Exercise and Brain

Symposium zu Ehren von Prof. Dr. Dr. W. Hollmann, anlässlich seines 75. Geburtstages 8.4.2000 in Bonn

Das Symposium fand im Rahmen des Eröffnungskongresses der „Dekade des Gehirns“ (unter gleichem Namen lief in den USA von 90-99 eine Initiative, um private Sponsoren für die Hirnforschung zu finden) statt. Es galt, eine Bestandsaufnahme auf dem Gebiet „Körperliche Belastung und Gehirn“ vorzunehmen, das gerade *Prof Hollmann* in den letzten 10 Jahren als neues Forschungsgebiet der Sportmedizin etablierte. 3 Übersichtsreferate, 7 Kurzvorträge und 10 Poster zeigten viele Ansätze, die Interaktionen von Gehirn, akuter Belastung und Training zu verstehen.

Hirnforschung und Sportmedizin

Körperliches Training dient nicht nur dem Aufbau von Muskelmasse sowie der Adaptation der Muskulatur an spezifische und wiederholte Dauerbelastungen, sondern zielt in seiner repetitiven Ausgestaltung auch auf die Aktivierung neuronaler Funktionskreise, welche einen effektiven und zielgerichteten Einsatz der Muskulatur steuern. Damit – so *A. Bauer*, Jülich in seiner einleitenden Übersicht – ist jedes Körpertraining auch ein Training des Gehirns.

Die zerebralen Mechanismen bei der Bewegungserzeugung sind in Grundzügen bekannt.Weitergehende Kenntnisse über spezifische Anpassungsvorgänge bei belastender (und auch erschöpfender) Aktivität sind jedoch spärlich. Dabei scheint das motorische System aber nicht nur in die Bewegungserzeugung involviert zu sein, sondern auch bei der Bewegungsvorstellung, der Werkzeugerkennung, dem Erlernen von Bewegung durch Beobachtung sowie dem Verstehen des Verhaltens anderer Personen beteiligt zu sein.

Berührungspunkte von Himforschung und Sportmedizin sind ferner in der Erforschung der molekularen und systemischen Grundlagen von Motoraktivität zu finden. Diese umfassen sowohl die basalen Mechanismen der Steuerung von Bewegung (z. B. Anatomie des motorischen Systems, Vernetzung von motorischen und sensorischen oder „assoziativen“ Domänen des Gehirns) wie auch die zerebralen Steuerungs- und Adaptationsprozesse unter Aktivierungsbedingungen und/oder chronischer Beübung (z. B. regulatorische Anpassungsvorgänge auf der Ebene von Neurotransmittern oder -modulatoren). Die Analyse humoraler Faktoren, welche eine wesentliche Steuerungsfunktion zwischen Gehirn und Peripherie inne zu haben scheinen, ist dabei nicht nur im Rahmen der Applikation leistungssteigernder Substanzen von Bedeutung. Teile des Gehirns fungieren anscheinend gleichermaßen als Drüse, welche Hormone für periphere Rezeptoren freisetzt wie als Empfänger für Signalstoffe aus der Peripherie. Das Wissen um diese Aspekte der Hirnfunktion eröffnet Perspektiven auch außerhalb der Sportmedizin. Wenn z. B. die motivierenden und stimmungsaufhellenden Effekte von ausdauernder Bewegung, wie sie etwa von Laufsportarten bekannt sind, in ihren molekularen Mechnismen besser verstanden würden (Ausschüttung von Neuromodulatoren, Aktivierung „limbischer“ Zentren etc.), wäre ihr gezielter Einsatz im Rahmen der Rehabilitation denkbar.

Belastung und Neurotransmitterrelease

R. Meeusen, Brüssel, ging in seiner Übersicht näher auf die Zusammenhänge zwischen Neurotransmittern und körperlicher Belastung ein. Bekanntermaßen kommt es durch körperliche Belastung zu einem Anstieg von Dopamin, Noradrenalin und Serotonin in verschiedenen Gehirnkernen. Ein Übertraining geht mit Veränderungen in der Befindlichkeit, Schlafstörungen und hormonellen Veränderungen einher, was für eine Involvierung des Hypothalamus spricht. Eine besondere Rolle für die Kontrolle des Hypothalamus spielt das Serotonin. Versuche mit gestressten Tieren zeigten, dass bei chron. Stress der normalerweise bei Belastung ausgelöste Anstieg von Serotonin ausbleibt. Möglicherweise lässt sich dieses Phänomen auf die Entstehung des Übertrainingsyndroms übertragen. Gleichermaßen scheint es, dass körperliche Belastung auf die seelische Verfassung ähnlich wie Antidepressiva wirkt, nämlich über Monoamine. Zielregion scheinen dabei die Basalganglien, limbisches System und der Hypothalamus zu sein.

