

**Fakultät für Medizin
der Technischen Universität München
Klinik für Orthopädie und Sportorthopädie
Klinikum rechts der Isar**

Die Tübinger Hüftbeugeschiene als Repositionsorthese

Verena Franziska Miller

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Medizin genehmigten Dissertation.

Vorsitzender Prof. Dr. Ernst J. Rummeny

Prüfer der Dissertation 1. Prof. Dr. Rüdiger von Eisenhart-Rothe
2. Prof. Dr. Roland M. Schmid

Die Dissertation wurde am 13.08.2015 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 19.10.2016 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Die angeborene Hüftdysplasie	3
2.1	Hintergrund und Ätiologie	3
2.2	Diagnostik	8
2.3	Ultraschallscreening der Neugeborenenhüfte	12
2.4	Behandlungsmöglichkeiten	15
3	Studie und Methodik	27
3.1	Studie	27
3.2	Studiendesign	28
3.3	Statistik	32
3.4	Methodik der Untersuchung und Beurteilung	32
4	Ergebnisse	37
4.1	Teil 1: Therapie mit der Tübinger Hüftbeugeschiene	37
4.2	Teil 2: Follow-up Röntgenaufnahmen	58
5	Diskussion	65
5.1	Ergebnisbezogener Teil	65
5.2	Schlussfolgerungen	76
5.3	Limitationen und methodische Einschränkungen	77
5.4	Ausblick	79
6	Zusammenfassung	81
A	Danksagung	83
	Literaturverzeichnis	85

Kapitel 1

Einleitung

Etwa drei von hundert Neugeborenen in Europa leiden an einer angeborenen Hüftdysplasie. In Deutschland wurden 2012 674 000 Kinder geboren, davon müssten also etwa 20 000 Kinder betroffen sein. Diese Zahlen verdeutlichen, was für einen wichtigen Stellenwert die Behandlung dieser angeborenen Fehlstellung hat. Die frühzeitige und möglichst erfolgreiche Behandlung der Dysplasie beeinflusst das ganze weitere Leben vieler Kinder und ist darüber hinaus auch von ökonomischem Interesse für das Gesundheitssystem.

Über die Jahre wurden viele verschiedene Therapiehilfsmittel zur Behandlung einer angeborenen Hüftdysplasie entwickelt und eingesetzt. Die Tübinger Hüftbeugeschiene, 1990 von Dr. Bernau entwickelt, hat sich in der Therapie der kongenitalen Hüftreifungsstörung bewährt und sich in den letzten Jahren immer weiter verbreitet. Bisher wurde sie vor allem eingesetzt, um stabile Hüftgelenke in der Nachreifungsphase zu unterstützen und zu stabilisieren. Für die Therapie instabiler Gelenke wurden vor allem der Fettweisgips oder die Pavlikbandage eingesetzt.

Gegenüber diesen Repositionsorthesen bietet die Tübinger Hüftbeugeschiene einige Vorteile. So muss sie nicht direkt auf der Haut getragen werden, sondern kann den Säuglingen über der normalen Kleidung angelegt werden. Zum Windel-

wechsel und zum Baden darf die Schiene abgenommen werden, was mit zu der sehr guten Akzeptanz bei den Betreuungspersonen der kleinen Patienten führt. Der Umgang mit der Schiene ist einfach und kann von den Eltern schnell erlernt werden. Die Anpassung der Schiene ist unkompliziert und rasch durchführbar und erfordert keinen Krankenhausaufenthalt und keine Narkose, wie es oft zur Anlage eines Fettweiskgipses notwendig ist. Die Kontrolle des Therapieerfolges kann ausnahmslos sonographisch erfolgen. Aufwendige und häufig mit einer Sedierung oder Narkose der Kinder verbundene MRT Aufnahmen sind bei einer reinen Schienentherapie nicht erforderlich.

Aufgrund der vielen positiven Erfahrungen sowohl hinsichtlich der Therapieverläufe als auch mit der Akzeptanz des Hilfsmittels durch Patienten und Eltern stellt sich die Frage nach einer Indikationserweiterung, ob die Schiene auch in der Repositionsphase und zur Stabilisierung instabiler Hüftgelenke (Typ IIc instabil nach Graf und schlechter) eingesetzt werden kann. Die einzige hierzu vorliegende Publikation stammt von Seidel et al [46]. Hier wird allerdings nur der Frage nachgegangen, ob die Tübinger Schiene bei in der ersten Lebenswoche diagnostizierten instabilen und dezentrierten Gelenken eingesetzt werden kann. Offen bleibt weiterhin die Frage, ob die Tübinger Hüftbeugeschiene auch bei älteren Kindern, die im Rahmen des Screeningprogrammes detektiert werden, eingesetzt werden kann.

Im Rahmen einer über 10 Jahre laufenden Studie sind wir diesen Fragen nachgegangen, die Ergebnisse werden in dieser Arbeit dargestellt.

Kapitel 2

Die angeborene Hüftdysplasie

2.1 Hintergrund und Ätiologie

Physiologische Hüftreifung Die korrekte Ausbildung eines gesunden Hüftgelenkes erfordert das Zusammenspiel mehrerer Komponenten. Die Entwicklung eines gesunden Gelenkes beginnt bereits während der Embryonalentwicklung und schon sehr früh spielen auch exogene Einflüsse eine wichtige Rolle. Sobald sich etwa in der zwölften Embryonalwoche die beiden Gelenkpartner getrennt haben, beginnen auch erste Bewegungen des Gelenks. Die korrekte Innervation der an der Bewegung des Hüftgelenks beteiligten Muskulatur ist ebenso wichtig wie die richtige Beinhaltung des heranwachsenden Fetus im Mutterleib[56].

Beim Neugeborenen bestehen noch beide an der Gelenkbildung beteiligten Partner überwiegend aus Knorpel und das Wachstum dieser Strukturen geht von mehreren Wachstumszonen aus, deren balanciertes Zusammenspiel eine wichtige Rolle für die Ausreifung eines voll funktionstüchtigen Gelenkes spielt [62]. Die Formgebung des Femurkopfes wird durch die einwirkenden Kräfte verschiedener Muskelgruppen und der Schwerkraft mitbestimmt, die Ausbildung einer ausreichend tiefen und stabilisierenden Pfanne wiederum wird maßgeblich durch die Form und die korrekte Einstellung des Femurendes bestimmt. Das Belastungsma-

ximum wirkt auch bei einer optimal entwickelten Säuglingshüfte am knorpeligen Anteil des Pfannendaches.

Ist bei einem dysplastischen Gelenk die Ausbildung des Pfannendaches noch gering, so verstärkt sich die auf den knorpeligen Erker wirkende Kraft. Die physiologische Beinhaltung in leichter Flexion und Abduktion sollte gefördert werden [34], um eine möglichst tiefe und zentrierte Einstellung des Kopfes in die Pfanne zu erreichen.

Jede Dysbalance in diesem komplexen System führt zu späteren Störungen der Gelenkfunktionalität [48, 21, 8, 40, 28, 62].

Durch die Einführung der Sonographie als Diagnostikum der Hüftreifungsstörungen wurde es möglich, den Verlauf der Hüftreifung genau zu verfolgen. Es konnte beobachtet werden, dass sich die sonographisch messbaren Winkelverhältnisse besonders in den ersten drei Lebensmonaten schnell verändern [53]. Graf beobachtete eine „lineare“ Reifung des alpha-Winkels von postnatal mindestens $50,8^\circ$ auf minimal 60° im dritten Lebensmonat [20]. Durch die Analyse der Entwicklung des alpha-Winkels nicht behandelter, hüftgesunder Säuglinge erstellten Tschauer und Kollegen eine „Reifungskurve“. Aus statistischen Beobachtungen und unter Annahme der „linearen“ Reifung errechnet sich ein optimaler alpha-Winkel von $55,1^\circ$ zum Zeitpunkt der Geburt. Folgt die Hüftreifung dann der von Tschauer erstellten Reifungskurve, so erreicht eine physiologisch ausreifende Hüfte im Alter von vier Wochen bereits einen sonographischen alpha-Winkel von $59,7^\circ$. Bis zu einem Alter von 16 Wochen erreicht der alpha-Winkel Werte um 64° . Nun schließt sich das „Tschauer-Plateau“ an: Zwischen dem vierten und 11. Lebensmonat verändert sich der alpha-Winkel kaum. Die weitere Hüftreifung wird dann über die Entwicklung des radiologisch bestimmten AC-Winkels beobachtet [34, 53, 21].

Dysplasie Bei der Dysplasie des Hüftgelenks handelt es sich um eine Reifungsstörung, infolge derer sich die Hüftpfanne nicht regelrecht ausbildet und die Verknöcherung des Pfannenerkers gestört ist.

Sobald der Hüftkopf sich nicht mehr in die Pfanne einstellt, also disloziert ist, spricht man von einer Hüftgelenksluxation.

In den meisten Fällen liegt bei Geburt lediglich eine Instabilität des Gelenks vor, welche erst im Verlauf zur Luxation des Hüftkopfes aus der Pfanne führt, im englischsprachigen Raum auch als „developmental dysplasia of the hip“ bezeichnet [48, 21, 8, 40, 28].

Ätiologie Ursächlich für die Entwicklung einer Hüftreifungsstörung können sowohl endogene als auch exogene Faktoren sein.

Auf eine gewisse genetische Komponente weisen Studien an Zwillingen hin, die zeigen, dass die eineiigen Zwillingsgeschwister eines Betroffenen zu etwa einem Drittel auch eine Hüftdysplasie aufweisen, während normale Geschwister und zweieiige Zwillingsgeschwister nur zu etwa 3% ebenfalls betroffen sind [26]. Dass bei etwa 40% der Kinder mit unilateraler Dysplasie eine familiäre Belastung vorliegt, ist ein weiterer Hinweis auf eine genetische Beteiligung an der Krankheitsentstehung [10].

Auch neurologische Grunderkrankungen wie eine Myelomeningozele oder die Arthrogryposis multiplex congenita können sekundär eine Hüftdysplasie mitbedingen [10, 60].

Bereits der Verlauf der Schwangerschaft an sich nimmt Einfluss auf die Entwicklung der Hüftgelenke des Ungeborenen. Vor allem in den letzten zwei bis drei Schwangerschaftsmonaten wirken die mütterlichen Hormone Progesteron und Östrogen zunehmend auch auf die Feten. Die physiologische Wirkung vor allem des Progesterons ist, die (Gebärmutter)Muskulatur zu entspannen und die Band-

strukturen des mütterlichen Beckens etwas zu lockern, um eine leichtere Geburt zu ermöglichen. Da die mütterlichen Hormone auch auf den Feten übergehen, zeigen sie auch an der Hüfte der Ungeborenen ihre Wirkung und sorgen für eine gewisse Bandlaxizität, welche wiederum eine unphysiologische Einstellung der Gelenkpartner begünstigt [56].

Schon in utero ist die korrekte Lage und Beweglichkeit der Kinder wichtig für die Gelenkreifung. Intrauteriner Platzmangel, zum Beispiel durch ein Oligohydramnion oder durch die bei Erstgebärenden relativ straffere Uteruswand, schränkt die physiologischen Strampelbewegungen des Ungeborenen ein. Auch die Haltung des Kindes selbst spielt eine Rolle. Fehlhaltungen aufgrund einer Lageanomalie, wie zum Beispiel der Beckenendlage, führen zu einer veränderten Belastung des sich ausbildenden Pfannendaches und erhöhen das Risiko der Entstehung einer Dysplasie [56, 35, 10].

Weder durch die genetischen noch durch die Umweltfaktoren alleine lässt sich das Entstehen einer Hüftdysplasie erklären, es ist von einer multifaktoriellen Genese auszugehen.

Inzidenz Die Inzidenz ist regional unterschiedlich und wird auch vom Verhalten der Eltern beziehungsweise von Traditionen in der Kinderpflege beeinflusst. So ist sie besonders hoch bei Völkergruppen, die ihre Säuglinge mit gestreckten Beinen fest einwickeln und zum Beispiel sehr niedrig bei afrikanischen Völkern, bei denen die Kinder viel mit gespreizten Beinen auf dem Rücken der Frauen getragen werden. Bei uns in Mitteleuropa beträgt die Inzidenz etwa 3%, wobei nur ein kleiner Anteil (bis zu 1% dieser Betroffenen) der Gelenke luxieren [48, 21, 8, 40, 28, 62].

Mädchen sind etwa fünf bis sechs mal häufiger betroffen als Jungen [59, 5].

Restdysplasie Von einer Restdysplasie spricht man, wenn nach erfolgter Therapie einer angeborenen Hüftreifungsstörung weiterhin ein Defizit in der Pfannenentwicklung vorliegt, wobei der Hüftkopf in physiologisch zentrierter Position steht [32, 33]. Ist das Gelenk so weit stabil, dass nicht die Gefahr einer Reluxation besteht, kann die spontane Ausreifung abgewartet werden. Eine Orthesentherapie ist nach Laufbeginn nicht mehr empfohlen [34]. Bis zum sechsten Lebensjahr sollte eine Restdysplasie operativ korrigiert werden [30].

Sekundärdysplasie Tritt eine Dysplasie am Hüftgelenk nach im Säuglingsalter erfolgreich therapierter Hüftreifungsstörung (Typ Ia/b nach Graf zu Therapieende) auf, so sprechen wir im folgenden von Sekundärdysplasie.

Folgen Die Wichtigkeit der Behandlung einer Hüftdysplasie wird deutlich, betrachtet man die entstehenden Folgen, falls die Erkrankung nicht therapiert wird. Bleibt das Gelenk in seiner Funktion eingeschränkt, so beeinträchtigt das die Belastbarkeit und die Beweglichkeit der Patienten, abhängig davon, wie schwer die Dysplasie ausgeprägt ist. Neben der Funktionseinschränkung können auch erhebliche, lebenslange Schmerzen die Folge sein.

