Funktion
- benigne Läsionen
- diagnostische + therapeutische DSA
- (-) höhere Strahlenbelastung, Kontrastmittelmengen

# NEURONAVIGATION

## Prinzip



## Vorteile

- exakte präoperative Planung
- intraoperative Orientierung → Reduktion der Morbidität  
Re-Referenzierung → im OP neue Bilgebung  
rekonstruktive Operationen
- interdisziplinäre Kooperation
- Ausbildung → Training, Simulation, Operationslehre

## OP ROBOTER

### Vorteile

- stabile Fixierung des Instruments
- exakt steuerbare, ruhige Instrumentenbewegung
- höchste Präzision

### Nachteile

- groß, schwer, aufwendig, teuer, langsam

## Einsatz

- zB bei Funktionen / Zugängen die mit bildgeb. Verfahren gemacht werden müssen  
↳ Operateur ist Strahlung nicht ausgesetzt

Cyberknife : optimale Chemo

→ Bestrahlung aus vielen Richtungen, so dass kritisches Gewebe umgangen

- Da Vinci : Telemannipulator  
→ Bauchraum - OPs

Stereotaktische OP : zielgenaues Platzieren von Arbeitselektroden

endoskopische OP : gezieltes Führen, punktgenaues Halten von Instrumenten

## NAVIGATION WORKFLOW

1. Datenakquise
2. Simulation + Planung
3. Registrierung Patient im OP
4. Navigation
5. Fehlerquellen

## FEHLERANALYSE

### Fehlerquellen

- Maschinen - Fehler
- Menschen - Fehler
- Brain Shift

## Datenakquise

- Inkompatible Bilddaten
- Datentransferprobleme
- Bildartefakte
- Bildrekonstruktion

→ Bildfusion wenn möglich

## Fiducials

- Skin-Marker: leicht abnehmbar  $\leadsto$  falsch wieder aufgeklebt
  - CT-/MRT-Marker: bessere Registration-Accuracy
  - Schrauben: sehr exakt, invasiv
  - Tooth splint: wiederholbar, genau, nicht invasiv, aber teuer + nur kl. Bereich mit Markern
- $\leadsto$  heute: markerfreie, kontaktlose Registrierung

## Registrierung

- wo sind Marker positioniert?
  - ist der Kopf fest fixiert oder verrutscht?
- $\rightarrow$  abh. von Sorgfalt des Personals

## Brain Shift

- Bilder sind präoperativ  $\rightarrow$  Anatomie ändert sich
  - $\rightarrow$  Hirn verschiebt sich
  - abh. von OP-Stelle, OP-Dauer, Narkoseverfahren, Durchblutung des Gehirns, ...

## Strategische Fehler menschl. Fehler

- zu wenig Erfahrung / Ahnung über System
  - "virtuelle radiologische Realität"  $\rightarrow$  Hirn hat sich seit Bildern verändert
    - $\rightarrow$  keine on-line Info
    - $\rightarrow$  anatomisches Wissen des Chirurgen nicht ersetzbar
    - $\rightarrow$  Navigation nur als Stütze
- $\Rightarrow$  Chirurg muss sich Fehlerquellen bewusst sein!

## Intraoperatives Refreshment

neue Bilder während OP

### CT

- mobiles CT
- $\leadsto$  Probleme: Kopffixierung etc. müssen aus speziellem Material sein
  - hohe Strahlenbelastung
- $\leadsto$  Abwägung Kosten - Nutzen - Aufwand

## NRT

- Niederfeldmagnete

~ Probleme: brauche alles im Raum unmagnetisch (Beatmungsger., OP-Bestck, Tisch, ...)

- langsam, ungenauer als Hochfeldmagnete

## Ultraschall

- Bilder intraop. mit Ultraschall
- matching mit präop. NRT-Bildern

## Intraoperativer Workflow

- Augen - Hand - Koordination: Display nicht im OP-Blickfeld ⚡

## Simulation - Education - Training

- Präop. Planung → interaktives Lernen
- mikrochir. Anatomie
- Ansätze-, Trajektorieplanung
- OP-Simulationen: **unbloody Training**