

## Übertraining – ein Resultat der Hirnplastizität?

W. Hollmann, H.K. Strüder, C.V.M. Tagarakis

Das sogenannte „Übertrainingssyndrom“ ist durch Leistungsabfall, Motivationsverlust, Schlafstörungen, Appetitlosigkeit, Gewichtsabnahme, verschlechterte Koordination, gesteigertes Arbeits-Atemminutenvolumen, Herzrhythmusstörungen, Reizbarkeit, Depression, schnelle Ermüdbarkeit u.a. charakterisiert. Es handelt sich also um eine Kombination von psychischen und physischen Faktoren. Eine befriedigende Antwort für den Gesamtkomplex konnte trotz eines Jahrhunderts experimenteller Forschung bis heute nicht gefunden werden.

1987 beschrieben wir erstmals einen hoch signifikanten Einfluss von unterschiedlich dosierter Fahrradergometerarbeit auf die regionale zerebrale Gehirndurchblutung (10), 1992 den signifikant veränderten regionalen Glukosestoffwechsel des Gehirns bei ergometrischer Belastung (11). Gleichzeitig konnten zahlreiche Befunde über den Einfluss von qualitativ und quantitativ unterschiedlicher Arbeit sowie von Ausdauertraining auf endogene opioide Peptide, Neurotransmitter und Hormone erhoben werden (3, 5-7, 12, 19-23). Weitere Untersuchungen betrafen den Einfluss von Arbeit und Training auf die Psyche und die Größenordnung dabei aktivierter Gehirnabschnitte (16, 17). Das Fazit dieser Befunde lautete, dass das Gehirn nicht nur die bekannte Steuerungsfunktion für muskuläre Beanspruchungen ausübt, sondern darüber hinaus eine intensive Feedback-Information über den Trainingszustand der arbeitenden Skelettmuskulatur erfährt und hierdurch aus der Körperperipherie hämodynamische und metabolische zerebrale Beeinflussungen erfolgen unter Einbeziehung der Psyche. Gleichzeitig kann das Gehirn eine leistungslimitierende Rolle spielen (Dopamin positiv, Serotonin-Wiederaufnahmehemmung negativ).

Die Suche nach den Ursachen im pathophysiologischen Geschehen des Übertrainings bezogen sich zunächst auf die Herzfunktion, dann die Lungenfunktion, das kardiovaskuläre System, die Skelettmuskelfaser, auf eventuelle Schädigungen der Nebennieren, hormonelle Entgleisungen, betreffend vor allem Katecholamine und Cortisol. Es schloss sich die Serotoninhypothese an (13). Im Stoffwechselgeschehen verdächtige man Störungen im Kohlenhydratbereich bei den verzweigt-kettigen Aminosäuren, bei Glutamin, mehrfach ungesättigte Fettsäuren, Leptin und schließlich Proteine (Übersicht bei 15). Allen diesen Thesen ist jedoch gemeinsam, gegebenenfalls in den genannten Bereichen anomale Befunde auftreten zu lassen, denen jedoch die Klammerwirkung bezüglich Körper und mentalen Funktionen fehlt.

In den letzten Jahren konnte nachgewiesen werden, dass sich das Gehirn kontinuierlich selbst umorganisiert und eine früher für unmöglich gehaltene Plastizität besitzt. Es wachsen nicht nur ständig neue Verbindungen zwischen Nervenzellen, sondern es entstehen neue Neuronen bei Abbau alter

Schaltstellen. Entscheidend für die Qualität und Quantität dieser Vorgänge ist die regionale Gehirnaktivität. Sie modifiziert ständig das Netzwerk der Neuronen. Die Information aus der Körperperipherie lässt Repräsentationsareale im Cortex entstehen. Veränderungen des Informationsflusses in einem gegebenen Bereich der corticalen Karte durch vermehrte oder verminderte periphere muskuläre Beanspruchung führt zur Reorganisation der Karte. Bei sehr starken, weitgehend identisch durchgeführten muskulären Leistungen können benachbarte Repräsentationsareale im Cortex bis zu 1 cm ausgedehnt werden (9). Es handelt sich nicht nur um eine mikroskopische, sondern eine makroskopische Reorganisation. Hierdurch wird zunächst die muskuläre Leistung erleichtert und unterstützt. Werden aber durch „Übertraining“ optimale Reorganisationsformen überschritten, können offenbar hierdurch erhebliche Leistungsminderungen ausgelöst werden. Beim Berufs-Klavierspieler ist die sogenannte fokale Dystonie der Hand ein typisches Beispiel. Eine qualitative und quantitative Veränderung der Bewegungsgewohnheit der Finger lässt den Befund rückgängig machen (4).

Das Gehirn ist hierarchisch aufgebaut. Die höchste Stufe der Hierarchie stellt der präfrontale Cortex (PC) dar. Er ist verantwortlich für Planungen und Lösung komplexer Probleme, ein Organisator für Zeit und Ressourcen des Gehirns, wobei er die Prioritäten setzt (1, 2). Der präfrontale Cortex beinhaltet reziproke Verbindungen zum Thalamus und limbischen System, so dass er die „Stimmung“ beeinflusst und umgekehrt von der „Stimmung“ seinerseits modifiziert wird. So liegt bei klinischer Depression eine Hyperaktivität der HHA vor, die eine vermehrte Produktion von CRH und Cortisol bewirkt. Letzteres reduziert den frontalen Metabolismus.

