

nach der Terminologie von C. Krause, die Ref. (Handbuch der speziellen Anatomie 1879 S. 900) beibehalten hat, verzweigt sich der fragliche Nerv unterhalb des Verbreitungsbezirks der *Nn. cutanei clunium medii* und ist daher den letztern zuzurechnen. Hirschfeld und Leveillé, Sappey, Quain-Hoffmann haben den Nerven bereits abgebildet, ohne seiner besonders zu gedenken.

Von sonstigen Details soll nur noch die Darstellung der allgemeinen Anatomie des sympathischen und seiner Beziehungen zum eerebrospinalen Nervensystem als in physiologischer wie praktischer Beziehung gleich wichtig hervorgehoben werden.

W. Krause (Göttingen).

Die Mechanik des menschlichen Ganges.

Von

Prof. H. v. Meyer (Zürich).

(Schluss.)

Diese Vorrichtung wird in zweierlei Art angewendet:

- 1) Der geschwärzte Cylinder ist auf einem Gestell (Photographentisch) unbeweglich festgestellt, jedoch so dass zwischen ihm und dem Tisch eine cylindrische Stange als Träger für ihn sich befindet; — auf einem besondern Gestelle, welches sich um diesen Träger als um seine Axe drehen kann, ist der Schreibeapparat angebracht; — mit diesem in Verbindung befindet sich eine drei Meter lange horizontale Stange; — an deren freiem Ende geht, die Stange vor sich her schiebend, die Versuchsperson im Kreise herum, wie das Pferd am Göpel; — die Stange trägt dabei die zur Verbindung mit dem Schreibeapparat dienenden Kautschukschläuche. Auf diese Weise dreht also die Versuchsperson, während sie den kreisförmigen Versuchsgang macht, den ganzen Schreibeapparat um den feststehenden Cylinder und zeichnet dadurch die Kurve (Abbildung dieser „manège“ bei Carlet Taf. XI).
- 2) Die Versuchsperson trägt das Gestell des Schreibeapparats fest in der Hand; — und bewegt sich in gerader Linie vorwärts; — hierbei bewegt sich der Cylinder in bekannter Weise durch Hilfe eines Uhrwerks an den Nadelspitzen vorbei (Abbildung dieser Verwendung bei Marey S. 131).

Unzweifelhaft ist dieser Apparat sehr sinnreich konstruirt. Aber — selbst zugegeben, dass wir die Gesetze eines vorausgesetzten „typischen oder natürlichen Ganges“ aus der Beobachtung der äußern Erscheinung einer gehenden Person kennen lernen können — können wir einen solchen Apparat für geeignet erkennen, das Bild eines „natürlichen“ Ganges zu geben? Jedermann weiß, welche unbedeutende

Kleinigkeiten modificirend auf den Gang einwirken; warnen doch schon die Brüder Weber vor Versuchen bei windigem Wetter, und wie anders gestaltet sich der Gang in Pantoffeln gegenüber demjenigen in knappen Stiefeln, — sollte da das Schieben an der Stange, das Tragen des Kautschukballs in der Hand, die schwerfälligen Versuchsschuhe und das in der *regio pubis* fixirte Stäbchen ohne Einfluss sein, abgesehen von der Befangenheit, welche eine jede Versuchsperson in dem Bewusstsein empfindet, dass jetzt jede, auch die kleinste, Bewegung protokolliert wird?

Indessen ist es doch ein Gang und zwar derjenige, wie ihn Herr C. und Andere in diesem Apparat ausführen konnten. — Sehen wir, welche Sätze er aus seinen Versuchen ziehen durfte, wobei indessen zu bemerken ist, dass er von deutschen Arbeiten nur diejenigen der Brüder Weber kennt und gelegentlich sich in eine nach Sachlichem und nach Ton recht unpassende Polemik gegen dieselben einlässt.

