

Development of innovative training solutions in the field of functional evaluation aimed at updating of the curricula of health sciences schools



MODUL BIOMECHANIK DES GANGBILDES

Didaktische Einheit D: INSTRUMENTIERTE ANALYSE DES GANGS

D.3 Interpretation der biomechanischen Ganganalyse in pathologischen Fällen



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

I. Ziele

II. Biomechanische Gangbeeinträchtigung bei Menschen mit Gelenkersatz

III. Biomechanische Gangveränderung bei Menschen nach einem Schlaganfall

IV. Wichtige Ideen

V. Referenzen

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

I. Ziele

I. ZIELE

1. Die Gangbeeinträchtigungen durch biomechanische Auswertung bei verschiedenen Pathologien zu kennen.

2. Erkennen, was die Veränderungen der biomechanischen Parameter im Gang bei verschiedenen Pathologien bedeuten.

3. Erkennen eines veränderten Gangbildes durch biomechanische Beurteilungstechniken.

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

II. Biomechanische Gangbeeinträchtigung bei Menschen mit Gelenkersatz

II. BIOMECHANISCHE GANGBEEINTRÄCHTIGUNG BEI GELENKERSATZ



- Sowohl die Arthrose der unteren Gliedmaßen als auch der Gelenkersatz, der als therapeutische Reaktion auf einen Gelenkschaden durchgeführt wird, können das Gangbild der Patienten auf unterschiedliche Weise beeinflussen.

Abbildung 1 - Beispiel für den Ersatz der unteren Gliedmaßen in Hüfte und Knie.

II. BIOMECHANISCHE GANGBEEINTRÄCHTIGUNG BEI GELENKERSATZ

Raumzeitliche Parameter

Sind die von Patienten aufgezeichneten Werte vergleichbar mit den Werten, die bei gesunden Teilnehmern aufgezeichnet wurden?

II. BIOMECHANISCHE GANGBEEINTRÄCHTIGUNG BEI GELENKERSATZ

Raum-zeitliche Parameter

Tabelle 1: Räumlich-zeitliche Ergebnisse der Ganganalyse bei Patienten mit Gelenkersatz

	Hüftgelenkersatz		Kniegelenkersatz	
	Patienten	Gesunde Kontrollen	Patienten	Gesunde Kontrollen
Geschwindigkeit (m/s)	0.70, 0.92 ¹	1.31, 1.34 ¹	1.01, 1.05 ³ 0.74, 0.77 ⁵	1.04 ⁵
Schrittlänge (m)	1.3 ² 0.97, 1 m ⁵	1.5 ² 1.2 ⁵	1.18, 1.20 m ³ 0.90, 0.75 ⁶	1.16 ⁶
Schrittlänge (m)	0.47, 0.49 ⁵	0.52 ⁵	0.45, 0.54 ⁴	-
Trittfrequenz (Schritte/min)	91.3, 93.9	103.2	102.19, 105.19 ³ 99.25, 93.96 ⁶	100.21 ⁶

Tabelle 1 - Raum-zeitliche Gangwerte für Hüfttotalendoprothesen sowie für totale und unikondyläre Knieendoprothesen. ¹Ewen A. et al. 2012. ²Beaulieu M. et al. 2010. ³Hyodo K. et al. 2020. ⁴Agarwal A. et al. 2019. ⁵Temporiti F. et al. 2019. ⁶Temporiti F. et al. 2019.

II. BIOMECHANISCHE GANGBEEINTRÄCHTIGUNG BEI GELENKERSATZ

Kinematik-Parameter: Hüftgelenkersatz

Morphologie der kinematischen Kurve

Zeigen die Patienten eine Gelenkbewegungskurve mit allen Meilensteinen, die wir in einer Kurve von gesunden Teilnehmern beobachten?

Bewegungsbereich und Spitzenwert

Führen Patienten den gleichen Bewegungsumfang aus wie gesunde Menschen?

Erreichen die Patienten die Spitzenwerte der Gelenkbewegung als gesunde Teilnehmer?

Winkelgeschwindigkeit

Bewegen sich Patienten mit der gleichen Geschwindigkeit wie gesunde Teilnehmer?

II. BIOMECHANISCHE GANGBEEINTRÄCHTIGUNG BEI GELENKERSATZ

Kinematik-Parameter: Hüftgelenkersatz

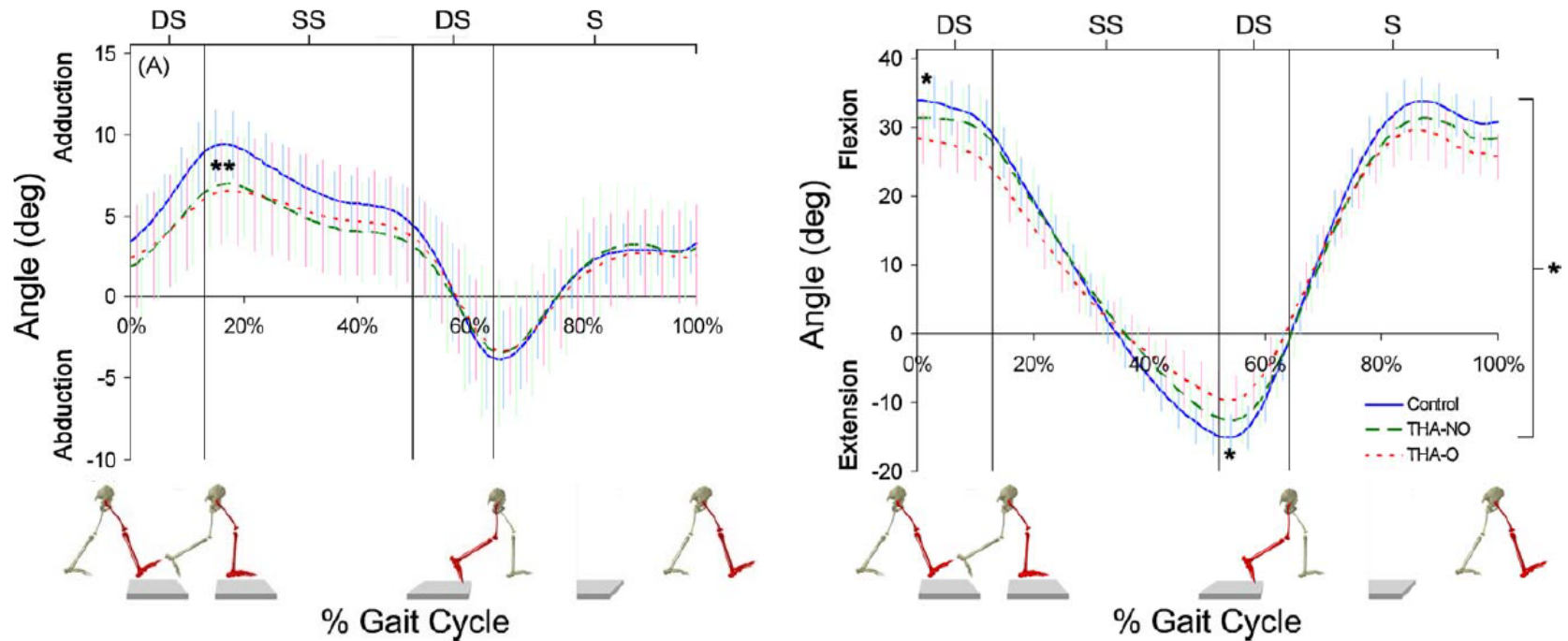


Abbildung 2 - Abduktion/Adduktion und Flexion/Extension Hüftbewegung aus der Studie von Beaulieu M. et al. 2010.

