

## 6. Diskussion und Schlußfolgerung

Die erstmalige Erwähnung des besonderen Problems der Amputationen bei Kindern erfolgte im ehemaligen russischen Imperium und in den westlichen Ländern ungefähr gleichzeitig in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Zum Anfang des 20. Jahrhunderts erschienen einige grundlegende experimentelle, klinische und röntgenologische Arbeiten über wachsende Stümpfe (Hirsch, 21; Walyaschko, 143; Reich, 37; Vermeil, 43). Erstmals beschrieben die Autoren die Besonderheiten des Wachstums, die Deformationen der amputierten Gliedmaßen sowie Wachstumrückstände proximal gelegener Körperabschnitte. Es wurden Amputationmethoden entwickelt, die das physiologische Wachstum nicht beeinträchtigen sollten.

Im Vergleich zu anderen Amputationsstümpfen bereitet der wachsende Unterschenkelstumpf besondere Probleme.

Gegenwärtig sind einheimische und ausländische Autoren (Krasnow, 87; Wolkow, 148; Lyanders 95; Prochorowa, 113; Rozhkov, 119; Reich, 37; Saal, 39; Aitken 2,3; Marquardt, 29, 31; Neff 32,33,34) in der Definition der Besonderheiten des kindlichen Unterschenkelstumpfes einig. Diese sind:

- ungleichmäßiges Wachstum der Stumpfweichteile und -knochen;
- Wachstumsdisproportion der Unterschenkelknochen (Fibula übertrifft Tibia);
- Atrophie von Knochen und Muskeln am Stumpf, Knochenresorption am Stumpfende besonders bei nicht muskelplastisch gedeckten Stümpfen;
- Wachstumrückstand der Unterschenkelknochen und proximal liegender Körperteile;
- Entwicklung von Deformitäten am Unterschenkel und an proximal liegenden Körperteilen.

Nach Meinung einheimischer Autoren führt die Kombination der ersten drei Merkmale in der Regel zur Bildung pathologischer Kegelformen des Stumpfes, bishin zur knöchernen Durchspießung.

Das Fehlen einheitlicher Methoden für die Darstellung von Forschungsergebnissen über wachsende Unterschenkelstümpfe erschwert einen vollständigen Vergleich. Eine Literaturanalyse und eigene Ergebnisse führten zu folgenden Resultaten:

In letzter Zeit tendiert die Häufigkeit erworbener Amputationen bei weiblichen Patienten nach oben: 7% (Wolkow 1955), 20,3% (Aitken und Mitarb. 1953), 21% (Lyanders 1961), 34% (Lambert und Mitarb. 1969), 25% (Rozhkov in 70-80er Jahren, 119); bei eigenen Untersuchungen (in den 90er- Jahren) bestand ein Frauenanteil von 42%.

Das Trauma ist nach wie vor die Hauptursache für Amputationen bei Kindern (Marquardt und Correll, 31), aber der Anteil der traumatischen Verletzungen als Amputationsursache nimmt

ab. So wurde z.B. ein Trauma als Amputationgrund bei 96% (Wolkow, 148) bzw. 83,6% (Lyanders, 95), 85% (Witkowskaya, 145) der untersuchten Patienten in den 50er und 60er Jahren angegeben gegenüber 74,0% (Rozhkow, 119) in den 70er und 80er Jahren. Nach eigenen Untersuchungen in den 90er Jahren erlitten 67% der Patienten eine Amputation infolge eines Trauma. Dieses Ergebnis entspricht auch Aussagen anderer ausländischer Quellen (Lambert, 27). Neben dem Trauma und den Thermoverletzungen einschließlich elektrischer Verbrennungen kommen als mögliche Amputationursachen im Wachstumsalter Tumoren, Infektionen, angeborene und erworbene Deformitäten sowie neurotrophe Störungen in Betracht (Baumgartner, 5).

Die Häufigkeit der Amputationen des Unterschenkels infolge von Erkrankungen der Gliedmaßen (Osteomyelitis, Tumoren und Deformitäten) nimmt offenbar zu. Der Anteil von 1,5% (Lyanders, 95) bzw. 1% (Wolkow, 148), 3% (Dobrowa, 58) sowie 4,8% (Witkowskaya, 145) in den 50er und 60er Jahren, steigerte sich auf 5,5% (Rozhkow, 119) in den 70er und 80er Jahren bis auf 12% (eigene Ergebnisse).

In der russischen Literatur gibt es praktisch keine Angaben über das Verhältnis von angeborenen zu erworbenen Amputationen bei Kindern. Nur von zwei Autoren wurden folgende Zahlen erhalten. Dobrowa (58) beschrieb, daß von 122 von ihr untersuchte Stümpfen 5,5% kongenitaler Natur waren. Nach den Daten von Danilowa (60) hatten 11,6% der 60 von ihr beobachteten Kinder angeborene Stümpfe. Ausländischen Autoren sahen das Verhältnis der angeborenen zu erworbenen Amputationen wie 2:1 (66% zu 33% Aitken und Mitarb, 3; 32% zu 68% Lambert und Mitarb, 27, 60% zu 40% Cristie und Mitarb., 10). Nach anderen Angaben (Tooms, 41) liegt das Verhältnis von bei Geburt an vorhandenen Amputationen zu den erworbenen bei 3:2. Doch kann dieses Verhältnis regional durch außergewöhnliche Umstände (z.B. Krieg) verändert werden (Neff, 34).

