

Wie Alter und Krankheit unseren Gang verändern

Wissenschaftler erforschen, wie der menschliche Gang eigentlich funktioniert und wie eng er mit der geistigen Leistungsfähigkeit verbunden ist.

VON KLAUS JAHN UND THOMAS BRANDT

FOSSILE FUSSABDRÜCKE aus Laetoli im Norden Tansanias, die in vulkanischer Asche vor etwa 3,6 Millionen Jahren entstanden sind, sind die ältesten Zeugnisse des zweibeinigen Ganges bei unseren menschenähnlichen Vorfahren (Abb. 2). Der Übergang vom vierbeinigen zum zweibeinigen Gang ging in der Evolution der Größenentwicklung des Gehirns weit voraus (die Art *Homo sapiens* ist vor ca. 200.000 Jahren entstanden) und gilt als einer der wesentlichen Entwicklungsschritte bei der Menschwerdung. Der zweibeinige Gang erlaubt den Werkzeuggebrauch, erleichtert die Kommunikation über Gesten und erweitert die Möglichkeiten der Nahrungsbeschaffung und -aufnahme.

Während der Kindheit entwickelt sich die Fähigkeit zum aufrechten Gehen innerhalb der ersten Lebensjahre und bleibt dann bis ins hohe Alter erhalten. Gerade im Alter sind jedoch Gangstörungen häufig – so haben etwa 35 % der 70-Jährigen einen gestörten Gang – und gelten heute als eine der wichtigsten Determinanten für die Lebensqualität: Gangstörungen führen zu Stürzen mit nachfolgenden Krankenhausaufenthalten, und durch Verletzungs-

Abb. 1: Die Dynamik des menschlichen Ganges illustriert die Bronzeskulptur „Forme uniche della continuità nello spazio“ des italienischen Futuristen Umberto Boccioni. Das Original aus dem Jahr 1913 befindet sich im Museum of Modern Art in New York, die Figur ist auch auf dem italienischen 20-Cent-Stück abgebildet.



folgen und die Angst vor dem nächsten Sturz wird die Mobilität weiter reduziert. Forschungsergebnisse der letzten Jahre zeigen außerdem, wie eng Einschränkungen des Gehens mit der geistigen Leistungsfähigkeit älterer Menschen assoziiert sind. Das ist nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, dass der zweibeinige Mensch für Gangsteuerung und Balanceerhaltung eine gute Hirnkontrolle benötigt.

Wie wird das menschliche Gehen gesteuert?

Die rhythmischen Bewegungsmuster beim Gehen sind auf Rückenmarksebene festgelegt. Interessant ist, dass auch beim Menschen während des Gehens Arme und Beine so koordiniert werden, wie es für den vierfüßigen Kreuzgang vieler Tiere erforderlich ist. Tatsächlich wurde die Existenz der autonomen Rhythmusgeber im Rückenmark vor über 100 Jahren durch Experimente an der Katze nahegelegt. Thomas Graham Brown wies im Jahr 1911 nach, dass Katzen auch nach vollständiger Durchtrennung des Stammhirns – und damit der Trennung von Gehirn und Rückenmark – Schrittbewegungen ausführen. Diese Rhythmusgeber existieren auch beim Menschen, wie die Fähigkeit zu Schrittbewegungen bei querschnittsgelähmten Patienten auf einem Laufband und der Erhalt der Koordination der vier Extremitäten beim Zweibeingang nahelegen. Die Rückenmarkzentren reichen aber nicht aus, um wirklich gut zu gehen. Sie erhalten Informationen von den Sinnesühlern in Muskeln, Sehnen und Haut und stehen unter Kontrolle des Gehirns. Die Hirnkontrolle ist besonders wichtig für jede Änderung beim Gehen: loslaufen, stehen bleiben, schneller werden oder Hindernissen ausweichen (Abb. 3).

In den 1960er und 1970er Jahren wurde wiederum bei der Katze nachgewiesen, dass ganz bestimmte Hirnregionen für die Gangsteuerung entscheidend sind. In diesen „Lokomotionsregionen“ (Lokomotion = Fortbewegung) konnten die Wissenschaftler durch Stromreizung Schrittbewegungen auslösen und die Schrittfrequenz beeinflussen. Lange war es unklar, ob ähnliche Strukturen beim Menschen existieren. Erste Hinweise auf humane Lokomotionsregionen ergaben sich bei Patienten mit umschriebenen Läsionen nach einem Schlaganfall.