Das Übertrainingssyndrom könnte nun gesteuert werden durch eine Überrepräsentation von Muskelrezeptoren in der „Landkarte“ des frontalen Cortex. *Elbert et al.* (8) konnten einen solchen Befund bei Berufspianisten dokumentieren. Derartige „Verschmierungseffekte“ sind physisch leistungsmindernd und lösen negative psychische und vegetative Funktionen aus. Es ist vorstellbar, dass dieser bei der dynamischen Beanspruchung kleiner Muskelgruppen gesicherte Vorgang auch für den Einsatz großer Muskelgruppen bei qualitativ sich gleichartig wiederholenden, übermäßigen Reizsetzungen gilt. Die hierarchische Struktur des Gehirns spricht dafür.

Unserer Auffassung nach berechtigt diese Hypothese zu einschlägigen experimentellen Untersuchungen.

### Literatur

1. *Aizawa H, Inase M, Mushiake H, Shima K, Tanji J:* Reorganisation of activity in the supplementary motor area associated with motor learning and functional recovery. *Exper Brain Res* 84 (3) (1991) 668-671
2. *Akana SF, Chu A, Soriano L, Dallman MF:* Corticosterone exerts site-specific and state-dependent effects in prefrontal cortex and amygdala on regulation of adrenocorticotropic hormone, insulin and fat depots. *J Neuroendocrinol* 13 (7) (2001) 625-637
3. *Arentz T, De Meirleir K, Hollmann W:* Die Rolle der endogenen opioiden Peptide während Fahrradergometerarbeit. *Dtsch Z Sportmed* 37 (1986) 210

4. *Candia V, Elbert T, Altenmüller E, Rau H, Schäfer T, Taub E*: Constraint-induced movement therapy for focal hand dystonia in musicians. *Lancet* 353 (9146) (1999) 42
5. *De Meirleir K, Gerlo F, Hollmann W, Van Haelst L*: Cardiovascular effects of pergolide mesylate during dynamic exercise. *Br J Clin Pharmacol* 23 (1987) 63.
6. *De Meirleir K, L'Hermite-Balériaux M, L'Hermite M, Rost R, Hollmann W*: Evidence for serotonergic control of exercise-induced prolactin secretion. *Horm Metabol Res* 17 (1985) 380
7. *De Meirleir K, Smitz J, Van Steirteghem A, L'Hermite M, Hollmann W*: Dopaminergic and serotonergic neurotransmitter systems are involved in exercise-induced release of adenohypophyseal hormones. 6th Int Symposium Biochemistry of Exercise, Kopenhagen (1985)
8. *Elbert T, Candia C, Altenmüller E, Rau H, Sterr A, Rockstroh B, Pantev C, Taub E*: Alterations of digital representations in somatosensory cortex in focal hand dystonia. *Neuroreport* 9 (16) (1998) 3571-3575
9. *Elbert T, Pantev C, Wienbruch C, Rockstroh B, Taub E*: Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science* 270 (5234) (1995) 305-307
10. *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
11. *Herzog H, Unger C, Kuwert T, Fischer HG, Scholz D, Hollmann W, Feinendegen LE*: Physical exercise does not increase cerebral metabolic rate of glucose utilization. 15th Int Symposium on Cerebral Blood Flow and Metabolism, Miami (1992)
12. *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 T (eds): Physical activity, fitness, and health. International proceedings and consensus statement. Champaign (1994)
13. *Newsholme EA, Parry-Billings M, McAndrew N, Budgett R*: A biochemical mechanism to explain some characteristics of overtraining. In: Brouns F (ed): *Advances in Nutrition and Top Sport*. Basel 1991, Karger, 79-83
14. *Newsholme EA, Blomstrand E, Ekblom B*: Physical and mental fatigue: metabolic mechanisms and importance of plasma amino acids. *Br Med Bull* 48 (1992) 477-95
15. *Petibois C, Cazorla G, Poortmans JR, Déléris G*: Biochemical aspects of overtraining in endurance sports – A review. *Sports Med* 32 (13) (2002) 867-878
16. *Schmidt D, Krause BJ, Herzog H et al.*: Influence of memory load and on the change of regional cerebral blood flow during verbal working memory in elderly subjects. *Neuroimage* 9 (1999) S907
17. *Schmidt D, Krause BJ, Herzog H et al.*: Age-dependent changes in activation patterns during encoding and retrieval of visually presented word-pair-associates. *Neuroimage* 9 (1999) S908
18. *Siebert G*: Gehirnstoffwechsel und mentale Leistungen unter dem Einfluss von Glucose. *Ernährung/Nutrition*, Vol. 11/ Nr. 7 (1987)
19. *Strüder HK, Hollmann W, Donike M, Platen P, Weber K*: Effect of O<sub>2</sub> availability on neuroendocrine variables at rest and during exercise: O<sub>2</sub> breathing increases plasma prolactin. *Eur J Appl Physiol* 74 (1996) 443-449
20. *Strüder HK, Hollmann W, Platen P, Duperly J, Fischer HG, Weber K*: Alterations in plasma free tryptophan and large neutral amino acid do not affect perceived exertion and prolactin during 90 min of treadmill exercise. *Int J Sports Med* 17 (1996) 73-79
21. *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
22. *Strüder HK, Hollmann W, Platen P, Donike M, Gotzmann A, Weber K*: Influence of paroxetine, branched-chain amino acids and tyrosine on neuroendocrine system responses and fatigue in humans. *Horm Metabol Res* 30 (1998) 18-194
23. *Strüder HK, Hollmann W, Weicker H et al.*: Influence of moderate and excessive endurance training on the serotonergic system. *Int J Sports Med* 20 (1999) S38

Korrespondenzadresse:

Univ.-Prof. mult. Dr. med. Dr. h. c. Wildor Hollmann  
 Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin  
 Deutsche Sporthochschule  
 50933 Köln