

Messung von Muskelleistung und Bewegungsanalyse mit dem Leonardo-Meßsystem

Die Fähigkeit, sich sicher und selbständig bewegen zu können, bestimmt unser Schicksal beim Älter werden.

Zuerst die gute Nachricht: 40 % der Frauen und 21 % der Männer werden ihren 85. Geburtstag erleben. Wie sie ihn aber erleben und ob sie ihn auch feiern können, hängt von ihrer gesundheitlichen Verfassung ab. Ein Großteil wird im Rollstuhl an die Festtafel geschoben oder muß gleich im Bett bleiben. Nicht das blanke Überleben, sondern eine möglichst weitgehende Selbständigkeit im Alltag ist Ziel einer altersgerechten Medizin. Was kann die Medizin dazu beitragen, dass wir unser Leben auch in hohem Alter aktiv gestalten und nicht nur passiv und immobil erleiden müssen? Es wird ganz wesentlich um die Fähigkeit zur Bewegung gehen.

Frauen leben im Durchschnitt länger als Männer, sind aber zu einem deutlich höheren Prozentsatz in ihrer selbständigen Alltagsbewältigung eingeschränkt: man spricht vom gerontologischen Paradox. Was haben Männer, was Frauen nicht haben? Wo liegt der entscheidende Engpaß beim Erhalt der physischen Selbständigkeit im Alter?

Die Antwort finden wir in den Muskeln, in ihrer Kraft und Leistung. Leistung muß hier streng physikalisch verstanden werden als „Kraft mal Geschwindigkeit“. Es geht um Bewegungen, die hinreichend kräftig, schnell und geschickt sein müssen, um z.B. aus einem tiefen Sessel aufzustehen oder sich beim Stolpern abfangen zu können. Kraftentwicklung bei schnellen Bewegungen ist der Schlüssel zu einem funktionell erfolgreichen Alter. Eine wichtige Reihe von Untersuchungen hat die Trainierbarkeit der Muskeln bis ins höchste Alter erwiesen. Für eine effektive Altersprävention kommt es wesentlich darauf an, bis ins höchste Alter eine hohe Muskelleistung aufrecht zu erhalten.

Defizite von Muskelkraft und Muskelleistung sind die wichtigsten Ursachen von Pflegebedürftigkeit, Immobilität und Stürzen im Alter. Mehr als 110 000 Hüftfrakturen, 62000 Oberarmfrakturen, 23000 Beckenringfrakturen, und 110 000 Radiusfrakturen pro Jahr in Deutschland sind zu mehr als 90 % die direkte Folge von Stürzen (Zahlen Statistik Bundesamt 2000, stationär behandelte Frakturen).

Um Muskelfunktionen erfolgreich und effektiv trainieren zu können, brauchen wir objektive Meßwerte.

Und jetzt folgt die schlechte Nachricht: die Medizin hat bisher keine guten Meßsysteme für Muskelleistung aufzubieten, gerade wenn es um alltagsrelevante, natürliche Bewegungen geht.

Zum einen wird in medizinischen, besonders sportmedizinischen Texten die Begrifflichkeit der Physik ignoriert. Dies führt zu Problemen, wenn physikalische Größen wie Kraft und Leistung nicht richtig bezeichnet und berechnet werden.

In der täglichen Medizin in Krankenhäusern und Praxen wird Muskelkraft mit groben manuellen Manövern abgeschätzt. Der Patient wird aufgefordert, gegen den manuellen Widerstand des Untersuchers zu drücken oder seine Gliedmaßen anzuheben, eine mehr als 50 Jahre alte Meßanweisung teilt dann die Kraft in ein Fünftel bis fünf Fünftel ein. *Muskelleistung* wird gar nicht gemessen (Der unten zitierte Aufstehtest ist eine rühmliche Ausnahme der Altersmedizin, die meßtechnisch erfahrener und interessierter ist als die anderen medizinischen Fächer.)