In den letzten Jahren konnten wir und andere Forschergruppen die für das Gehen wichtigen Hirnregionen darstellen und haben das Netzwerk für die Gangsteuerung beim Menschen besser verstehen gelernt. Die Methoden, die man dabei verwendet, sind die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT), bei der die Hirn-

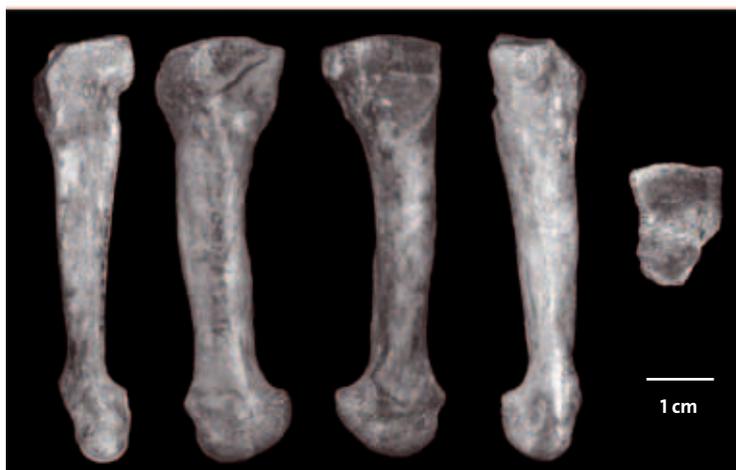
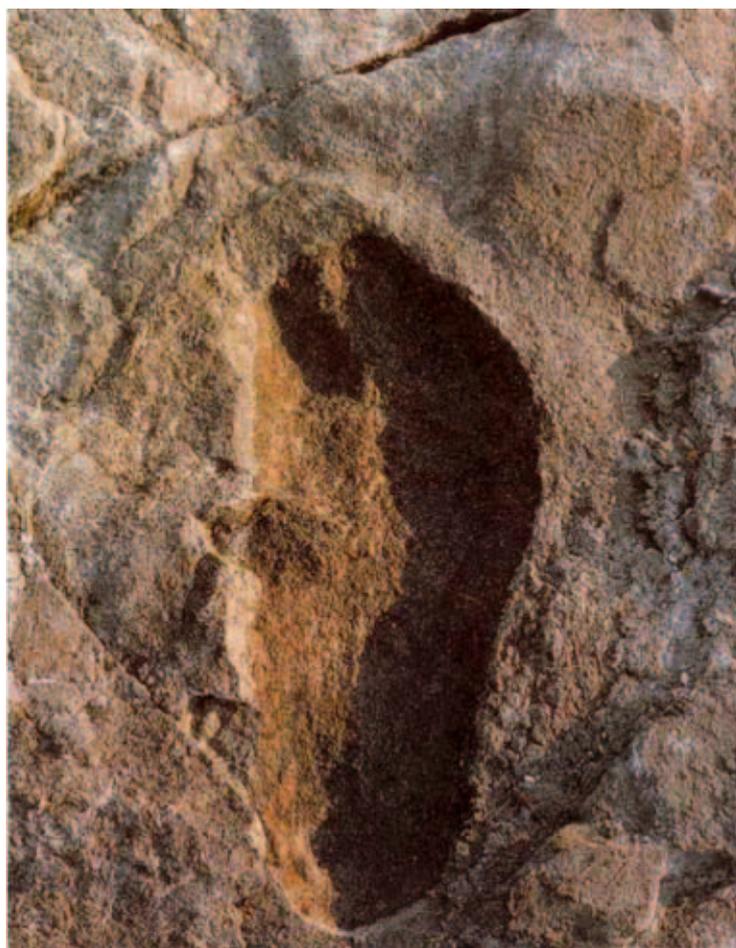


Abb. 2: Die ältesten Zeugnisse des zweibeinigen Ganges bei unseren Vorfahren: oben ein Fußabdruck aus dem Laetoli-Gebiet in Ostafrika, der vor ca. 3,6 Millionen Jahren entstand, unten ein Mittelfußknochen – mehr als 3 Millionen Jahre alt, aus Äthiopien –, dessen Wölbung den Zweibeingang beweist.