„Nach Gibson haben in der Provinz Ontario/Kanada 37 von 1000 Lebendgeborenen Gliedmaßenfehlbildungen. Laut WHO-Statistik, zitiert bei Gibson, entfallen 21 Gliedmaßenfehlgebildete Kinder auf 1000 Lebendgeburten“ (zitiert bei Neff, 34). Von den eigenen Patienten wiesen 12% oder longitudinale Gliedmaßenfehlbildungen auf.

Die primäre Heilung der Amputationswunden lag früher bei 21,7% (Lyanders, 95) und 35% (Wolkow, 148); bei den eigenen Untersuchten betrug dieser Anteil 43%. Es kann mit dem Vervollkommen der operativen Techniken, Verbesserung der Krankenpflege und Veränderungen der Amputationsursachen (Zunahme von Gliedmaßenerkrankungen, Abwesenheit von Explosionstraumata) verbunden sein.

Aktuelle Untersuchungen zeigen die Zweckmäßigkeit der frühestmöglichen Prothesenversorgung, besonders nach Amputationen wegen eines Traumas (8, 29, 46, 84, 96,

113, 146). Die prothetische Versorgung sollte spätestens nach Heilung der Amputationswunde erfolgen (Lambert und Mitarb., 27). Auch wurde bei Kindern die Sofortversorgung mit dem Anbringen eines Prothesenschaftes aus Gips direkt auf dem Operationstisch (Berlemont, 8; Weiss, 46; Korzh, Berdnikow 84, Popsuischapka, 110) angewendet. Dadurch wurde eine optimale Stumpfform und Frühmobilisation der Patienten erzielt. Dieses erfordert aber eine perfekte Teamarbeit. Der anfänglicher Enthusiasmus der Anwendung dieser Methode wurde durch Komplikationen bei hierfür ungeeigneten Patienten und dadurch erforderlich werdenden Nachamputationen gedämpft. Alternativ können die Patienten frühzeitig mit einer sogenannten By-pass-Prothese mobilisiert werden, wenn überhaupt kein Druck auf die Amputationswunde übertragen werden darf. (Marquardt und Correll, 31).

Mehr als 90% der Untersuchten erhielten ihre erste Prothese innerhalb des ersten Jahres nach der Amputation. Früher brauchte der überwiegende Teil der Patienten (76%) zwischen 6 und 11 Monate und nur für 14% 3 bis 5 Monate (Rozhkow, 119) bis die Prothese nach der Amputation vollständig genutzt werden konnte. Nach aktuellen eigenen Ergebnissen konnten mehr als die Hälfte (54%) der Untersuchten ihre Prothese innerhalb der ersten 5 Monate nach der Amputation gut handhaben, davon 19% innerhalb von 1 bis 2 Monaten.

Außerdem stieg der Anteil der Patienten, die eine Unterschenkelkurzprothese mit Kunststoffschaff als erste Prothese erhielten: Von 35% in den vergangenen Jahren (Rozhkow, 119) bis zu 73% in heutiger Zeit (eigene Ergebnisse). Dieses entspricht Aussagen der ausländischen Literatur (Marquardt und Correll, 31). Während der Untersuchungszeit wurden alle Patienten mit einer Unterschenkelkurzprothese versorgt.

Nur bei zwei Patienten, die schon 20 bzw. 23 Jahre konventionelle Unterschenkelprothesen mit Oberschenkelmanschette trugen und Stumpflängen von 7 bzw. 9 cm hatten, wurden Unterschenkelkurzprothesen nicht angewendet.

Bei 5 Patienten, deren Stumpflänge unzureichend für die Versorgung mit Unterschenkelkurzprothesen war, wurde eine Stumpfverlängerung nach Illisarow durchgeführt.

Eine der häufigsten Veränderungen des wachsenden Unterschenkelstumpfes besteht in der Entwicklung einer pathologischen Kegelform; diese ist von der Ätiologie der Stumpfentstehung (erworben oder angeboren) unabhängig (Neff, 34). Nach Erfahrungen russischer Chirurgen variiert die Häufigkeit in großem Umfang und unterscheidet sich damit von den Angaben ausländischer Autoren. Dobrowa (58) beobachtete diese krankhafte Veränderung bei 33,5% der 68 von ihr Untersuchten mit einem wachsenden Unterschenkelstumpf. Schenk (127) stellte diese Veränderung bei 23,8% (n=105), Lyanders (95) bei 42% (n=144), Wolkow (148) bei 75% (n=49) der beobachteten Patienten fest. Ausländischen Autoren zu Folge kommt eine Knochendurchspießung am wachsenden Stumpf bei 15-30% der Patienten vor (Neff, 34).