Die Bedeutung der Hüftdysplasie für die Entstehung einer sekundären Arthrose ist nicht abschließend geklärt. Zwei Metaanalysen [62, 14] der dazu vorliegenden Studien kommen zu dem Schluss, dass die kindliche Hüftdysplasie zwar ein Risikofaktor für die spätere Entwicklung einer Arthrose ist, sich jedoch nicht aus jeder Dysplasie zwangsläufig eine spätere degenerative Gelenkerkrankung entwickelt. Ziegler et al [62] haben herausgearbeitet, dass das Entstehen einer Arthrose vom Schweregrad der vorliegenden Dysplasie abhängt. So ist das Risiko für arthrotische Veränderungen bei luxierten Gelenken am höchsten, besonders wenn sich eine Sekundärpfanne gebildet hat. Bei den subluxierten Gelenken ist die Arthrosewahrscheinlichkeit etwas geringer und innerhalb dieser Gruppe entstehen die degenerativen Veränderungen bei den schweren Verlaufsformen eher (bereits

ab dem 20. Lebensjahr), während die milderen Formen erst in der fünften oder sechsten Dekade betroffen sind. In Gelenken mit zentriert stehendem Hüftkopf aber dysplastischer Pfanne entsteht am seltensten Arthrose.

Dietrich [14] konnte zeigen, dass der Zusammenhang zwischen Dysplasie und Coxarthrose statistisch signifikant ist mit einer Odds Ratio (OR) zwischen 0 und 4,3. Zum Vergleich gibt er an, dass andere Risikofaktoren, wie zum Beispiel ein vorangegangenes Trauma, eine OR von 2,1 hat [25], während eine familiäre Belastung eine OR von 6,1 [29] aufweist. Auch Günther [24] konnte feststellen, dass einer Coxarthrose häufig eine Dysplasie vorausgeht, weist jedoch auch darauf hin, dass eine multifaktorielle Ätiologie anzunehmen ist. So nimmt auch die Lebensweise der Patienten und die daraus resultierende individuelle Belastung einen Einfluss auf die Arthroseentstehung.

Bei Kindern mit geringergradigen Dysplasien besteht mit Voranschreiten des Skelettwachstums das Potential zu einer spontanen Ausreifung [62].

2.2 Diagnostik

Um eine kongenitale Hüftreifungsstörung zu diagnostizieren, können verschiedene Verfahren angewendet werden. Ohne weitere Hilfsmittel kommt man dabei bei der klinischen Untersuchung aus. Jedoch hat sich herausgestellt, dass man alleine mit der klinischen Untersuchung viele pathologische Befunde übersieht. Die zweite Untersuchungsoption ist der Ultraschall der Säuglingshüfte. Diese hat sich in den letzten 30 Jahren zur Diagnosenstellung durchgesetzt und ist die Untersuchungsmethode der ersten Wahl. Weitere bildgebende Verfahren wie Röntgen, CT und MRT kommen bei besonderen Fragestellungen zum Einsatz, spielen jedoch in der primären Diagnostik eine untergeordnete Rolle.

2.2.1 Klinische Untersuchung

Durch die Einführung der Ultraschalldiagnostik ist die klinische Untersuchung zur Diagnose einer Hüftreifungsstörung in den Hintergrund gerückt worden. Zur vollständigen Beurteilung eines Hüftgelenkes wird sie jedoch nach wie vor durchgeführt.

Bei der **Inspektion** wird auf die Symmetrie der Hautfalten geachtet. Liegt eine starke Asymmetrie vor, so kann dies ein Hinweis auf eine Luxation sein. Außerdem wird das Vorliegen einer Beinlängendifferenz überprüft, indem man beide Beinchen in Hüft- und Kniegelenk 90° flektiert. Liegt eine einseitige Luxation vor, so kann der Oberschenkel dieser Seite verkürzt erscheinen.

Bei der **Tastuntersuchung nach Roser-Ortolani und Barlow** werden die Beinchen in 90° Flexion in Hüfte und Knie zunächst adduziert und mit leichtem Druck nach dorsal gehalten. Anschließend führt man eine Abduktionsbewegung aus, während man zusätzlich leichten Druck auf den Trochanter major ausübt. Bei subluxierten oder luxierten Gelenken kann man ein Schnappen vernehmen, wenn der Femurkopf zurück in die Pfannenmitte springt.

Zur Überprüfung der **Abspreizung** bewegt man die in Hüft- und Kniegelenk um 90° gebeugten Beinchen in Richtung Unterlage. Normalerweise ist die Abspreizung bei Neugeborenen bis zur Unterlage möglich. Kann nur noch eine Abspreizung von unter 60° erreicht werden, so spricht man von Abspreizhemmung.

Besonders auffallend sind Seitendifferenzen in der klinischen Untersuchung, bei beidseitig betroffenen instabilen oder luxierten Gelenken kann eine klinische Diagnose erschwert sein.

2.2.2 Sonographie

Zur Diagnostik eignet sich an der Säuglingshüfte heutzutage am besten die Ultraschalluntersuchung, wie sie in den 1980er Jahren von Reinhard Graf entwickelt wurde. Auch in der klinischen Untersuchung blande erscheinende Hüftgelenke können im Ultraschall behandlungsbedürftige Auffälligkeiten zeigen. Im Sonogramm sind auch die Weichteilstrukturen, welche zur Beurteilung und Einteilung einer dysplastischen Hüfte wichtig sind, gut zu beurteilen. So lassen sich der hyalin präformierte, knorpelige Pfannenrand und das Labrum acetabulare ebenso gut darstellen, wie das knorpelig-knöchernes Pfannendach.

Im Rahmen der konservativen Therapie ist die Ultraschalluntersuchung der Hüfte zur Überwachung des Therapieerfolges essentiell und kann eingesetzt werden, bis die Verknöcherung des Hüftkopfes die Beurteilung der dahinterliegenden Strukturen nicht mehr zulässt, wozu es mit etwa einem Jahr kommt [54, 21].

Hüfttypen nach Graf Die von Graf eingeführte Einteilung der Hüften nach sonographischen Kriterien hat sich durchgesetzt (Tabelle 2.1). Die Therapieentscheidungen richten sich maßgeblich nach dieser Einteilung.

Tabelle 2.1: Einteilung in Hüfttypen nach Graf [21]

Hüfttyp	knöcherne Formgebung	knöcherner Erker	knorpelig präformiertes Pfannendach	α -Winkel	β -Winkel	Konsequenz
I	gut	eckig/stumpf	übergreifend	$> 60^\circ$	Ia $< 55^\circ$ Ib $> 55^\circ$	keine Therapie
IIa (plus) < 12 LW	ausreichend	rund	übergreifend	$50-59^\circ$	$> 55^\circ$	Keine Therapie
IIa (minus) < 12 LW	mangelhaft	rund	übergreifend	$50-59^\circ$	$> 55^\circ$	Abspreizbehandlung und Kontrolle
IIb >12 LW	mangelhaft	rund	übergreifend	$50-59^\circ$	$> 55^\circ$	Abspreizbehandlung und Kontrolle o. Reposition und sichere Fixierung
IIc	hochgradig mangelhaft	rund bis flach	noch übergreifend	$43-49^\circ$	$> 77^\circ$	Reposition und sichere Fixierung
D	hochgradig mangelhaft	rund bis flach	verdrängt	$43-49^\circ$	$> 77^\circ$	Reposition und sichere Fixierung
IIIa	schlecht	flach	nach cranial verdrängt, ohne Strukturstörung	$< 43^\circ$	$> 77^\circ$	Reposition und sichere Fixierung
IIIb	schlecht	flach	nach cranial verdrängt, mit Strukturstörung	$< 43^\circ$	$> 77^\circ$	Reposition und sichere Fixierung
IV	schlecht	flach	nach medio-caudal verdrängt	$< 43^\circ$	$> 77^\circ$	Reposition und sichere Fixierung

Technik Da die Entscheidung, ob therapiert wird und wenn ja wie, heutzutage anhand der sonographischen Befunde getroffen wird, ist es bedeutend, dass diese Untersuchung gewissenhaft und unter Einhaltung einiger Standards durchgeführt wird. Es sollten Schallköpfe mit einer Frequenz von 7,0- bis 7,5-MHz benutzt werden, da die zu untersuchenden Strukturen bei Neugeborenen noch dicht unter der Oberfläche liegen. Für ältere Kinder kann es notwendig werden, einen 5 MHz-Schallkopf einzusetzen, um alle relevanten Strukturen bestmöglich darzustellen [21, 8].

2.2.3 Röntgen

Bei Säuglingen spielt die Röntgendiagnostik wenn überhaupt nur noch eine untergeordnete Rolle und wurde weitgehend von der Hüftsonographie abgelöst. Erst ab einem Alter von etwa einem Jahr, wenn die Beurteilbarkeit der Hüftgelenke mittels Ultraschall durch die zunehmende Verknöcherung eingeschränkt wird, gewinnt die Beckenübersichtsaufnahme an Bedeutung. Hier ist besonders der Pfannendachwinkel (AC-Winkel nach Hilgenreiner) von Interesse. Außerdem kann eine Aussage über den Hüftkopf und eventuelle Nekrosen getroffen werden, welche in der sonographischen Untersuchung nicht möglich ist.

Um interpretierbare und reproduzierbare Bilder zu erhalten, ist die Lagerung von entscheidender Bedeutung. Es muss darauf geachtet werden, dass das Becken weder um die Längs- noch um die Querachse gekippt ist, da sonst die gemessenen Winkel erheblich verfälscht werden können, was unter Umständen zu einer falschen Therapieentscheidung führen kann.

Die **Arthrographie** war früher eine beliebte Methode, da mit dieser Methode Weichgewebe durch Bildverstärkung abgebildet werden können. Sie wurde jedoch weitgehend von der Sonographie abgelöst.

Strahlenschutz Es ist besonders auf den Strahlenschutz der kleinen Patienten zu achten und eine Sonographie zur Beurteilung zu bevorzugen, da diese nicht mit einer Strahlenbelastung behaftet ist und zusätzlich eine Beurteilung der Weichgewebestrukturen des Hüftgelenks zulässt. Die Indikation zu einem Röntgenbild sollte streng gestellt werden.

2.2.4 CT und MRT

Computertomographie und Magnetresonanztomographie spielen in der Diagnostik an der Säuglingshüfte eine untergeordnete Rolle, sie werden eher im späten Kindes- oder Jugendalter eingesetzt, um spezielle Fragestellungen zu beantworten.

2.3 Ultraschallscreening der Neugeborenenhüfte

In Deutschland wurde 1996 die Hüftsonographie als Untersuchung im Rahmen der allgemeinen Vorsorgeuntersuchung U3 eingeführt. Ziel dieses allgemeinen Screenings ist vor allem die Früherkennung von Hüftreifungsstörungen.

Die Rate spät entdeckter Fälle soll gesenkt werden, um so aufwendige und kostenintensive Maßnahmen zur Behandlung zu vermeiden. Auch soll die Notwendigkeit von Operationen durch ein Früherkennungsprogramm vermieden werden.

Zeitpunkt Legt man nur die Reifungskurve des Hüftgelenks zu Grunde, so würde ein möglichst früher Screeningzeitpunkt, innerhalb der ersten Lebenswoche, Sinn machen, da man dann die volle Zeit der schnellen anatomischen Reifung ausnutzen könnte um das Gelenk konservativ zu therapieren. Untersuchungen haben jedoch ergeben, dass durch ein so frühes Screening viele Hüften als pathologisch detektiert werden würden, die im Verlauf jedoch auch spontan ausreifen [17, 27, 47, 61].

Um eine Balance zwischen beiden erwähnten Gesichtspunkten zu finden, bietet sich ein Screening zwischen der vierten und sechsten Lebenswoche an. Der Anteil der noch unreifen Hüftgelenke (Typ IIa nach Graf) ist zu diesem Zeitpunkt schon deutlich zurückgegangen (noch 1-5%, [17]), wodurch die Anzahl der eventuell unnötigerweise therapierten Kinder reduziert werden kann. Dieser Untersuchungszeitpunkt ist auch noch früh genug, um die Phase der schnellen Reifung, die etwa bis zur 12. Lebenswoche andauert, auszunutzen, sodass noch eine rasche anatomische Ausheilung durch konservative Therapieverfahren möglich ist [54, 17, 21, 23, 57].

Modus des Screenings Die Durchführung eines Screenings auf kongenitale Hüftdysplasie ist in der internationalen Literatur nicht unumstritten. Prinzipiell sind drei verschiedene Screeningarten denkbar.

Die erste Möglichkeit wäre, lediglich eine klinische Untersuchung durchzuführen, was so in den USA praktiziert wird.

Als zweite Möglichkeit kommt in Frage, die Ultraschalluntersuchung selektiv einzusetzen, und zwar bei Kindern mit anamnestischen Risikofaktoren oder wenn sich durch die klinische Untersuchung ein Verdacht ergeben hat. In dieser Art findet das Screening in der Schweiz Anwendung.

Die dritte Möglichkeit ist die Durchführung einer Hüftultraschalluntersuchung aller Säuglinge zu einem bestimmten Zeitpunkt, wie es derzeit beispielsweise in Deutschland und Österreich üblich ist [17, 12].

