



Labor für Bewegungsanalyse – Aufgaben, Verlauf und Methoden

Der aufrechte Gang des Menschen ist ein komplexes Zusammenspiel neuromuskulärer Strukturen. Behinderungen und abweichende Bewegungsabläufe beeinträchtigen die Mobilität des Menschen und beeinflussen die Lebensqualität.

Das Labor für Bewegungsanalyse am Ostschweizer Kinderspital untersucht die Bewegungsabläufe des Menschen und trägt mit ihren Analysen dazu bei, die Behandlung beeinträchtigter Bewegungsabläufe zu optimieren.

Was ist eine instrumentelle 3D-Bewegungsanalyse?

Die instrumentelle 3D-Bewegungsanalyse stellt eine Zusatzmethode dar, welche je nach Fragestellung ergänzend zu den klinischen Untersuchungen und den bekannten Methoden wie Röntgendiagnostik, Kernspinn etc. durchgeführt wird. Zahlreiche Studien belegen die Bedeutung der instrumentellen 3D-Bewegungsanalyse zur Optimierung der Diagnostik und damit der Therapie.

Bei der instrumentellen klinischen Bewegungsanalyse wird mit wissenschaftlicher Genauigkeit der Bewegungsablauf des Patienten erfasst und quantifiziert (Kinemetrie). Zwei in den Boden eingelassene Platten messen die Kräfte die der Patient beim Gehen und Laufen auf den Untergrund ausübt (Dynamometrie). Durch die Kombination dieser zwei Meßmethoden können mit Hilfe eines Computermodells Gelenkmomente sowie die mechanische Leistung berechnet werden. Mit Hilfe dieser Parameter kann man die muskuläre Anforderung und Gelenkbelastungen abschätzen.

Weiterhin kann mit Hilfe der Oberflächenelektromyografie (EMG) die Aktivität mehrerer Muskeln während der Bewegung gemessen und die Abweichung der Muskelaktivität vom „normalen Ablauf“ dargestellt werden.

Die von einem physiologischen Gangbild abweichenden Ergebnisse werden im interdisziplinären Team von Orthopäden, Neurologen, Physiotherapeuten und Bewegungswissenschaftlern diskutiert, befundet und die Konsequenzen für die Therapie festgelegt.



Die klinischen Routinemessungen werden vor allem zur Therapieoptimierung, Operationsvorbereitung und Qualitätskontrolle der Therapieauswirkungen eingesetzt. Daneben findet sie Anwendung bei der Abklärung auffälliger Gangbilder und unklarer Schmerzzustände. Die klinische Bewegungsanalyse wird bisweilen bei Patienten durch das Treppensteigen oder die instrumentelle Laufanalyse methodisch ergänzt.

Vorteile der instrumentellen Bewegungsanalyse

Eine grobe Erfassung des Bewegungsbildes kann über eine einfache Beobachtung mit dem Auge geschehen. Dieses Standardverfahren wird häufig im klinischen Alltag von Ärzten und Physiotherapeuten angewendet. Die Beobachtung des Gangbilds ist subjektiv und von den Erfahrungen des Untersuchers abhängig. Sie erlaubt keine dauerhafte Dokumentation und ist nicht reproduzierbar bzw. kontrollierbar. Auch zu schnelle oder zu komplexe Bewegungen des Patienten können nicht erfasst werden.

Konventionelle Videoanalysen, die oft in Sportgeschäften angeboten werden, können keine Kräfte oder Muskelaktivitäten bestimmen; Sie zeigen in der Regel keine 3D-Winkelverläufe sondern lediglich die Bewegungsaufnahmen in Zeitlupe von mehreren Seiten.

Die instrumentelle Bewegungs- und Laufanalyse erlaubt eine funktionelle (dynamische) Messung des Patienten und die Möglichkeit die Bewegungen grafisch zu veranschaulichen und quantitativ in Zahlen zu fassen. Pathologische Gang- und Bewegungsbilder können von physiologischen Bewegungsmustern eindeutig abgegrenzt werden. Ein wesentlicher Vorteil liegt in einer dreidimensionalen Analyse und der Abschätzung von Belastungen auf die Gelenke des Patienten. So kann die instrumentelle Bewegungsanalyse Zusatzinformationen liefern, welche den Therapieerfolg wesentlich positiv beeinflussen können.



Der Verlauf einer Bewegungsanalyse

Nachdem der Untersuchende anthropometrische Daten (z.B. Größe, Gewicht, Beinlänge) des Patienten erfasst hat, werden an bestimmten anatomischen Punkten des Körpers der Patienten reflektierende Marker angebracht. Zusätzlich werden die EMG-Elektroden auf die Haut geklebt. Das Gangbild des Patienten wird dann gleichzeitig mit den EMG-Daten und den Daten der Kraftmessplatten auf einer Gehstrecke von ca. 10m aufgezeichnet. Für die Analyse werden einige Gangversuche aufgenommen.