Demgegenüber stehen wesentlich geringere Zahlen von Abraham (5,7%), Aitken (12,4%) und Romano und Burgess (6%) (zitiert nach Neff, 32). Möglicherweise sind hierin Osteophyten und Bursitiden, die sich bei der Knochendurchspießung entwickeln, nicht berücksichtigt. Angaben anderer Autoren über die Häufigkeit von Nachamputationen wegen Durchspießungen der wachsenden Unterschenkelknochen übertreffen mit: 33% (Reich, 37), bzw. 35% (Chistie und Mitarb., 9) wesentlich die oben genannten Zahlen. Dieses kann damit verbunden sein, daß in einigen Fällen Nachamputationen wegen Durchspießung alle zwei bis drei Jahre notwendig waren (Marquardt und Correll, 31; Gillespie, 23).

Eigenen Untersuchungen entsprechend litten 55% der amputierten Kinder und Jugendlichen mit Unterschenkelstümpfen an diesen pathologischen Veränderungen.

Unterschiedliche

Angaben über die Häufigkeit der pathologischen Kegelform des Stumpfes beruhen eventuell darauf, daß die Patienten nur einmal untersucht oder nur für eine kurze Zeit beobachtet wurden. Außerdem analysierte man in eigenen ausländischen Publikationen die Durchspießungen von Stümpfen aller Gliedmaßenabschnitte; Aitken (4) beschrieb, daß Durchspießungen unterschiedlich häufig in der Reihenfolge: Humerusstumpf (am häufigsten), Fibula- (sehr häufig), Tibia- (etwa seltener) und Femurstumpf (am seltensten) auftreten.

Wahrscheinlich sind die statistischen Angaben von Rozhkow (119) über die Häufigkeit einer pathologischen Kegelform am wachsenden Unterschenkelstumpf (etwa 70%) am zuverlässigsten, welche er in seiner Dissertation aufführt. Seine Arbeit beruht auf einundzwanzigjähriger Erfahrung mit Untersuchung und Behandlung von 398 unterschenkelamputierten Kindern und Jugendlichen im Forschungsinstitut für Prothesenversorgung und in den Kliniken von St. Petersburg.

Die Entwicklung der pathologischen Kegelform des Stumpfes steht im Zusammenhang mit dem Abschluß des intensiven Knochenwachstums. Während der eigenen Untersuchungen waren diese Beschwerden bei den über 12 jährigen Amputierten nicht so ausgeprägt wie bei den Jüngeren und hatten kaum negative Folgen für die Prothesenbenutzung; fast zwei Drittel der Untersuchten aus der älteren Altersgruppe waren frei von derartigen Beschwerden. Nach den Daten von Rozhkow (119) hatten 38,7% der Patienten aus diese Altersgruppe (älter als 12 Jahre) eine pathologische Kegelform des Stumpfes.

Deformitäten des wachsenden Unterschenkelstumpfes und proximal liegender Gliedmaßenabschnitte entwickeln sich nach Aussagen in der Literatur (Rozhkow, 118; Filatow, 61) und eigenen Untersuchungen ungefähr bei der Hälfte der Kinder; ein Genu varum war bei etwa jedem fünften Kind festzustellen (23,2% Rozhkow, 23,8% Filatow), was auch den eigenen Ergebnissen mit 20% entspricht. Valgus-Deformitäten waren nach Literaturangaben etwas

seltener mit: 18,6% bei Rozhkov und 21,7% bei Filatow, jedoch 28% in den eigenen Untersuchungen. Eine der Ursachen für diese Häufigkeit der Valgusentwicklung dürfte auf einem fehlerhaften Prothesenaufbau mit verstärkter Abduktion und möglicherweise auf einer falschen Konstruktion von Unterschenkelprothesen ohne Oberschenkelmanschette bei sehr kurzen Stümpfen beruhen.

Trophische Störungen im distalen Stumpfbereich hatten 39% der eigenen Untersuchten, d.h. häufiger im Vergleich zu den Literaturangaben mit 27% bei Rozhkov, (119) und mit 27,9% bei Danilowa, (60). Auch dies ist zum Teil auf Fehler in der prothetischen Versorgung zurückzuführen wie z.B. eine zu späte Neuversorgung oder eine ungeeignete Paßform des Prothesenschaftes. Dieses wird auch dadurch bestätigt, daß bei 33% der Patienten (eigene Ergebnisse) ausgedehnte Narben, die mit dem darunterliegenden Gewebe verwachsend waren und zur Ulcusbildung tendierten sowie Narbenkeloide entstanden waren - wesentlich häufiger als in der Literatur mit je 16% bei Witkowskaya (145) und bei Lyanders (95) sowie 13% bei Wolkow (148) angegeben; diese Autoren haben jedoch keine langfristigen Beobachtungen der Patienten nach ihrer Prothesenversorgung durchgeführt!

Nach Erkenntnissen ausländischer Autoren (Aitken, 3) hatten die ausgedehnte Narben unterschiedliche Eigenschaften und wurden als „atypisch“, „atrophisch“ oder „unelastisch“ etc. klassifiziert (ohne Tendenz zur Ulcusbildung; sie waren kein Ansaß zu Stumpfnachamputationen. Nach Angaben russischer Autoren entstanden Kelloide auf dem wachsenden Unterschenkelstumpf häufiger und hatten oft die Tendenz zur Ulcusbildung, was ihre Entfernung erforderlich machte (z.B. bei 13% (Lyanders, 95), 12% (Filatow, 62) und bei 25% (Dobrowa, 58) der untersuchten Patienten.