Ökonomische Aspekte Durch ein generelles Ultraschallscreening, wie es bei uns in Deutschland durchgeführt wird, entstehen zunächst natürlich erhebliche Kosten. Die Rechtfertigung hierfür ist, dass durch die Früherkennung eine konservative und ambulante Therapie ermöglicht wird, während spät entdeckte Hüftdysplasien häufig nur operativ korrigiert werden können, was längere statio-

näre Aufenthalte und, vor allem bedingt durch die invasiven Eingriffe, bereits in der Primärtherapie höhere Kosten verursacht. Die Inzidenz für erste operative Maßnahmen (geschlossene oder offene Reposition, Osteotomien an Hüftpfanne oder proximalem Oberschenkel oder auch eine Kombination aus diesen Verfahren) konnte durch die Einführung des Screeningprogrammes von 1,24 pro 1000 Lebendgeborenen vor Screeningeinführung auf 0,26 pro 1000 Lebendgeborenen nach der Einführung des generellen Screenings gesenkt werden. Im Vergleich zu anderen Ländern ist das eine sehr niedrige Inzidenz, wodurch sich die Effektivität des Screenings bestätigt [27].

Die sich häufig anschließende langwierige Krankengeschichte kann durch die Früherkennung und adäquate Therapie weitestgehend verhindert werden. Auf dem Boden einer Restdysplasie entstehen häufig degenerative Gelenkerkrankungen, die auch bei noch vergleichsweise jungen Patienten einen künstlichen Gelenkersatz notwendig machen können. In Österreich waren 2006 9% der implantierten Hüfttotalendoprothesen aufgrund einer kongenitalen Hüftdysplasie erforderlich. In der Tschechischen Republik kam es bei 10,17% der Patienten, die einen totalen Hüftgelenkersatz erhielten, durch eine angeborene Dysplasie zu den degenerativen Veränderungen, die den Gelenkersatz indizierten [17]. Nimmt man nun an, dass der Anteil der Dysplasiecoxarthrosen in Deutschland ähnlich ist wie in Österreich und der Tschechischen Republik, so ergeben sich folgende Zahlen: Im Jahr 2011 wurden in Deutschland 213 935 Hüfttotalendoprothesen implantiert [55]. Nimmt man an, dass davon 9,58% aufgrund einer Dysplasie nötig wurden, so ergibt sich, dass über 20 000 Prothesen bei Patienten mit durch Dysplasie geschädigten Gelenken zum Einsatz kamen.

Eine Studie in England hat ergeben, dass die Kosten einer generellen Durchführung der Hüftsonographie bei allen Kindern vergleichbar sind mit den Kosten für andere Arten des Screenings, sei es nur durch klinische Untersuchungen oder durch eine klinische Untersuchung in Verbindung mit dem selektiven Einsatz der Sonographie [12]. Berücksichtigt man nun auch noch die zu erwartenden langfris-

tigen Einsparungen durch die frühe Therapie, so können durch ein konsequentes Screeningprogramm eventuell auf lange Sicht Kosten eingespart werden.

Durchführung Seit 1996 ist das Hüftultraschallscreening Bestandteil der dritten Früherkennungsuntersuchung (U3), die idealerweise in der vierten Lebenswoche stattfindet. Viele Pädiater führen die Ultraschalluntersuchung selbst in ihrer Praxis durch, sonst werden die Patienten an orthopädische Kollegen überwiesen. Ergibt sich vor diesem Zeitpunkt durch eine klinische Untersuchung der Verdacht auf eine Hüftreifungsstörung oder sind anamnestisch Risikofaktoren (Geburt aus Beckenendlage, familiäre Belastung, andere Fehlbildungen (besonders der Füße)) bekannt, so wird die Ultraschalluntersuchung des Hüftgelenks so früh wie möglich, spätestens mit der U2 durchgeführt [1, 27].

Der Ablauf der Screeninguntersuchung soll durch die Leitlinie [2] vereinheitlicht werden. Die Untersuchungsergebnisse und gegebenenfalls das weitere Vorgehen werden auf einem Dokumentationsbogen im Vorsorgeheft des Kindes festgehalten.

2.4 Behandlungsmöglichkeiten

2.4.1 Konservative Behandlung

Die Art der Behandlung und die Behandlungsdauer richten sich maßgeblich nach dem Schweregrad der Dysplasie, welcher durch die bildgebenden Verfahren und die klinische Untersuchung festgelegt wird.

Es hat sich bewährt, bei der Behandlung nach einem von Graf vorgestellten Schema vorzugehen, welches folgende Phasen der Behandlung unterteilt:

- Repositionsphase
- Retentionsphase
- Nachreifungsphase

Die Behandlung gilt als erfolgreich und ist abzuschließen, wenn sich im Ultraschallbild alpha-Winkel von über 60° messen lassen. Manche Autoren empfehlen die Behandlung bis zu einem alpha-Winkel von $63-65^\circ$, um Messfehler und Ungenauigkeiten in der Ultraschallbildgebung auszugleichen [39].

Repositionsphase Bei dezentrierten Gelenken, entsprechend der Hüfttypen D, IIIa und IIIb und IV nach Graf, ist das vorrangige Ziel, den Kopf in die ursprüngliche Pfanne zu reponieren, dazu stehen im Großen und Ganzen drei Methoden zur Wahl. Es kann eine primär manuelle Reposition des luxierten Hüftkopfes erfolgen, es kann eine Vorbehandlung durch Extension mit anschließender Reposition notwendig sein, oder es kann die Pavlikbandage als dynamisches Verfahren gewählt werden.

Bei früh entdeckter Luxation ist der Hüftkopf meistens manuell und spontan reponierbar. Durch eine sogenannte „dynamische Ultraschalluntersuchung“ kann abgeschätzt werden, ob eine primäre manuelle Reposition möglich ist oder nicht. Ist die spontane Reposition unmöglich oder nicht erfolgreich, so ist eine Vorbehandlung durch Physiotherapie oder Extension nötig, um den gesteigerten Tonus der Muskulatur zu überwinden. Dies ist vor allem bei Hüften vom Typ IV nach Graf häufig der Fall. Da das nach unten eingeschlagene hyaline Pfannendach ein Repositionshindernis darstellt, muss auf forcierte Repositionsmanöver und auf die Reposition gegen Widerstand verzichtet werden, um Schäden an den knorpeligen Strukturen des Pfannendaches und des Hüftkopfes zu vermeiden.

Die Extensionsbehandlung kann zuerst in Längsrichtung und dann als Overheadextension erfolgen, oder aber direkt als Overheadextension durchgeführt werden. Meistens ist eine Behandlungsdauer von einigen Tagen ausreichend.

Die Pavlik-Bandage kann ebenfalls zur Reposition eingesetzt werden. Sie wird so angelegt, dass die durch Strampelbewegungen ausgeübte Kraft den Kopf dynamisch in die Urfanne zurückverlagert [8, 19, 34, 39].

Retentionsphase Die Fehleinstellung des Hüftkopfes hat das hyalin präformierte Pfannendach verformt, eventuell hat sich bereits eine Sekundärpfanne ausgebildet. Kopf und Urfanne sind möglicherweise inkongruent. Die Halte- und Stabilisierungsstrukturen sind ausgedehnt und dadurch nicht in der Lage, den Hüftkopf, nach Reposition in die korrekte anatomische Position, in dieser zu fixieren und eine Reluxation zu verhindern [19].

Bei solchen reponierten (Typ D, IIIa und IIIb und IV nach Graf), und bei primär nicht luxierten aber instabilen Gelenken (Typ IIc instabil nach Graf) ist es notwendig, die Einstellung des Kopfes in die Pfanne solange zu sichern, bis knöcherne Umbauung und Weichgewebesicherung ausreichen, um ein erneutes Luxieren oder Subluxieren zu verhindern. Dieser Behandlungsabschnitt wird als Retention bezeichnet. Sie kann auf verschiedene Arten erfolgen. Wichtig ist hierbei, dass das Gelenk während der Retentionsphase möglichst ruhiggestellt wird, um eine Reluxation auf jeden Fall zu vermeiden und um dem gelockerten Kapsel-Band-Apparat die Ruhe zu geben, sich zurückzubilden. Auch darf die Retention nicht gegen Widerstand erfolgen, da das zu Nekrosen am Hüftkopf führen kann.

Als am sichersten gilt die Fixation in der sogenannten „human position“ nach Salter. Das Hüftgelenk wird in einer Abduktion von 45-50° und Flexion von 100° eingestellt. In dieser Position sind die auf Kopf und knorpeligen Pfannenerker wirkenden Kräfte am geringsten, und die Kapselgefäße werden nicht komprimiert, was eine gute Durchblutung sichert. Kleinste Bewegungen dürfen zugelassen werden und sind zur Ausbildung eines physiologischen Kugelgelenkes und die Versorgung der knorpeligen Strukturen sogar wünschenswert. Vor allem muss eine Extension vermieden werden. Häufig verwendetes Hilfsmittel für diese Phase ist der Sitz-Hock-Gips nach Fettweis. Für diese Phase gibt Graf [19] eine Dauer von zwei bis vier Wochen an, je nach Alter des Kindes und Ausgangsbefund [19, 34, 39].

Nachreifungsphase Für alle Gelenke, die reponiert und/oder nur retiniert wurden sowie für alle Gelenke, die noch nicht altersgemäß entwickelt sind, schließt sich nun noch eine Phase an, die die physiologische Reifung unterstützt und ein erneutes Abdrängen des Hüftkopfes aus der ausreifenden Pfanne verhindert.

Der Hüftkopf ist zu diesem Zeitpunkt sicher und tief in die Pfanne eingestellt, das Pfannendach umschließt ihn und der Kapsel-Band-Apparat ist wieder straff. Es handelt sich um ein stabiles Hüftgelenk. Da das Pfannendach jedoch noch nicht verknöchert ist, müssen weiterhin alle Scherkräfte, vor allem in kaudokranieler Richtung, vermieden werden, um eine erneute Deformierung zu verhindern [19].

Das Hüftgelenk wird auch hier in die „human position“ eingestellt, Strampelbewegungen ohne Extension sind hier zugelassen. Die Nachreifungsbehandlung gilt als abgeschlossen, wenn sich in der Bildgebung altersgemäße physiologische Pfannendachwinkel (Typ I nach Graf) präsentieren [8, 21, 39].

2.4.1.1 Repositions- und Retentionsorthesen

Für die konservative Behandlung der Hüftreifungsstörung im Säuglingsalter wurde eine Vielzahl von Methoden entwickelt. Die Prinzipien, die diesen Orthesen zu Grunde liegen, haben sich zwar über die Jahre etwas verändert, solange jedoch die anatomischen Gegebenheiten beachtet werden und auf die physiologischen Ansprüche der jeweiligen Behandlungsphase eingegangen wird, können verschiedene Methoden zum gewünschten Effekt führen. Grundidee aller heute etablierten Methoden ist, durch eine Simulation der fetalen, intrauterinen Hüftstellung den Druck auf die beteiligten Gelenkpartner möglichst gleichmäßig zu verteilen, das knorpelige Pfannendach dabei möglichst zu entlasten und durch eine in dieser Lage entspannte Kapsel eine optimale Blutversorgung zu gewährleisten, so dass das Gelenk physiologisch ausreifen kann [4].

Tübinger Schiene Die Tübinger Schiene wurde von Dr. Andreas Bernau aus Tübingen entworfen und 1990 erstmals vorgestellt. Sie besteht aus einer Schulterspange, die über je zwei Ketten vorne und zwei Ketten hinten mit zwei Beinschalen verbunden wird. Durch die Kettenlänge kann die Beugung im Hüftgelenk reguliert werden und soll über 90° betragen. Die Abduktion soll etwa 45° betragen und kann über einen Spreizsteg eingestellt werden (siehe Abbildung 2.1). Bernau schreibt, dass „der Zeitaufwand für die Anpassung gering (ist, und dass) der Nutzen im Hinblick auf die Akzeptanz erheblich (ist)“ [4]. Nach einer kurzen Eingewöhnungsphase soll die Schiene dann 23 Stunden täglich getragen werden. Dies kann über der normalen Kleidung erfolgen. Zum Baden und Wickeln darf die Schiene kurzzeitig abgenommen werden. Die Schiene wurde für den Einsatz bei Kindern unter einem Jahr konzipiert. Nachdem sonographisch die Ausreifung der Hüftgelenke festgestellt werden kann, soll die Schiene noch vier bis sechs Wochen nachts angelegt werden.

Seit den Neunziger Jahren hat sich die Tübinger Schiene zur Behandlung von stabilen aber unreifen Hüftgelenken (bis Graf Typ IIc) etablieren können. Zur Diskussion steht, ob die Tübinger Schiene auch eingesetzt werden kann, um instabile Hüften zu therapieren [46, 4].