Seine ersten Untersuchungen gehen auf die Trittsspur (*foulée*), und er findet hier als ersten Satz, dass die Ferse früher aufgesetzt werde als die Spitze. Gleich in diesem Satze begegnet uns aber schon das Missliche des individuellen Versuchs, indem dieses, abgesehen von dem Einfluss der Absätze, nur wahr ist für den Gang mit mehr rückwärts geneigtem Oberkörper, wobei der hintere Ergänzungsbogen größer ist; bei flüchtigem Gang mit mehr vorwärts geneigtem Oberkörper, wobei der vordere Ergänzungsbogen größer ist, tritt die Spitze früher auf. — Die weiteren Sätze lehren uns nichts Neues, sie bestätigen nur die bekannten Sätze, welche schon in der Definition des Ganges (gegenüber derjenigen des Laufes etc.) enthalten sind, dass nämlich eine gewisse Zeit lang beide Füße zugleich den Boden berühren, indem der vorgesezte Fuß auftritt, während der andere noch nicht vom Boden abgelöst ist, — dass das abgelöste Bein nach vorn schwingt, — dass die Zeit eines Schritts zerfällt in die Zeit, in welcher das eine Bein stützt, während das andere schwingt, und die Zeit, in welcher beide Beine stützen — und dass die Zeit, während welcher ein Fuß auf dem Boden steht, zerfällt in die Zeiten, während welcher 1) der andere noch mit dem Boden in Berührung ist, 2) das Bein der andern Seite schwingt, 3) er sich selbst vom Boden ablöst. — Neue Ergebnisse der graphischen Methode sind nur die folgenden, wobei indessen im Auge zu behalten ist, dass der Schritt des Experimentators der Art ist, dass er die Ferse zuerst aufsetzt: der schreitende (stemmende) Fuß drückt stärker auf den Boden als der ruhende; je größer der Schritt, desto stärker der Druck, — der Wert des Drucks erreicht höchstens 20 Kgr., — die Ferse erreicht schneller das Maximum des Drucks als die Spitze, — der Druck der Ferse bleibt sehr constant, der Druck der Spitze wird aber bei längern Schritten stärker. — Diese Sätze ließen sich indessen mit einiger Kenntniss der Mechanik a priori ableiten.

Die zweite Reihe von Untersuchungen geht auf den Schritt und zwar auf dessen Länge und Dauer im „natürlichen Gang“, wobei er das Weber'sche Gesetz bestätigt, dass die Zeitdauer des Schritts abnimmt in dem Verhältniss, wie dessen Länge zunimmt, — eine Tatsache, welche sich nach meinen Untersuchungen daraus erklärt, dass in dem schnellern Gang der vordere Ergänzungsbogen einen größern Anteil an dem Schritt gewinnt.

Die dritte Reihe geht auf den Mechanismus der Beine d. h. dessen äußere Erscheinung, welche er in derselben Weise beschreibt, wie die Brüder Weber. Indess erklärt er sich auch gegen die reine Pendelbewegung des schwingenden Beins und will dessen Bewegung nur von Muskeltätigkeit herleiten. — Die graphische Methode wendet er hier für die Untersuchung der Bewegung des Trochanters im Raume an. Er findet hiebei, dass während des Schwingens der Trochanter des schwingenden Beines etwas nach vorn rückt (der horizontale Bogen meiner Analyse des Schritts). Im Uebrigen findet er nur selbstverständliche Sätze: dass mit jedem Schritte auch der Trochanter um einen Schritt vorrücke, — dass der Trochanter bei gespreizten Beinen tiefer stehe, als bei geschlossenen, — dass er bei breitspurigem Gange stärkere horizontale Schwankungen mache als bei schmalspurigem, — dass der linke Trochanter am weitesten nach rechts schwankt, wenn auch der rechte sein Maximum der Schwankung nach rechts hat, etc.

Die vierte Reihe von Untersuchungen geht auf die Schwankungen des Rumpfes. Dass er hierbei die *regio pubis* als maßgebend benutzt, beweist, dass er keine Kenntniss von den Schwankungen der Beckenneigung während des Gehens besitzt, sondern, wie die Brüder Weber, die Beckenneigung als ein während des Gehens Unveränderliches ansieht. Durch die Benutzung der Bewegungen der *regio pubis* erhält er deswegen nur Kurven, welche das Produkt sind von der Bewegung des Rumpfes überhaupt und der Eigenbewegung dieser Gegend durch die Schwankungen der Beckenneigung. — Abgesehen von diesem Fehler bringt er über die vertikalen wie über die horizontalen Schwankungen des Rumpfes nichts Neues, wenigstens nichts, was sich nicht eigentlich von selbst versteht. Wir erfahren nämlich nur, dass der Rumpf horizontale Schwankungen nach rechts und nach links ausführt, deren Maxima daum gefunden werden, wenn der Rumpf nur von einem Beine äquilibrirt getragen wird; er hat also z. B. das Maximum seiner Schwankung nach rechts in dem Augenblicke, wo er auf dem rechten Beine allein steht, während das linke schwingt. Ferner erfahren wir, dass der Rumpf auch vertikale Schwankungen ausführt, deren Maxima mit dem Stehen auf einem Beine zusammenfallen, während die Minima in die Zeit fallen, in welcher beide Beine auf dem Boden stehen. Je breitspuriger der Gang ist, um so stärker sind die horizontalen Schwankungen; und je