II. BIOMECHANISCHE GANGBEEINTRÄCHTIGUNG BEI GELENKERSATZ

Kinematik-Parameter: Hüftgelenkersatz

Tabelle 2: Kinematikleistung beim Gangzyklus von Patienten mit Hüftprothese		
	Patienten	Gesunde Kontrollen
Flexion-Extension ROM (°)	23,1° bis 40,7° ¹ 40.7 ²	31° bis 51° ¹ 51.0 ²
Beugungsspitze (°)	28.4 ²	33.9 ²
Verlängerung Spitze (°)	-10.1 ²	-15.1 ²
Adduktionsspitzenwert (°)	7.6 ²	9.8 ²
Außenrotation Spitze (°)	0.6 ²	-3.5 ²

Tabelle 2 - Kinematik-Gangwerte für Hüfttotalersatz. ¹Ewen A. et al. 2012. ²Beaulieu M. et al. 2010.

II. BIOMECHANISCHE GANGBEEINTRÄCHTIGUNG BEI GELENKERSATZ

Kinematik-Parameter: Kniegelenkersatz

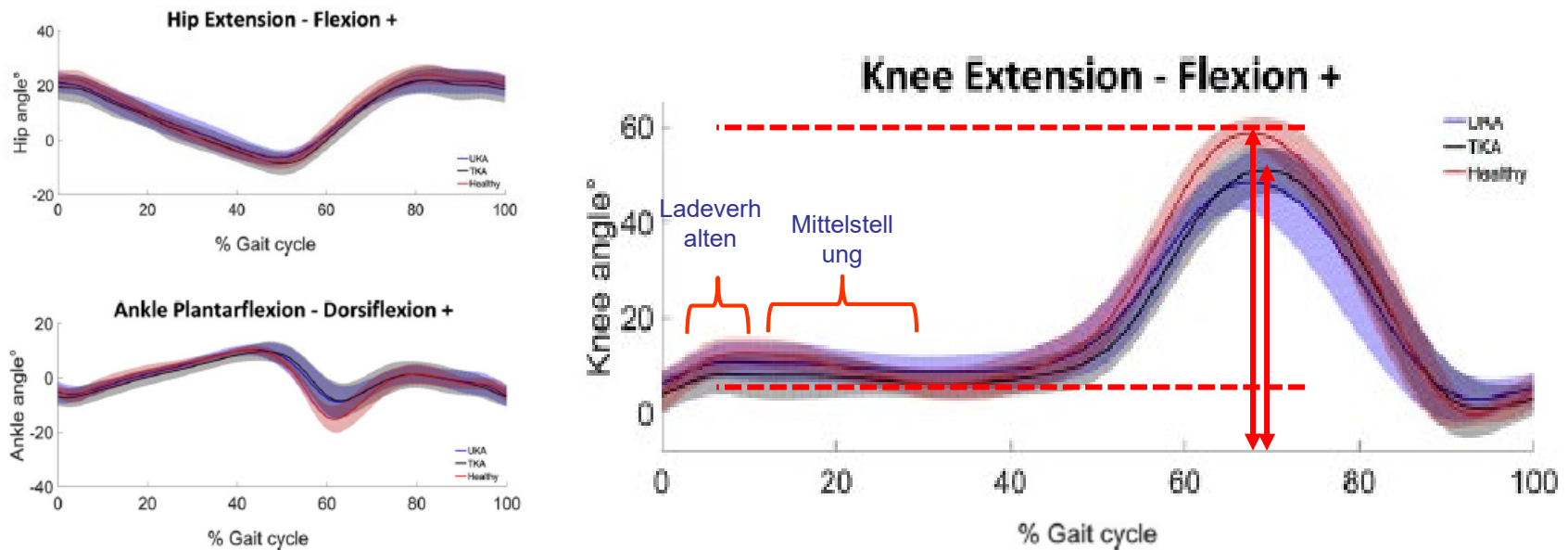


Abbildung 3 - Bewegung in der Sagittalebene für Hüft-, Knöchel- und Kniegelenk nach einem Jahr nach totaler Knieendoprothese (TKA) und unikondylärer Knieendoprothese (UKA) im Vergleich zu gesunden Menschen. De Vroey H. et al. 2019.

II. BIOMECHANISCHE GANGBEEINTRÄCHTIGUNG BEI GELENKERSATZ

Kinematik-Parameter: Kniegelenkersatz

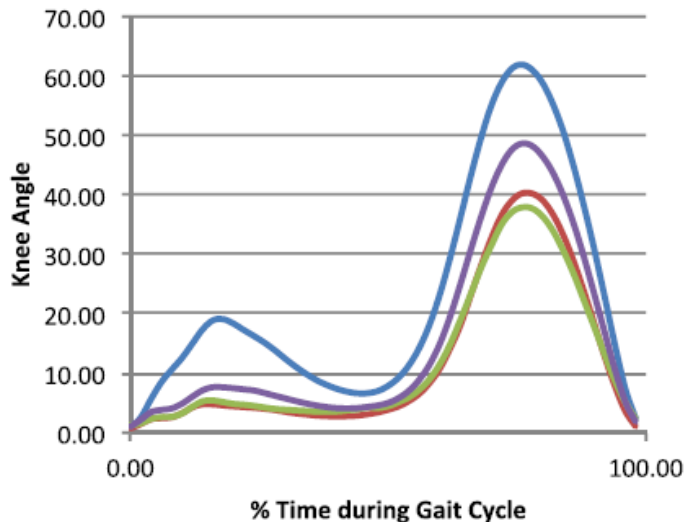


Abbildung 4 - Knie-Totalendoprothesen-Patienten vor der Operation sowie 8 und 52 Wochen nach der Operation. Rahman J. et al. 2015.

Tabelle 3: Kinematikleistung beim Gangzyklus von Patienten mit Hüftprothese

	Patienten	Gesunde Kontrollen
Flexion-Extension ROM (°)	23,1° bis 40,7° ¹ 49.3, 56.1 ² 41.49, 46.58 ⁴	31° bis 51° ¹ 60.7 ²
Beugung Spitze während der Belastungsreaktion (°)	10.8, 17.8 ² 10.98, 6.86 ³	19.0 ² 13.43 ³
Flexion Spitze beim Schwung (°)	47.3, 55.6 ² 49.82, 47.56 ³ 47.92, 51.01 ⁴	61.7 ² 59.87 ³
Verlängerung Spitze (°)	-0.7, 0.1 ² 7.63, 5.31 ³ 7.17, 3.96 ⁴	2.2 ² 6.12 ³

Tabelle 3 - Kinematik-Gangwerte für Knieersatz. ¹Ewen A. et al. 2012. ²Esposito F. et al. 2020. ³De Vroey H. 2019. ⁴Coll A. et al. 2019.

II. BIOMECHANISCHE GANGBEEINTRÄCHTIGUNG BEI GELENKERSATZ

Kinetik-Parameter: Hüftgelenkersatz

Morphologie der Bodenreaktionskraftkurve

Zeigen die Patienten eine Bodenreaktionskraftkurve mit allen Meilensteinen, die wir in einer Kurve von gesunden Teilnehmern beobachten?

Werte der Bodenreaktionskräfte

Erbringen Patienten die gleiche Bodenreaktionskraft (Newton / Körpergewicht) wie gesunde Menschen?