Die Häufigkeit von Neuomen (bei 4% der eigenen Patienten (entspricht den Literaturangaben mit weniger als 5% (Aitken, 4; Tooms, 41).

Phantomschmerzen der Untersuchten bestanden etwas häufiger (3%), als in der Literatur berichtet. So stellte Aitken (4) bei der Untersuchung von 350 Patienten mit wachsenden Stümpfen keine Phantomschmerzen fest. Dabei war das durchschnittliche Alter der Patienten 11,5 Jahre. Von den eigenen Patienten hatten nur diejenigen Phantomschmerzen, die vor mehr als 10 Jahren amputiert worden und älter als 12 Jahre zum Zeitpunkt ihrer Amputation waren. Dies entspricht auch den Ergebnissen von Lambert (27): Er schrieb, daß bei Kindern mit angeborenen oder bis zum 5. Lebensjahr erworbenen Stümpfen keine Phantomphänomene beobachtet wurden; im Alter von 5 bis 10 Jahren gab es Phantomempfindungen ohne Phantomschmerzen und im Alter von 10 bis zu 12 Jahren waren auch Phantomschmerzen fast genau so häufig, wie bei Erwachsenen, jedoch mit sehr viel geringerer Intensität.

Eigene Ergebnisse über die Häufigkeit der Entstehung einer Fibula valga (bei 13% der Patienten) unterscheiden sich kaum von den Angaben anderer Autoren: 12,2% (Wolkow, 148), 8,3% (Lyanders, 95), 5,5% (Wikowskaya, 145) und 15,0% (Rozhkow, 116). Entsprechendes gilt für die Verschiebung des Fibulaköpfchens nach proximal mit 15% der eigenen Untersuchten und 14,0% der Patienten nach Literaturangaben (Rozhkow, 116).

Zur besseren Übersicht werden die Aussagen der Literatur mit denen der eigenen Ergebnisse in Tabelle 14 zusammengestellt.

Tab.14 Zusammenstellung der Literaturangaben über krankhafte Veränderungen am wachsenden Unterschenkelstumpf

Stumpffehler und Stumpfkrankheiten	Autoren / Häufigkeit (%)							
	(* = Beobachtungsdauer; n = Anzahl der untersuchten Stümpfen)							
	Dobrova (n=68) 3*Jahre, 1953	Wolkow (n=72) 9*Jahre, 1955	Wikowskaya (n=104) 22*Jahre, 1956	Daniłova (n=73) 8*Jahre, 1958	Lyanders (n=144) 5*Jahre, 1961	Filatow (n=198) 20*Jahre, 1977	Rozhkow (n=359) 21*Jahre, 1991	Eigene (n=69) 7*Jahre, 1998
Ausgedehnte Narben und Narbenkeloide	25	16,3	16	–	13,0	12,0	–	33
Kniegelenkkontrakturen	8,8	–	8	9	4,0	16,0	6,0	12
Pathologische Kegelform des Stumpfes	33,5	53,1	49	46	45,1	60,1	70	55
Osteophyten	7,4	–	4	14	23,9	14,0	1	12
Fibula valga	2,3	12,2	4	–	8,3	–	15	13
Crus recurvatum	–	–	–	–	–	–	11,3	3
Crus antecurvatum	–	–	–	–	–	–	6,6	12
Fibulaköpfchenverschiebung nach proximal	–	–	–	–	–	–	14	15
Neurome	–	–	6	5	–	1,5	2	4
Phantomschmerzen	2,9	–	–	1,4	1,5	–	2	3
Genu varum	–	–	–	–	–	23,8	23,2	20
Genu valgum	–	–	–	–	–	21,7	18,6	28
Trophische Störungen	–	–	–	27,9	–	–	27,0	39
CCD-Winkelvergrößerung	–	–	–	–	–	–	86,0	–

Oben beschriebene krankhafte Stumpfveränderungen wurden in der Regel chirurgisch behandelt. Dabei sah die Mehrheit der Operationen eine Verkürzung der Stumpfknocken vor.

Für die Stumpfbildung strebt man an, die Knochenlänge maximal zu erhalten (Marquardt und Corell, 31). Deshalb wurden oft bei kindlichen traumatischen Amputationen atypische Hautlappen für eine Stumpfdeckung oder eine Hautplastik bei ungenügenden Weichteilen verwendet. Diese Verfahren haben im Vergleich zu früher (6% Wolkow, 12,8% Rozhkow, 119) zugenommen: von 17% aller durchgeführten Operationen vor der ersten Prothesenversorgung bei eigenen Untersuchten betrafen freie Hautplastiken.