aktivität indirekt über Änderungen des Sauerstoffverbrauchs im Blut gemessen wird, und die Positronenemissionstomographie (PET), bei der der Zuckerverbrauch der Nervenzellen bestimmt wird. Da im MRT jedoch jede Beinbewegung zu Bildunschärfe führt, machten wir uns die Tatsache zunutze, dass *vorgestellte* und *tatsächliche* Bewegungen zu sehr ähnlicher Hirnaktivität führen und untersuchten daher vorgestelltes Gehen. Besonders der Stirnlappen des Großhirns, der auch sonst für Antrieb und Initiative Bedeutung besitzt, und Neuronengruppen im Stammhirn und im Kleinhirn sind für das Gehen beim Menschen wichtig (Abb. 4). Die Kenntnis dieser

Strukturen ist wichtig, um Gangstörungen zu behandeln. So kann man beispielsweise bei der Parkinson-Erkrankung die Unfähigkeit loszulaufen verbessern, indem man die Lokomotionsregionen im Mittelhirn elektrisch stimuliert. Bei Kleinhirnerkrankungen können Medikamente die rhythmische Aktivität der Zellen verbessern und machen so auch das Gehen gleichmäßiger.

Gang und Kognition bei Alter und Krankheit

Altern führt nicht unweigerlich zu gestörtem Gehen und Sturzgefahr. Beim normalen Altern nimmt vor allem die Geschwindigkeit ab, nach dem 60. Lebensjahr um etwa 1 % pro Jahr. Obwohl es viele Ursachen dafür gibt, dass man im Alter langsamer wird (z. B. Biomechanik der Muskeln und Gelenke, Funktion der Sinnesorgane, Signalverarbeitung im Gehirn, Leistungsfähigkeit von Herz und Lunge) und diese Ursachen in vielfältiger und komplizierter Wechselbeziehung stehen, hat sich die Ganggeschwindigkeit dennoch als ein sehr aussagekräftiger Parameter herausgestellt, um die Gesundheit älterer Menschen zu beurteilen. Geht ein Mensch spontan

Abb. 3: Die Skulptur „Walking Man“ von Jonathan Borofsky (1995) vor dem Gebäude der Munich Re in München illustriert, wie der Mensch seine Fortbewegung kontrolliert (sog. Lokomotion). Das Grundbewegungsmuster ist im Rückenmark festgelegt. Das spinale Lokomotionszentrum wird vom Gehirn aktiviert und interagiert mit den sensorischen Systemen.

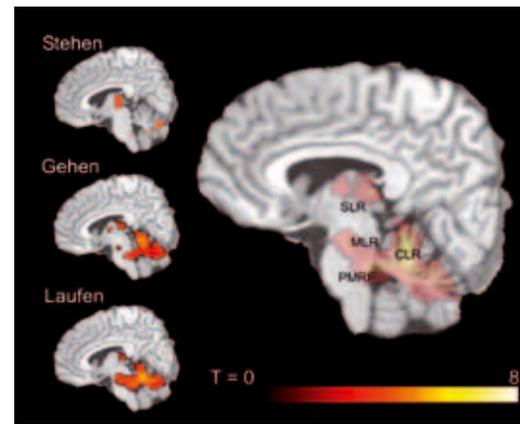


Abb. 4: Hirnareale für die Gangsteuerung beim Menschen. Die Abbildung zeigt vertikale Schnittbilder des Hirns mit Magnetresonanztomographie bei einer Gruppe von 26 gesunden Personen, die sich Stehen, Gehen und Laufen im Scanner vorgestellt haben. Links sind die unterschiedlichen Aktivierungen für die Bedingungen zu sehen, rechts ist die Aktivierung für Gehen und Laufen gezeigt. Die Beschriftung zeigt die ungefähre Lage der Lokomotionsregionen an. Abkürzungen: CLR – cerebelläre Lokomotionsregion, MLR – mesencephale Lokomotionsregion, PMRF – ponto-medulläre Formatio reticularis, SLR – subthalamische Lokomotionsregion.

langsamer als 0,6 m/s, so ist er in den allermeisten Fällen auf Hilfe angewiesen. Auf der anderen Seite sind praktisch alle Personen, die schneller als 1 m/s gehen, selbstständig.