II. BIOMECHANISCHE GANGBEEINTRÄCHTIGUNG BEI GELENKERSATZ

Kinetik-Parameter: Hüftgelenkersatz

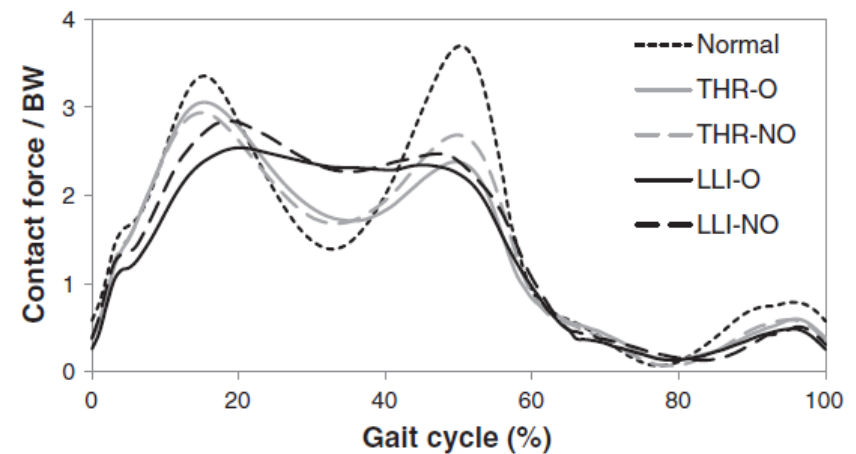
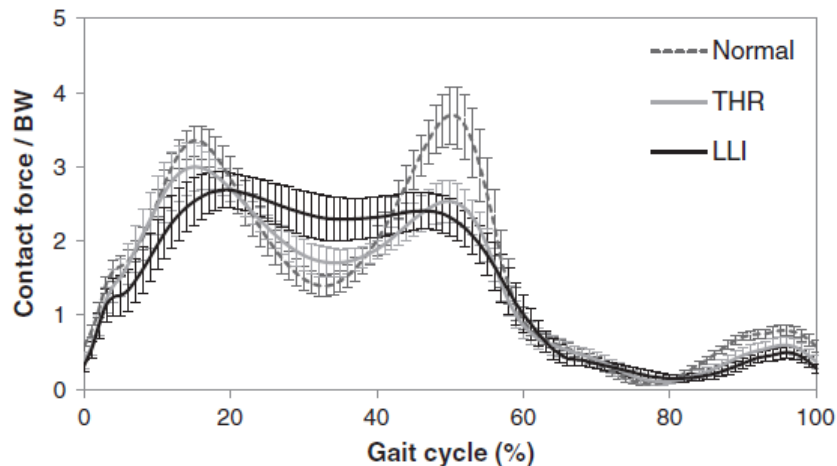


Abbildung 5 - Vertikale Bodenreaktionskraft während des Gangzyklus bei Personen mit Hüfttotalersatz (THR), mit Hüfttotalersatz und Längenungleichheit (LLI) und gesunden Kontrollen. Rechts: Vertikale Kraft bei LLI-Patienten im Vergleich zu den gesunden Personen und THR-Patienten. Links: Vertikale Kraft bei den operierten (O) und nicht operierten (NO) Gliedmaßen der LLI und THR. Ergebnisse aus Li J. et al 2015.

II. BIOMECHANISCHE GANGBEEINTRÄCHTIGUNG BEI GELENKERSATZ

Kinetik-Parameter - plantarer Druck

Maximale Plantardruckwerte

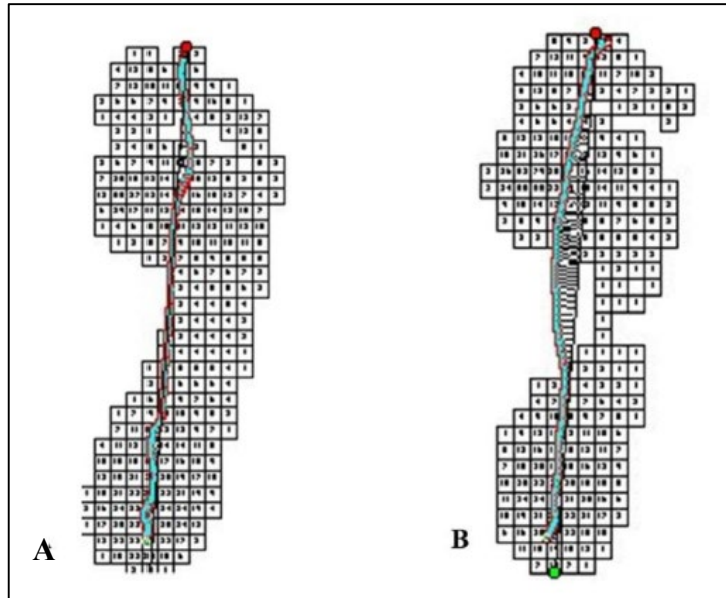
Üben Patienten beim Gehen die gleichen plantaren Drücke aus wie gesunde Menschen?

Muster des Zentrums der Drücke

Die Auslenkung des Druckzentrums durch die Fußsohle hat bei Patienten einen ähnlichen Verlauf wie bei gesunden Menschen?

II. BIOMECHANISCHE GANGBEEINTRÄCHTIGUNG BEI GELENKERSATZ

Kinetik-Parameter - plantarer Druck



Standphasenzeit

Vor der Operation: 987 ms

Nach der Operation: 801,5 ms

Mittlere plantare Gesamtdrücke

Vor der Operation: 1257,75 N/cm²

Nach der Operation: 1436,0 N/cm²

COP-Muster

Vor der Operation: seitliche Lage

Postoperativ: mediale Lage

Abbildung 6 -. Die Kurve stellt die durchschnittliche räumliche Entwicklung des COP während der gesamten Standphase des Ganges vor (a) und nach (b) der Knie-Totalendoprothese bei demselben Patienten dar. Die mediolaterale Flächendifferenz betrug in der präoperativen Phase 0,69 % zugunsten der lateralen Lage und änderte sich auf 5,17 % zugunsten der medialen Seite Ergebnisse aus Şentürk I. et al 2017.

II. BIOMECHANISCHE GANGBEEINTRÄCHTIGUNG BEI GELENKERSATZ

Klinische Argumentation

Gehen Patienten aufgrund von Schmerzen langsamer? Oder haben sie Angst, mit einer Prothese normal zu gehen?

Haben die Patienten aufgrund der Eigenschaften der Prothese einen geringeren Bewegungsumfang der Gelenke? Oder weil nach der Operation ein Muskeldefizit besteht? Oder wegen Schmerzen?

Zeigen die Patienten Veränderungen in der Bodenreaktionskraft aufgrund der Tatsache, dass die Last nicht normal auf dem operierten Bein abgestützt wird oder nur weil die Geschwindigkeit abnimmt?

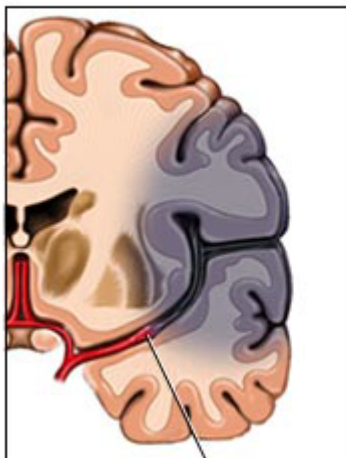
Haben Patienten nach einer Operation einen höheren Plantardruck, weil sie das Bein normal auf der Seite mit Gelenkersatz abstützen?