Ende der sechziger, Anfang der siebziger Jahre gab es in der Amputationschirurgie die Tendenz, primäre Amputationen als Knochenplastiken durchzuführen (Lyanders 95, Wolkow 148); dazu wurde die verbliebene Gliedmaße bedeutend verkürzt. Auf Grund der Analyse von Langzeitergebnissen nach Knochenplastiken wurde festgestellt, daß solche Operationen die Entwicklung einer pathologischen Kegelform des Stumpfes nicht wesentlich verringert haben; die Behauptung einiger Autoren (Lyanders 95; Wolkow, 148; Kuslik, 89), daß diese Methode für den wachsenden Unterschenkelstumpf optimal als Durchspießungsprophylaxe geeignet sei, wurde nicht bestätigt. Nach Angaben von Rozhkov (119) wurden von 115 Kindern nach Knochenplastiken 27% wegen Durchspießungen nachamputiert. Er verglich die Häufigkeit der Entwicklung von Stumpfdeformitäten nach Knochenplastiken einerseits und nach Faszienplastiken andererseits: Nach Faszienplastiken hatten von 112 Untersuchten 18% Varus- und 31% Valgusdeformitäten (bedingt durch den lateralen Zug des Mm. Biceps femoris und Tensor fascia lata) nach Knochenplastiken (n=115) 39% (bedingt durch den stärkere Wachstum der Fibula) respektive 7%. Nach eigenen Untersuchungen mußten 2 von 9 Kindern nach Knochenplastiken nachamputiert werden (ein Patient davon zweimal). Drei Patienten hatten ein Genu varum.

Der Anteil der durchgeführten Knochenplastiken bei Kindern ist von 34% (Lyanders,95) in den 50er und 60er Jahren und 30% (Witkowskaya, 145) in den 70er Jahren lediglich auf 25,9% in 70er und 80er Jahren (Rozhkov, 116) zurückgegangen. Eigene Nachuntersuchungen (90er Jahre) zeigten, daß nur 11% von allen durchgeführten Operationen am Unterschenkelstumpf nach seiner Prothesenversorgung Knochenplastiken betrafen, wobei im Ausland diese Methode beliebt bleibt (Neff, 32).

Am häufigsten werden die Unterschenkelknochen an der Stumpfspitze reseziert, wenn ihre bleistiftspitzen Sporne droht die Haut durchzuspießen und dadurch die Prothesenbenutzung erschwert wird. In der Literatur sind unterschiedliche Häufigkeiten solcher Operationen bei Kindern angegeben. Von allen durchgeführten Operationen am wachsenden Unterschenkelstumpf wurden nach Wolkow (148) 62% Resektionen wegen Stumpfhautdurchspießung erforderlich; nach Ergebnissen von Lyanders (95) waren es 35%, von Witkowskaya (145) 23% und von Rozhkov (119) 25,8% ; bei den eigenen Patienten lag der Anteil derartiger Nachamputationen bei 31%.

Wie aus Tabelle 15 zu entnehmen ist, wurden bei den untersuchten Patienten praktisch alle Maßnahmen der Amputations- und Rekonstruktionschirurgie zur Vorbeugung von knöchernen Durchspießungen an der Stumpfspitze durchgeführt, da sie das häufigste und schwierigste Stumpfproblem bei Kindern mit Unterschenkelstümpfen darstellt.

Tab.15 Häufigkeit der Operation am wachsenden Unterschenkelstumpf (Literaturangaben)

Operationen	Autoren / Häufigkeit (%) (* = Beobachtungsdauer; n = Anzahl der untersuchten Stümpfen)					
	Wolkow (n=72) 9*Jahre, 1955	Witkowskaya (n=104) 22* Jahre, 1956	Prochorowa (n=83) 6 *Jahre, 1958	Lyanders (n=144) 5*Jahre, 1961	Rozhkov (n=359) 21* Jahr, 1991	Eigene (n=69) 7* Jahre, 1998
Kürzung der US-Knochen wegen drohende Durchspießung	62	23	33,7	37	25,9	31
Knochenplastiken (modifiziert nach Bier)	15	35,5	23,6	34	25,9	11
Narben- und Kelloidentfernung	4	19,2	7,8	14	12	14
Neuromentfernung	2	6,7	–	9	4,9	4
Bursaentfernung	–	3,8	–	1	–	12
Fibularesektion	9	12,5	–	–	–	13
Komplette Fibulaentfernung	20	7	6,1	26	-	1
Osteophytenabtragung	2	5,7	–	2	2,8	0
Sequesterabtragung	6	1	–	5	-	2
Hautplastiken	–	–	8,4	–	12	17
Epiphyseolyse	–	–	–	–	8,1	3
Epiphyseodese	–	–	2,4	–	6	3
Stumpfverlängerung nach Illisarow	–	–	–	–	–	3

Es wurden einige Operationsverfahren entwickelt, die auf die Vermeidung der pathologischen Kegelform des Stumpfes und auf die Verbesserung der Stumpffunktion ausgerichtet sind: die Epiphysioedese der Fibula und Stumpfverlängerung durch Distractionsepiphyseolyse oder Kallusdistraction nach Illisarow (Saal, 38; Schewtschenko128, Rozhkov, 118; Schatilow, 126). Doch eine endgültige Lösung dieses Problems wurde bis heute nicht gefunden.

Eine andere Entwicklung ist die Stumpfkappenplastik nach Marquardt (30); ein Knochen-Knorpel- Transplantat wird nach sparsamer Resektion der Stumpfspitze am Stumpfende fixiert. Dadurch wird der transossäre Amputationstumpf in einen „quasi –Exartikulationsstumpf“ umgewandelt mit der Vermeidung erneuten Durchspießungen und einer Längenzunahme unter funktioneller Belastung (Bläsius u. Mitarb., 7; Neff 32,33,34).