Der Patient hat selbstverständlich die Möglichkeit zwischen den Versuchen Pausen einzulegen. Bei sehr schlechter Gehfähigkeit kann die Messstrecke auch verkürzt werden. Im Anschluss an die Bewegungsanalyse erfolgt eine routinemässige klinische Untersuchung (manuelle Untersuchung von Gelenkwinkeln, Muskelkraft, etc.).

Eine Bewegungsanalyse dauert etwa **zwei Stunden** und ist völlig **schmerzfrei**. Während der Analyse treten keine Strahlenbelastungen auf und es werden keine Nebenwirkungen verursacht. In seltenen Fällen können Rötungen der Haut beobachtet werden, verursacht durch die Klebestreifen.

Beim Patienten werden reflektierende Marker auf die Haut aufgeklebt. Notwendig sind u.U. kurze, enganliegende Sporthosen zu dem Untersuchungstermin. Zusätzlich sind gegebenenfalls Orthesen, Schienen, Einlagen oder orthopädische Schuhe notwendig.

Methoden der instrumentellen Bewegungsanalyse

Kinemetrie

Die Kinemetrie ist ein Verfahren zur Objektivierung des räumlich-zeitlichen Verlaufs von Bewegungen. Mittels kinemetrischer Messmethoden können die Grössen Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung definierter Punkte des Körpers erfasst werden. Des Weiteren werden Winkelgrössen zwischen Teilsegmenten des Körpers (z.B. der Winkel im Kniegelenk zwischen Ober- und Unterschenkel) im Verlauf einer Bewegung bestimmt.

Im Labor für Bewegungsanalyse des Ostschweizers Kinderspitals wird hierzu ein synchronisiertes Videosystem mit acht Infrarotkameras zur dreidimensionalen Bewegungsanalyse verwendet. Lichtreflektierende Markierungen an definierten anatomischen Punkten werden von dem System erfasst und rekonstruieren ein schematisches Abbild der Körperteilsegmente. Anhand der Markerpositionen können Gelenkzentren berechnet und Gelenkwinkel im Verlauf des Gehens oder des Laufens bestimmt werden.

Dynamometrie

Die Dynamometrie ist ein Verfahren zur direkten Erfassung von (äusseren) Kräften und den daraus ableitbaren Messgrössen (z.B. Impuls, Drehmomente, Massenträgheitsmomente). Die Bestimmung äusserer Kräfte bei Bewegungen bilden die Voraussetzung zur Abschätzung von inneren Kräften, also den Belastungen auf den menschlichen Körper.

Die Messung der auftretenden äusseren Kräfte erfolgt über das 3. Newtonsche Axiom (actio = reactio), welches besagt, dass Kräfte immer paarweise auftreten. Demnach wirkt auf jede eintretende Kraft eine gleichgrosse entgegengesetzte Kraft. Während dem Gehen oder Laufen treten solche Kräfte zwischen dem Fuss und dem Boden auf. Der Fuss übt auf den Boden eine Kraft aus (actio) und eine gleichgrosse, aber entgegengerichtete Kraft vom Boden wirkt auf den Fuss (reactio). Anhand von Kraftmessplatten, die in den Boden eingelassen sind, können diese reaktiven Bodenreaktionskräfte in ihrer Grösse und Richtung bestimmt werden.

Zusammenwirkend mit den erfassten Gelenkwinkelstellungen können anhand der Kraftdaten Drehmomente an den einzelnen Gelenken bestimmt und Beanspruchungen der betreffenden biologischen Strukturen (Knochen, Bänder, Sehnen und Muskeln) abgeschätzt werden. So ist es unter anderem möglich, unterschiedliche Therapiemassnahmen hinsichtlich einer Belastungsreduzierung der Gelenke miteinander zu vergleichen und zu beurteilen.

Oberflächenelektromyografie

Die Oberflächenelektromyografie ist ein nicht invasives Verfahren, das einen Einblick in die Aktivität und Funktion von Muskeln gewährt. Die Muskulatur ist in der Lage in Form von Kontraktionen Bewegungen des Körpers oder von Teilsegmenten des Körpers auszulösen. Dies geschieht über eine elektrische Erregung der Skelettmuskulatur, wodurch Potentialschwankungen in denen an der Bewegung beteiligten Muskeln entstehen. Diese elektrischen Schwankungen können von EMG-Elektroden auf der Haut (ähnlich einer EKG-Aufzeichnung) registriert werden.

Anhand grafischer Darstellung kann dann die Aktivität einzelner Muskeln beim Gehen oder Laufen veranschaulicht werden. Dabei kennzeichnet vereinfacht dargestellt ein höherer Ausschlag im EMG-Verlauf ein Anstieg der Kontraktionsstärke der entsprechenden Muskulatur. So können z.B. Koordinationsstörungen in einer bestimmten Muskelgruppe erkannt werden. Durch diese Technik werden Abweichungen von der normalen Muskelaktivität im Gangablauf sichtbar.