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

III. Biomechanische Gangstörungen bei Menschen nach einem Schlaganfall

III. BIOMECHANISCHE GANGSTÖRUNG NACH SCHLAGANFALL

Ischemic stroke



Hemorrhagic stroke

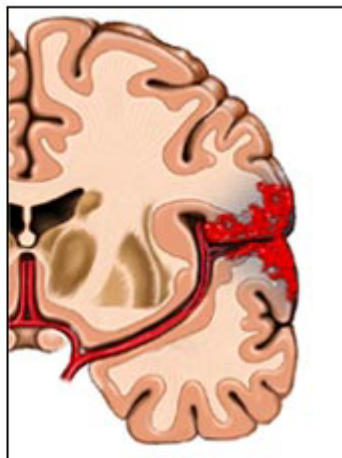


Abbildung 1 - Arten von Hirnschlag. Bei einem ischämischen Schlaganfall blockiert ein Gerinnsel den Blutfluss in einem Bereich des Gehirns. Bei einem hämorrhagischen Schlaganfall kommt es zu einer Blutung im oder um das Hirngewebe. Bild von www.braingait.com

- Der Hirnschlag ist eine der häufigsten Ursachen für schwere Langzeitbehinderungen.
- Gehstörungen treten bei mehr als 80 % der Schlaganfallüberlebenden auf.
- 25 % aller Schlaganfallüberlebenden haben bleibende Gehbehinderungen.
- Beeinträchtigungen des Gangbildes verursachen Schwierigkeiten bei der Durchführung von Aktivitäten des täglichen Lebens und der Mobilität.

III. BIOMECHANISCHE GANGSTÖRUNG NACH SCHLAGANFALL

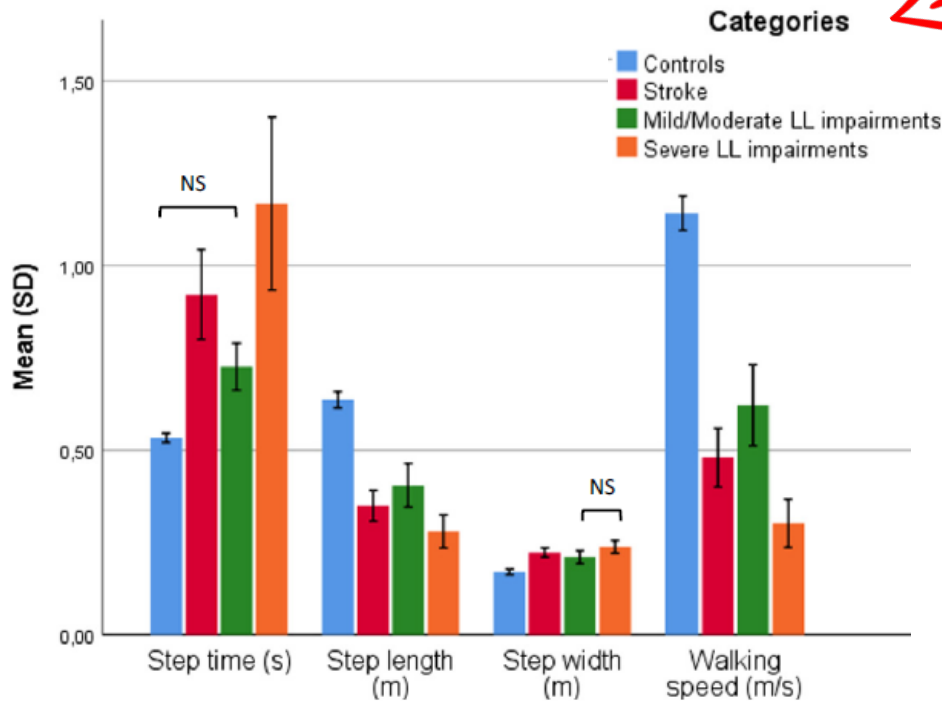
Räumlich-zeitliche Parameter

Tabelle 1: Raum-zeitliche Parameter		
	Hemiplejic (n = 42)	Gesunde
Geschwindigkeit (m.s-1)	0.82	1.25
Schrittlänge (m)	1.03	1.31
Schrittlänge (m)	0.52	0.65
Schrittweite (s)	19.3	15.2
Kadenz	93.1	114.3
Schrittzeit (s)	1.32	1.06
Dauer der Standphase (%GC)	59.8	60.4
Dauer der Schwingungsphase (%GC)	40.2	39.6
Doppelte Stützdauer (%GC)	27.1	20.6

Tabelle 1 - Mittelwert der spatiotemporalen Parameter bei chronischen Hemiplejic-Patienten (Schlaganfall > 6 Monate) und gesunden Kontrollen. Ergebnisse aus Boudarham J. et al. 2013.

III. BIOMECHANISCHE GANGSTÖRUNG NACH SCHLAGANFALL

Räumlich-zeitliche Parameter



Lower limb impairments.

Strength			
5	Complete RoM, max resistance	Normal	
4	Complete RoM, min resistance		
3	Complete RoM, against gravity	Moderate	
2	Complete RoM, no gravity		
1	Palpable contraction	Severe	
0	No contraction		
Tone			
0	No increase in resistance	Normal	
1	Slight increase, catch and release	Moderate	
2	Marked increase, easily moved		
3	Considerable increase, difficult to move	Severe	
4	No movement possible		
Mobility			
0	Total RoM	Normal	
1	Decrease of less than 1/2 of RoM	Moderate	
2	Decrease of more than 1/2 of RoM	Severe	
Lower limb impairments: total score of strength, tone and mobility			
	Normal		Mild
	Normal		Moderate
	Moderate		
	Normal		
	Moderate		
Severe	Severe	Severe	Severe
Normal	Moderate	Normal	
Normal	Moderate	Moderate	

Abbildung 2 - Raumzeitliche Parameter in Bezug auf c Beeinträchtigung der unteren Gliedmaßen (basierend auf Muskelkr Muskeltonus und Mobilität). Ergebnisse aus Tamaya V.C. et al. 2020.

III. BIOMECHANISCHE GANGSTÖRUNG NACH SCHLAGANFALL

Räumlich-zeitliche Parameter

Verringern Sie Schrittlänge und Gehgeschwindigkeit.

Schrittzeit und Schrittweite nehmen zu.

Verringern Sie die Standphase und verlängern Sie die Schwungphase auf der paretischen Seite.

III. BIOMECHANISCHE GANGSTÖRUNG NACH SCHLAGANFALL

Asymmetrie der raum-zeitlichen Parameter

- Die Differenz zwischen den Seiten ist eine einfache Möglichkeit, die Symmetrie zu quantifizieren, wobei eine Differenz von 0 eine perfekte Symmetrie darstellt.
- **Rohwert des Symmetrieindex:** Das Vorzeichen des Wertes gibt die Richtung der Asymmetrie an.
- **Absolute Werte des Symmetrieindex:** liefert die Amplitude der Asymmetrie.
- **Variationskoeffizient**

III. BIOMECHANISCHE GANGSTÖRUNG NACH SCHLAGANFALL

Asymmetrie der raum-zeitlichen Parameter

Tabelle 2: Absoluter Symmetrieindex der raum-zeitlichen Ergebnisse

Geschwindigkeitgruppen	Schrittlänge		Standzeit		Umlaufzeit		Doppelte Unterstützung	
	Patienten	Bedienelemente	Patienten	Bedienelemente	Patienten	Bedienelemente	Patienten	Bedienelemente
0.5–1.4	29.27	7.99	14.14	2.51	43.94	6.96	27.52	9.78
1.5–2.4	17.38	4.55	12.55	2.28	29.09	4.39	16.95	9.80
2.5–3.4	13.41	4.08	10.44	2.35	20.21	5.33	17.69	8.93
3.5–4.4	6.56	3.06	4.30	1.93	9.81	2.28	13.46	10.99
4.5–5.5	6.21	3.49	4.35	2.43	7.92	1.91	13.40	10.74

Tabelle 2 - Absoluter Wert des symmetrischen Index der wichtigsten raum-zeitlichen Gangwerte bei Personen nach Schlaganfall ($n=130$) und gesunden Kontrollen ($n=130$). Ergebnisse aus Wang Y. et al. 2019.

