

G. Fiedler, M. Günther

Der Milwaukee-Schaft - wissenschaftliche Ergebnisse als Grundlage für ein verbessertes transfemorales Schaftdesign.

The Milwaukee Socket - an improved trans-femoral socket design based on scientific findings

Zusammenfassung

Die für dieses Projekt ausgewerteten Forschungsergebnisse erlauben eine gute Einschätzung der Veränderungen der von einer transfemorale Amputation und deren Spätfolgen betroffenen Muskulatur. Vergleichende Hüftmoment-Messungen und dynamische Fluoroskopie zeigen das ungenutzte Potenzial klassischer Versorgungsstrategien. Theoretische Erwägungen und erste praktische Erfahrungen mit einem modifizierten Schaftdesign werden diskutiert.

The experimental findings that have been evaluated for this project allow a good assessment of muscle changes associated with an amputation and its late effects. Comparative isometric measurements, as well as dynamic fluoroscopy visualization techniques, demonstrated the unutilized potential of common prosthesis fitting strategies. Theoretical considerations and first practical findings with a modified socket design are discussed.

Einleitung

Derzeit gebräuchliche Standardformen für Oberschenkelschäfte, beginnend mit Longs NSNA [1], Sabolichs CAT/CAM [2], und nicht endend mit Ortiz 'MAS-System [3, 4], sind in der Regel das Resultat jahrelanger praktischer Erfahrung und persönlicher Genialität des entsprechenden Erfinders. Obwohl deren Wirkprinzipien auf biomechanische Grundlagen gestützt sind und sie sich in der täglichen Praxis bewährt haben, bleibt es schwierig, diese Schaftdesigns mit wissenschaftlichen Methoden zu erschliessen und eventuell zu verbessern.

Das gründliche Verständnis der Situation im transfemorale Amputationsstumpf und der Funktion der jeweiligen prothetischen Schaftanpassung war im Laufe der Jahrzehnte Thema einer Vielzahl von wissenschaftlichen Studien, darunter Ganganalysen, Elektro-Myographie und isometrische Kraftmessungen, wobei vor allem letztere ein gut definiertes Kriterium für die Einschätzung der Effizienz eines Stumpfbettungs-Designs liefern kann. Die Information welche Stumpfmuskeln im Schaft die größten Einschränkungen erfahren gibt einen Hinweis darauf, welcher Bereich des Schaftes Verbesserungspotenzial hat.

DRSA (Dynamic Roentgen Stereogrammetric Analysis), im Wesentlichen eine Fluoroskopie-basierte Bewegungsanalyse, hat in den letzten Jahren neue Optionen für die In-vivo-Beurteilung von Prothesen [5,6] ermöglicht. Die direkte Visualisierung der Stumpf-Schaft Kontaktebene verdeutlicht, dass die allgemein gebräuchlichen Konzepte der

Schaftversorgung möglicherweise verbessert werden können. Die umfangreichsten dieser Studien beschäftigen sich mit transtibialen Prothesen; erste Messungen wurden aber auch bereits mit Oberschenkelamputierten durchgeführt.

Theorie

Die Ergebnisse der isometrischen Kraftmessung in transfemorale Amputierten und Erkenntnisse aus bereits früher veröffentlichten DRSA Studien über die Stumpf-Schaft Interaktion während des Gehens wurden kombiniert, um die theoretische Grundlage eines optimierten Schaftkonzeptes zu erarbeiten.

Zum Einen zeigte die Änderungen der isometrischen Stumpfkräfte innerhalb des Prothesenschaftes (CAT/CAM oder MAS) eine deutliche Reduzierung der Muskeleffektivität in Extensionsrichtung (Abb. 1). Zum Anderen enthüllte die Beobachtung der Relativbewegung des Stumpfes in Bezug auf die Schaftwand beim Gehen erhebliche Abweichungen von den erwartbaren Bewegungsmustern:

- Keine knöcherne Verblockung konnte festgestellt werden, statt dessen
- Eine erhebliche Verschiebung zwischen Sitzbein und oberem Schafttrand während des Fersenauftritts.
- Die proximale laterale Schaftwand hatte über weite Strecken der Standphase keinen Kontakt zum Körper.
- Der Femurknochen bewegte sich in einem deutlichen erkennbaren Umfang gegenüber der umliegenden Schaftstruktur.
- Knochenexostosen in unterschiedlichem Maß wurden bei allen Aufnahmen sichtbar.