Um die Analyse zu vertiefen, wurde eine vergleichende Tabelle der Häufigkeit von durchgeführten Operationen am wachsenden Unterschenkelstumpf nach Literaturangaben zusammengestellt.

Mehrere Arbeiten betreffen die Rehabilitation und prothetische Versorgung von Kindern mit angeborenen oder erworbenen Stümpfen (Wenz, 47; Marquardt, 29; Godunow, 67). Diese Rehabilitation forderte eine individuell angepasste Behandlungsstrategie, bei der eine teambezogene Arbeit von Orthopäden, Orthopädietechnikern, Krankengymnasten, Psychologen sowie mit den Eltern mit dem Kind notwendig ist.

Alle Untersuchten wurden während des stationären Aufenthalts einem umfangreichen Rehabilitationsprogramm unterworfen, welches nicht immer rechtzeitig begonnen werden konnte.

### Schlußfolgerungen

Im allgemeinen können folgende Schlüsse über die Probleme des wachsenden Unterschenkelstumpfes gezogen werden:

1. Ende des letzten Jahrhunderts wurden die Forschungen über das Problem des wachsenden Unterschenkelstumpfes begonnen. Die geschichtliche Entwicklung läßt sich in drei Phasen unterteilen:

- Die erste Phase ging bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts. Beginn der klinischen und experimentellen Untersuchungen zur Physiologie und Pathologie des kindlichen Stumpfes.
- Die zweite Phase (erste Hälfte des 20. Jahrhunderts): Vertiefung der Forschungen über die Besonderheiten des wachsenden Stumpfes. Entwicklung von Methoden zur Prophylaxe und Behandlung der Stumpfbeschwerden und erste Konstruktionen kindgerechter Prothesen.
- Die dritte Phase (zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts): Komplexe Fortführung des Studiums der Amputationen und ihrer Folgen bei Kindern und Jugendlichen. Es wurden Behandlungs- und Rehabilitationsysteme für amputierte Kinder entwickelt und Reabilitationszentren für Kinder mit defekten Gliedmaßen gegründet; außerdem wurden spezielle Konstruktionen für kindgerechte Prothesen in Serie hergestellt.

2. Für Amputationen bei Kindern im Unterschenkel verwendete man in Rußland:

Faszienplastiken, Myoplastiken, und Knochenplastiken. Keine dieser Methoden konnte jedoch die Entwicklung des häufigsten Stumpfproblems (Durchspießung und Deformitäten des Stumpfes (komplett verhindern).

3. Eine der Ursachen für die bleistiftförmigen Spitzenbildungen der wachsenden

Unterschenkelknochen sind die überwiegend längsgerichteten axialen Spannkraften, - entstanden aufgrund des Wachstums aus den Epiphysenfugen über die seitlich verlaufenden Zug- und Druckkräfte der Weichteile und des Prothesenschaftes.

4. Deformitäten des Unterschenkelstumpfes entstehen bei Kindern infolge weitergehendem ungleichmäßigem Knochenwachstum mit asymmetrischer Wirkung und dem Prothesendruck auf die Wachstumszonen.

5. Die Untersuchung von 71 Patienten mit wachsenden Unterschenkelstümpfen zeigte, daß bei 67% die Amputation aufgrund eines Traumas erforderlich wurde. 12% der Untersuchten hatten angeborene Fehlbildungen ähnlich dem Unterschenkelstumpf. Jeweils 4% der Patienten hatten zwei Unterschenkelstümpfe oder einen Unterschenkel- und einen Oberschenkelstumpf. Am häufigsten wurde die Amputation im proximalen Drittel (47%) und im mittleren Drittel (32%) des Unterschenkels durchgeführt.

6. 58% der Untersuchten waren männlichen Geschlechts und 63% Stadtbewohner. Der größte Teil der Patienten- jeweils 16%- erlitten eine Amputation im Schulalter von 9 bis 12 Jahren beziehungsweise von 12 bis 15 Jahren.

7. Bei der Amputation des Unterschenkels im kindlichen Alter wird in der Ukraine eine größtmögliche Stumpflänge erhalten. Deswegen wurde nach Amputation des Unterschenkels bei 71% der Patienten eine primäre Wundnaht und bei 29% eine offene Wundversorgung mit nachfolgender Hautplastik durchgeführt. 43% der Nachamputierten heilten primär.

Folgende Komplikationen traten nach der Amputation auf: Randnekrosen der Hautlappen (16%), Durchspießung der Haut des Unterschenkelknochens sowie Haematominfektion (je 7%) und Osteomyelitis der Stumpfkuppe (3%), wobei die Patienten mit sekundärer Heilung viermal häufiger betroffen waren. Als chirurgische Vorbereitung zur Prothesenversorgung wurden am häufigsten freie Hautplastiken (17%) und Reamputationen (10%) durchgeführt.

8. Zur ersten Prothesenversorgung standen Übungsprothesen für nur 21% der Untersuchten zur Verfügung. Der Hauptanteil der Patienten (71%) wurde mit einer endgültigen Prothesen innerhalb von 3 bis 11 Monaten nach der Amputation versorgt. Ungefähr bei jedem Zehnten übertraf diese Frist ein Jahr. 73% aller Erstversorgungen waren Unterschenkelkurzprothesen mit Kunststoffschale.