III. BIOMECHANISCHE GANGSTÖRUNG NACH SCHLAGANFALL

Kinematik-Parameter: Thorax

Schlaganfall versus gesunde Kontrollen

Schlaganfall mit schwerer Beeinträchtigung, Schlaganfall mit leichter/mittlerer Beeinträchtigung und Gesunde Kontrollen

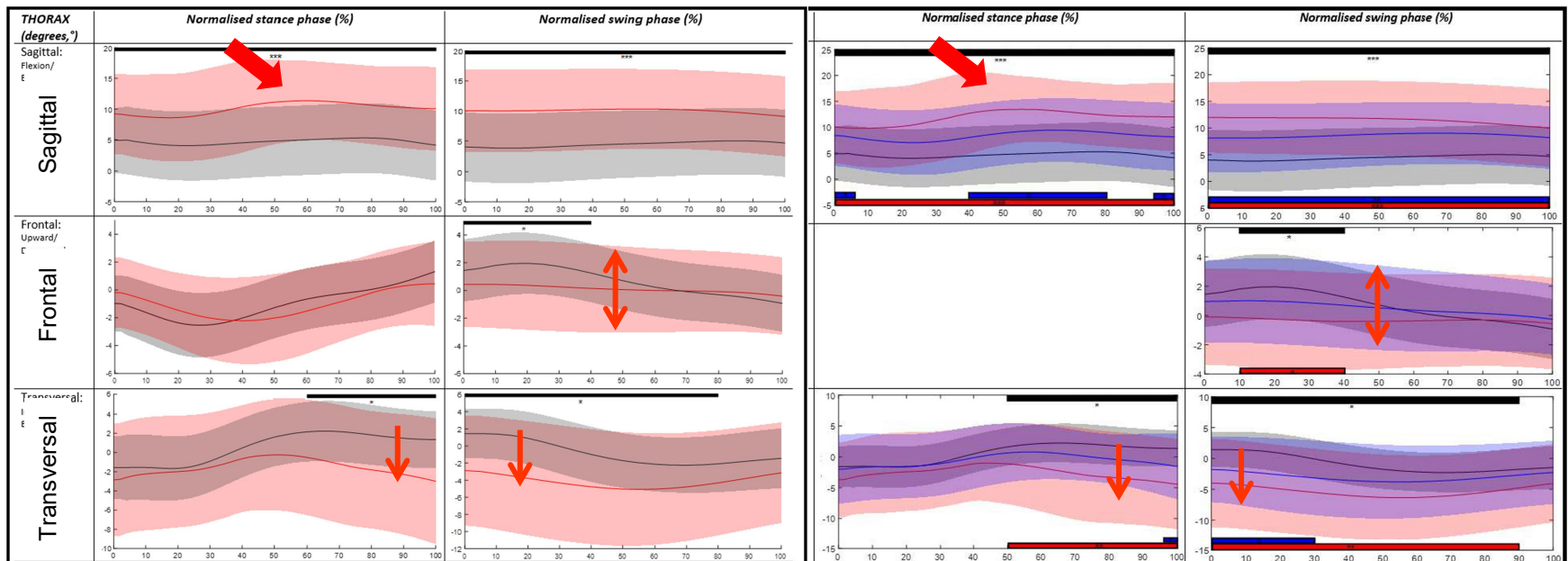
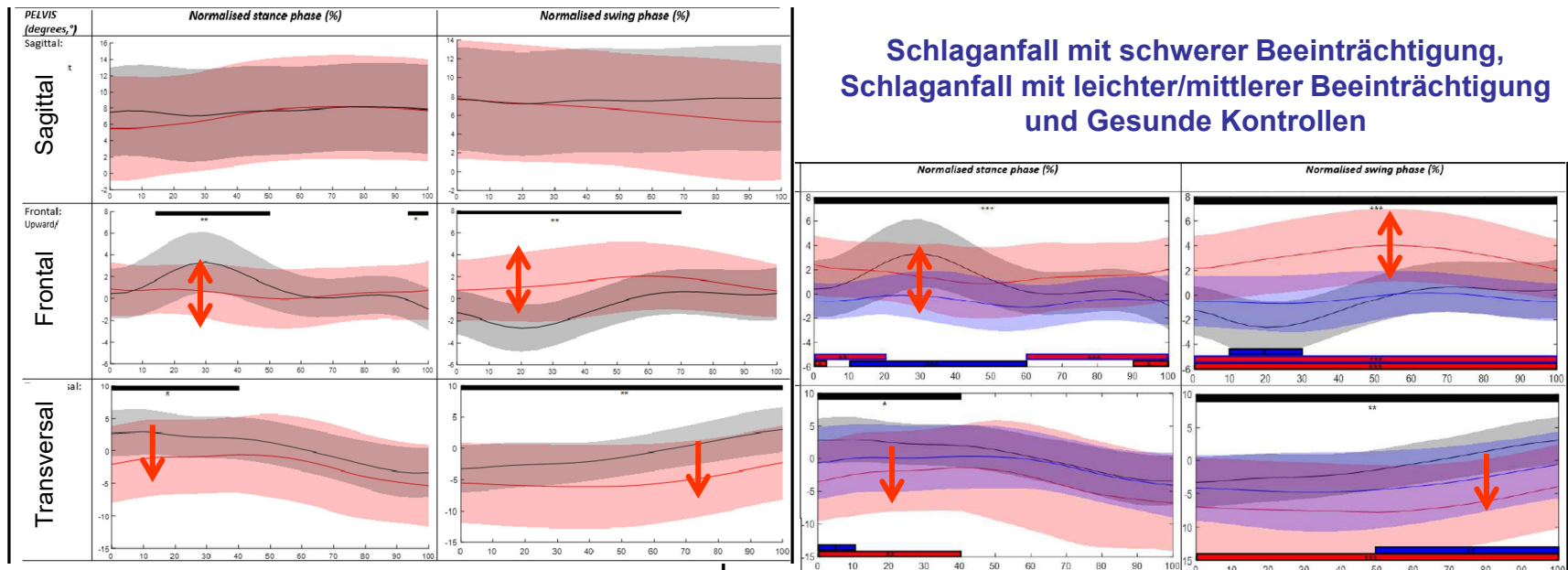


Abb. 3 - Mittlerer Winkel und Standardabweichungen der Thoraxbewegung in sagittaler, frontaler und transversaler Ebene. Schwarze Linie: Kontrollen, blau: Schlaganfall leichte/moderate Beeinträchtigung der unteren Extremitäten, rot: Schlaganfall mit schwerer Beeinträchtigung der unteren Extremitäten. Ergebnisse aus Tamaya V.C. et al. 2020.

III. BIOMECHANISCHE GANGSTÖRUNG NACH SCHLAGANFALL

Kinematik-Parameter: Becken

Schlaganfall versus gesunde Kontrollen



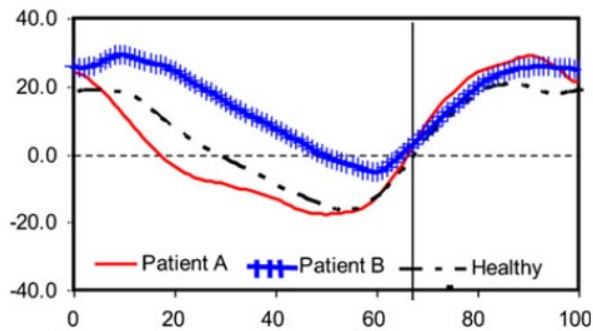
Schlaganfall mit schwerer Beeinträchtigung, Schlaganfall mit leichter/mittlerer Beeinträchtigung und Gesunde Kontrollen

Abb. 4 - Mittlerer Winkel und Standardabweichungen der Beckenbewegung in sagittaler, frontaler und transversaler Ebene. Schwarze Linie: Kontrollen, blau: Schlaganfall leichte/mittlere Beeinträchtigung der unteren Extremitäten, rot: Schlaganfall mit schwerer Beeinträchtigung der unteren Extremitäten. Ergebnisse aus Tamaya V.C. et al. 2020.