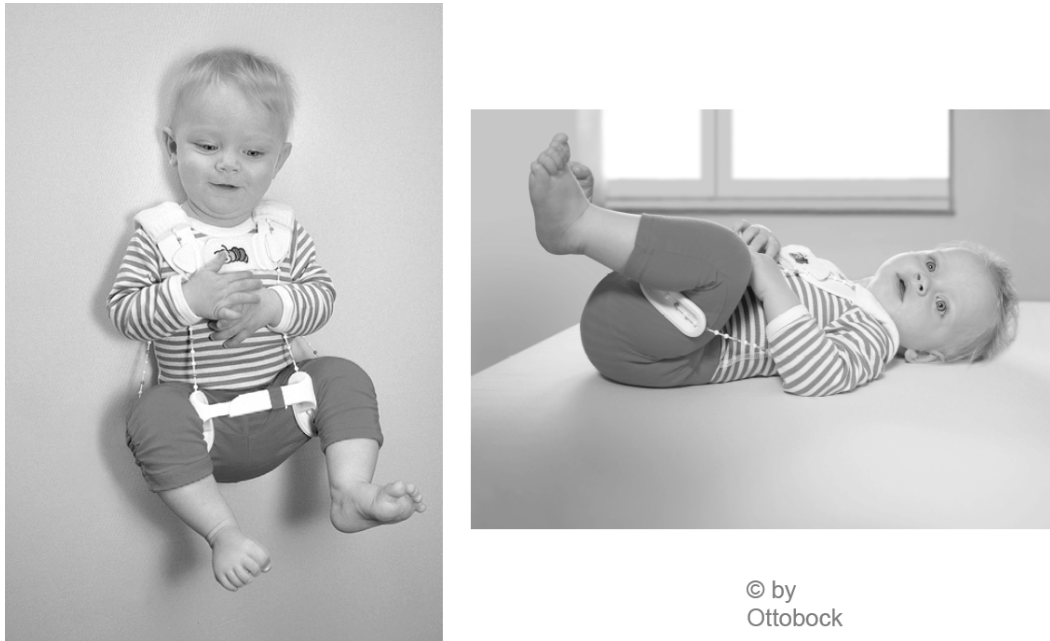


Abbildung 2.1: Die Bilder zeigen ein Kind mit über der Kleidung angelegter Tübinger Hüftbeugeschiene. Die Flexion im Hüftgelenk beträgt über 90° , die Abduktion $45-50^\circ$. (Bilder mit freundlicher Genehmigung von Ottobock)

Pavlik-Bandage Seit bereits fast 70 Jahren wird die Pavlik-Bandage zur Therapie von dysplastischen Säuglingshüftgelenken eingesetzt. Sie besteht aus einem Gurtsystem, welches sich wie folgt zusammensetzt: Zwei Schultergürtel, die sich auf dem Rücken überkreuzen und an einem Brustgurt befestigt werden. Die Beine liegen in zwei Schlaufen, welche am Unterschenkel von je zwei radiären Haltegurten fixiert werden. Der hinter dem Bein geführte Gurt vermeidet eine Adduktion und sichert die gewünschte Abduktion, während der vor dem Bein zum Brustgurt ziehende Teil die Flexion sichert und eine Extension im Hüftgelenk verhindert. Es wird eine Beugstellung im Hüftgelenk von über 90° angestrebt. Wichtig ist, dass die Abduktion nicht mit Kraft erzwungen wird, da sonst das Risiko einer Hüftkopfnekrose ansteigt. Außerdem soll die Zugrichtung der die Flexion sichernden Gurte weit genug lateral verlaufen, um eine Flexion in Abduktionsstellung zu erreichen. Die Bandage muss direkt auf der Haut getragen werden.

Die trotz der Orthese in geringem Umfang mögliche Bewegung des Gelenkes fördert dessen korrekte Ausreifung und ermöglicht gegebenenfalls die Reposition eines bereits luxierten Hüftkopfes. Die Hüftkopfnekroserate wird mit 0-7,2% angegeben [23].

In unterschiedlichen Modifikationen kann die Pavlik-Bandage sowohl zur Reposition eines aus der Pfanne dislozierten Hüftkopfes als auch zur Retention eines reponierten oder lediglich unreifen Gelenkes eingesetzt werden [3, 54, 23].

Fettweisgips Zur Fixierung einer reponierten Hüfte in der Retentionsphase gilt der Gips in Sitz-Hock-Stellung nach Fettweis, auch als Fettweisgips bezeichnet, als sicherste Methode [39]. Hierbei werden die Hüftgelenke bis auf 100-110° flektiert und bis etwa 30-50° abduziert. Früher legte man auch Becken-Bein-Gipse in 90° Abduktion (Lorenz-Stellung) an, was jedoch zu einer erhöhten Hüftkopfnekroserate führte und deshalb heute als obsolet zu betrachten ist.

Die korrekte Stellung der Hüftgelenke im Gips ist für die Ausheilung der Dysplasie entscheidend, weswegen die Stellung nach Gipsanlage kontrolliert werden muss. Dies kann durch verschiedene bildgebende Verfahren erfolgen. Eine kostengünstige und für den Patienten schonende Methode ist die Darstellung mittels Ultraschall über die „transinguinale Schnittebene“. In den Händen eines erfahrenen Untersuchers macht diese Methode den Einsatz anderer bildgebungen, die mit einem erheblichen Mehraufwand und Strahlenbelastung verbunden sind, für den Normalfall unnötig [15, 16]. Die Gelenkstellung kann auch durch ein Röntgenbild kontrolliert werden, hierzu wird vor Gipsanlage eine gehaltene Aufnahme angefertigt und mit einem Bild nach Gipsanlage verglichen, die Aussagekraft ist allerdings umstritten [19]. Durch eine Magnetresonanztomographie werden die Verhältnisse und die Stellung des Hüftkopfes exakt abgebildet, dieses Verfahren ist allerdings auch mit dem größten Aufwand verbunden. So ist meistens eine Sedierung erforderlich, da für eine exakte Beurteilbarkeit des Bildes wichtig ist, dass der Patient während der längeren Untersuchungszeit ruhig liegt [18, 39].

Hoffmann-Daimler-Bandage Die Hoffman-Daimler-Bandage kann laut Hersteller sowohl zur Reposition als auch zur Retention eingesetzt werden. Zunächst kommt eine Beugebandage zum Einsatz, die über Zügelsysteme zwischen Oberkörper und Oberschenkel eine Hüftbeugung von 90-100° bewirkt (Repositionsphase). Hat sich der Kopf in die Pfanne eingestellt, so wird das Gelenk durch den Zusatz einer Spreizschiene in etwa 70° Abduktion fixiert (Retentionsphase). Die Hoffmann-Daimler-Bandage kann auch bei hohen Luxationen eingesetzt werden. Die Handhabung und der Aufbau der Orthese ist aufwendiger als bei der Pavlikbandage [22].

Weitere Orthesen sind der Hanusek-Apparat, der Hüftspreizapparat nach Scherrer und Baehler und die Düsseldorfer Spreizschiene.

Im **Hanusek Apparat** ist sowohl eine Reposition als auch eine Retention möglich und er kommt bei höhergradigen Hüftdysplasien mit Subluxation oder bei luxierten Gelenken zum Einsatz. Auf einer Platte sind bewegliche Oberschenkelhalterungen angebracht, die eine Abspreiz- und Flexionsbehandlung ermöglichen. Durch eine Kopftieflagerung des Kindes entsteht eine leichte Längsextension, die zur Reposition beiträgt. Diese relativ aufwendige Konstruktion wird heute in dieser Form kaum noch eingesetzt.

Der **Hüftspreizapparat nach Scherrer und Baehler** ist eine Weiterentwicklung des Hanusek-Apparates, durch die ermöglichten kontrollierten Bewegungen kann eine schonende Reposition erfolgen. Die Verbesserungen vereinfachen die Pflege.

Auch die **Düsseldorfer Spreizschiene** leitet sich vom Hanusek-Apparat ab. Sie kann zur Retention in abgeschwächter Beuge-Spreiz-Stellung eingesetzt werden. Die Abduktion wird durch eine feste Liegekonsole mit fixierter zweiteiliger Becken-Oberschenkel-Orthese gewährleistet. Strampelbewegungen werden zugelassen. Im Verlauf der Behandlung kann die Liegekonsole entfernt werden, sodass die Kinder mit der sichernden Orthese kriechen, sitzen und laufen können [22].

2.4.2 Operative Versorgung

Durch die Einführung des generellen Ultraschallscreenings spätestens im Rahmen der dritten Vorsorgeuntersuchung im Alter von vier bis sechs Wochen, ist in den allermeisten Fällen von Hüftreifungsstörungen eine alleinige konservative Therapie möglich und ausreichend. Sollte die konservative Therapie versagen, kommen operative Maßnahmen zum Einsatz, um die anatomischen Verhältnisse am Hüftgelenk so weit wie möglich wieder herzustellen [34].

Offene Reposition Lässt sich ein Hüftgelenk nicht spontan und geschlossen reponieren, auch nicht mit Hilfe der Pavlik Bandage, so liegt es meist daran, dass sich Weichteile zwischen Kopf und Pfanne gelegt haben, die als Repositionshindernis eine Einstellung des Kopfes in die Pfanne unmöglich machen [8]. Graf empfiehlt einen konservativen Behandlungsversuch nicht über die Dauer von acht Wochen hinaus auszudehnen, da ein weiterhin konservatives Vorgehen das Risiko einer Schädigung der knorpeligen Gelenkanteile erhöht [34]. Liegt ein weit kranialisierter Femurkopf vor, so kann auch eine eventuelle Verkürzung der Sehne des Musculus iliopsoas eine Reposition verhindern. Kann diese nicht durch Overheadextension behoben werden, so ist auch das eine Indikation für eine offene chirurgische Reposition. Auch bei den selten gewordenen, spät diagnostizierten Hüftgelenksluxationen im Alter von über sechs Monaten lässt die oft hochgradig pathologische Gelenksituation oft keinen konservativen Therapieversuch zu, beziehungsweise sollte auf einen solchen im Hinblick auf eine mögliche zusätzliche Schädigung der Knorpelstrukturen und das zu diesem Zeitpunkt bereits geringe Umbaupotential des Gelenks verzichtet werden.

Bei der offenen Reposition werden über einen ventralen oder anterolateralen Zugang zum Gelenk die Repositionshindernisse aus dem Gelenkspalt entfernt, wobei der Pfannendachknorpel, der oft ein Repositionshindernis darstellt, auf keinen Fall reseziert werden darf, da dies nachhaltige Störungen in der weiteren Pfannenentwicklung nach sich ziehen würde. Gegebenenfalls sind zusätzlich eine

Tenotomie der Psoassehne und eine Inzision der Kapsel durchzuführen. Der Hüftkopf kann dann durch Abduktion und Innenrotation in die Pfanne eingestellt werden. Graf empfiehlt die passagere Fixation des reponierten Hüftkopfes durch einen Kirschnerdraht. Durch eine intertrochantäre Osteotomie ohne Keilentnahme wird das Bein gerade ausgerichtet. Diese kann ebenfalls durch Kirschnerdrähte fixiert werden. Anschließend werden die operierten Gelenke in einem Sitz-Hock-Gips ruhiggestellt [8, 34].

Acetabuloplastik Wird die Hüftdysplasie spät entdeckt oder heilt aus anderen Gründen unter einer konservativen Behandlung nicht zu physiologischen Kopf-Pfannen-Verhältnissen aus, so kann ein Eingriff an der Hüftpfanne notwendig werden. Die Indikation zur Pfannendachplastik ist zu stellen, wenn eine schwere Pfannendysplasie außerhalb der zweifachen Standardabweichung, nach der Einteilung der AC-Werte von Tönnis und Brunken [51], vorliegt. Ziel der Acetabuloplastik ist es, den Winkel der Pfanne so zu verändern, dass eine bessere Überdachung des Hüftkopfes erreicht wird. Dazu wird oberhalb des Acetabulums eine Osteotomie durchgeführt, in die ein Knochenkeil eingebracht wird, um die Neigung der Pfanne zu verringern. Ziel ist ein AC-Wert von $5-10^\circ$ [34]. Als Drehpunkt dieser Umstellung dient die Y-Fuge. Anschließend erfolgt eine Ruhigstellung des Gelenkes im Becken-Bein-Fuß Gips für etwa sechs Wochen. Die Patienten sollten zum Zeitpunkt der Operation zwischen eineinhalb und acht Jahre alt sein, auf jeden Fall muss die Y-Fuge noch offen sein [40, 8, 34].

Beckenosteotomie nach Salter Bei dieser Methode wird der Beckenknochen oberhalb des Pfannendachs durchtrennt und dann nach ventral und leicht lateral rotiert und so fixiert, dass der Kopf zentral in die Pfanne eingestellt ist. Drehpunkt ist hier die Symphyse. In den Osteotomiespalt wird ein aus dem Beckenkamm entnommener autologer Knochenkeil eingebracht. Durch die der Pfanne ferner liegende Osteotomie verglichen zur Osteotomie bei Acetabuloplastik ist das Korrekturpotential geringer. Die Überdachung des Hüftkopfes wird nach zentral

stärker verbessert als nach lateral. Deshalb kommt diese Art der Korrektur vor allem für Patienten mit überwiegend ventralem Überdeckungsdefizit und guter Gelenkbeweglichkeit in Frage. Beste Ergebnisse werden bei Kindern zwischen 15 Monaten und sechs Jahren erreicht, Salter berichtet auch über gute Erfahrungen im frühen Erwachsenenalter [45]. Anschließend an die operative Korrektur ist eine Ruhigstellung im Becken-Bein-Gips erforderlich [43, 44, 45, 40, 8].

Dreifachosteotomie des Beckens Bei bereits erfolgtem Verschluss der Y-Fuge können die oben beschriebenen Verfahren nicht mehr durchgeführt werden, dann kommt die von Tönnis und Kalchschmidt modifizierte Beckenosteotomie zum Einsatz. Dieses Verfahren ermöglicht die biomechanische Korrektur der Pfannenfehlstellung ab einem Alter von 12 Jahren [34]. Auch bei noch nicht erfolgtem Verschluss der Wachstumsfuge können durch diese Methode gute Ergebnisse erzielt werden. Hier werden alle drei an der Bildung der Hüftpfanne beteiligten Strukturen (Sitzbein, Darmbein, Schambein) pfannennah durchtrennt, um die Pfanne so optimal über dem Hüftkopf ausrichten zu können [52, 40, 8].

Auch durch die Implantation einer Hüfttotalendoprothese kann eine lange bestehende Hüftdysplasie mit eventuell sekundär entstandener Arthrose behandelt werden. Aufgrund der begrenzten Lebensdauer von Prothesen sollte die Implantation allerdings nicht zu früh erfolgen.