Neue Erkenntnisse in der Neurologischen Trainingstherapie mittels der funktionellen Bildgebung

M. Holzgraefe, Göttingen, zeigte, dass die neue Methoden in der Hirnforschung auch die klinischen Therapiemöglichkeiten weitreichend beeinflussen. Durch die Positron-Emissions-Tomographie (PET) und insbesondere durch die funktionelle Magnet-Resonanz-Tomographie (FMRT) sind wir in der Lage, die physiologischen Vorgänge des Lernens und die damit verbundene Reorganisation nach Läsion des zentralen und peripheren Nervensystems darzustellen. Es zeigt sich, dass es bei Patienten nach Hirninfarkt zum einen zur Umverteilung von neuronalen Aktivitäten innerhalb von den Strukturen kommt, die vor der Schädigung angelegt sind (parallele, überlappende und bilaterale Strukturen), zum anderen zur zusätzlichen Rekrutierung von nicht primär assoziierten Strukturen. Die lang verbreitete und zur Untätigkeit verurteilende Theorie, dass im adulten ZNS die neuronalen Verbindungen unverändert fixiert sind und eine Regeneration unmöglich ist, konnte so ad acta gelegt werden. Es ist zu erwarten, dass die funktionelle Bildgebung zukünftig neben prognostischen Informationen helfen wird, ein optimales Behandlungskonzept zu entwickeln.

EEG während sportmotorischer Tätigkeit

Während vor einigen Jahren im Sport nur eine EEG-Ableitung in Ruhe möglich war, die nur bedingt Schlüsse auf zentralnervale Prozesse während sportlicher Bewegung zulässt, können heute, so *M. Brach*, Bochum, auch während motorischer Tätigkeit reproduzierbare spektrale Veränderungen im EEG beobachtet werden. Aufgrund der Ergebnisse mehrerer Studien kann gesichert werden, dass das EEG während sportlicher Tätigkeit unter bestimmten Versuchsbedingungen nicht nur artefaktfrei übertragen werden sondern auf die zentralnervale Bewegungsorganisation zurückgeführt werden kann. So zeigten sich u.a. ähnliche EEG-Werte bei realer Ausführung und mentaler Vorstellung von Bewegungen.

EEG-Veränderungen in Abhängigkeit von Belastungsart und -intensität

Dorothee Mechau, Paderborn, zeigte, dass EEG-Ableitungen direkt im Anschluss an 3 verschiedene Belastungsbedingungen, Veränderungen in Abhängigkeit von der Belastungsintensität aufwiesen. Während aerobe Belastungsintensitäten zu Zunahmen der spektralen Leistungsdichte insbesondere parietal im Alpha-l-Frequenzbereich führten, lösten anaerobe Belastungen Zunahmen insbesondere frontozentral und parietal im Alpha-2-Frequenzbereich aus. Nach der anaeroben Laufbelastung im Feldstufentest wurden in den Beta-Frequenzbereichen Abnahmen temporo-okzipital gemessen. Nach 30-minütiger Erholungsphase zeigte sich eine erhöhte spektrale Leistungsdichte insbesondere parietal im Alpha-l-Frequenzbereich. Während Lauf und Fahrradergometrie nach aeroben und anaeroben Belastungsformen gleichgerichtete topographische Veränderungen der spektralen Alpha-Leistungsdichte zeigten, kam es bei anaeroben Belastungen in den Beta-Frequenzbereichen zu sportartspezifische Unterschieden.

Maximale subjektive Anstrengung aus verschiedener Sicht

Normalerweise ist es nicht möglich, menschliche Bewegungen vorauszusagen oder sogar zu berechnen. Dies scheint der Erfahrung und Willensfreiheit eines Menschen zu widersprechen. Eine Ausnahme in dieser Richtung scheinen maximale Willkürbewegungen zu machen. Anhand von EEG-Messungen vor isometrischen Kraftleistungen konnten *M. Sust et al.*, Graz, einen Zusammenhang zwischen maximaler Aktivierung im EEG vor der Belastung und der gemessenen Kraft demonstrieren. Dieser Zusammenhang konnte über die Formel F_{iso} (t)= F_{max} · s (t) beschrieben werden, wobei s (t) die „Schaltfunktion“ darstellt.

Die CFF in der Erfassung zentralnervöser Vorgänge

Eine weitere Möglichkeit der Erfassung zentralnervöser Vorgänge stellte *J. Wiemeyer*, Darmstadt vor: die Bestimmung der „Critical flicker fusion frequency (CFF)“. Dieses Verfahren ist zwar indirekt, aber weniger aufwendig und kostenintensiv als z.B. EEG, MEG, PET, oder NMR. Getestet wird hier die zeitlich getrennte Wahrnehmung aufeinanderfolgender visueller Reize. Da die CFF von physikalischen und individuellen Faktoren beeinflusst wird, kann sie nur dann eine Aussage über zentralnervöse Aktivierungen machen, wenn alle anderen Faktoren (Lichtintensität, Lichtfläche, Hell-Dunkel-Quotient, Wellenlänge etc.) konstant gehalten werden. Unter diesen Bedingungen lassen sich in Abhängigkeit von Art und Intensität einer Belastung charakteristische Veränderungen der CFF bestimmen.