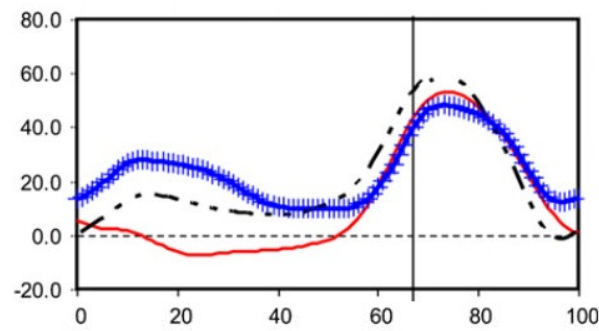
III. BIOMECHANISCHE GANGSTÖRUNG NACH SCHLAGANFALL

Kinematikparameter: Hüfte, Knie und Knöchel

Hüftbeugung/-streckung



Kniebeugung - Streckung



Knöchelbeugung/-streckung

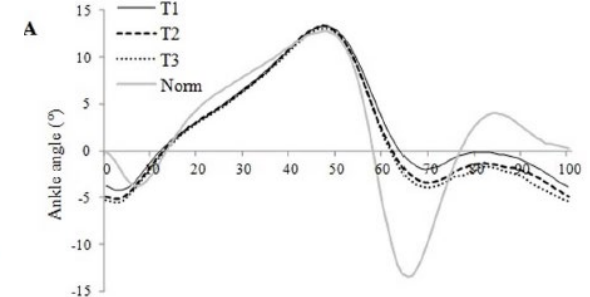
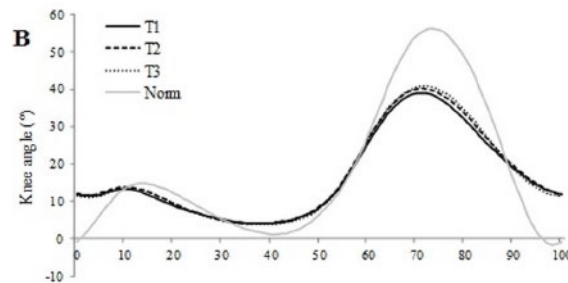
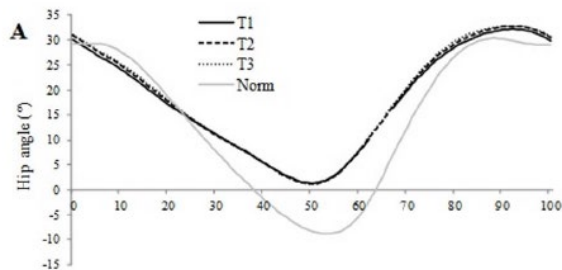
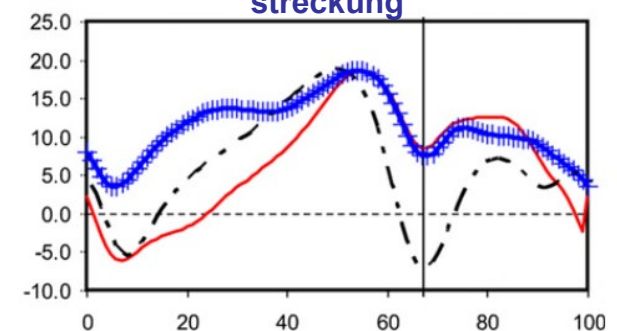
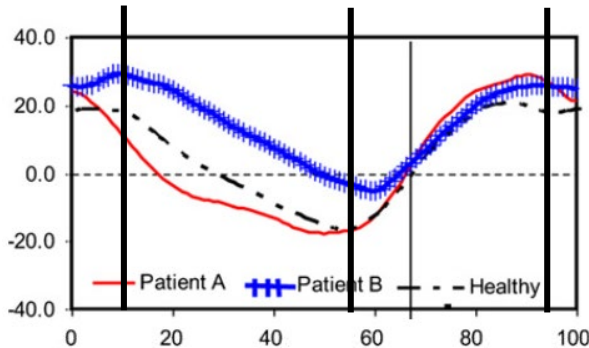


Abbildung 5 - Die oberen Kurven entsprechen den Ergebnissen von Nadeau S. et al. 2013. Die unteren Kurven entsprechen den Ergebnissen von Boudarham J. et al. 2013.