2.4.3 Röntgenkontrollen

Eine Verlaufskontrolle nach Therapieabschluss mittels röntgenologischer Beckenübersichtsaufnahme im Alter von einem bis eineinhalb Jahren wird für alle Kinder empfohlen, die ehemals von einer Hüftdysplasie betroffen waren, um die knöchernen Formgebung des Hüftgelenks zu beurteilen [13]. Darüber hinaus sind weitere regelmäßige Röntgenkontrollen bis zum Ende des Wachstums sinnvoll, um die weitere Entwicklung des Gelenkes zu beobachten und einen Reifungsstill-

stand mit einer folgenden Sekundärdysplasie so früh wie möglich zu erkennen. So kann eine erforderliche operative Korrektur zum idealen Zeitpunkt durchgeführt werden[36]. Menkens schreibt, dass „von einer Ausheilung nach diagnostizierter Hüftreifungsstörung erst nach Wachstumsabschluss (und) unter Berücksichtigung klinischer und bildgebender Kriterien gesprochen werden (darf)“ [36].

Kapitel 3

Studie und Methodik

In diesem Kapitel soll die durchgeführte Studie genauer beschrieben sowie alle zur Auswertung wichtigen Methoden erläutert werden.

3.1 Studie

Die der Auswertung zu Grunde liegenden Daten wurden erhoben, um die Wirksamkeit der Tübinger Schiene als Repositionsorthese zu untersuchen und um Erkenntnisse über den Langzeiterfolg dieser Therapie zu gewinnen. Ziel war es, zu prüfen, ob die Indikation zur Therapie mit der Tübinger Hüftbeugeschiene auch auf instabile Gelenke (Typ IIc instabil nach Graf und schlechter) erweitert werden kann.

Der Aufbau der Studie lässt sich in zwei wesentliche Abschnitte unterteilen: zum einen die primäre Therapie der Hüftreifungsstörung durch die Tübinger Schiene und zum anderen die Langzeitergebnisse nach Erreichen des Laufalters.

3.2 Studiendesign

Über einen Zeitraum von 10 Jahren (von 2001 bis 2011) wurden die Daten erhoben, die hier retrospektiv ausgewertet werden.

Der erste Teil der Studie soll die Frage beantworten, ob die Tübinger Schiene als Repositionsorthese einsetzbar ist. Es stellt sich die Frage nach dem primären Therapieerfolg (erreichen von Hüfttyp Ia/b nach Graf) und nach der Dauer der Therapie. Zusätzlich wurde der eventuelle Einfluss verschiedener Risikofaktoren auf den Erfolg bzw. die Dauer der Therapie untersucht.

Im zweiten Teil haben wir untersucht, wie sich die erfolgreich therapierten Hüften im Wachstumsverlauf verhalten haben. Nach Abschluss der primären Therapie wurde allen Eltern empfohlen, ihre Kinder ein halbes Jahr nach Laufbeginn erneut vorzustellen, um eventuelle Verschlechterungen der Gelenksituation oder Spätschäden durch die Therapie (Hüftkopfnekrosen) zu erkennen.

Zu diesen Kontrollterminen stellten sich die Kinder in der Sprechstunde vor und nach Prüfung der Indikation wurde eine Beckenübersichtsaufnahme in der Röntgenabteilung des Behandlungszentrums Aschau angefertigt. Zur Beurteilung und Bewertung dieser Röntgenbilder wurden im Nachhinein alle Bilder erneut vermessen. Die Beurteilung der Bilder erfolgte durch Ermitteln der AC-Winkel und Vergleich mit Normalwerten wie von Tönnis und Brunken [51] ermittelt. Außerdem wurden als Qualitätsmerkmale die nötigen Parameter zur Bestimmung des Drehungsquotienten (nach Tönnis und Brunken) und des Beckenkippsindex (nach Ball und Kommenda, jeweils wie nachfolgend beschrieben) vermessen. Bei der Beurteilung der Bilder wurde auf Strukturstörungen im Femurkopf, die auf eine Hüftkopfnekrose hinweisen könnten, geachtet.

In die Auswertung fließen die jeweils letzten angefertigten Bilder jedes Patienten ein.

Die Vermessung und Beurteilung der Bilder wurde von einer Person durchgeführt, um die Ergebnisse durch eventuelle personenbezogene Messfehler nicht zu beeinflussen.

Einschlusskriterien In die Studie eingeschlossen wurden alle im Behandlungszentrum Aschau behandelten Patienten, die die folgenden Kriterien erfüllten:

- Behandlung zwischen 2001 und 2011
- Hüftdysplasie Typ IIc oder schlechter nach Graf
- jünger als oder genau 6 Wochen alt
- Sonographiekontrollen im Abstand von maximal 3 Wochen
- Einverständnis der Eltern, die Behandlung durchzuführen und im maximal dreiwöchigen Abstand zur Kontrolle zu erscheinen

Ausschlusskriterien Patienten mit teratologischen Hüftgelenksluxationen oder aufgrund neurologischer Grunderkrankungen entstandenen Reifungsstörungen wurden ausgeschlossen, ebenso wie Kinder mit primär nicht reponierbaren Gelenken, bei denen eine Therapie mit der Tübinger Schiene nicht in Frage kam.

Patientengut Bei insgesamt 111 Patienten wurden die oben genannten Kriterien erfüllt und es gelang die durchgehende Betreuung und Dokumentation bis zum Abschluss der primären konservativen Therapie.

Ablauf der Behandlung Die **sonographischen Untersuchungen** wurden nach den Empfehlungen von Graf in einer Lagerungsschiene mit Hilfe einer Führungsapparatur alle am selben Gerät durchgeführt. Die Untersuchungen wurden ausschließlich von zwei erfahrenen Fachärzten durchgeführt.

Erfüllte ein untersuchter Säugling die oben genannten Kriterien und stimmten die

Eltern nach einem ausführlichen Aufklärungsgespräch über das Krankheitsbild der Hüftdysplasie, die Wichtigkeit der frühen Therapie und die verschiedenen Therapieoptionen, dieser Therapie ausdrücklich zu, so wurde noch am selben Tag die Behandlung mit der **Tübinger Hüftbeugeschiene** begonnen. Es wurde das Modell der Firma Otto Bock verwendet. Die Anpassung der Schiene erfolgte durch einen Orthopädietechniker im Beisein der Eltern und diese wurden auch motiviert, den Umgang direkt zu üben und eventuelle Fragen zu stellen. Nach Anpassung der Schiene wurde die korrekte Einstellung der Hüftgelenke auf 90-100° Flexion und 45-60° Abduktion vom behandelnden Arzt überprüft und gegebenenfalls korrigiert.

Zu Beginn wurden die Patienten **alle zwei Wochen sonographisch kontrolliert**, nachdem sich im Verlauf der Studie der Erfolg des Therapiekonzepts herausstellte, wurde der Abstand der Kontrollen auf **drei Wochen** verlängert.

Ließ sich in zwei aufeinanderfolgenden Sonographiekontrollen keine Verbesserung der Hüftgelenkssituation nachweisen, so wurde bei Patienten unter sechs Wochen eine kurzfristige Kontrolle in acht bis zehn Tagen vereinbart und so lange weiter mit der Tübinger Hüftbeugeschiene behandelt. Zeigte sich auch in der Kontrollsonographie keine Verbesserung, so wurde ein **Sitz-Hock-Gips nach Fettweis** angepasst. Bei Kindern, die zu diesem Zeitpunkt schon älter als sechs Wochen waren, wurde die Schientherapie direkt verlassen und ein Fettweisgips angelegt.

Die Behandlung wurde beendet, wenn sonographisch an beiden Hüftgelenken Typ I nach Graf mit einem Alphawinkel größer 60° erreicht wurde. Zur Sicherheit wurde den Eltern empfohlen, den Kindern die Schiene noch für 2-4 Wochen über Nacht anzulegen.

Compliance Die Eltern wurden vor Behandlungsbeginn ausführlich über das Krankheitsbild der kongenitalen Hüftdysplasie aufgeklärt und es wurde ausdrücklich darauf hingewiesen, wie wichtig eine möglichst frühe und konsequente The-

rapie für das Langzeitergebnis und damit die weitere Entwicklung der Kinder ist. Die tägliche Tragedauer wurde nicht mittels Wärmesensoren überprüft, wir müssen uns daher auf die anamnestisch erhobenen Angaben der Eltern verlassen.

Erfassung der Daten Der Therapieverlauf wurde auf einem Dokumentationsbogen festgehalten und gegebenenfalls im Rahmen der Auswertung aus der Dokumentation der einzelnen Untersuchungen ergänzt.

Folgende Punkte wurden erhoben und in einer Exceltabelle zusammengetragen:
Für den Ablauf der Therapie:

- Name des Patienten, im Verlauf ersetzt durch ID
- Geburtsdatum
- Geschlecht
- Datum Therapiebeginn/Therapieende
- Vorbehandlung (durch breites Wickeln)
- Risikofaktoren (hohes Geburtsgewicht, Geburt aus Beckenendlage, familiäre Belastung, korrespondierende Abspreizhemmung, Instabilität/Ortolani Zeichen positiv, Asymmetrie, Beinlängendifferenz)
- Durchführung von Krankengymnastik und/oder Osteopathie
- Anzahl der Sonographiekontrollen (mit Datum)
- Ausgangsbefunde: jeweils alpha- und beta- Winkel beider Seiten sowie daraus abgeleiteter Hüfttyp für beide Seiten
- Endbefunde in gleicher Weise wie die Ausgangsbefunde
- Dauer der einzelnen Therapieabschnitte (Schientherapie, Fettweisgips, Extensionsbehandlung)
- aufgetretene Komplikationen

Für die im Rahmen der Verlaufskontrolle angefertigten Röntgenbilder:

- Patienten ID zur eindeutigen Zuordnung
- Datum der Röntgenbildanfertigung
- Alter bei Röntgenbildanfertigung
- AC-Winkel rechts und links (nach Hilgenreiner)
- Werte zur Bestimmung der Beckenkipfung und des Drehungsquotienten
- Auftreten einer Hüftkopfnekrose

Die Analyse der erhobenen Werte sowie alle damit erfolgten Berechnungen und Gruppenbildungen sowie die angefertigten deskriptiven statistischen Berechnungen erfolgten mit Hilfe von Excel, als Bestandteil von Microsoft Office Home and Student in der Version von 2011.

3.3 Statistik

Wir nahmen an, dass die ermittelten Ergebnisse normalverteilt waren und überprüften dies durch Quantil-Quantil-Plots. Als statistischen Test führten wir den zweiseitigen Student-t-Test durch, je nachdem ob gleiche oder ungleiche Varianzen vorlagen Typ 2 oder 3 (bei gleichen Varianzen Typ 2, bei ungleichen Typ 3). Die Berechnungen und die Durchführung des Student-t-Tests erfolgte mit Excel (als Bestandteil von Microsoft Office Home and Student in der Version von 2011).

3.4 Methodik der Untersuchung und Beurteilung

3.4.1 Sonographie

Anders als bei sonstigen Ultraschalluntersuchungen, werden in der Hüftsonographie die Bilder alle anatomisch projiziert und zwar so, dass die Ausrichtung einem

rechten a.p. Röntgenbild entspricht. So kann man jedes Bild nach dem selben Schema beurteilen und muss die Seite nicht beachten.

Für die Dokumentation der Untersuchung gibt es Vorschriften. So müssen alle angefertigten Sonogramme einen Abbildungsmaßstab von mindestens 1,7:1 erfüllen, damit auch feine Strukturen noch sicher zu erkennen sind. Für jedes untersuchte Hüftgelenk müssen zwei Sonogramme in ausgedruckter Form archiviert werden, davon eines ausgemessen und ein Zweites messlinienfrei.

Um die Reproduzierbarkeit zu gewährleisten ist es wichtig, dass immer die gleiche **Schnittebene** durch das Gelenk gelegt wird. Dazu hat man eine sogenannte **Standardebene** festgelegt. Die Schallebene muss durch die Mitte der **Fossa acetabuli** liegen, so dass der **Unterrand des Os ilium** abgebildet werden kann. Des Weiteren muss das **Pfannendach** im Frontalschnitt zur Darstellung kommen. Als dritter Punkt definiert die Abbildung des **Labrum acetabulare** die richtige Ebene. Der Untersucher muss alle zur Beurteilung wichtigen anatomischen Strukturen darstellen und identifizieren. Dies sind die Knorpel-Knochen-Grenze am Femur, die echoarme Zone des Hüftkopfes, die Umschlagfalte der Gelenkkapsel sowie die Gelenkkapsel selbst, das Labrum acetabulare, alle Anteile des Pfannendachs sowie der knöchernen Erker [21, 8].

Da die Aussagekraft der Untersuchung mit vom Untersucher abhängt, werden einige Hilfsmittel empfohlen, um die Zahl der möglichen Fehler zu reduzieren. Diese Empfehlungen werden im Kinderorthopädischen Behandlungszentrum in Aschau konsequent umgesetzt und auf die Einhaltung aller Standards wird besonderer Wert gelegt. Im Rahmen der Studie wurden alle Sonogramme von zwei Ärzten angefertigt und beurteilt, was den Aspekt der Untersucherabhängigkeit der Ergebnisse für den Vergleich minimiert.

Die Kinder wurden für die Untersuchungen in einer speziellen **Lagerungsschale** gelagert, die so konstruiert ist, dass das Kind relativ bequem und sicher auf der Seite darin liegen kann. Graf empfiehlt, die Patienten darin auf ein Stofftuch zu legen,

welches ähnlich einer Hängematte über die Randbegrenzungen der Schale gebreitet wird [21]. Das Bein der zu untersuchenden Hüfte wurde leicht gebeugt und etwas nach innen rotiert gehalten. Zur Verbesserung der Untersuchungsgenauigkeit wurde die von Graf empfohlene **Schallkopfführungsapparatur**, welche nur „Bewegungen zulässt, die für die Untersuchung des Gelenks notwendig sind“ [21] eingesetzt.

Die Einteilung in Hüfttypen nach Graf erfolgte gemäß der in Tabelle 2.1 dargestellten Kriterien.