9. Nach einer Unterschenkelamputation im kindlichen Alter entwickeln sich am Stumpf pathologische Veränderungen wegen des weiteren Wachstums und der Einwirkung der Prothese auf den Stumpf auf. Häufigste Beschwerden am Unterschenkelstumpf waren altersabhängige pathologische Kegelform des Stumpfes (55%) und trophische Störungen (39%), ausgedehnte mit den darunterliegenden Gewebe verwachsene Narben und Kelloide (33%) und Deformitäten in

der Sagittal- (15%) und Frontalebene (48%). Durchschnittlich entfielen auf jeden untersuchten Stumpf 2,7 unterschiedliche Stumpfveränderungen.

10. Alle pathologischen Veränderungen des Unterschenkelstumpfes (trophische Störungen, Bursitiden, Osteophyten, Neurome, Phantomschmerzen) und einige Fehlentwicklungen (Kegelform des Stumpfes, Genu varum) traten öfter nach einer Amputation im mittleren Drittel auf. Andere Fehler (ausgedehnte verwachsene Narben und Kelloide, Kontrakturen, Genu valgum, Deformationen in der Sagittalebene, Fibula valga und Fibulaverschiebung nach proximal) kamen häufiger nach Unterschenkelamputationen im proximalen wie auch im mittleren Drittel vor. Die Entstehung von Kelloide, Kontrakturen und Fibulaköpfchenverschiebung nach proximal waren zweimal häufiger, Genu recurvatum und Fibula valga traten viermal häufiger und Genu valgum 1,6 mal häufiger bei Unterschenkelstümpfen im mittleren Drittel auf als im proximalen Drittel.

11. Je jünger das Kind zum Zeitpunkt der Amputation war, desto öfter kam eine pathologische Kegelform des Stumpfes mit entsprechenden Deformitäten vor. Ein Genu recurvatum entwickelte sich nur bei Patienten, die eine Amputation im Alter bis 9 Jahren erlitten hatten. Das Genu antecurvatum trat nur auf, wenn eine Amputation im Alter bis 12 Jahren durchgeführt worden war. Eine Fibulaköpfchenverschiebung nach proximal sowie eine Entwicklung von Fibula valga wurde öfter bei jenen Patienten festgestellt, die jünger als 12 Jahre zum Zeitpunkt der Amputation waren. Dabei entwickelte sich Fibulaköpfchenverschiebung nach proximal doppelt so häufig bei Kindern, die im Alter zwischen 9 und 12 Jahren, d.h. in der Phase des verzögerten Wachstums (nach Vierordt, 44), amputiert worden waren.

12. Trophische Störungen am distalen Stumpfende wurden in verschiedenen Zeiträumen nach der Amputation bei jedem zweiten Untersuchten festgestellt, der älter als 12 Jahre bei der Amputation war. Bursitiden entstanden öfter bei Patienten der jüngeren Altersgruppe. Schmerzhaftes Osteophyten bildeten sich hauptsächlich während des verzögerten Wachstums.

13. Je mehr Zeit nach einer Unterschenkelamputation im Kindesalter vergangen war, desto häufiger wurde die Entstehung einer pathologischen Kegelform des Stumpfes beobachtet. Stumpfdeformitäten entwickelten sich erst nach drei Jahren seit der Amputation und schritten weiter fort. Ausgedehnte mit dem darunterliegenden Gewebe verwachsene Narben und Kelloide auf dem wachsenden Stumpf tendierten im Laufe der Zeit zur Aufweichung, wenn sie nicht über der Stumpfkuppe mit dem durchgespießten Stumpfknochen lagen. Diese Veränderungen am wachsenden Stumpf entstanden öfter bei der Benutzung konventioneller Unterschenkelprothesen mit Oberschenkelmanschette als bei Unterschenkelkurzprothesen.

14. Eine Atrophie trat in allen Geweben der im Kindesalter amputierten Gliedmaßen auf. Dabei war die Atrophie ( $Ka \geq 0,35$ , S. 40) an den Stümpfen im mittleren Drittel des Unterschenkels besonders ausgeprägt und war proportional vom Alter bei der Amputation abhängig, d.h. mit steigendem Amputationsalter sank die Intensität der Beschwerden.

15. Die Kombination und Ausprägung der pathologischen klinischen, morphologischen und funktionellen Veränderungen an Knochen und Weichteilen des kindlichen Stumpfes erforderten bis zum Wachstumsabschluß oft mehrmals chirurgische Behandlung. Bei einem Drittel der Untersuchten wurden, unter Beachtung der in der russischen Schule entwickelten Prinzipien der Operationsdurchführung am wachsenden Unterschenkelstumpf, nur Weichteileingriffe durchgeführt, bei 2/3 der Patienten waren jedoch Eingriffe an den Knochen unumgänglich.

16. Die Analyse der einheimischen Literatur und des eigenen klinischen Materials sprechen für den Fortschritt im Verständnis der Ätiopathogenese der Pathologie des wachsenden Unterschenkelstumpfes und die Verbesserung seiner Funktion, dank den aktuellen Erkenntnissen der Physiologie, Biomechanik, Amputationschirurgie und der Methoden von Illisarow, der Mikrochirurgie und der Prothesenherstellung. Eine vollständige Prophylaxe bezüglich der grundlegenden Stumpfbeschwerden im Wachstum gibt es jedoch noch nicht!