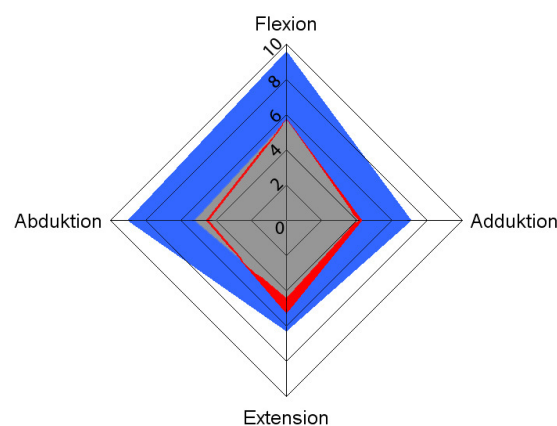


Abb. 1: Isometrische Muskelkraft der nichtamputierten Probanden (blau), Patienten (rot) und Patienten mit Prothese (grau) normiert auf Körpermasse. (N/kg)

Die Schlussfolgerungen aus diesen Beobachtungen führten zu einem modifizierten Schaftdesign, welches gegenüber der bekannten CAT/CAM oder MAS Technik wesentliche

Änderungen aufweist (Abb.2):

- Verzicht auf die supra-trochantäre laterale Schaftwandkomponente
- Abschaffung der starren Ramus Eingrenzung und "knöchernen Verblockung" zugunsten einer "muskulären Verblockung"
- Die Addition einer L-förmigen lateralen posterioren Stützstruktur zur Stabilisierung des distalen Femurbereichs

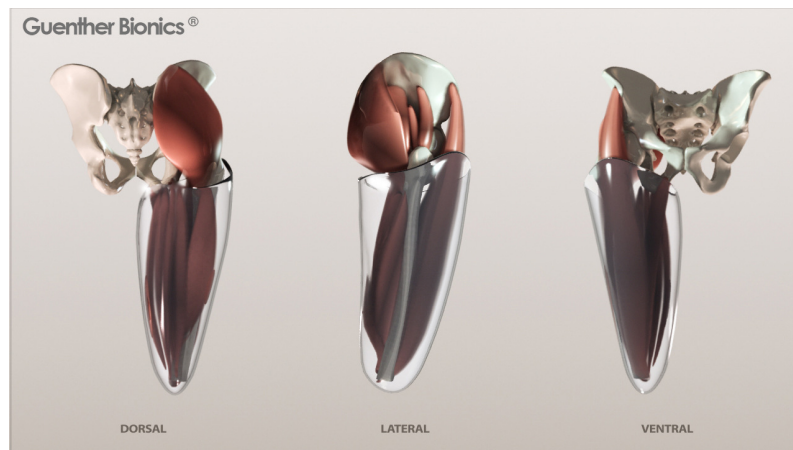


Abb. 2: Einbettung der Hauptmuskelgruppen im Oberschenkelschaft. Die Gestaltung der äußeren oberen Schaftwand ermöglicht einen größeren Bewegungsumfang in der Hüfte.

Ein entsprechender Schaft wurde angefertigt und für erste Praxistests verwendet. Funktion und Komfort wurden anhand des subjektiven Feedbacks des Amputierten, sowie durch das Urteil eines zertifizierten Orthopädietechnikermeisters bewertet. Als erfahrener und sicherer Prothesengeher gewöhnte sich der Proband schnell an den neu angepassten Schaft, und war in der Lage, Vergleiche zu seinen vorherigen Versorgungen anzustellen.

Ergebnisse

Für den oberen lateralen Bereich der Schaftwand wurde gezeigt, dass dieser keine begünstigende Wirkung für die Prothesenstabilität oder Muskelkraftentfaltung hat. Er könnte im Gegenteil sogar das Gangmuster und die subjektive Wahrnehmung der Prothese negativ beeinträchtigen, wenn der Patient unbewusst den Kontakt mit der abstehenden Struktur sucht, was einen weiteren Grund liefert, diesen Teil der Schaftwand zu entfernen. Willkommene Nebenwirkungen dieser Modifikation sind ein besserer Bewegungsumfang und eine geringere Einschränkung des Muskelspiels der Hüfte, sowie kosmetische Vorteile.

