
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Techniken zur Anbringung der Prothese an den Oberschenkelstumpf	3
2.1	Entwicklungsstufen der Lastübertragung bei Oberschenkelschäften	3
2.2	Funktionsbereiche und Aufgaben eines Prothesenschaftes	6
2.3	Sitzbeinunterstützende Schaftechnik	7
2.4	Sitzbeinumgreifende Schaftechnik – CAT-CAM	9
2.5	Ramusumgreifende Schaftechnik – M.A.S.	11
2.6	Brimless Sockets oder Sub-Ischial-Sockets	14
2.7	Osteointegration	15
3	Biomechanische Untersuchungen von Prothesenschäften bei TF-Amputation	18
3.1	Druckverteilung zwischen Oberschenkelstumpf und Schaft	18
3.2	Zusammenfassung und Bewertung bisheriger Ergebnisse zur Druckverteilungsmessung	23
3.3	Relativbewegungen zwischen Oberschenkelstumpf und Schaft	25
3.4	Zusammenfassung und Bewertung bisheriger Ergebnisse zu Relativbewegung	31
3.5	Kinematik und Kinetik der unteren Extremität und des Oberkörpers bei Verwendung unterschiedlicher Schaftkonzepte	31
3.6	Zusammenfassung und Bewertung bisheriger Ergebnisse zu Kinematik und Kinetik der unteren Extremität und des Oberkörpers bei Verwendung unterschiedlicher Schaftkonzepte	34
3.7	Dynamik innerhalb einzelner Oberschenkelschaftsegmente	35
3.8	Zusammenfassung und Bewertung bisheriger Ergebnisse zur Dynamik innerhalb einzelner Oberschenkelschaftsegmente	37
3.9	Einflüsse auf biomechanische Parameter bei Studien zum Prothesenschaft	37
4	Aufgabenstellung und Zielsetzung	39
5	Untersuchungsmethoden	40
5.1	Schaftherstellung	40
5.2	Definition der Schaftsegmente und Festlegung der Schaftlängsachse als Referenz	41
5.3	Festlegung von Ebenen in den jeweiligen Schaftsegmenten	43
5.4	Druck- und Kraftmessungen an ausgewählten Weichteilbereichen innerhalb von sitzbeinumgreifenden Prothesenschäften	43
5.4.1	Festlegung der Weichteilbereiche für die Druck- und Kraftmessungen	43
5.4.2	Auswahl der Druckmesstechnik	44
5.4.3	Validierung des Druckmesssystems	45
5.4.4	Kraft- und Momentenmesssystem	48
5.4.5	Auslegung eines Rahmens zur Befestigung der Kraft- und Momentensensoren	50
5.4.6	Telemetrische Datenübertragung und Datenverarbeitung	52
5.4.7	Externes Kinematik- und Kinetikmesssystem	52
5.4.8	Externe Triggerung der Messsysteme	53
5.4.9	L.A.S.A.R. Posture	54
5.5	Ermittlung der Kräfte innerhalb von Oberschenkelprothesenschäften beim Stehen	54

5.5.1	Schaftraumen zur Integrierung der Untersuchungsschäfte und Messsensoren	55
5.5.2	Validierung der Steifigkeit des Rahmens	57
5.5.3	Montage des Mess-Schaft-Rahmens mit Sensoren und Messschaft	58
5.5.4	Benennung der Schaftelemente und der Kraft- und Momentensensoren	59
5.5.5	Transformationen der Koordinatensysteme der Kraft- und Momentensensoren in das Schaftkoordinatensystem	59
5.5.6	Berechnung der wirkenden Kräfte am medialen Umgreifungssegment	60
5.5.7	Berechnung der Kraftangriffspunkte in den Schaftelementen mit direkter Messung	60
5.5.8	Berechnung des Kraftangriffspunktes im medialen Umgreifungssegment	61
5.5.9	Versuchsaufbau für Messungen während des Stehens	62
5.5.10	Ermittlung der individuellen neutralen Schaftpositionen der Alltagsprothese	62
5.5.11	Ermittlung des Kraftdurchstoßpunktes in der Schaft Eintrittsebene	64
5.5.12	Validierung der Messgenauigkeit des Kraftdurchstoßpunktes in der Schaft Eintrittsebene	66
5.6	Ermittlung der Kräfte innerhalb von Oberschenkelprothesenschäften beim Gehen in verschiedenen Gangsituationen	67
5.6.1	Ebenerdiges Gehen	67
5.6.2	Gehen auf geneigten Untergründen	68
5.6.3	Gehen auf Treppenstufen	68
5.6.4	Prothesenpassteile	68
5.6.5	Prothesenaufbau	69
5.6.6	Probanden	69
6	Versuchsdurchführungen	71
6.1	Erstellung der Untersuchungsschäfte	71
