

Gehirngesundheit, -leistungs-fähigkeit und körperliche Aktivität

W. Hollmann, H. Strüder

Deutsche Sporthochschule Köln
1 Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin
2 Institut für Individualsport

Zusammenfassung

Es bestehen enge Interaktionen zwischen dem Gehirn und dem Körper in Verbindung mit akuter Arbeit und chronischem Training. Im Vorschulalter begünstigen koordinative Beanspruchungen den Erhalt von im Überschuss vorhandenen Gehirnneuronen und fördern Synapsenbildung. Aerobe dynamische Arbeit und koordinative Beanspruchung bewirken eine regional vermehrte Gehirndurchblutung und einen veränderten Stoffwechsel mit Gen-Anregung und gesteigerter Produktion von zahlreichen neurotrophen Faktoren (BDNF). Hierdurch wird körperliche Bewegung zu einem stimulativen Faktor für die Hirnplastizität durch Synapsen- und Spinesbildung sowie für die Neubildung von Neuronen. Das gilt bis in ein hohes Alter. Gehirnerkrankungen und Depressionen kann durch körperliche Aktivität entgegengewirkt werden. Darum besitzt geeignete körperliche Aktivität eine strukturelle und funktionelle Bedeutung für das Gehirn, wie es seit Jahrzehnten für das kardio-pulmonalmetabolische System bekannt ist.

Einleitung

Die wissenschaftlichen und praktischen Beziehungen zwischen Gehirn und körperlicher Aktivität bzw. Sport sind heute etwa vergleichbar denen von Herz und körperlicher Aktivität vor ca. 40 Jahren. Damals ließen experimentelle Laborbefunde die Erkenntnis aufkommen, dass Bewegungsmangel wie eine mehrtägige oder mehrwöchige Bettruhe erhebliche gesundheitliche Beeinträchtigungen nach sich ziehen kann, während schon Minimal-Trainingsprogramme diese Effekte nicht nur aufhoben, sondern mit gesundheitsschützenden Reaktionen des Organismus beantworteten. Fast ausschließlich sportmedizinisch interessierte Ärzte befassten sich wissenschaftlich mit dieser Fragestellung. In der Sportmedizin gehandhabte Untersuchungstechniken wie Herz- und Gefäßkatheterungen, Biopsien und Anwendung von Isotopen blieben bedeutungslos für die Gehirnforschung. Erst die Einführung der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) und der funktionalen Magnetresonanztomographie (fMRT) u.a. erlaubten erstmals Einblicke in regionale hämodynamische und metabolische Gehirnreaktionen auf körperliche Belastung.

Regionale Gehirndurchblutung bei Fahrradergometerarbeit

Mittels PET und Fahrradergometeruntersuchungen beobachteten wir schon bei einer Belastungsstufe von 25 Watt signifikante Durchblutungssteigerungen von unterschiedlicher Größenordnung in verschiedenen Gehirnabschnitten, im Mittel um 20 %. Eine Belastungsintensität von 100 Watt ließ bei gesunden männlichen Probanden die mittlere Durchblutung auf ca. 30 % über den Ruheausgangswert zunehmen (2).

Die Summe beider Hände macht nur ca. 2 % der Körpermasse aus, ist jedoch in fast 60 % der Großhirnrinde repräsentiert. So ist es verständlich, dass Fingerbewegungen analog dem Klavierspielen in nahezu 60 % der Großhirnfläche Durchblutungssteigerungen zwischen 20-30 % bewirken können.

Eine höhere Belastungsintensität tendiert zu einer stärkeren Durchblutungszunahme regionaler Gehirnabschnitte, ohne dass eine lineare Beziehung besteht. Die größte Differenz ist der Übergang vom Ruhewert zu einer leichten Belastungsstufe (3).

Gehirnstoffwechsel unter Belastung

Beanspruchungen auf allgemeine aerobe dynamische Ausdauer sowie auf Koordination veranlassen eine hoch signifikante Zunahme der Produktion von neurotrophen Faktoren (BDNF) und die zugehörige mRNA speziell im Hippocampus, im Cortex und im Cerebellum. Die Langzeitpotenzierung (LTP), das synaptische Analogon zum Lernen und Gedächtnis, hängt von der Existenz einer genügenden Menge von BDNF ab. Die durch körperliche Aktivität ausgelöste Plastizitätsförderung besitzt eine neuroprotektive Bedeutung für das Überleben der Neurone und löst neben einem verbesserten Lernvermögen eine vergrößerte Widerstandsfähigkeit gegenüber Durchblutungsstörungen aus (4).

