

Vollständiger Name des Schülers:

MODUL BIOMECHANIK DES GANGBILDES

Didaktische Einheit D: Instrumentierte Analyse des Gangs

D.3 Wie interpretiere ich den Bericht einer instrumentellen Biomechanik-Analyse bei einem Fall von Gangpathologie?

AKTIVITÄT 1: Klinischer Fall

Die Kinematik der unteren Extremitäten während des Gangs eines Patienten nach einem Schlaganfall und einer in Alter, Geschlecht, Größe, Länge der unteren Extremitäten und Gewicht gematchten Kontrollperson wurden ausgewertet. Der Teilnehmer mit Schlaganfall wurde dreimal (T1, T2, T3) während der gleichen Sitzung gemessen. Zu jedem Messzeitpunkt wurden drei Wiederholungen durchgeführt. In den Bewegungskurven ist die Leistung des Patienten in den Zeitpunkten 1, 2 und 3 (schwarze Linie) und des gesunden Probanden (graue Linie) zu sehen. Beantworten Sie anhand der Bilder die Fragen, die unten gestellt werden.

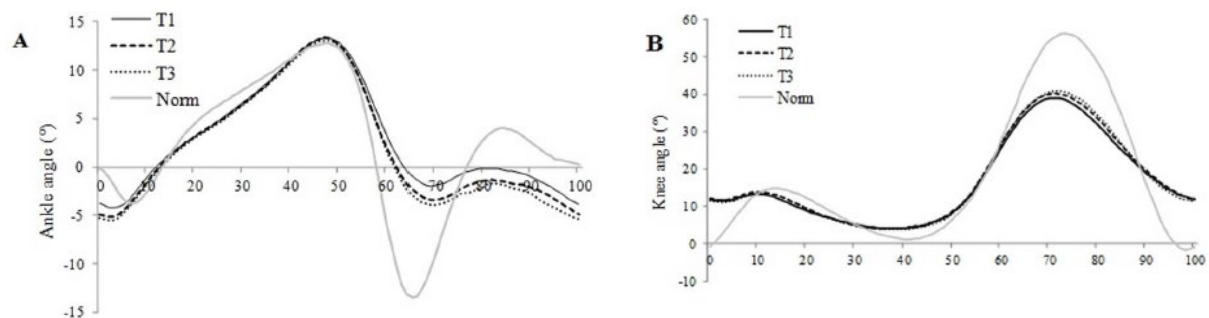


Abbildung 1: Kinematische Beurteilung der unteren Extremität während des Gangs. Bilder aus Boudarham J. et al. 2013.

Beantworten Sie die folgenden Fragen:

- 1) Geben Sie an, welchem Gelenk die Bewegungskurve der Grafik A und B entspricht.
- 2) In welcher Bewegungsebene und welche Bewegung stellen die Kurven A und B dar?
- 3) Geben Sie an, welche Eigenschaften der Bewegungskurven Sie analysieren werden.
- 4) Welchen Bezugsrahmen würden Sie verwenden, um die in den Bewegungskurven dargestellten Gangstörungen zu erklären?
- 5) Was können Sie bei der Durchführung in der Standphase beobachten und welche klinischen Auswirkungen können sie verursachen?

- 6) Was können Sie von der Leistung in der Schwungphase beobachten und welche klinischen Auswirkungen können sie verursachen?
- 7) Welche verwandten oder sekundären Variablen könnten Sie aus den kinematischen Kurven erhalten?
- 8) Welche anderen biomechanischen Maßnahmen würden Sie bei diesem Patienten bewerten lassen und warum?

AKTIVITÄT 2: Klinischer Fall

Die Bodenreaktionskräfte wurden bei einer Gruppe von Patienten mit Hüfttotalendoprothese und bei gesunden Probanden ausgewertet. Eine der häufigsten Komplikationen nach einer Gelenkersatzoperation ist die Asymmetrie zwischen den Längen der unteren Gliedmaßen, die nach der chirurgischen Behandlung beobachtet werden kann. Dies könnte schwerwiegende Folgen für die übrigen Gelenke der unteren Gliedmaßen haben, da es zu Gelenkentzündungen führen kann und schließlich eine neue Gelenkarthrose in einem anderen Bereich oder in der kontralateralen Gliedmaße zur operierten Seite verursacht.

In der Grafik links sehen Sie Kurven, die folgenden Probanden entsprechen: Probanden mit normalem Muster, Probanden mit totalem Hüftgelenkersatz und Symmetrie der unteren Gliedmaßen (THR) und Probanden mit totalem Hüftgelenkersatz und Gliedmaßenlängenungleichheit (LLI). Im Diagramm auf der rechten Seite sehen Sie zusätzlich die separaten Messungen für die nicht operierte und die operierte Gliedmaße.