Gerät Alle Ultraschalluntersuchungen der Studie wurden mit einem Ultraschallgerät der Firma Siemens, dem Acuson 300, mit einem 7,5 MHz Linearschallkopf durchgeführt.

3.4.2 Röntgenbilder

Die Beurteilung der Hüftgelenke in der Nachkontrolle der kindlichen Hüftdysplasie erfolgte auf Beckenübersichtsaufnahmen. Die Patienten wurden hierfür in Rückenlage mit um 15° innenrotierten Beinen gelagert. Bei Kindern bis zu einem Alter von vier Jahren wurden die Beine gestreckt gelagert und von einer Begleitperson in Innenrotation gehalten. Ältere Kinder wurden mit hängenden Unterschenkeln gelagert. Das Bild wurde auf den Mittelpunkt der Verbindungslinie der beiden Spinae iliacae anteriores superiores zentriert. Es wurde streng auf den Gonadenschutz der kleinen Patienten geachtet.

AC-Winkel Zur Beurteilung der Röntgenbilder wurde der Pfannendachwinkel nach Hilgenreiner (AC-Winkel) bestimmt. Hierfür wurde die Hilgenreinerlinie konstruiert, welche die Verbindungslinie der untersten lateralen Ecken des Os ilium beider Seiten ist. Von diesen Punkten aus wurde je eine Linie an den seitlichen Pfannenerker angelegt. Der Winkel zwischen beiden Linien entspricht

dem AC-Winkel. Tabelle 3.1 gibt die Grenzwerte für den AC-Winkel in jeder Altersklasse wieder, bei deren Überschreiten wir ein Hüftgelenk als dysplastisch eingestuft haben [49, 50].

Tabelle 3.1: Grenzwerte des AC-Winkels für die einzelnen Altersgruppen (Tabelle nach Tönnis [49, 50]).

Alter	Als Restdysplasie gewertet ab einem AC-Winkel von
3-4 Monate	> 30°
5 Monate bis 2 Jahre	> 25°
2-3 Jahre	> 23°
3-7 Jahre	> 20°
7-14 Jahre	> 15°

Indices Für die korrekte Winkelmessung ist es essentiell, dass das Becken zur Aufnahme richtig gelagert wird, da schon geringe Drehungen um die Längsachse oder Kippungen um die Querachse zu verfälschten Winkelergebnissen führen können. Um die Qualität der Aufnahme zu überprüfen, haben wir zum einen den Drehungsquotienten des Beckens (nach Tönnis und Brunken) und zum anderen den Index für Beckenaufrichtung und -kipfung (nach Ball und Kommenda) bestimmt.

Für den Drehungsquotienten misst man die Querdurchmesser der beiden Foramina obturatoria und teilt den rechten durch den linken Wert. Liegt dieser Wert zwischen 0,56 und 1,8, so ist die Verfälschung der gemessenen Pfannendachwinkel mit bis zu 2° vernachlässigbar klein.

Den Index für die Beckenkipfung haben wir berechnet, indem wir den größten vertikalen Durchmesser des Foramen obturatorium durch den Abstand des Os pubis von der Hilgenreiner Linie (nahe der Symphyse gemessen) teilten. Bei richtiger Lagerung sollte der Index zwischen 0,75 und 1,2 liegen.

Kapitel 4

Ergebnisse

4.1 Teil 1: Therapie mit der Tübinger Hüftbeugeschiene

Patientengut Es wurden 111 Patienten in die Studie aufgenommen. Davon waren 99 Patienten weiblich und 12 männlich, was einem Verhältnis von 8,25:1 entspricht.

Dreiundvierzig Patienten waren bilateral betroffen, 68 nur auf einer Seite. So ergibt sich eine Gesamtzahl von 154 betroffenen Gelenken, die sich folgendermaßen auf die einzelnen Typen nach Graf verteilen: 15 Typ IIc instabil, 63 mit Typ D, 74 mal Typ IIIa, und zwei mal Typ 4 (Tabelle 4.1 und Tabelle 4.2). Abbildung 4.1 und Abbildung 4.2 stellen die Verteilung nochmal bildlich dar.

Tabelle 4.1: Anzahl der unilateral bzw. bilateral betroffenen Patienten und prozentualer Anteil am Patientengut

Hüftdysplasie	Patientenzahl	Prozent der Patienten
Bilateral	43	38,7%
Unilateral	68	61,3%

Tabelle 4.2: Insgesamt waren 154 Hüftgelenke betroffen, die Tabelle zeigt die Verteilung auf die Hüfttypen nach Graf und den prozentualen Anteil an allen betroffenen Gelenken.

Hüfttyp nach Graf	Anzahl	Prozent der betroffenen Hüften
IIc instabil	15	10%
D	63	41%
III	74	48%
IV	2	1%

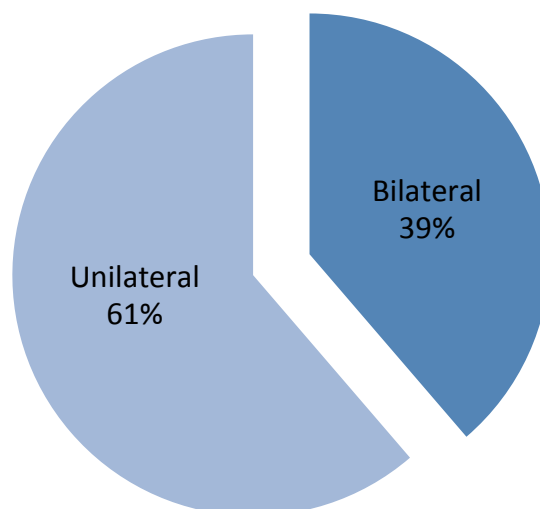


Abbildung 4.1: Auftreten von unilateraler bzw. bilateraler Dysplasie im Patientengut.

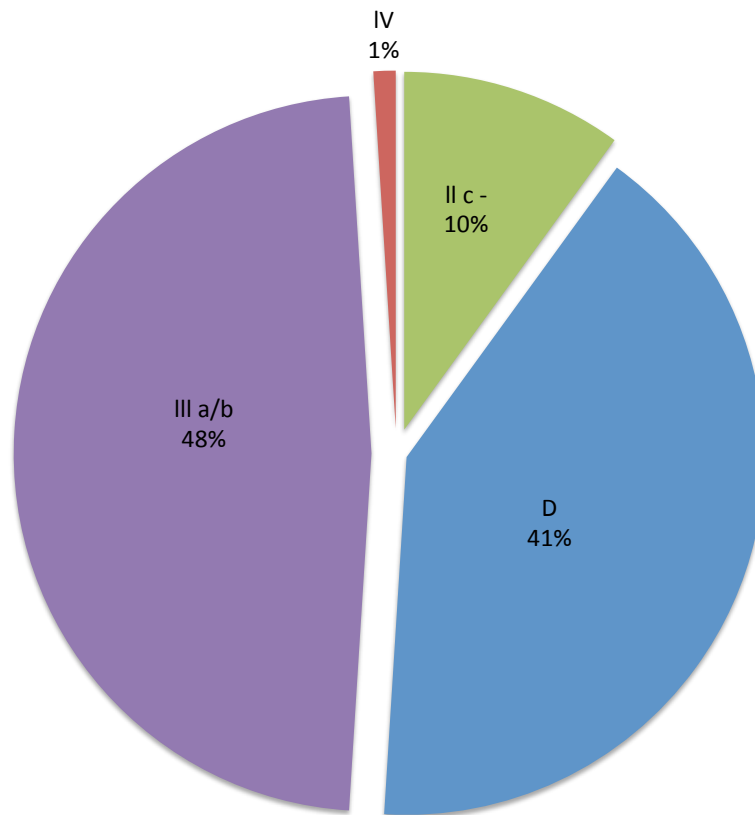


Abbildung 4.2: Verteilung der einzelnen Hüfttypen nach Graf im Patientengut zu Behandlungsbeginn (n=154)

Betroffen waren 83 rechte und 71 linke Hüften, wobei 43 beidseitig erkrankt waren (nur rechts waren 40 Hüften betroffen, nur links zeigten sich 28 Gelenke dysplastisch). Rechte Hüftgelenke waren in unserem Patientengut 1,4 mal häufiger betroffen als linke.

Bei 95 unserer Patienten konnte die Therapie nur mit der Tübinger Hüftbeugeschiene durchgeführt werden, 16 Kinder erhielten zusätzlich zwischenzeitlich einen Fettweigsips.

Risikofaktoren Unter Risikofaktoren wurden Einflüsse zusammengefasst, die potentiell den Behandlungserfolg oder die Therapiedauer negativ beeinflussen könnten. Folgende Risikofaktoren wurden erhoben:

- Familiäre Belastung
- Beckenendlage bei Geburt
- hohes Geburtsgewicht
- Fußfehlstellungen
- Beinlängendifferenzen
- Haltungsasymmetrien
- korrespondierende Abspreizhemmung
- positives Ortolanizeichen in der klinischen Untersuchung

Bei 49 Patienten (44%) wurde anamnestisch eine familiäre Vorbelastung festgestellt. Eine korrespondierende Abspreizhemmung zeigten 30 Kinder (27% aller Patienten). 20 Betroffene (18%) wurden aus Beckenendlage geboren. Ein hohes Geburtsgewicht wurde bei 12 Patienten (11%) angegeben. Bei der klinischen Untersuchung fielen bei acht Kindern (7%) Fußfehlstellungen auf, fünf Beinlängendifferenzen (bei 4,5% der Patienten) konnten diagnostiziert werden und drei Patienten (2,7%) zeigten eine asymmetrische Haltung. Ein positives Ortolanizeichen konnte bei einem einseitig betroffenen männlichen Patienten mit Hüfttyp D der linken Hüfte festgestellt werden (Abbildung 4.3).

Fünf unserer Patienten wurden vor der Erstvorstellung bereits breit gewickelt.

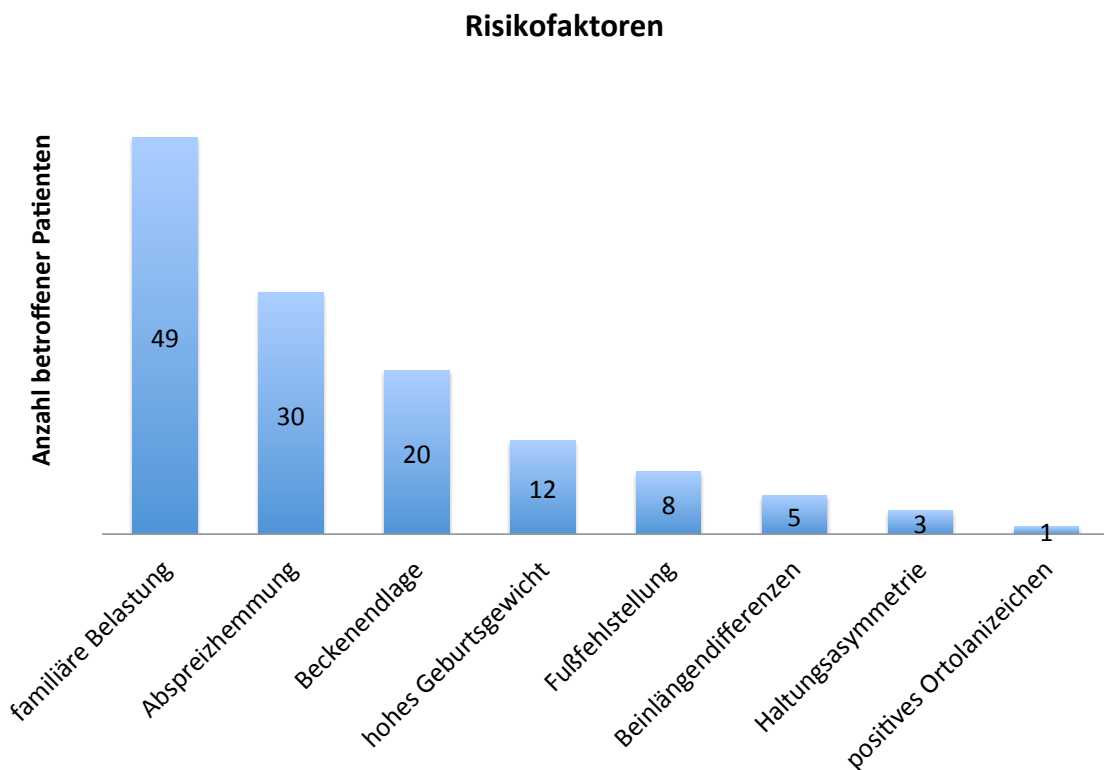


Abbildung 4.3: Vorkommen der einzelnen Risikofaktoren in unserem Patientengut

Compliance Bei den Kontrolluntersuchungen berichteten die Eltern von einer problemlosen täglichen Tragedauer der Schiene von mindestens 23 Stunden, welche nach einer kurzen Eingewöhnungszeit (unter einer Woche) erreicht wurde.

Durch die kurzen Intervalle zwischen den Kontrolluntersuchungen konnten zwischenzeitlich aufgekommene Fragen zeitnah geklärt werden.

Schwierigkeiten im Umgang mit der Schiene oder Anwendungsfehler traten, soweit ermittelbar, nicht auf. Die korrekte Handhabung konnte bei den Kontrolluntersuchungen vom Arzt beobachtet werden.

Das Alter bei Behandlungsbeginn lag im Durchschnitt bei 3,16 Wochen in einem Intervall von einem Tag bis zu sechs Wochen (Abbildung 4.4).

