

## Entwicklung einer Bewegungs-Neurowissenschaft

Eine grundlegende Aufgabe der sportmedizinischen Forschung besteht in Untersuchungen über den Einfluss von akuter Arbeit und chronischem Training auf Herz, Kreislauf, Atmung, Stoffwechsel und hormonelle Steuerung. Dazu zählen Untersuchungen über die Adaptationsfähigkeit innerer Organe wie z.B. die Lunge, die Leber oder die Nieren. In den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts konnte man nur globale Untersuchungen der menschlichen Leistungsfähigkeit durchführen. Hierzu benutzte man die Messung des Gasaustauschs bei dosierten körperlichen Belastungen. In den fünfziger Jahren kamen dank der von *Forssmann* 1929 eingeführten Herzkatheteruntersuchung Gefäßkatheteruntersuchungen hinzu, welche erstmals periphere hämodynamische und metabolische Einblicke unter den Bedingungen von Arbeit und Training ermöglichten. Eine weitere Bereicherung der leistungsdiagnostischen Möglichkeiten aus sportmedizinischer Sicht stellte die ebenfalls in den 50er Jahren begonnene Anwendung von radioaktiven Isotopen dar.

Ein weiterer wesentlicher Durchbruch in der forschenden Methodik gelang dem Schweden *Bergström* 1962 mit der Einführung der Muskel-Nadelbiopsie. Hiermit konnten nun erstmals nicht nur Muskelfaserstrukturen, sondern auch die biochemischen Vorgänge in der Muskelzelle in Verbindung mit Arbeit und Training sowie in der Bezugnahme auf unterschiedliche Ernährung untersucht werden.

Ein Organ entzog sich jedoch bis Mitte der 80er Jahre allen spezifischeren leistungsdiagnostischen Fragestellungen: das Gehirn. Hier stand nur das Elektroencephalogramm (EEG) zur Verfügung mit seinen in Bezug auf Arbeit und Training beschränkten Aussagemöglichkeiten. Das änderte sich mit der Einführung der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) Ende der 70er Jahre sowie später der Magnet-Resonanz-Tomographie mit ihren verschiedenen Variationsmöglichkeiten. Nunmehr konnten erstmals durch diese sogenannten bildgebenden Verfahren Prozesse im Gehirn sichtbar gemacht werden. Allerdings bezogen sich die einschlägigen Untersuchungen nur auf den Menschen in Körperruhe oder bei Sehen, Hören oder Fingerbewegungen.

Dank neuer technischer Entwicklungen konnten dann in der zweiten Hälfte der 80er Jahre sowie Anfang der 90er Jahre erstmals regionale Gehirndurchblutungen und regionale Gehirnstoffwechselforgänge bei Arbeit auf dem Fahrradergometer beurteilt werden. Dieses war der entscheidende methodische Durchbruch für die Entwicklung einer Bewegungs-Neurowissenschaft. Diesen Begriff prägten wir als zusammenfassende Bezeichnung für regionale hämodynamische, metabolische, kognitive und psychische Verhaltensweisen während körperlicher Aktivität.

Die einschlägigen Forschungsergebnisse haben das Bild der Gehirnfunktionen aus sportmedizinischer Sicht verändert. Wir wissen heute, dass keine statischen, sondern nur

dynamische muskuläre Beanspruchungsformen regionale hämodynamische Veränderungen im Gehirn auslösen. Sie sind grundsätzlich mit unterschiedlichen Neurotransmitteraktivierungen verbunden. Besonders aufregend aber war die Beobachtung, dass jede regional vermehrte Gehirndurchblutung eine lokal gesteigerte Produktion von Nervenzellwachstumsstoffen



Univ.-Prof. mult. Dr. med. Dr. h.c. W. Hollmann, Köln

auslöst, deren Einfluss ihrerseits bis in den Genapparat des Neurons reicht. Hierdurch entsteht eine unerhört enge Verzahnung zwischen Umwelt, körperlicher Aktivität und Gehirnreaktion, deren Konsequenzen die gesamte hormonelle Steuerung wie vor allem die Verhaltensweise des Menschen bestimmen. Die chemische Natur eines durch elektrische Reizung freigesetzten Transmitters wird durch die Stimulationsfrequenz reguliert. So kann ein Neuron bei sehr niedrigen Stimulationsraten eine klassische Transmitter sekretierende Zelle sein, bei sehr hohen Frequenzen eine rein peptiderge Zelle, und bei mittleren Frequenzwerten unterschiedliche Mengenverhältnisse beider Substanzen ausschütten. Indem Umweltreize Frequenz und Muster der Impulse verändern, beeinflussen sie die Natur der übermittelten Information. Dabei bestehen Wechselwirkungen zwischen den an einem Ort lokalisierten Transmitter. Wir lernen heute, die Vielzahl von funktionellen Ebenen im Gehirn zu verstehen, welche letztendlich zum „Ich“ führen. Gene, Moleküle, Synapsen, Neuronen, Neuronenpopulationen und neurale Systeme stellen in Verbindung mit den Informationen aus den fünf Sinnesorganen sowie aus jeweils anderen Gehirnabschnitten die Voraussetzung für die Gehirnfunktion dar. Prozesse, die zu „Gedanken“ und „Ideen“ führen, können wir heute bereits in einem Ringschema zusammenfassen.

Eine Fülle von Details ist noch zu erforschen. Die zu erwartende Information wird vermutlich der monistischen im Vergleich zur dualistischen Theorie über die Funktionsweise des menschlichen Geistes eine noch größere Überlegenheit verschaffen. Auch die Frage nach der Existenz eines „freien Willens“ wird immer mehr der Beantwortung zugeführt werden, wahrscheinlich in dem Sinne, dass er in einer Skala von 1-100 nur einen sehr geringen Spielraum besitzt. Durch Evolution und Selektion sind Geist und Motorik aufs Engste verbunden, weil nur die Abstimmung auf eine gemeinsame Funktion ein Überleben gewährleistet. Darum kommt auch der zukünftigen bewegungs-neurowissenschaftlichen Forschung eine herausragende Bedeutung zu.