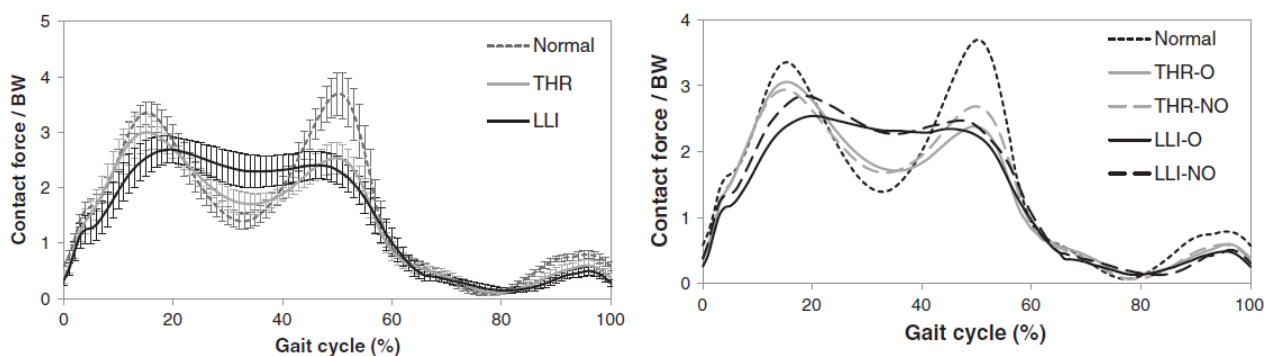


Abbildung 2: Bewertung der Bodenreaktionskraft während des Gangs. Bilder aus Li J. et al 2015.

Beantworten Sie die folgenden Fragen:

- 1) Welche Komponente oder Achse der Bodenreaktionskraft ist in den Diagrammen dargestellt und was bedeutet sie?
- 2) Welche weiteren Kraftkomponenten können aus den Bodenreaktionskräften analysiert werden?
- 3) Geben Sie an, welche Eigenschaften der kinetischen Kurven Sie analysieren werden.
- 4) Welchen Bezugsrahmen würden Sie verwenden, um die in den Bodenreaktionskraftkurven dargestellten Gangstörungen zu erklären?
- 5) Was können Sie am Verhalten der Patienten beobachten und warum könnte es provoziert werden?

- 6) Fällt Ihnen etwas Merkwürdiges in den Diagrammen auf, das möglicherweise durch die Messmethodik verursacht wird? Was könnte das sein?
- 7) Welche verwandten oder sekundären Variablen könnten Sie aus den Bodenreaktionskraftkurven erhalten?
- 8) Welche anderen biomechanischen Maßnahmen würden Sie bei diesem Patienten bewerten lassen und warum?

Antworten:

Klinischer Fall 1

- 1) A, Sprunggelenk. B, Kniegelenk.
- 2) Sagittalebene. Beide Kurven stellen die Flexions-Extensionsbewegung dar.
- 3) Aus einer kinematischen Kurve können analysiert werden: Kurvenmorphologie, Bewegungsbereich ($^{\circ}$), maximale und minimale Bewegungsabstufung in den Meilensteinen der Kurve ($^{\circ}$), Winkelgeschwindigkeit ($^{\circ}/s$) und Winkelbeschleunigung ($^{\circ}/s^2$).
- 4) Gangzyklus (Stand- und Schwungphase).
- 5) Von der Knöchel-Flexion-Extension ist es möglich, in der Standphase zu beobachten:
 - Beim Fersenkontakt hält der Patient eine Plantarflexionsposition anstelle der bei gesunden Probanden beobachteten neutralen Position ein, was einen flachen Fußauftritt auf dem Boden implizieren könnte.
 - Am Ende der Standphase haben Patienten eine begrenzte Plantarflexion, während gesunde Probanden eine weite Plantarflexion durchführen. Die Patienten könnten den Fuß en bloc abheben, anstatt zuerst die Ferse und dann die Zehen abzuheben, was sich auf die erzeugten Reaktionskräfte auswirkt.

Von der Kniebeugung-extension ist es möglich, in der Standphase zu beobachten:

- Beim ersten Fersenkontakt haben Patienten eine größere Kniebeugung als gesunde Probanden, wahrscheinlich um eine korrekte Fußposition auf dem Boden zu ermöglichen.
- Zwischen der mittleren und der terminalen Standphase haben die Patienten im Vergleich zur Kontrollperson eine eingeschränkte Kniestreckung.

- 6) Von der Knöchel-Flexion-Extension ist es möglich, in der Schwungphase zu beobachten:
 - In der Mitte des Schwungs führen Patienten nicht die aktive Dorsalflexion des Fußes aus, die wir bei gesunden Probanden sehen. Dies könnte dazu führen, dass die Patienten ihren Fuß über den Boden schleifen und eine größere Sturzwahrscheinlichkeit haben.

Von der Kniebeugung-extension ist es möglich, in der Schwungphase zu beobachten:

- Im mittleren Schwung erreichen die Patienten nicht die Kniebeugung, die wir beim gesunden Probanden sehen. Dies, gepaart mit einer erhöhten Plantarflexion, erhöht die Wahrscheinlichkeit, beim Gehen zu stolpern und zu stürzen.

- 7) Symmetrieindex (roh und absolut) zur Beobachtung der Asymmetrie zwischen Halbkörpern. Variationskoeffizient, um die Variabilität der Gangparameter zu analysieren.
- 8) Das Bewegungsmuster des Patienten konnte analysiert werden, um zu beobachten, wie sich die Bewegungsänderung auf die Bodenreaktionskräfte oder die Auslenkung des Druckzentrums beim Gehen auswirkt.