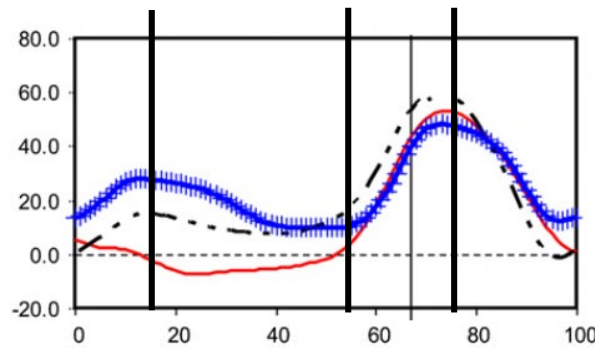
III. BIOMECHANISCHE GANGSTÖRUNG NACH SCHLAGANFALL

Kinematikparameter: Hüfte, Knie und Knöchel

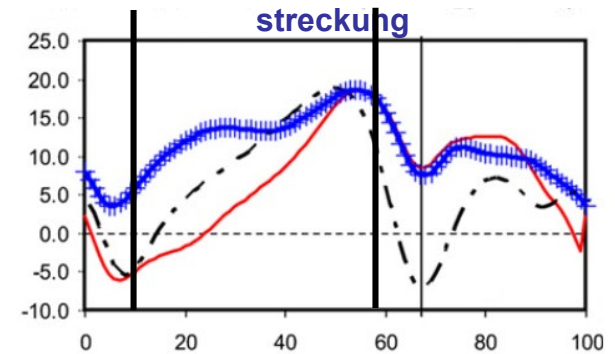
Hüftbeugung/-streckung



Kniebeugung - Streckung



Knöchelbeugung/-streckung



Hüftbeugung
vermindern

Hüftbeugung erhöhen

Hüftstreckung erhöhen

Kniebeugung erhöhen

Hüftstreckung des
Knies

Kniebeugung
vermindern

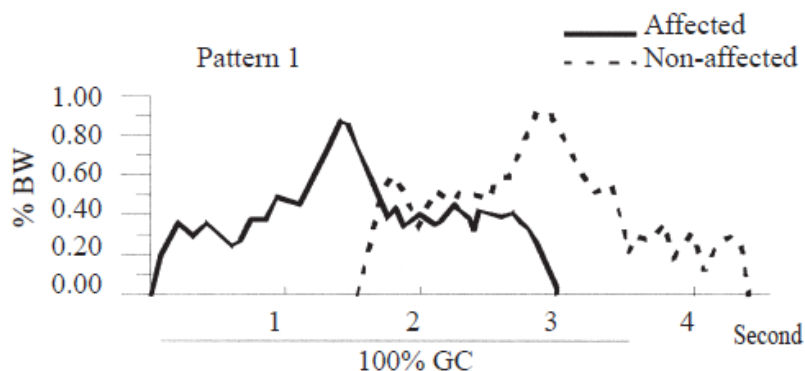
Plantarflexion erhöhen

Fehlende Plantar-
Flexion

III. BIOMECHANISCHE GANGSTÖRUNG NACH SCHLAGANFALL

Kinetische Parameter: Bodenreaktionskraft

Muster I mit einer unregelmäßigen Form



Muster II mit unregelmäßiger, umgekehrter V-Form

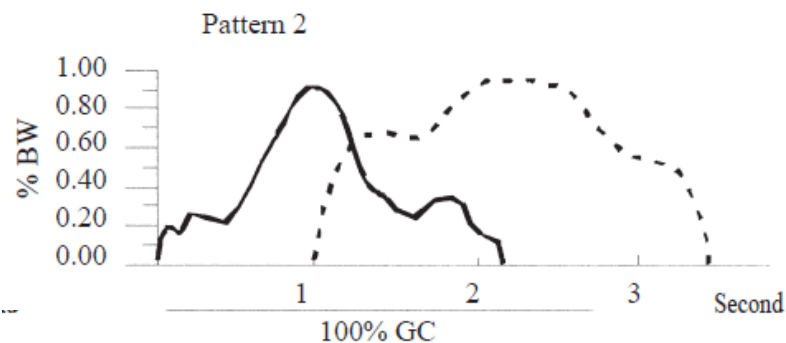
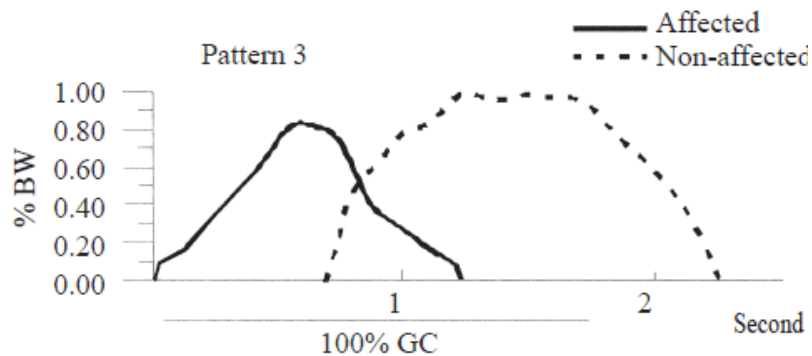


Abb. 6 - Vertikales Bodenreaktionskraftmuster von Personen mit einseitiger Halbseitenlähmung aufgrund eines zerebralen Hemisphären-Schlaganfalls (die durchschnittliche Dauer nach Schlaganfallbeginn betrug 10,3 Monate). Ergebnisse aus Chung-Yao Chen et al. 2007. Muster I entsprechen Kurven mit unregelmäßiger Form. Muster II entsprechen Kurven mit einer unregelmäßigen invertierten V-Form.

III. BIOMECHANISCHE GANGSTÖRUNG NACH SCHLAGANFALL

Kinetische Parameter: Bodenreaktionskraft

Muster III mit einer invertierten V- oder invertierten U-Form



Muster IV mit einer bimodalen M-Form

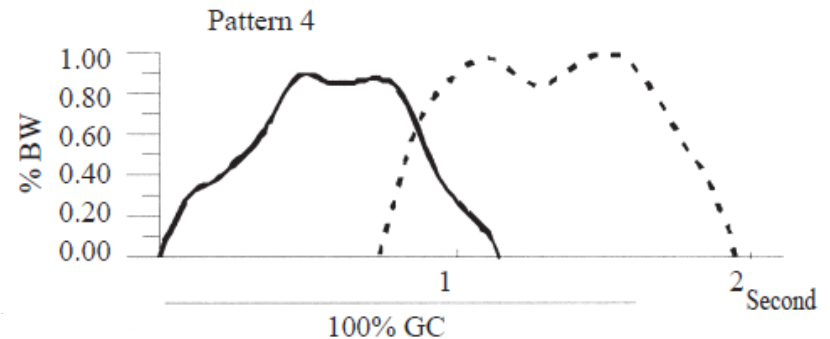
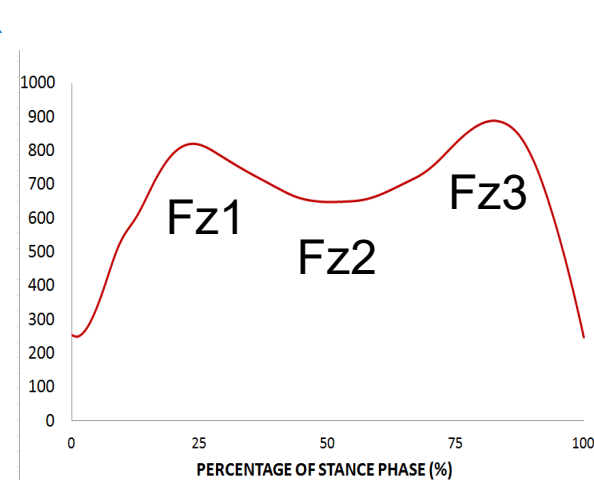
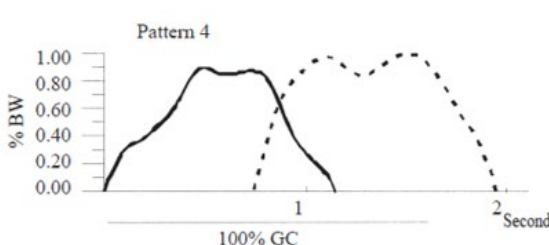
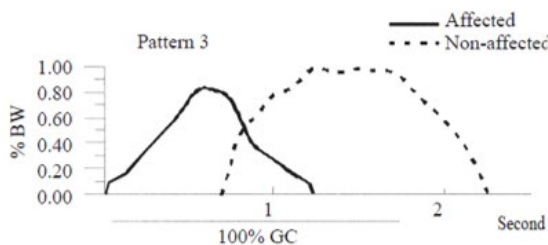
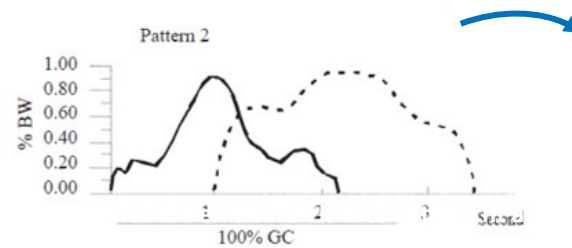
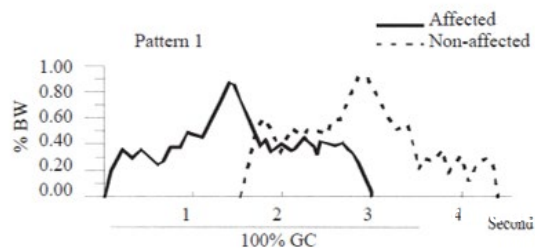


Abb. 7 - Vertikales Bodenreaktionskraftmuster von Personen mit einseitiger Halbseitenlähmung aufgrund eines zerebralen Hemisphären-Schlaganfalls (die durchschnittliche Dauer nach Schlaganfallbeginn betrug 10,3 Monate). Ergebnisse aus Chung-Yao Chen et al. 2007. Muster III entsprechen Kurven mit einer invertierten V- oder invertierten U-Form. Muster IV entsprechen Kurven mit einer bimodalen M-Form.

III. BIOMECHANISCHE GANGSTÖRUNG NACH SCHLAGANFALL

Kinetische Parameter: Bodenreaktionskraft



Die Schlaganfallpatienten haben keine typische Morphologie der Bodenreaktionskräfte auf der z-Achse während des Gangzyklus

Die Größe der von den Patienten erreichten Kräfte entspricht auch nicht der eines gesunden Musters

Fz 1: 1,2

Kraft/Körpergewicht

Fz 2: 0,7

Kraft/Körpergewicht

Fz 3: 1,2

Kraft/Körpergewicht

III. BIOMECHANISCHE GANGSTÖRUNG NACH SCHLAGANFALL

Kinetische Parameter: Bodenreaktionskraft

Darüber hinaus haben Patienten mit den Mustern I und II eine schlechte motorische Kontrolle mit schlechter Stabilität, was zur Anwendung unregelmäßiger Kräfte führt. Darüber hinaus benötigen Patienten mit Muster I aufgrund des instabilen Gangs möglicherweise eine überwachte Ambulanz, insbesondere beim Gehen auf unebenem Boden oder beim Gehen langer Strecken

Patienten mit Muster III haben eine mittelmäßige motorische Kontrolle, verbunden mit einer schlechten Fähigkeit, den betroffenen Fuß aufgrund der auftretenden Kräfte (invertiertes "V"- oder "U"-förmiges Kraftmuster) in der Fersenauftritt-, Mid-Stance- und Push-off-Phase abzurollen.