Einfluss von Alter und Trainingszustand auf Gedächtnisleistungen

Im Alter kommt es zu Einschränkungen in der Gedächtnisleistung. Untersuchungen des regionalen zerebralen Blutflusses (RCBF) mittels Positronen-Emissionstomographie (PET) ermöglichen die Identifizierung von Hirnregionen, die an Gedächtnisprozessen beteiligt sind.

D. Schmidt, Düsseldorf, stellte die Ergebnisse einer Studie vor, in der bei 30 männlichen Probanden (14 trainiert, 16 untrainiert) mit einem Durchschnittsalter von 69 Jahren während des Lernens von 12 bildhaften Wortpaaren und ihres Abfragens 10 PET-Messungen zur Erfassung des RCBF durchgeführt wurden. Im Vergleich zu einer jüngeren Kontrollgruppe fand sich bei den älteren Probanden eine schlechtere Gedächtnisleistung. Die Subtraktionsanalyse zeigt bei älteren Probanden zusätzlich zu den bei jüngeren Probanden aktivierten Regionen signifikante Anstiege des RCBF im

lateralen parietalen Kortex (während des Lernens und der Abfrage) und im Hippocampus (während des Lernens). Eine geringere Clustergröße der frontal aktivierten Regionen bei den trainierten Probanden könnte für eine geringere notwendige Anstrengung zum Erreichen der gleichen Gedächtnisleistung sprechen.

Gehirnzellen auch im Alter noch proliferationsfähig

Hoffnungsfroh stimmte die Übersicht von *M.A. Hirsch*, Baltimore über die Gehirnentwicklung im Alter. Herrschte noch vor kurzer Zeit die Meinung vor, dass sich unsere Gehirnzellen im Alter nicht nur nicht mehr vermehren sondern wir sogar 25-50% aller Neuronen einbüßen, berichten Hirnforscher mit den heute üblichen Techniken über deutlich geringere Verluste. Auch scheinen Neuronen auch im Alter zur Proliferation fähig zu sein, was gefördert wird durch soziale Kontakte, geistige und körperliche Aktivität. Zusätzlich können diese Faktoren die synaptischen Verbindungen zwischen den einzelnen Hirnzellen erhöhen. Diese Mechanismen können eine besondere Rolle bei Parkinson-Patienten spielen und sollten in Prävention und Rehabilitation bedacht werden.

Spitzenleistung und kognitive Leistung – Beispiel Schachspielen

In Sportarten, die einen hohen Anteil an sensomotorischen Anforderungen haben, sind kognitive Prozesse von Bedeutung. MEG-Untersuchungen (ein kompliziertes Verfahren, das aber eine genaue Lokalisation der Hirnaktivierungen ermöglicht) von *O. Amidzic,* Konstanz, bei Schach-Profis und Amateuren zeigten, dass es deutliche Unterschiede zwischen der Größe und Verteilung der aktivierten Hirnareale gibt. Möglicherweise ist dieser Unterschied nicht nur trainings- sondern anlagebedingt. Es ist zu vermuten, dass Großmeister davon profitieren, durch über den Mandelkern bezogene Erinnerungsmechanismen schneller einen bestimmten Zug als ungünstig beurteilen zu können.

Auch die Poster lieferten viele interessante Erkenntnisse zu verschiedenen Aspekten dieses noch jungen Teilgebietes der Sportmedizin. Wegen des großen Interesses soll im nächsten Jahr ein Sonderheft der Dtsch Z Sportmed zu dieser Thematik erscheinen.

U. Künstlinger

Sportmedizinisches Institut Frankfurt am Main e.V.
Sportärztliche Hauptberatungsstelle des Landes Hessen

Wir suchen die/den

Leitende/n Ärztin / Arzt
für die Abteilung Innere Medizin / Leistungsdiagnostik

Wir möchten zum nächstmöglichen Zeitpunkt die Stelle des Abteilungsleiters Innere Medizin/ Leistungsdiagnostik besetzen.
Schwerpunkte der Abteilung sind Prävention, Diagnostik und Therapie in allen sportmedizinisch relevanten Teilbereichen der Inneren Medizin und Leistungsdiagnostik. Betreut werden Sportler aller Alters- und Leistungsklassen, und - in Kooperation mit dem Olympiastützpunkt Frankfurt-Rhein-Main - Bundeskaderathleten und Hochleistungssportler. Weitere Aufgaben sind die sportärztliche Hauptberatung im Land Hessen, die Betreuung von Sportverbänden sowie wissenschaftliche Tätigkeiten.

Wir wünschen uns für die Position eine qualifizierte und engagierte Persönlichkeit mit fundierten klinisch-praktischen Erfahrungen in der Sportmedizin.
Sie sollten über Teamfähigkeit, Organisationstalent und Führungserfahrung verfügen.
Die Vergütung erfolgt nach BAT.

Bitte richten Sie Ihre aussagefähige Bewerbung bis zum 15.09.2000 an:
Sportmedizinisches Institut Frankfurt e.V. · Frau Kühnemann
Otto-Fleck-Schneise 10 · 60528 Frankfurt a. M.