Die Messung sog. Isometrischer Kraft bedeutet Bestimmung von Kraft ohne Bewegung, z.B. beim Gegendrücken gegen Meßapparate. Hier ist schon durch den Untersuchungsansatz die Bewegung als entscheidende Komponente ausgeschlossen.

Die Messung der Kraft mit sogenannten isokinetischen Maschinen hat ein entscheidendes Handicap. Man mißt Kraft und Drehmomente in fixierten, „künstlichen“ Körperhaltungen und zudem bei vorgegebenen Winkelgeschwindigkeiten, die nicht den natürlichen Bewegungsabläufen entsprechen.

Hier bringt das Leonardo-Meßsystem (Firma Novotec, Pforzheim, Entwicklung Hans Schiessl) einen medizinisch wertvollen Durchbruch.

Es besteht zur Zeit aus einer Kraftmeßplatte und einer Treppe mit der speziell zum Zweck der Bewegungsanalyse entwickelten Software. Eine „Gangway“ zur Analyse des Gehens steht unmittelbar vor der klinischen Erprobung.

Die Leonardo-Meßplatte und die Leonardo-Treppe gestatten die physikalisch korrekte Messung von Kraft, Geschwindigkeit, Leistung und Bewegung des Körperschwerpunktes während natürlicher Bewegungen.

Man kann auf den Geräten Gehen, aus dem Sitzen aufstehen, sich aus der Hocke oder der Rumpfvorbeugung aufrichten, den Arm heben, wippen, springen oder Treppe steigen, und die speziell entwickelte Meßapparatur zeichnet den Verlauf von Kraft, Geschwindigkeit und Leistung über der Zeitachse auf. Wir gewinnen einen tieferen Einblick in die Mechanik der menschlichen Bewegungen als es vorher möglich war. Die Wiederholung von Bewegungen gestattet es, den Einfluß von Ermüdung zu messen.

Zum Verständnis kurze Erklärungen zu den wichtigen physikalischen Begriffen:

Fitness (WHO-Definition): Fähigkeit, körperliche Arbeit zu verrichten.

Arbeit bedeutet, dass eine Kraft über einen Weg wirkt: $\text{Arbeit} = \text{Kraft} \cdot \text{Weg}$.
Leistung: $\text{Leistung} = \text{Arbeit pro Zeit} = \text{Kraft} \cdot \text{Weg pro Zeit} = \text{Kraft} \cdot \text{Geschwindigkeit}$.

Eine Bewegung kann nicht mit „Kraft“ allein beschrieben werden, sondern muß Kraft und Geschwindigkeit als Produkt begreifen. Dann ist die schnelle Bewegung bei Kugelstoßen mit der vergleichsweise langsamen beim Gewichtheben physikalisch korrekt vergleichbar.

Bei Leistung geht es um Watt, exakt dasselbe wie die PS beim Auto. Die PS im Verhältnis zum Gewicht sagen uns etwas über die Fähigkeit des Fahrzeugs zum Beschleunigen, und genau darum geht es auch bei der menschlichen Bewegung. Wir müssen, um uns auf diesem Planeten selbständig und sicher bewegen zu können, die Masse des Körpers beschleunigen und abbremsen können, die Maßzahl für diese Fähigkeit ist die Leistung. Bitte beachten: Bremsen ist negative Beschleunigung!

Die vielleicht wichtigste motorische Leistung der älter werdenden Menschen ist der Aufgangsschritt beim Stolpern, der einen Sturz verhindern kann, wenn er hinreichend kräftig, schnell und genau ist.

Welche Bewegungen sind aufschlußreich für die körperliche Fitness?

Wissenschaftliche Studien haben ergeben, daß die Fähigkeit, sich so schnell wie möglich aus dem Sitzen aufzurichten, aussagekräftig für Sturzgefahr und die drohende Entwicklung von Mobilitätseinschränkungen und Pflegeabhängigkeit ist. Gemessen wurde die Fähigkeit, so schnell wie möglich ohne Armeinsatz aus einem Stuhl aufzustehen. Wer für fünf mal Aufstehen mehr als 10-12 Sekunden braucht oder etwa gar nicht mehr ohne Armeinsatz aufstehen kann, hat ein statistisch signifikant erhöhtes Risiko:

1. im nächsten Jahr zu stürzen, oder/und in den nächsten vier Jahren
2. Gehfähigkeit für Strecken über 800 m zu verlieren,
3. pflegeabhängig zu werden,
4. zu sterben,
- 5 oder im Pflegeheim versorgt werden zu müssen.