Patienten mit Muster IV haben eine gute motorische Kontrolle, die mit einer Abstufung der Kräfte ("M"-förmige Vertikalkräfte) in der Fersenauftritt-, Mid-Stance- und Push-off-Phase verbunden ist, ähnlich wie bei normalen Probanden.

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

IV. Leitgedanken

IV. SCHLÜSSELIDEEN

1. Wenn wir das biomechanische Profil des Gangs bei einer Pathologie analysieren, vergleichen wir die Leistung von Patienten mit der Leistung von gesunden Probanden, die auf Merkmale wie Größe, Geschlecht und Gewicht abgestimmt sind. Andererseits können wir diesen Vergleich auf die in der Literatur angegebenen Normalitätswerte stützen.
2. Die Interpretation eines abnormalen Gangbildes basiert auf einer Reihe von Kriterien, die wir beachten müssen: gemessene Mittelwerte, Morphologien der Datenkurven, die während des gesamten Gangzyklus aufgezeichnet wurden, Spitzenwerte, die an Schlüsselpunkten oder Meilensteinen des Gehzyklus erreicht werden, und die Zeit, zu der die Meilensteine erreicht werden.
3. Bei Populationen mit einer Pathologie wird die Untersuchung und Analyse der biomechanischen Aufzeichnung durch den Schweregrad der untersuchten Pathologie bedingt sein. Diese Unterteilung kann die Analyse nach Ganggeschwindigkeitsbereichen, die Differenzierung der Leistung zwischen Halbkörpern oder die für die Pathologie typischen Stadien der Verschlechterung beinhalten.
4. Biomechanische Informationen unterstützen die klinische Bewertung und helfen, das Gangverhalten bei Patienten mit verschiedenen Pathologien zu verstehen und zu definieren, und helfen somit dem medizinischen Fachpersonal, Behandlungsentscheidungen zu treffen.

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

V. Referenzen

V. REFERENZEN

Teil 1

R. Rivas, G. Garavito, und J.A. Salazar. Ortopedia. 2016. [Bild]. Verfügbar: <https://ciamhcg.com/ciam/2020/web/programa.php?modulo=23&leng=1>

A.J. Metcalfe, C.J. Stewart, N.J. Postans, P.R. Biggs, G.M. Whatling, C.A. Holt, and A.P. Roberts, "Abnormal loading and functional deficits are present in both limbs before and after unilateral knee arthroplasty", *Gait & Posture*, vol. 55, pp. 109-115, June 2017.

A.M. Ewen, S. Stewart, A.S.C. Gibson, S.N. Kashyap, and N. Caplan, "Post-operative gait analysis in total hip replacement patients-A review of current literature and meta-analysis", *Gait & Posture*, vol. 36, pp. 1-6, May 2012.

K. Hyodo, A. Kanamori, H. Kadone, T. Takahashi, M. Kajiwara, and M. Yamazaki, "Gait Analysis Comparing Kinematic, Kinetic, and Muscle Activation Data of Modern and Conventional Total Knee Arthroplasty", *Arthroplasty Today*, vol. 6, no. 3, pp. 338-342, September 2020.

A. Agarwal, S. Miller, W. Hadden, L. Johnston, W. Wang, G. Arnold, and R.J. Abboud. "Comparison of gait kinematics in total and unicondylar knee replacement surgery", *Annals of Royal College of Surgeons of England*, vol. 101, no.6, pp. 391-398, July 2019.

V. REFERENZEN

Teil 1

F. Temporiti, G. Zanotti, R. Furone, S. Molinari, M. Zago, M. Loppini, M. Galli, G. Grappiolo, and R. Gatti, "Gait analysis in patients after bilateral versus unilateral total hip arthroplasty", *Gait & Posture*, vol. 72, pp. 46-50, July 2019.

H. De Vroey, F. Staes, E. Vereecke, J. Vanrenterghem, J. Deklerck, G. Van Damme, H. Hallez, and K. Claeys, "Lower extremity gait kinematics outcomes after knee replacement demonstrate arthroplasty-specific differences between unicondylar and total knee arthroplasty: A pilot study", *Gait & Posture*, vol. 73, pp. 299-304, September 2019.

J. Li, A.B. McWilliams, Z. Jin, J. Fisher, M.H. Stone, A.C. Redmon, and T.D. Steward, "Unilateral total hip replacement patients with symptomatic leg length inequality have abnormal hip biomechanics during walking", *Clinical Biomechanics*, vol. 30, no 5, pp. 513-519, June 2015.

A.M. Ewen, S. Stewart, A.S.C. Gibson, S.N. Kashyap, and N. Caplan, "Post-operative gait analysis in total hip replacement patients-A review of current literature and meta-analysis", *Gait & Posture*, vol. 36, no 1, pp. 1-6, May 2012.

M.L. Beaulieu, M. Lamontagne, and P.E. Beaulieu, "Lower limb biomechanics during gait do not return to normal following total hip arthroplasty", *Gait & Posture*, vol. 32, no. 2, pp. 269-273, June 2010.

V. REFERENZEN

Teil 1

F. Esposito, M. Freddolini, M. Marcucci, Leonardo Latella, and Andrea Corvi, "Biomechanical analysis on total knee replacement patients during gait: Mediales Pivot- oder posteriores stabilisiertes Design?" Clinical Biomechanics, vol. 78, no. 105068, August 2020.

I. Sentürk, U. Kanatli, B. Ataoglu, and E. Esen, "Gait analysis after total knee arthroplasty: comparison of pre and postoperative characteristics", Cukurova Medical Journal, vol. 42, no. 1, pp. 92-96, March 2017.

J. Rahman, Q. Tang, M. Monda, J. Miles und I. McCarthy, "Gait assessment as a functional outcome measure in total knee arthroplasty: a cross-sectional study", BMC Musculoskeletal Disorders, vol. 16, pp. 66, March 2015.

V. REFERENZEN

Teil 2

J. Boudarham, N. Roche, D. Pradon, C. Bonnyaud, D. Bensmail, and R. Zory, "Variations in Kinematics during Clinical Gait Analysis in Stroke Patients", PLoS One, vol. 8, no. 6, pp. e66421, Juny 2013.

V.C. Tamaya, S. Wim, N. Herssens, P. Van de Walle, D.H. Willem, T. Steven, and H. Ann, "Trunk biomechanics during walking after sub-acute stroke and its relation to lower limb impairments", Clinical Biomechanics, vol. 75, no. 105013, May 2020.

Y. Wang, M. Mukaino, Kei Ohtsukad, Y. Otaka, H. Tanikawa, F. Matsuda, K. Tsuchiyama, J. Yamada, and E. Saitoh, "Gait characteristics of post-stroke hemiparetic patients with different walking speeds", International journal of rehabilitation research, vol. 43, no. 1, pp.69-75, March 2020.

S. Nadeau, M. Betschart, and F. Bethoux, "Gait Analysis for Poststroke Rehabilitation. The Relevance of Biomechanical Analysis and the Impact of Gait Speed", Physical medicine and rehabilitation clinics of North America, vol. 24, no. 2, pp. 265-76, May 2013.

S. Li, G.E. Francisco und P. Zhou, "Post-stroke Hemiplegic Gait: New Perspective and Insights", Frontiers in physiology, vol. 2, no. 9, pp.1021, August 2018.



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.