länger die Schritte, um so stärker die vertikalen Schwankungen. Obgleich es selbstverständlich ist, dass die Maxima der vertikalen Schwankungen durch die Beinlänge unveränderlich bestimmt werden, wird es doch als ein „fait remarquable“ bezeichnet, dass die Maxima für alle Schrittlängen konstant sind, während die Minima mit denselben variiren. — Indess ist doch noch eine Bemerkung in Bezug auf die vertikalen Schwankungen hervorzuheben, die ebenso selbstverständlich ist, wie die anderen, dass nämlich, wenn die Ferse des tragenden Beines als Beginn der Ablösung des Fußes von dem Boden gehoben wird, so dass also dieses Bein für den Augenblick auf den Zehen steht, der Rumpf um 10 Mm. höher gestellt ist, als wenn er auf flachen Füßen aufrecht steht (S. 67).

Die fünfte Reihe geht auf die Neigung des Rumpfes gegen den Boden, für deren Messung Carlet einen besondern Rahmen konstruirt hat, welcher longitudinal an die Mittellinie des Rumpfes angelegt wird. Er unterscheidet hier seitliche Neigungen und Neigungen nach vorn. Die seitliche Neigung ist am schärfsten ausgesprochen in dem Zeitpunkte, in welchem der Rumpf nur durch ein Bein unterstützt wird, und zwar neigt sich der Rumpf nach der gestützten Seite hin, also nach rechts, wenn das rechte Bein das stützende ist. (Eine Aequilibrirungsbewegung, welche zugleich den Vorteil gewährt, die Beckenseite des schwingenden Beins zu heben und damit dem Schwingen desselben freiere Bahn zu gewähren. Ref.). — Die Neigung nach vorn, welche nach Carlet's Bestimmungen 10° niemals überschreitet, findet ihr Maximum ebenfalls in dem Zeitpunkte des einseitigen Stützens durch nur ein Bein, und ihr Minimum in dem Zeitraume des Aufstehens beider Beine; das Aufrichten des Rumpfes in diesem Augenblicke geschieht ziemlich plötzlich. (Dass dieses mit den Beckenschwankungen in Verbindung steht, ist aus meinem Aufsatze über Kniebeugung etc. in Reichert und Du Bois Archiv 1869 zu ersehen. Ref.) Die Stärke der Vorwärtsneigung nimmt mit der Größe der Schritte zu; nach den Brüdern Weber ist dieses indessen nicht notwendig. (Aeußerungen der Individualität des Versuches. Ref.)

In der sechsten Reihe beobachtet er die Rotation und Torsion des Rumpfes. Als Rotation beschreibt er die horizontale Bewegung des Beckens, welche ich in Müller's Archiv 1853 S. 549 als „horizontalen Bogen“ der Vorwärtsbewegung beschrieben habe. Als Torsion bezeichnet er die Bewegung des Rumpfes in sich, welche dadurch entsteht, dass während der erwähnten Drehung des Beckens die Schultergegend durch die Pendelung der Arme die entgegengesetzte horizontale Drehung erfährt. Wenn man aber die Arme an den Rumpf festbindet, so dass sie nicht pendeln können, so bleibt die Torsion aus und es tritt nur Rotation des Rumpfes ein.

Zuletzt bespricht er noch die Aktion der Lendenmuskeln und findet, dass diese sich in dem Zeitraume des Aufstehens beider

Beine stark zusammenziehen. (Diese Erscheinung habe ich in Reichert und Du Bois Archiv 1869 bereits genauer beschrieben und motivirt. Ref.) Nach Carlet lässt die Kontraktion der Lendennuskeln auf der Seite des stützenden Beines schneller nach, als auf der Seite des schwingenden Beines.

Wie aus der gegebenen Darlegung von Carlet's Untersuchungen hervorgeht, sind deren Ergebnisse höchst unbedeutend und in keinem Verhältnisse zu dem angewendeten großartigen Apparate. Das Meiste ist entweder nicht neu oder selbstverständlich; letzteres scheint er selbst zu fühlen, indem er an verschiedenen Orten sich äußert: le resultat pouvait être prévu. Dennoch fasst er seine Ergebnisse in nicht weniger als 85 Thesen zusammen.