17. Das System der Rehabilitation von Kindern mit Gliedmaßenstümpfen in der Ukraine schließt das medizinische und technische Forschungsinstitut für Prothesenversorgung sowie staatliche und private Betriebe ein. Sie entwickeln sich weiter innerhalb der wirtschaftlichen Möglichkeiten der GUS; die wesentlichen Impulse für eine kindgerechte Prothesenversorgung in der Ukraine beruhen jedoch auf der jetzt ausgeübten Amputationstechnik und auf westlichen Technologien für die Protheseversorgung.

Auf Grund der eigenen Untersuchungen von Patienten, die im Wachstumsalter eine Unterschenkelamputation erlitten, und anhand der Literaturanalyse können folgende Empfehlungen gegeben werden:

- maximale Erhaltung von Länge der zu amputierenden Gliedmaße; deswegen wurden nach Amputationen offene Wundversorgungen mit nachfolgender Hautplastik oder aufgeschobene Amputationen (spätprimäre Versorgung) bei einem Viertel und im distalen Drittel des Unterschenkels Faszienplastiken bei der Hälfte der Patienten durchgeführt
- möglichst frühe Mobilisation. Eine prothetische Versorgung sollte spätestens nach Heilung der Amputationswunde erfolgen. Keiner der Patienten mit Sofortversorgung auf dem Operationstisch oder Übungsprothese hatte eine ausgeprägte Atrophie ( $Ka \geq 0,35$ )

- regelmäßige Untersuchung, physikalische und krankengymnastische Behandlung sowie Prothesenneuversorgung bei Kindern im Alter bis zu 3 Jahren zweimal im Jahr im Alter von 3 bis 9 Jahre einmal in neun Monaten, ab dem 9. Lebensjahr einmal im Jahr; die Nichtbeachtung dieser Regel führte häufig zur Entwicklung von Stumpfbeschwerden wie trophischen Störungen, Bursitiden und Stumpfachsenabweichungen
- Statt Reamputation Gewebetrasfer auf das Stumpfende, Erhaltung der Fußsohlenhaut für die Stumpfdeckung unter Anwendung mikrochirurgischer Techniken
- Durchführung einer Stumpfkappenplastik mit Knochen-Knorpel Transplantat nach Marquardt oder Epiphyseodese bei drohender knöcherner Durchspießung
- Distraktions- Epiphyseolyse nach Illisarow kurzer Stümpfe für eine bessere Prothesenversorgung bei Patienten, die jünger als 12 Jahre sind, oder Distraktions- Osteotomie der Unterschenkelknochen bei älteren Jugendlichen.

Weniger zu empfohlen sind:

- Zahlreichere operative Eingriffe, besonders Nachamputationen, vor dem Wachstumsabschluß wegen Verkürzung des Stumpfes und Verschlechterung der Funktion einschließlich einer Verschlechterung des psychoemotionellen Zustandes der Kinder durch mehrmalige Operationen. Im Wachstumsalter dürfen Nachamputationen nur bei absoluter Indikation ausgeführt werden wie lebensbedrohliche Zustände,, akute und chronische Infektionen und knöcherne Durchspießungen, intensivste Schmerzen, die die Versorgung bzw. die Benutzung einer Prothese verhindern. Statt Knochenresektion sollte eine Epiphyseodese des Wadenbeins oder ein Weichteilüberschuß der Stumpfkuppe angestrebt werden. Außerdem sollte die Entstehung von Deformitäten des wachsenden Stumpfes durch einen korrekten Prothesenaufbau und gute Paßform des Schaftes vermieden werden.

Nicht zu empfehlen sind:

- Anwendung von starren Amputationsschemata bei Kindern
- Eine komplette Entfernung der Fibula oder des Fibulaköpfchens, da diese für die Abstützung des Prothesenschaftes und als Muskelansatzpunkt wichtig sind
- Entfernung ausgedehnter verwachsener Narben und Kelloide oder von Neuomen, die keine subjektiven Beschwerden verursachen; die Narben werden im Laufe der Zeit weicher und beweglicher
- Durchführung von Knochenplastiken vor Wachstumsabschluß, da diese einer weiteren knöchernen Durchspießung nicht vorbeugen und einer Varusdeformität verursachen kann. Im Wachstumsalter kann diese Operation zur Korrektur einer Valgusdeformität gebraucht

werden. Synthetische Materialien zur Brückenbildung zwischen den Knochenstümpfen, da sie sich nicht bewährt haben.

Ergänzende Anmerkung:

- Einer umfassende Rehabilitation nach Amputation und prothetischer Versorgung muß auch eine intensive krankengymnastische Übungsbehandlung mit Gehschulung sowie psychologische und soziale Maßnahmen einschließen. Das ist nur mit einer eng abgestimmten Zusammenarbeit von qualifizierten und engagierten Ärzten, Orthopädietechnikern, Krankengymnasten, Ergotherapeuten, Psychologen, Sozialarbeitern und vor allem den Eltern der betroffenen Kinder und Jugendlichen möglich.