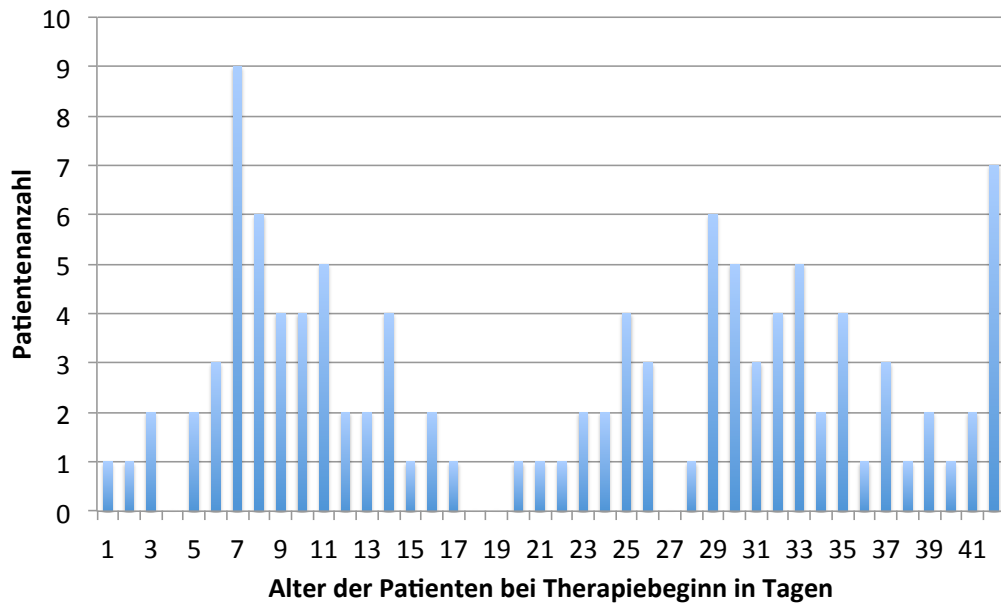


Abbildung 4.4: Altersverteilung bei Behandlungsbeginn

Es fällt ein zweigipfliger Verlauf auf. Der erste Gipfel bildet sich um den achten Lebenstag, der zweite um den 31.. Heutzutage wird in vielen Kliniken bereits bei der zweiten Vorsorgeuntersuchung (U 2), meist vor Entlassung aus der Klinik, ein Hüftultraschall des Kindes durchgeführt. Der erste Gipfel lässt sich durch Zuweisungen von Kindern erklären, die im Rahmen der U 2 aufgefallen sind. Die dritte Vorsorgeuntersuchung (U 3) wird im Alter von vier bis fünf Lebenswochen (28-35 Tage) des Säuglings durchgeführt, fester Bestandteil dieser Vorsorgeuntersuchung ist das Ultraschallscreening auf Hüftdysplasie. Genau auf diesen Zeitraum fällt der zweite Gipfel in der Altersverteilung.

Kontrolluntersuchung Im Durchschnitt wurden bei allen Patienten 4,2 sonographische Kontrollen durchgeführt, die minimale Untersuchungszahl beträgt

zwei, die maximale neun. Bei jeder Vorstellung wurden der optimale Sitz und die richtige Einstellung der Schiene überprüft, die Kinder wurden klinisch untersucht und beide Hüftgelenke wurden sonographisch kontrolliert.

Therapieerfolg Als erfolgreich wurden alle Behandlungen gewertet, bei denen zum Abschluss der Therapie altersentsprechend physiologische Hüftwerte (Typ Ia und b nach Graf) gemessen werden konnten. Bei **97,3%** der Patienten war die Therapie erfolgreich und nach durchschnittlich **15 ($\pm 4,8$) Behandlungswochen** abgeschlossen. Für die Behandlungsdauern haben wir auf Grund des Q-Q-Plots in Abbildung 4.5 eine Normalverteilung angenommen.

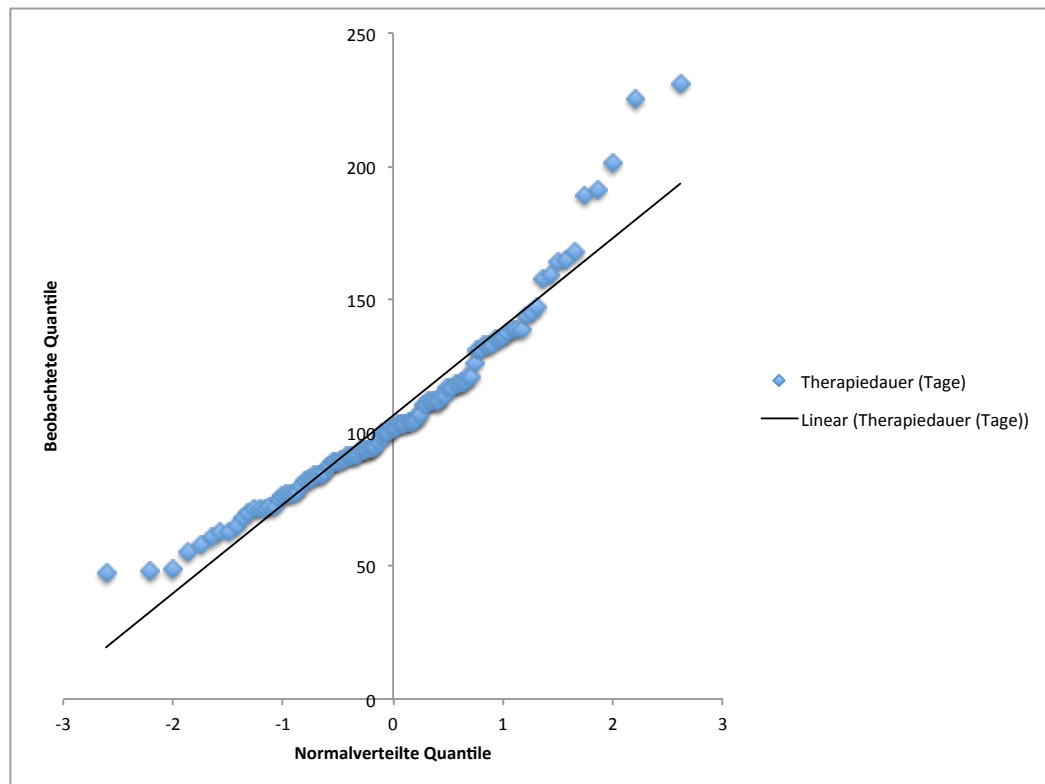


Abbildung 4.5: Quantil-Quantil-Plot der Verteilung der Therapiezeiten. In blau die Abweichung der Verteilung der Therapiezeiten in unserem Patientengut von der Normalverteilung (schwarze Linie).

Nach Therapieende hatten **links** alle 111 Patienten Typ I Hüften nach Graf (8 Typ Ia und 103 Typ Ib). **Rechts** hatten 15 Patienten Typ Ia Gelenke, 93 zeigten Winkel passend zu Typ Ib, bei zwei Gelenken entsprachen die Winkel Typ IIb und eine Hüfte war Typ IIIa zuzuordnen (Hüfttypeneinteilung nach Graf). Damit gelten nach abgeschlossener Schienenbehandlung 96,4% der rechten Hüftgelenke als geheilt. An dieser Stelle möchte ich nochmals darauf hinweisen, dass rechte Hüftgelenke in unserem Patientengut rund 1,4 mal häufiger betroffen waren als linke (83 rechte vs. 71 linke), was eine mögliche Erklärung dafür ist, dass lediglich rechte Gelenke nicht ausgeheilt sind.

Die Ausbehandlung mit der Tübinger Schiene gelang bei 85,6% der Kinder (95 Patienten). In 14,4% der Fälle wurde die Anlage eines Fettweisgipses erforderlich (16 Kinder). Dreiundzwanzig der 24 zeitweise mit dem Fettweisgips therapierten Gelenke reiften zum Typ I nach Graf nach. Das einzige nicht ausgeheilte Gelenk war zu Therapieende Typ IIb zuzuordnen (rechtes Hüftgelenk einer einseitig betroffenen weiblichen Patientin, vor Behandlungsbeginn Typ D nach Graf).

Das Durchschnittsalter der Kinder bei Therapiebeginn war bei der Gruppe der alleine mit der Schiene ausgereiften mit 23 ($\pm 12,6$) Tagen etwas höher als bei den Kindern, die zusätzlich einen Gips erhielten. Diese waren bei Behandlungsbeginn durchschnittlich 18 ($\pm 11,8$) Tage alt.

4.1.1 Therapiedauer

Im Folgenden wird die Therapiedauer betrachtet. Es wurde untersucht, ob das Alter bei Therapiebeginn, das Geschlecht, die Anzahl der betroffenen Gelenke, die Risikofaktoren und die initialen Hüfttypen einen Einfluss auf die Dauer der Behandlung nehmen.

Betrachtet wird die Behandlungsdauer zunächst bei den Kindern, bei denen eine alleinige Therapie mit der Tübinger Hüftbeugeschiene ausreichend war. In einem

zweiten Teil erfolgt dieselbe Betrachtung für die Patienten, die zusätzlich mit einem Fettweisgips therapiert wurden.

4.1.1.1 Schientherapie alleine

Bei 95 unserer 111 Patienten reichte die alleinige Schientherapie aus, um das Therapieziel zu erreichen. Durchschnittlich dauerte die Behandlung 99 Tage (minimal 47 Tage, maximal 201 Tage, im Median 94 Tage).

Alter Kinder, die bei Behandlungsbeginn bis zu vier Wochen alt waren (41 Patienten), wurden im Mittel 99 ($\pm 30,0$) Tage therapiert, während die etwas älteren Kinder zwischen vier und sechs Wochen (54 Patienten) 98 ($\pm 26,2$) Tage behandelt wurden. Es zeigte sich hier nur ein minimaler Unterschied in der Behandlungsdauer von einem Tag.

Kinder, die bei Behandlungsbeginn eine bzw. sechs Woche(n) alt waren, wurden um 13 bzw. 17 Tage länger behandelt, als Kinder, die bei Behandlungsbeginn vier Wochen alt waren. Dieser Unterschied von etwa zwei Wochen zeigte sich statistisch nicht signifikant ($p = 0,311$ bzw. $p = 0,146$). In Tabelle 4.3 ist die Therapiedauer für alle Altersgruppen bei Behandlungsbeginn dargestellt.

Geschlecht Bei den 11 Jungen dauerte die Therapie im Mittel 88 Tage, während die 84 Mädchen 101 Tage behandelt wurden. Mädchen wurden also im Schnitt fast zwei Wochen länger behandelt als Jungen. Statistisch ist dieser Unterschied jedoch nicht signifikant ($p = 0,105$ im Student-t-Test). Abbildung 4.6 stellt die Therapiedauern für Jungen und Mädchen graphisch dar.

Tabelle 4.3: In der Tabelle sind die Therapiedauern bezogen auf das Alter bei Behandlungsbeginn dargestellt (nur mit der Schiene behandelte Patienten)

Alter in Wochen	Anzahl der Kinder	Therapiedauer in Tagen	Standardabweichung
1	15	102	± 34,5
2	23	99	± 25,8
3	3	95	± 34,4
4	12	89	± 27,1
5	24	99	± 20,4
6	18	106	± 30,1

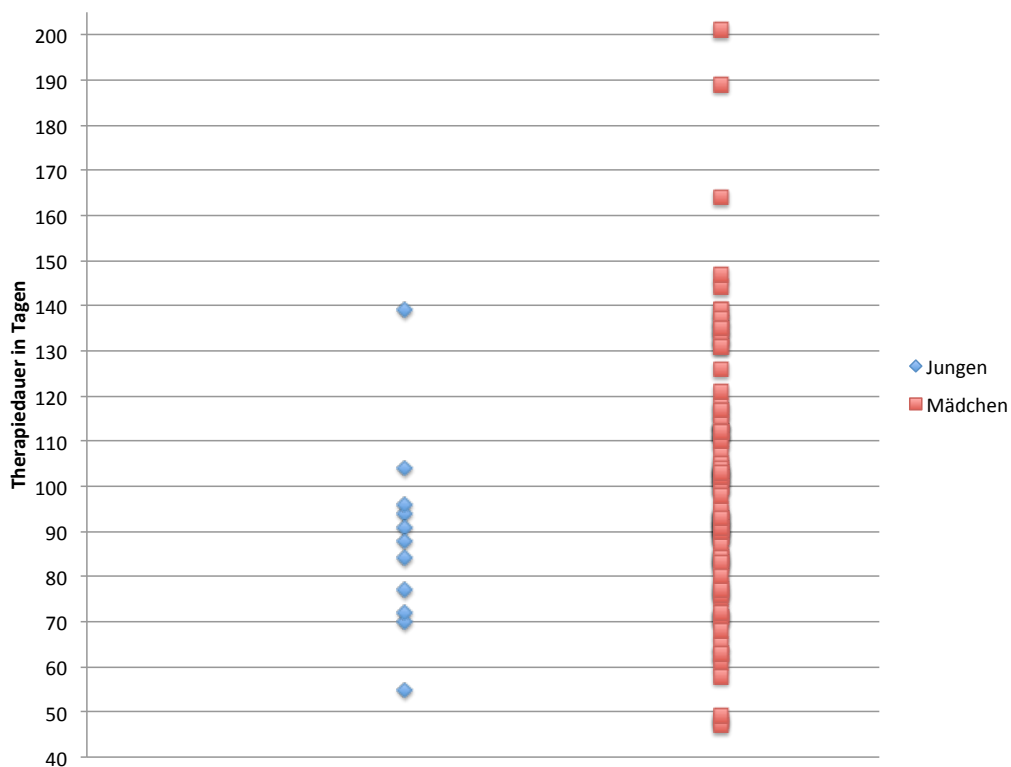


Abbildung 4.6: Die blauen Rauten markieren die Therapiedauern der 11 Jungen, die roten Quadrate die der 85 Mädchen. Durch die ungleiche Verteilung auf beide Geschlechter konnte kein statistisch signifikanter Unterschied in der Therapiedauer für die Geschlechter gezeigt werden.