Entscheidend für das Altersschicksal ist die Leistung der unteren Extremitäten gegen die Schwerkraft, die gilt es so genau wie möglich zu messen. Genau dies ist mit dem Leonardo-System möglich. Auf einer Platte bzw. der Treppe und Gangway sind ohne Fixierungen und ohne Vorgabe unphysiologischer Geschwindigkeiten natürliche, alltagsrelevante Bewegungen möglich.

Dazu zählen an erster Stelle das Gehen und Treppensteigen. Daß das Gehen untersucht werden muß, ist offenkundig. Aus dem Gehen heraus entstehen die meisten Stürze, das Gehen ist die hauptsächliche Fortbewegungsart.

Das Auf- und Abwärtsgehen auf einer Treppe bietet sich aus folgenden Gründen für eine Bewegungsanalyse an:

- Es ist eine vergleichsweise schwierige Bewegung, man erkennt also eher als bei einfacheren Bewegungen beginnende Störungen
- Es ist eine „überlernte“ Fähigkeit, d.h. jeder von uns hat sie abertausende Male durchgeführt, es gibt also keinen verfälschenden Trainingseffekt bei der Untersuchung.
- Es geht bei einer Treppe um umfangreiche Schwerpunktverlagerungen, also um den Vorgang, der Energie (=Arbeit) verbraucht.

Auf der Leonardo-Meßplatte ist das Aufstehen und Hochspringen möglich, zwei Bewegungen, die zentrale Elemente der Alltagsmobilität und Sturzvermeidung sind (Aufgangsschritt beim Stolpern!).

Die Testdurchführung ist denkbar einfach: Ein Sprung, und die Watt pro Kilogramm Körpergewicht des Probanden sind bekannt. Damit hat man umgehend einen zentralen Meßwert für die gesamte Fortbewegung (vergleichbar den PS eines Autos). Der Seitenvergleich gibt wertvolle Aufschlüsse, ebenso der Vergleich mit einem altersgleichen Kollektiv. Kaum ein Meßwert hängt so regelhaft und gleichmäßig über alle Menschen vom Alter ab wie die muskuläre Leistung. Der Meßwert ist also in hohem Maße aussagekräftig für die Frage, wie das biologische Alter eines Individuums einzuordnen ist.

Der Vergleich von Kraft- und Geschwindigkeitskurve gestattet zudem Einblicke in die Elastizität des Bewegungsapparates, denn auch bei unserem Gehen gibt es die Speicherung von Energie in elastischen Elementen.

Beim Leonardo-Meßsystem wird die Kraft und das Gewicht gemessen, aus dem Quotienten von Kraft pro Masse ergibt sich die Beschleunigung, die Multiplikation der Beschleunigung mit der Zeit ergibt die Geschwindigkeit, die Multiplikation der Geschwindigkeit mit der Kraft die Leistung. Die Bewegungen des Schwerpunktes ergeben sich als Ortsberechnung aus der Multiplikation der Geschwindigkeit mit der Zeit. Dadurch wird ein wichtiger Meßwert für die Qualität einer Bewegung exakt darstellbar: die Gleichmäßigkeit. Es ist die Kombination von exakter Physik mit praktikabler Testdurchführung und natürlichen Bewegungsabläufen, die die Einmaligkeit und medizinische Brauchbarkeit des Systems ausmachen.

In der geriatrischen Rehabilitation (Aerpath-Kliniken Esslingen-Kennenburg und Ilshofen) wird das Leonardo-Meßsystem (Kraftmeßplatte) seit mehr als einem Jahr eingesetzt. Motorische Therapieerfolge sind so objektiv wie mit keiner anderen Methode zu messen.