Im Bereich des Ramus pubicus führt der Wegfall des medial applizierten Anlagedrucks zu einer erheblichen Reduzierung der damit verbundenen Komforteinschränkung. Das

(distal) umgebende Muskelgewebe ist in der Lage, die erforderliche Lastübernahme zu gewährleisten, solange es richtig eingebettet ist. Bezieht man in die Gleichung noch die Hüftstreckmuskulatur ein, die im Moment des Fersenauftritts ohnehin angespannt ist, kann die knöcherne Unterstützung ganz aufgegeben werden. Die keilförmige Verblockung erfolgt dann zwischen Hüftstreckern und den subtrochantären Teilen des Oberschenkelknochens in einer Richtung und zwischen den hinteren Oberschenkelmuskeln und dem M. rectus femoris in der anderen Richtung. Dem Sitzbein kann die starre Umgreifung im Interesse eines vergrößerten Bewegungsumfanges erspart werden. Von technischer Seite ist dadurch auch keine strukturelle Verstärkung für den Ramus-umgreifenden medialen Schafttrandbereich mehr erforderlich.

DRSA Ganganalysen mit MAS Prothesen zeigten, dass nach dem Fersenauftritt das distale Femur-Ende sich nach distal und lateral bewegt - was in dem typischen Duchenne-Hinken resultiert. Eine L-förmige Struktur zur besseren Führung des Knochenendes, die lateral/dorsal im Schaft eingearbeitet wird, verringert diese unerwünschte Exkursion. Als Folge der veränderten Ansatzwinkel der Abduktoren- und Extensorenmuskulatur wird vermutet, dass Kallus-Exostosen und die damit verbundene Probleme sich langfristig ebenfalls reduzieren lassen.

Fazit

Nach jahrelanger Versorgungserfahrung mit modernen Schaftdesigns, umfangreichen Studien der isometrischen Stumpfkraft, und der Chance, bei den ersten DRSA Ganganalysen mit oberschenkelamputierten Probanden mitzuarbeiten, ist das hier beschriebene Schaftdesignkonzept ein Resultat der Kombination der verschiedenen gesammelten Erkenntnisse. Eine gründliche Erwägung der mechanischen Vorgänge an der Stumpf-Schaft-Schnittstelle auf Basis der neu verfügbaren Mess- und Visualisierungstechniken, führte fast automatisch zu dem diskutierten Konzept, welches natürlich zunächst lediglich von theoretischer Natur ist [7]. Obwohl die ersten Tests vielversprechend waren, bedarf es weiterer Arbeit, um die praktische Umsetzbarkeit unserer Ergebnisse in klinischen Studien zu untersuchen. Im Sinne einer einfachen Kommunikation wird vorgeschlagen, den Schaft "Milwaukee-Socket" zu nennen, in Anerkennung der Stadt in der er zuerst entworfen wurde.

Für die Autoren

Dd. Dipl.-Ing.(FH) Göran Fiedler, Orthopädietechnikermeister
Dipl.-Ing.(FH) Michael Günther, Orthopädietechnikermeister

Günther Bionics® GmbH
Wiesenweg 1
39317 Parey

www.guentherbionics.de

Literatur:

- [1] I. Long, "Normal Shape-Normal Alignment (NSNA) Above-Knee Prosthesis" *Clinical Prosthetics & Orthotics*, vol. 9, pp. 9-14, 1988.
- [2] J. Sabolich (1988), "Contoured Adducted Trochanteric-Controlled Alignment Method (CAT-CAM): Introduction and Basic Principles", *Clinical Prosthetics & Orthotics*, vol. 9, pp. 15-26.
- [3] M. Fairley (2004), "M.A.S. Socket: A Transfemoral Revolution", *OandP Edge*, vol. 3, online (12. 12. 2010) http://www.oandp.com/articles/2004-06_03.asp
- [4] R. M. Ortiz (2004), "Medial Ramus Containment Socket Design for Transfemoral Prosthesis", in *Best of the Howard R. Thranhardt Lecture Series, 2004 Journal of Proceedings, American Academy of Orthotists and Prosthetists*, New Orleans, Louisiana, USA.
- [5] G. Papaioannou, C. Mitrogiannis, G. Nianios, and G. Fiedler (2008), "The use of Dynamic Biplane Roentgen Stereophotogrammetric Analysis (DRSA) as a new diagnostic paradigm in orthopedics", in *Fifth International Conference on Health Care Systems*, Milwaukee, Wisconsin, USA.
- [6] Papaioannou, G., Mitrogiannis, C., Nianios, G. and Fiedler, G., (2009). "Assessment of amputee socket stump-residual bone kinematics during strenuous activities using Dynamic Roentgen Stereogrammetric Analysis". *Journal of Biomechanics*, vol. 43, pp. 871-8.
- [7] Günther, M. and Fiedler, G. (2010). "Schnittstelle Mensch-Prothese: Ansätze zur Schaftoptimierung [Human prosthesis interface: approaches for socket optimization]", *Orthopädie-Technik*, vol. 7/10, pp. 524-528