Vermehrte bewegungstypische Beanspruchung eines Körperteils bewirkt eine Expansion der zugehörigen Repräsentation in der Hirnrinde. LTP kann Spines innerhalb von Minuten bis Stunden morphologisch verändern und aufspalten. Körperliche Aktivität fördert diesen Prozess. Gleichzeitig findet eine Angiogenese statt, welche für eine verbesserte Blutversorgung bei gegebenen Gehirnbeanspruchungen sorgt. Selbst im Gehirn des Erwachsenen bewirkt körperliche Bewegung die Anregung zur Bildung neuer Neurone. So besitzt muskuläre Tätigkeit einen maßgeblichen Einfluss auf Gehirnstrukturen und -funktion (4).

Bei Ratten führte z.B. ein 3-wöchiges Lauftraining sowohl zur Auf- als auch zur Abregulierung zahlreicher Gene. Viele von ihnen betreffen die synaptische Funktion und Plastizität. Der aktivitätsbedingte gesteigerte Effekt von Neuronenneubildungen im Gehirn beruht auf der vermehrten Vermittlung von trophischen Faktoren wie BDNF, IGF-1 und FGF2 (4).

Körperliche Aktivität und Psyche

In experimentellen Untersuchungen an Menschen beobachteten wir hoch signifikante schmerzdämpfende Einflüsse von endogenen opioiden Peptiden, die jenseits einer aerob-anaeroben Schwelle von 4 mmol/l Lactat bis zum Dreifachen über den Ruheausgangswert ansteigen. Mit der Schmerzdämpfung ist eine signifikante Stimmungsveränderung in Richtung Euphorie verbunden (1).

Bei Ergometerbelastung ist ein Anstieg von freiem Tryptophan im Blut zu beobachten bei gleichzeitigem Rückgang von verzweigtkettigen Aminosäuren. Hierdurch wird Tryptophan der Eintritt in das Gehirn über die Blut-Hirn-Schranke erleichtert, wodurch im limbischen System vermehrt Serotonin gebildet wird. Auch hierdurch kann ein stimmungsaufhellender Effekt eintreten (6).

Moderates Ausdauertraining vergrößert die Anzahl von 5-HT-Transportern auf den Thrombozyten. Diese Veränderungen sind nach gleicher Beanspruchung bei jahrelang ausdauertrainierten Personen nicht gefunden worden. Somit ließen ausdauertrainierte Athleten eine geringere serotonergische Aktivierung durch körperliche Belastung erkennen aufgrund von vollzogenen metabolischen Adaptationen (6).

Im Gegensatz dazu führte bei untrainierten Personen ein moderates Ausdauertraining zu einem Anstieg der Zahl von thrombozytären 5-HT_{2A}-Rezeptoren, während wir eine Abnahme nach einem intensiven Trainingsprogramm beobachteten. Damit bewirkt Ausdauertraining spezifische Veränderungen im serotonergen System in Abhängigkeit

von der Belastungsintensität und der Leistungsfähigkeit des Sportlers (6).

Die Endorphin- und Serotoninveränderungen machen den vielfach berichteten stimmungspositiven Einfluss von körperlicher Aktivität bei Patienten mit klinischer Depression verständlich. Die Kombination von Medikament mit aerober Arbeit dürfte für Patienten mit dieser Diagnose optimal sein.

Das Gehirn als leistungsbegrenzender Faktor

Experimente an Leistungssportlern in Verbindung mit dem Dopaminagonisten Pergolid ergaben eine hoch signifikante Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme und der aerob-anaeroben Schwelle. Wurde hingegen der Serotoninstoffwechsel im Gehirn durch Paroxetin im Sinne einer längeren Verweildauer von Serotonin im synaptischen Spalt beeinflusst, sank die maximale Sauerstoffaufnahme signifikant ab (3).

Altersbedingte Gehirnveränderungen und körperliche Aktivität

In früher Kindheit fördern koordinative Beanspruchungen den Erhalt von überschüssig vorhandenen Neuronen und die zugehörige Synapsenbildung. Das bietet Voraussetzungen für eine bessere intellektuelle Entwicklung.

Etwa mit dem 50.-60. Lebensjahr beginnt ein Abbau von Dendriten und mit ihnen von Spines, den Orten des menschlichen Kurzzeitgedächtnisses. In experimentellen Untersuchungen an männlichen Personen mit einem Altersdurchschnitt von 69 Jahren stellten wir fest, dass mit zunehmendem Lebensalter identische geistige Leistungen mit der Inanspruchnahme größerer Gehirnbezirke einhergehen. Hatten allerdings äl-

Die aktivitätsbedingte vermehrte Aufnahme von zirkulierenden IGF-1 verstärkt im Gehirn die neuronale Differenzierung von Zellen, verbunden mit einer BDNF-Gen-Expression im Hippocampus auch des älteren und alten Menschen (4). FGF-2, welches die Proliferation und Differenzierung von hippocampalen neuronalen Vorläuferzellen anregt, findet sich nach körperlichem Training vermehrt in hippocampalen Astrozyten.