Auch die Wahrscheinlichkeit zu versterben korreliert eng mit der Ganggeschwindigkeit (Abb. 5). In der Weihnachtsausgabe des British Medical Journal erschien 2011 ein Artikel mit dem Titel „How fast does the Grim Reaper walk?“ („Wie schnell geht der Sensenmann?“). In der Langzeitbeobachtung von fast 2.000 älteren Männern in Sidney (Australien) wurde festgestellt, dass die höchste Wahrscheinlichkeit zu sterben bei einer Ganggeschwindigkeit von 0,82 m/s besteht. Keiner der Männer, die schneller als 1,36 m/s gingen, verstarb während des Beobachtungszeitraums. Die Schlussfolgerung aus diesen Daten war die Annahme, dass der Sensenmann nicht schneller als 1,36 m/s gehen kann und dass diese Geschwindigkeit anzustreben sei, um dem Tod sicher zu entgehen.

Neben der Geschwindigkeit ist es die Wechselbeziehung zwischen Geist und Mobilität, die für die Einschätzung von Sturzgefahr und Einschränkung der Lebensqualität Bedeutung hat. Normalerweise läuft das Gehen sehr automatisiert

ab und erfordert nur wenig Aufmerksamkeit. In schwierigen Situationen, die mehr Haltungskontrolle erfordern, müssen andere Aktivitäten, z. B. eine Unterhaltung, gegebenenfalls unterbrochen werden, um die Haltungskontrolle sicherzustellen. Im Alter nimmt die Hirnkontrolle des Gehens zu. Für manche Hirnerkrankungen wie die Parkinson-Erkrankung und Demenzen ist es ein typisches Zeichen, dass auch einfaches Gehen bei gleichzeitiger geistiger Beanspruchung nicht möglich ist. Das Stehenbleiben beim Gehen, sobald eine Unterhaltung begonnen wird (der schwedische Arzt Lillemor Lundin-Olsson prägte dafür 1997 die eingängige Formulierung „Stops walking when talking“), ist ein empfindliches Zeichen für erhöhte Sturzgefahr. Der Arzt kann die so genannte „Dual-task“-Fähigkeit – also die Möglichkeit, sich auf zwei Dinge gleichzeitig zu konzentrieren – leicht testen, indem er beim Gehen zusätzliche Aufgaben stellt (z. B. Rechenaufgaben, Wortlisten). Wird der Patient dann auch bei einfachem Gehen sehr viel langsamer oder bleibt gar stehen, so besteht der Verdacht auf eine deutliche Beeinträchtigung der Hirnleistung. Die Funktionsstörung, die meist durch vermehrten Nervenzelluntergang (Neurodegeneration) verursacht wird, führt dazu, dass die verbleibenden Neuronen überlappende Aufgaben haben. Wenn dann der Gleichgewichtserhaltung nicht höchste Priorität eingeräumt wird, kommt es zu Stürzen. Bei der Parkinson-Erkrankung stürzen beispielsweise über 50 % der Patienten mehr als einmal innerhalb von 12 Monaten. Es hat sich gezeigt, dass diejenigen Personen, die langsamer oder unregelmäßiger gehen, häufiger eine Demenz entwickeln. Umgekehrt hat die Mehrheit der demenzten Patienten eine Gangstörung mit wiederholten Stürzen.

Konsequenzen für die Mobilität im Alter

Störungen des Gehens im Alter sind in vielen Fällen Ausdruck einer Kombination von Störungen an Muskeln, Gelenken, Nerven und beeinträchtigter Hirnfunktion. Auch die Therapie erfordert daher die Kombination mehrerer Verfahren: Bei der Parkinson-Erkrankung werden Krankengymnastik, Medikamente und Stimulationselektroden in Lokomotionsregionen des Gehirns eingesetzt, um das Gehen zu verbessern. Die Sturzgefahr kann z. B. durch Medikamente reduziert

werden, die die Verfügbarkeit des Überträgerstoffs Acetylcholin im Gehirn erhöhen. Der wahrscheinliche Mechanismus ist eine Verbesserung der Signalübertragung an einer wichtigen Lokomotionsregion im Mittelhirn. Auch körperliches Training hilft bei Gangstörungen.