Interessant wäre auch die Analyse des elektromyographischen Musters des Patienten, um den Bewegungsmangel während des Gehens zu lokalisieren.

Klinischer Fall 2

- 1) Vertikale Bodenreaktionskraft (z-Achse). Die Kurve in der z-Achse hat drei Meilensteine:
 - Die erste Spitze oder maximale vertikale Belastungskraft bezieht sich auf die Menge der Belastung, die die Person auf den vorderen Fuß ausübt, nachdem der Fuß auf den Boden aufschlägt. Diese Spitze sollte in der Größenordnung des 1,2-fachen des Körpergewichts der Person liegen.
 - Die Senke, nach dem ersten Scheitelpunkt auf dem vertikalen Vektor, streckt sich das Knie und hebt den Massenschwerpunkt an. Während sich der Massenschwerpunkt seinem höchsten Punkt nähert, verlangsamt oder verzögert er seine Aufwärtsbewegung. Diese Verlangsamung des Körpers nach oben erzeugt einen Tiefpunkt im vertikalen Kraftverlauf. Der Normalwert liegt in der Größenordnung des 0,7-fachen des Körpergewichts der Person.
 - Die zweite Spitze oder maximale vertikale Schubkraft. Wenn sich die Ferse hebt und der Fuß nach unten und zurück in den Boden gedrückt wird, fällt der Massenschwerpunkt wieder. Sowohl die Abbremsung nach unten als auch der Vortrieb aus dem Fuß- und Knöchelkomplex verursachen den zweiten Peak. Mit anderen Worten, der zweite Peak bezieht sich auf den Betrag der vertikalen Vortriebskraft, die die Person nach oben treibt. Der Wert dieser Ergebnisse sollte in der Größenordnung des 1,2-fachen des Körpergewichts der Person liegen.
- 2) Anterior-posteriore Kraft (y-Achse) und medial-laterale Kraft (x-Achse).
- 3) a) Morphologie der Kurven, b) Größe der Kraft, c) Zeit zum Erreichen der Meilensteine der Kraftkurve, d) Gesamtkontaktzeit.
- 4) Standphase (nur).
- 5) Aus den Kraftkurven können wir folgendes beobachten:
 - Patienten mit einer Hüfttotalendoprothese, die die Symmetrie in der Länge der unteren Gliedmaßen beibehalten, weisen eine Morphologie auf, die der Kurve gesunder Probanden ähnelt, d. h. die Kurve bewahrt die Kraftmeilensteine, die wir in einer normalen Kurve erwarten, obwohl die Größenordnungen der Kräfte unter der Norm liegen.
 - Andererseits verändern Patienten mit einer Hüfttotalendoprothese, die eine Asymmetrie in der Beinlänge aufweisen, die Morphologie der aufgezeichneten Kräfte auf der z-Achse und zeigen eine flache Kurve im Vergleich zu den gesunden Probanden. Gleichzeitig liegt die Größe der registrierten Kräfte auch unter der Leistung der Kontrollpersonen ohne Pathologie, insbesondere bei der vertikalen Vortriebskraft (zweite Spitze).
 - Wenn die Kräfte für jedes Bein analysiert werden, wobei zwischen der operierten und der nicht operierten Gliedmaße unterschieden wird, können wir sehen, dass das oben

beschriebene Muster bei der operierten Extremität stärker ausgeprägt ist. Das nicht behandelte Bein zeigt jedoch ein ähnliches Verhalten.

- 6) Die Kurven zeigen Werte zwischen 3 und 4 % BW, während die normativen Werte sich 1,2 % BW nähern. Dies kann auf eine schlechte Kalibrierung der dynamometrischen Plattform oder einen Fehler in der Nachbearbeitung der Daten bei der Normalisierung der Kräfte (Newton) durch das Gewicht der Probanden zurückzuführen sein.
- 7) Symmetrieindex (roh und absolut) zur Beobachtung der Asymmetrie zwischen Halbkörpern. Variationskoeffizient, um die Variabilität der Gangparameter zu analysieren.
- 9) Das kinematische Muster des Patienten könnte analysiert werden, um zu beobachten, welchen Einfluss die Gelenkbewegung auf die Bodenreaktionskräfte hat. Wenn die Kinematik relativ normal ist, kann es sein, dass der Patient aufgrund von Schmerzen, Angst oder anderen Gründen sein Körpergewicht nicht auf dem zu untersuchenden Bein trägt. Es wäre auch interessant, das elektromyografische Muster des Patienten während des Gehens zu analysieren, speziell am Hüftmuskel. Auch die Beurteilung des Plantardrucks könnte abnormale Drücke melden, wenn die Patienten die Bodenreaktionskräfte verändert haben.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung des Inhalts dar, welcher nur die Ansichten der Verfasser wiedergibt, und die Kommission kann nicht für eine etwaige Verwendung der darin enthaltenen Informationen haftbar gemacht werden.