Vierordt (Das Gehen des Menschen in gesunden und kranken Zuständen. Tübingen 1881) ahmt Carlet's Untersuchungen nach, jedoch mit den Unterschieden, dass er eine gradlinige Wandelbahn statt einer kreisförmigen benützt, dass er Carlet's pneumatische Telegraphie zwischen der Versuchsperson und dem Apparate durch eine elektrische ersetzt, und dass er durch die Versuchsperson komplizirtere Apparate tragen lässt, um mehr Elemente des Ganges in der graphischen Aufnahme dargestellt zu finden. Im Uebrigen kennt er, wie Carlet, auch von deutschen Arbeiten nur die Weber'schen.

Seine Untersuchungen zerfallen in zwei Haupttheile, nämlich

- 1) das Gehen in seinen räumlichen Beziehungen; — hiefür benützt er seine zeichnenden Schuhe und andere Ausstattungen der Versuchsperson;
- 2) die zeitlichen Verhältnisse der Gehbewegung; — hiefür benützt er den rotirenden Cylinder (Kymographion) und die elektrische Telegraphie.

Der ausgesprochene Zweck beider Untersuchungen geht dahin, ein typisches Bild des „natürlichen“ Ganges zu entwerfen, um dasselbe als Prüfungsmittel für pathologische Gangarten zu benutzen, deren Bild durch dieselben Apparate aufzunehmen sein würde. Es blickt also hierbei die Meinung durch, dass seine Apparate künftig unter die diagnostischen Hilfsmittel aufgenommen werden sollen. — Zur Erläuterung dieses Standpunktes zerfällt jeder der beiden Haupttheile wieder in zwei Unterabteilungen, deren eine der Darstellung der physiologischen Verhältnisse gewidmet ist, die andere der Darstellung pathologischer Gangarten, welche durch verschiedene Ursachen bedingt sind (Formfehler des lokomotorischen Apparats und neuropathische Zustände).

Uns interessiren hier zunächst nur die beiden physiologischen Abteilungen.

Für das unmittelbare Zeichnen der „räumlichen Beziehungen“ des Ganges dienen zunächst die zeichnenden Schuhe, feste Filzschuhe,

welche drei mit einem farbegetränktem Schwämmchen versehene Röhren tragen, eines an dem Fersenende und je eines auf jeder Seite des breitem Teils der Vordersohle; durch dieses Hilfsmittel werden Abdrücke der Fußspuren gewonnen. — Für Gewinnung der Horizontal- und der Vertikalprojektion bedient sich V. feiner Röhren, welche gefärbte Flüssigkeit ausspritzen. Für die Horizontalprojektion befindet sich ein solches Spritzröhrchen vertikal gerichtet an der äußern Seite des Fersenteils des Schuhs und ein anderes horizontal nach hinten gerichtet in der Kreuzbeinengegend des Rumpfs. Für die Vertikalprojektion befindet sich eine zweite horizontal gerichtete Ausflussspitze an dem Röhrchen, welches an dem Fersenende des Schuhs angebracht ist, — an den Oberschenkel und an den Unterschenkel wird je eine Schiene angelegt, welche an jedem Ende ein horizontal nach außen gerichtetes Röhrchen trägt, — und ein gleiches Röhrchen wird an einem Gürtel in der Weichenengegend des Rumpfs getragen; — ferner sind noch solche Röhrchen an den Handgelenken befestigt, damit auch die Schwingungen der Arme gezeichnet werden. — Die Behälter, aus welchen die Spritzröhren gespeist werden, werden teils auf dem Rücken, teils auf dem Kopfe getragen. Die durch diese Hilfsmittel gewonnenen Zeichnungen werden teils durch einen auf dem Boden liegenden, teils durch einen senkrecht gestellten Papierstreifen aufgenommen.

Es ist wol die Frage erlaubt, ob ein mit diesem Apparat ausgestattetes Versuchsindividuum einen unbefangenen „natürlichen“ Gang haben kann? Wir müssen diese Frage unbeantwortet lassen und uns nicht minder in Bezug auf die Zuverlässigkeit der Spritzapparate mit der Versicherung des Autors beruhigen, dass sie „absolut sicher“ seien.