Dem Haupt-Charakteristikum eines erkrankten Gehirns, nämlich corticale Atrophie und Abnahme synaptischer Verbindungen, verbunden mit kognitiven Leistungsverlusten, wird durch körperliches Training vorgebeugt. Eine Studie retrospektiver Art bezüglich 193 möglicher oder wahrscheinlicher Personen mit Alzheimerscher Erkrankung und 358 gesunden Kontrollpersonen ließ den Schluss zu, dass jene mit Alzheimerscher Erkrankung in ihrem mittleren Lebensabschnitt deutlich weniger körperliche Aktivität aufwiesen als die Kontrollpersonen (4) (Abb. 1). So ist das Gehirn, ähnlich dem Herzen und der Skelettmuskulatur, bis in ein hohes Alter durch die Verbindung mit körperlicher und geistiger Aktivität auf einem guten Leistungsstand zu halten.

Fazit

Körperliche Bewegung mobilisiert Genexpressionen in Neuronen mit Auswirkungen auf die Gehirnplastizität. Das gilt vom Vorschulalter bis zum hohen Alter. Bewegungsbedingte Veränderungen der regionalen Gehirndurchblutung und des regionalen Gehirnstoffwechsels stellen einen stimulativen Faktor für Synapsen- und Spinebildung sowie für die Neurogenese im Gehirn dar. Als Arzt sollte man daher aus gesundheitlichen und aus leistungsbezogenen Gründen Empfehlungen aussprechen für den häufigen Einsatz von Beanspruchungen, die die allgemeine aeroben dynamischen Ausdauer sowie die Koordination fordern.

Weiterführende Literatur

1. Arentz T, De Meirleir K, Hollmann W: Die Rolle der endogenen opioiden Peptide während Fahrradergometerarbeit. *Dtsch Z Sportmed* 37 (1986) 210-218.
2. Herholz K, Buskies B, Rist M, Pawlik G, Hollmann W, Heiss WK: Regional cerebral blood flow in man at rest and during exercise. *J Neurol* 234 (1987) 9-13.
3. Hollmann W, Fischer HG, De Meirleir K, Herzog H, Herholz K, Feinendegen LE: The brain - regional cerebral blood flow, metabolism and psyche during ergometer exercise. In: Bouchard C, Shephard RJ, Stephens TH (eds.): *Physical activity, fitness and health. Internat Proc and Consensus Statement. Champaign/Ill: Human Kinetics* 1994.
4. Hollmann W, Strüder HK, Tagarakis CVM: *Gehirngesundheit, -Leistungsfähigkeit und körperliche Aktivität. Nervenheilkunde* (im Druck).
5. Schmidt D, Krause BJ, Herzog H, Strüder HK, Klose C, Wouters E, Hollmann W, Müller-Gärtner HW: Age-dependent changes in activation patterns during encoding and retrieval of visually presented word-pair associates. *Neuroimage* (Academic Press) 9 (1999) 908-914.
6. Strüder HK, Hollmann W, Platen P, Wöstmann R, Ferrauti A, Weber K: Effect of exercise intensity on free tryptophan to branched-chain amino acids ratio and plasma prolactin during endurance exercise. *Can J Appl Physiol* 22 (1997) 280-291.

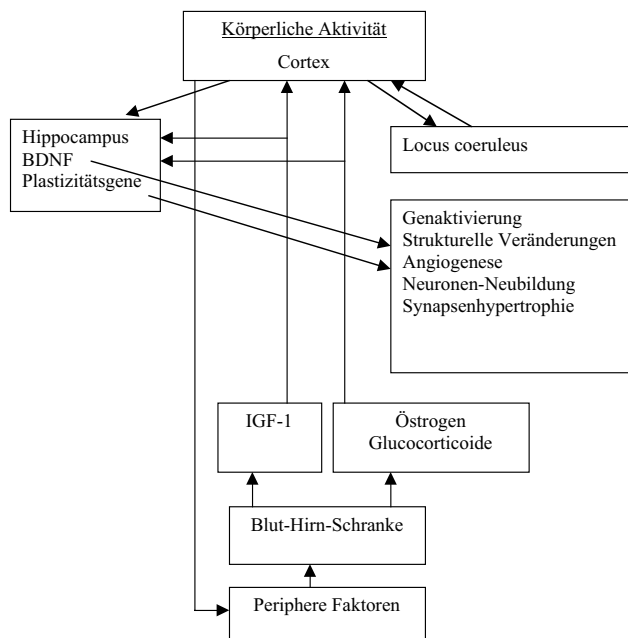


Abbildung 1: Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf die Gehirnplastizität

tere Personen ein jahrelanges Ausdauertraining absolviert, ergaben sich keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zu jungen Menschen. Schon wöchentlich 2-3-malige Spaziergänge von je 45 Minuten Dauer ließen diesbezüglich Effekte erkennen (5).

Korrespondenzadresse

Univ.-Prof. mult. Dr. med. Dr. h.c. W. Hollmann
Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin
Deutsche Sporthochschule
Carl-Diem-Weg 6
50933 Köln