Allgemein ist inzwischen nachgewiesen, dass Gehen nicht nur die körperliche, sondern auch die geistige Leistungsfähigkeit verbessert. Je länger die tägliche Gangstrecke, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, eine Demenz zu erleiden. Bedeutet dies nun, dass man im Alter so schnell und so viel wie möglich gehen sollte? Tatsächlich kann zumindest im Tierversuch die Neubildung von Nervenzellen aus Stammzellen durch körperliche Aktivität ebenso wie durch kognitive Aufgaben angeregt werden. Körperliche und kognitive Aktivität wirken dabei additiv. Wahrscheinlich wird auch beim Menschen der Stammzellpool im erwachsenen Gehirn durch Gehen und Sport aktiv gehalten, so dass körperliche Aktivität eine der wirksamsten Maßnahmen ist, um einer drohenden Neurodegeneration entgegenzuwirken. ■

DIE AUTOREN

Prof. Dr. med. Klaus Jahn ist Oberarzt an der Neurologischen Klinik der LMU München und am Deutschen Schwindelzentrum (IFB^{LMU}).

Prof. Dr. med. FRCP Thomas Brandt ist im Rahmen einer Hertie-Senior-Forschungsprofessur Direktor des Instituts für Klinische Neurowissenschaften der LMU München sowie Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und Sprecher des vom BMBF geförderten Deutschen Schwindelzentrums (IFB^{LMU}).

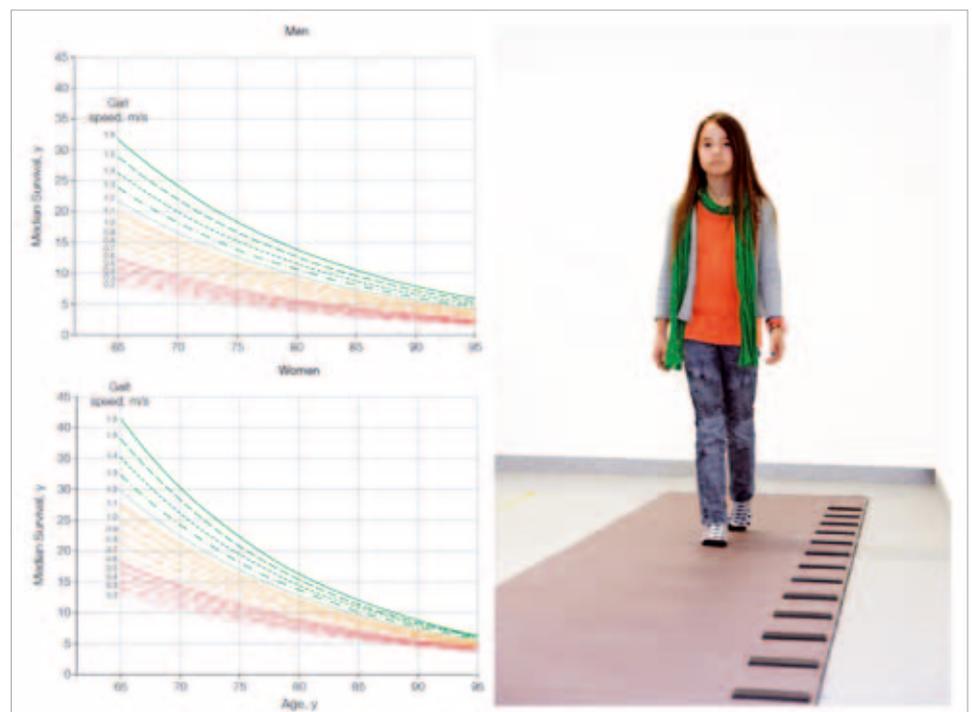


Abb. 5: Lebenserwartung in Abhängigkeit von der Ganggeschwindigkeit. Die Diagramme zeigen für Frauen und Männer, dass die mittlere Lebenserwartung (y-Achse) bei gegebenem Alter (x-Achse) von der Ganggeschwindigkeit abhängt. Rechts eine junge Patientin bei der Ganguntersuchung auf einem Sensorteppich im Ganglabor Großhadern. Dort werden Parameter wie Schrittlänge, Schrittfrequenz und Variabilität der Schritte gemessen, um z. B. das Sturzrisiko einzuschätzen oder den Effekt der Therapie zu dokumentieren.