Einsatzgebiet sind alle Erkrankungen und Krankheitsfolgen mit Bewegungsstörungen, z.B. Schlaganfall, Parkinson, Nervenleiden nach Diabetes mellitus, aber auch der übliche altersbegleitende Verlust von Muskelleistung, der zu Gehstörungen und Sturzgefahr führt. Gerade die krankheitsbedingt erzwungene Bettruhe oder Immobilität aus vielen verschiedenen Gründen (Schmerzen, Depression, Angst vor Stürzen) führen unisono zur kritischen Einschränkung der Bewegungsfähigkeit, meßbar als verminderte Muskelleistung.

Das Leonardo-Meßsystem ist für die Bewegungen das, was für Herzerkrankungen das EKG ist, sozusagen das EKG der Bewegung. Wir nennen die Methode insgesamt Mechanographie, d.h. Messung der mechanischen Parameter.

Wofür brauchen wir eine Mechanographie? Für alle Entscheidungen, die mit Störungen oder Verbesserungen von Bewegung in der Medizin zu tun haben.

Jährlich werden große Summen in Krankengymnastik und Bewegungstraining investiert, und wir haben bisher wenig objektive Daten, welche Methoden insgesamt und im Einzelfall effektiv sind, eben weil die richtigen Meßverfahren bisher fehlten. Wir müssen unsere Ressourcen effektiv verteilen, nicht nach einem Gießkannenprinzip, nach dem jeder etwas und jeder zu wenig erhält. Motorisch-funktionelle Therapien werden zu selten objektiv gemessen.

Das Leonardo-Meßsystem bringt bei wissenschaftlichen Studien, mit denen verschiedene Therapieverfahren und Trainingsprogramme verglichen und entwickelt werden, objektive Ergebnisse.

Ein anderer wesentlicher Einsatzort sind die Wirkungen von Medikamenten auf die Bewegungen. Gerade ältere sturzgefährdete Menschen müssen mehrere Medikamente nehmen, und es ist nachgewiesen, daß der Einsatz von mehr als vier verschiedenen Medikamenten allein ein Hinweis auf erhöhte Sturzgefahr ist. Wir kennen die problematischen Medikamentenwirkungen auf die Fahrleistung und Verkehrssicherheit, aber für den älter werdenden beginnt die Gefahr nicht erst im Straßenverkehr. Die o.a. Zahlen zu Sturzfolgen sprechen für sich. Viele Medikamentengruppen erhöhen nachweislich die Sturzgefahr: Schlaf- und Beruhigungsmittel, Antidepressiva und Neuroleptica.

Wenn man die gravierenden Folgen der Stürze bedenkt – nach Oberschenkelfrakturen ist eine plus-Sterblichkeit von 20 % und eine plus-Pflegeheimaufnahme von ebenfalls 20 % festzustellen – wundert man sich, daß dem Problem „Erhöhung der Sturzgefahr durch Medikamente“ so wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Mit der Mechanographie ist zusammenfassend eine praktikable, objektive und tiefgehende Analyse von Bewegungen möglich, eine Aufgabe, der sich trotz offenkundiger Notwendigkeit die Medizin bisher noch nicht in hinreichendem Maße gewidmet hat.

Dr. med. Martin Runge
Facharzt für Allgemeinmedizin – Klinische Geriatrie
Facharzt für Physikalische und Rehabilitative Medizin
Ärztlicher Direktor der Aerpah-Kliniken Esslingen-Kennenburg und Ilshofen

Kennenburger Str. 63
73732 Esslingen
Webseite: www.mobility-clinic.de
eMail-Adresse: mrunge@udfm.de

Zusammenfassende wissenschaftliche Informationen in den Lehrbüchern:

M. Runge (1998) Gehstörungen, Stürze, Hüftfrakturen. Steinkopff-Verlag Darmstadt
M. Runge, G. Rehfeld (2001) Mobil bleiben – Pflege bei Gehstörungen und Sturzgefahr. Schluetersche Hannover

Zeitschriftenartikel können beim Verfasser angefordert werden.