Als Ergebniss von V.'s Versuchen ist nun Folgendes anzuführen:

- 1) Die Schrittlänge ist selbst in dem einzelnen Versuche sehr verschieden, z. B. in den 13 einfachen Schritten des ersten Versuchs (den ersten kleinern Schritt abgerechnet) um 145 Mm. und ist unabhängig von der Schnelligkeit; — jedes Bein hat seine eigene mittlere Schrittlänge z. B. in einem bestimmten Falle das linke Bein 630,2 Mm. und das rechte Bein 640,8 Mm.
- 2) Die Spreizweite d. h. der seitliche Abstand je zweier Fersenspuren von einander variirt sehr bei derselben Person und selbst im einzelnen Versuch; z. B. in dem oben erwähnten ersten Versuch bei 13 Schritten zwischen 132 Mm. und 180 Mm.
- 3) Die Winkelstellung der Füße gegen die Richtungslinie variirt ebenfalls sehr in demselben Versuche; z. B. in dem erwähnten Versuch zwischen 11° und 19° .
- 4) Die seitliche Abweichung von der vorgeschriebenen Richtungslinie betrug in den Versuchen im Mittel 16,3 Mm. (Gränzen 8,9 Mm. — 27,8 Mm.) bald nach rechts bald nach links.

In Bezug auf die Bewegungen des ganzen Beins erklärt er sich ebenfalls gegen die reine Pendeltheorie und will das Schwingen von Muskeltätigkeit herleiten, — für die Abwicklung des stammenden Beins will er für größere Schritte Kniestreckung, für kleinere „aus Bequemlichkeit“ Kniebeugung wählen (die richtige Deutung der Kniebeugung und eine eingehendere Analyse der Pendelschwingung habe ich in Reichert und Du Bois Archiv 1869 gegeben). Durch die Vertikalprojektion der Beinschwingung kommt V. zu dem Satze, welchen 1850 bereits Lucae (Froriep's Tagesberichte) ausgesprochen hat, dass der Unterschenkel mit dem Fuße nicht nur mit dem Oberschenkel schwingt, sondern auch eine eigene Schwingung in seiner Aufhängung an dem Oberschenkel zeigt. — Ferner bestätigt er die Bemerkung von Carlet, dass die Hebung des Rumpfes auf das stützende Bein mit einem gewissen Ruck geschieht, wobei nach seiner Bemerkung das sich streckende Knie etwas nach hinten weicht.

Ueber die vertikalen und horizontalen Rumpfschwankungen findet sich nichts wesentlich Neues.

Beim Gehen auf den Zehen findet V. die Schritte kleiner und die Spreizweite größer als bei dem Gehen auf der ganzen Sohle; auch soll die Ferse beim Abtreten sich etwas nach innen und hinten wenden.

Der zweite Hauptteil ist den Zeitverhältnissen beim Gehen gewidmet und bietet also weniger Interesse für den Mechanismus des Ganges, namentlich da die Ergebnisse in absoluten Zahlen aufgestellt sind, welche nur individuellen Wert haben können. Dennoch enthält derselbe mehrere Gesetze von einigem Interesse.

Es ist nämlich aus den graphischen Darstellungen zu ersehen, dass in dem einzelnen Versuche die Schnelligkeit der Schritte eine ungleiche ist und zwar nicht nur für den Doppelschritt, sondern auch für den einzelnen Schritt, — und ebenso die Zeit des Ruhens auf einem Fuße, die Zeit des Schwingens des Beins und die Zeit des Abwickelns der Sohle, wobei die größere Schnelligkeit oder die Langsamkeit abwechselnd an beiden Beinen bemerkt wird und zugleich an dem einen der beiden Beine vorherrschen kann.

Mit zunehmender Schnelligkeit des Ganges nimmt die Zeitdauer für dessen einzelne Teile, nämlich die Dauer des Stehens auf einem Beine, die Dauer des Schwingens und die Dauer des Abwickelns der Sohle ab, — der einzelne Schritt (oder Doppelschritt) wird also dadurch schneller, wobei er auch zugleich länger zu werden pflegt.

Die graphisch dargestellten pathologischen Gangarten zeigen mancherlei interessante Abweichungen von den graphischen Darstellungen gesunder Gangarten und können eine bequeme Anschauung des Bildes eines durch Verstümmelung oder Krankheit veränderten Ganges gewähren.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1881-1882

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Meyer Hermann

Artikel/Article: [Die Mechanik des menschlichen Ganges 431-437](#)