6.2	Durchführung der Messungen	72
6.2.1	Druck- und Kraft im mittleren Schaftbereich	72
6.2.2	Kraftübertragung während des Stehens	72
6.2.3	Kraftübertragung während des Gehens in unterschiedlichen Gangsituationen	73
6.3	Datenverarbeitung und statistische Auswertung	74
6.3.1	Kinetik und Kinematik	74
6.3.2	Druckmessungen	74
6.3.3	Kraftmessungen im Schaft	74
6.3.4	Statistische Auswertung	75
7	Ergebnisse	76
7.1	Ergebnisse der Kraft- und Druckmessungen an ausgewählten Weichteilbereichen	76
7.1.1	Wirkende Kräfte auf die Schaftfenster während des ebenen Gehens	76
7.1.2	Patienten-individuelle Betrachtung der wirkenden Kräfte und Drücke	77
7.1.3	Kraftübertragung in den Weichteilbereichen	77
7.1.4	Druckverteilung in den Weichteilbereichen	81
7.2	Lage des Kraftangriffspunktes und des Center of Pressures	83
7.3	Ergebnisse der Kraftmessungen beim Stehen	85
7.3.1	Wiederholgenauigkeit der Messungen des Kraftdurchstoßpunktes in der Schaft Eintrittsebene	85
7.3.2	Belastung der Prothesenseite in der neutralen Schaftstellung	86
7.3.3	Kraftdurchstoßpunkte in der neutralen Schaftstellung	86
7.3.4	Verschiebung der Kraftdurchstoßpunkte bei Änderungen der Schaftstellung	87
7.3.5	Gewichtsverteilung während der Schaftpositionsänderungen	88
7.3.6	Systematische Verschiebung des Kraftdurchstoßpunktes in Abhängigkeit	89

7.3.7	der Schaftstellungsänderung Ausmaß der Verschiebung der Kraftdurchstoßpunkte abhängig von Flexion und Adduktion	90
7.3.8	Segmentkräfte beim Stehen mit neutraler Schaftstellung	90
7.3.9	Veränderung der Kräfte in Abhängigkeit zur Schaftpositionsänderung	92
7.3.10	Fazit der Ergebnisse beim Stehen	95
7.4	Ebenes Gehen	96
7.4.1	Zeit-Distanz-Parameter	96
7.4.2	Sagittale Knie- und Oberschenkelsegmentwinkel	96
7.4.3	Externe sagittale Knie- und Hüftmomente	96
7.4.4	Oberkörperseitverschiebung während der prothesenseitigen Standphase	97
7.4.5	Bodenreaktionskräfte und Schaftgesamtkräfte im Vergleich	98
7.4.6	Kräfte in den Schaftsegmenten	100
7.4.7	Positionen der Kraftverläufe in den Schaftsegmenten	101
7.4.8	Fazit der Ergebnisse beim ebenen Gehen	103
7.5	Rampe auf Gehen	104
7.5.1	Zeit-Distanz-Parameter	104
7.5.2	Sagittale Knie- und Oberschenkelsegmentwinkel	104
7.5.3	Externe sagittale Knie- und Hüftmomente	105
7.5.4	Bodenreaktionskräfte und Schaftgesamtkräfte im Vergleich	105
7.5.5	Kräfte in den Schaftsegmenten	107
7.5.6	Positionen der Kraftverläufe in den Schaftsegmenten	108
7.5.7	Fazit der Ergebnisse beim Rampe auf Gehen	110
7.6	Treppab Gehen	111
7.6.1	Zeit-Distanz-Parameter	111
7.6.2	Sagittale Knie- und Oberschenkelsegmentwinkel	111
7.6.3	Externe sagittale Knie- und Hüftmomente	111
7.6.4	Bodenreaktionskräfte und Schaftgesamtkräfte im Vergleich	112
7.6.5	Kräfte in den Schaftsegmenten	114
7.6.6	Positionen der Kraftverläufe in den Schaftsegmenten	115
7.6.7	Fazit der Ergebnisse beim treppab Gehen	117
7.7	Rampe ab Gehen	117
7.7.1	Zeit-Distanz-Parameter	117
7.7.2	Sagittale Knie- und Oberschenkelsegmentwinkel	117
7.7.3	Externe sagittale Knie- und Hüftmomente	118
7.7.4	Bodenreaktionskräfte und Schaftgesamtkräfte im Vergleich	118
7.7.5	Kräfte in den Schaftsegmenten	120
7.7.6	Positionen der Kraftverläufe in den Schaftsegmenten	122
7.7.7	Fazit der Ergebnisse beim Rampe ab Gehen	123
7.8	Zeitpunkte von Extremwerten wesentlicher kinematischer und kinetischer Parameter	124
8	Diskussion	127
8.1	Druck- und Krafteinwirkungen in anterioren und posterioren Weichteilbereichen	127
8.2	Krafteinwirkung beim Stehen	131
8.3	Krafteinwirkung beim Gehen	139
8.4	Einschränkungen der Studie	152
9	Zusammenfassung und Ableitungen für die Praxis	153
10	Literatur	159
11	Anhang	168