Einseitig/Beidseitig Bei den 60 einseitig Betroffenen dauerte die Schienenbehandlung im Durchschnitt 96 Tage, während die 35 beidseitig Behandlungsbedürftigen um neun Tage länger (105 Tage) therapiert wurden (Abbildung 4.7). Hier konnte im durchgeführten Student-t-Test keine Signifikanz in der unterschiedlichen Therapiedauer festgestellt werden ($p=0,111$).

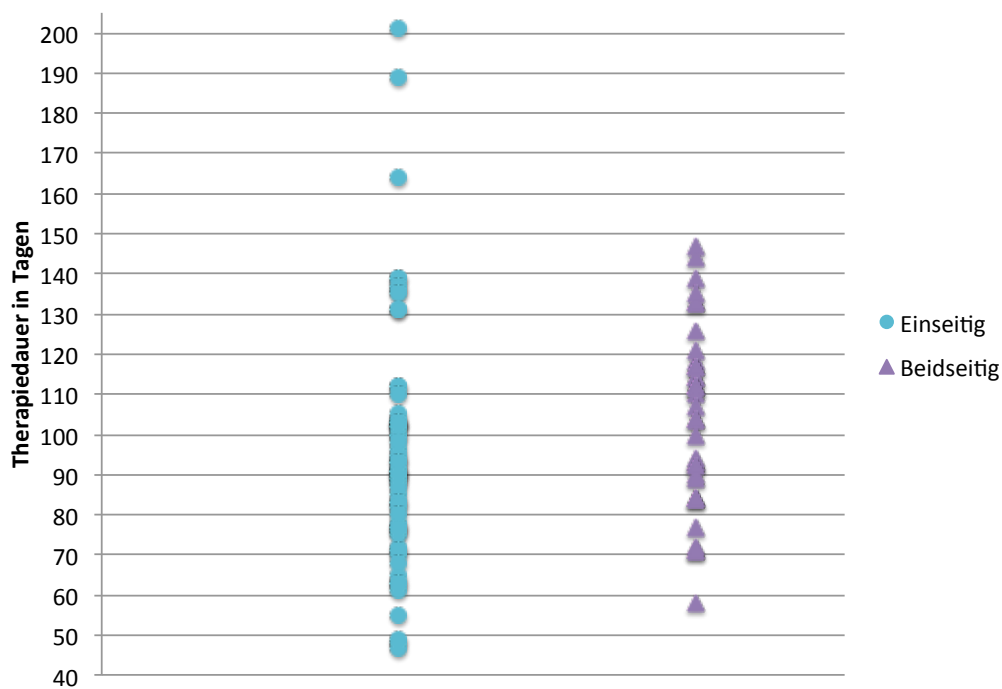


Abbildung 4.7: Therapiedauer der Kinder je nach dem ob eine oder beide Seiten betroffen waren. Auch hier ist der Unterschied in der Behandlungsdauer von neun Tagen nicht statistisch signifikant ($p=0,111$ im Student-t-Test).

Risikofaktoren Bei 72 der 95 Patienten ließen sich Risikofaktoren (siehe oben) ermitteln. Bei diesen 72 Patienten dauerte die Behandlung mit 101 Tagen um etwa eine Woche länger als bei Kindern ohne anamnestiche Risikofaktoren (hier zeigte sich eine mittlere Behandlungsdauer von 94 Tagen). Auch hier ergab sich keine statistische Signifikanz, den Therapiedauerunterschied betreffend ($p=0,207$ im Student-t-Test).

Die genaue Aufschlüsselung auf die einzelnen Risikofaktoren ist Tabelle 4.4 zu entnehmen. Für keinen Risikofaktor konnte eine signifikante Verlängerung oder

Tabelle 4.4: Die Tabelle stellt die prozentuale Häufigkeit der Risikofaktoren dar und den Einfluss dieser Risikofaktoren auf die Therapiedauer (Therapiedauer in Tagen). Die Spalte „Unterschied“ gibt an, um wie viele Tage sich die Therapiedauer durch das Vorliegen eines Risikofaktors gegenüber der Gruppe ohne diesen Risikofaktor verlängert (+) oder verkürzt (-). Die letzten Werte gibt die Ergebnisse der durchgeführten Student-t-Tests wieder. Es zeigt sich keine Signifikanz im Therapiedauerunterschied.

Risikofaktor	Anteil an Patienten	Therapiedauer	Therapiedauer ohne diesen RF	Unterschied	p-Wert
familiäre Belastung	44%	101	98	+3	p= 0,207
Beckenendlage	19%	92	101	- 9	p= 0,825
hohes Geburtsgewicht	12%	114	97	+ 17	p=0,110
Abspreizhemmung	32%	98	99	- 1	p=0,398
Instabilität/ Ortolani+	1%	55	100	- 45	---
Fußfehlstellung	8%	87	100	- 13	p= 0,544
Beinlängendifferenz	3%	99	97	+ 2	p= 0,849
Assymmetrie	2%	108	99	+ 9	p= 0,075
einen der RF	78%	101	94	+ 7	p= 0,157

Verkürzung der Therapiedauer festgestellt werden. Die jeweiligen p-Werte sind der letzten Spalte von Tabelle 4.4 zu entnehmen.

Hüfttypen Um die eventuelle Abhängigkeit der Therapiedauer vom initialen Hüftbefund zu ermitteln, wurden die Patienten je nach Hüfttyp in Gruppen unterteilt.

Betrachtet man die nur **einseitig Betroffenen**, so ergibt sich für die Patienten mit initialem Hüfttyp IIc instabil (n=5) eine mittlere Behandlungsdauer von 90,6 (\pm 15,8) Tagen. Hier handelt es sich um noch nicht luxierte Gelenke. Bei einseitiger Dysplasie vom Typ D nach Graf (n=28) dauerte die Therapie etwa gleich lang

mit im Mittel 90,0 (\pm 25,4) Tagen. Hüften vom Typ IIIa/b (n=27) brauchten durchschnittlich 99,8 (\pm 33,1) Tage, um auszureifen. Hier haben also die am schwersten betroffenen Gelenke um rund 9 Tage länger behandelt werden müssen, als die leichter betroffenen. Dieser Unterschied ist statistisch nicht signifikant ($p=0,233$). Zusammenfassend dargestellt in Tabelle 4.5.

Tabelle 4.5: Die Tabelle enthält die Therapiedauern für unilateral betroffene Patienten je nach Hüfttyp zu Behandlungsbeginn.

Unilateral betroffen (Typ nach Graf)	n (nur Schiene)	Behandlungsdauer (in Tagen)
IIC instabil	5	90,6 \pm 15,8
D	28	90,0 \pm 25,4
IIIa/b	27	99,8 \pm 33,1

Für die folgende Betrachtung wurden nach dem **schwerer betroffenen Gelenk** Gruppen gebildet, im Folgenden als „Gruppe IIC instabil/D/IIIa/b“ bezeichnet. So setzt sich die Gruppe IIC instabil aus einseitig oder beidseitig vom Typ IIC instabil nach Graf betroffenen Gelenken zusammen (n=7). Die Gruppe D beinhaltet Gelenke vom Typ D nach Graf, welche unilateral betroffen waren, sowie die Kombinationen aus D und IIC instabil und beidseitig Typ D. Alle Kombinationen, bei denen ein Gelenk vom Typ IIIa/b war, finden sich hier in Gruppe IIIa/b wieder (n=52).

In Gruppe IIC instabil betrug die durchschnittliche Behandlungsdauer 89,7 (\pm 16,0) Tage und war damit sehr ähnlich der Therapiedauer der Kinder aus Gruppe D mit (89,7 (\pm 24,2) Tagen). Von Gruppe IIC instabil sowie von Gruppe D zu Gruppe IIIa/b nimmt die Therapiedauer um etwa 17 Tage zu. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant ($p = 0,043$ bzw. $p = 0,004$). Es zeigt sich also, dass die schwerer dysplastischen Gelenke länger behandelt werden müssen als die weniger stark Betroffenen (tabellarisch dargestellt in Tabelle 4.6).

Tabelle 4.6: Die Einteilung in Gruppen erfolgte bei bilateraler Dysplasie nach dem schwerer betroffenen Gelenk.

Schwerer betroffenes Gelenk (Typ nach Graf)	n (nur Schiene)	Behandlungsdauer (in Tagen)
IIc instabil	7	89,7 ± 16,0
D	36	89,7 ± 24,2
IIIa/b	52	107,3 ± 29,1

4.1.1.2 Gipspatienten

Die Therapie der 16 Kinder, die nicht alleine mit der Tübinger Schiene behandelt werden konnten, sondern darüber hinaus auch mittels Fettweisgips behandelt wurden, dauerte durchschnittlich 149 (\pm 38,6) Tage (minimal 103 Tage, maximal 231 Tage, Median der Therapiedauer 133 Tage). Diese Therapiedauer setzt sich wie folgt aus den einzelnen Komponenten zusammen.

- Der erste Schienentherapieversuch dauerte durchschnittlich 23 Tage (minimal 12 Tage, maximal 49 Tage, Median 16 Tage).

Nach dieser Dauer zeigte sich keine weitere Verbesserung der Hüftwinkel, so dass die Schienentherapie verlassen wurde.

- Bei zwei Kindern wurde die Indikation zur Extensionsbehandlung gestellt. Diese wurde für 6 bzw. 13 Tage durchgeführt.
- Nach erfolgreicher Anlage des Fettweisgipses und MRT-Kontrolle konnte dieser für durchschnittlich 35 Tage getragen werden (minimale Gipstragedauer 27 Tage, maximal 49 Tage, mediane Gipsdauer 35 Tage).

Bei einem Kind wurde nach erneutem Schienentherapieversuch eine zweite Gipsanlage erforderlich.

- Zwischenbehandlung einer Patientin für 15 Tage mit der Tübinger Schiene, dann erneute Gipstherapie für 34 Tage.

Anschließend konnten alle Patienten mit der Schiene ausbehandelt werden.

- Im Durchschnitt dauerte dieser zweite (bzw. dritte) Behandlungsabschnitt 78 Tage (minimal 30 Tage, maximal 129 Tage, mediane Dauer 75 Tage).

Danach hatten 23 der 24 dysplastischen Hüftgelenke sonographisch Typ I nach Graf erreicht, ein Gelenk hatte weiterhin Typ IIb nach Graf. Es handelte sich hier um ein rechtes Hüftgelenk, das zu Beginn Typ D nach Graf zuzuordnen war (eines der insgesamt drei nicht ausgeheilten rechten Hüftgelenke).

Der Therapieablauf ist in Abbildung 4.8 graphisch zusammengefasst.

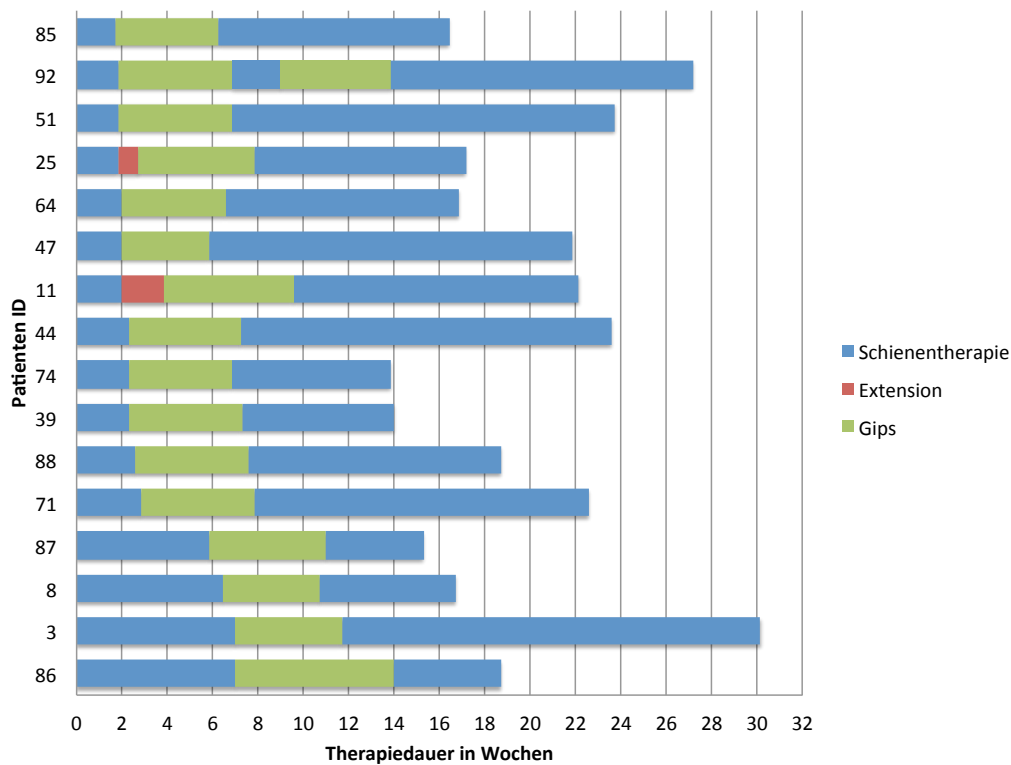


Abbildung 4.8: Dargestellt ist der Therapieablauf für jeden der 16 Patienten die neben der Tübinger Schiene auch einen Fettweisgips erhielten. In blau ist die Zeit der Schienentherapie dargestellt, rot symbolisiert die Extensionsbehandlung und grün die Dauer der Gipstherapie.

Die Kinder wurden insgesamt also durchschnittlich 101 ($\pm 30,1$) Tage mit der Tübinger Schiene behandelt (mindestens 63 Tage, maximal 178 Tage, Median der Schienenbehandlung 91 Tage). Die gesamte Behandlungsdauer mit der Schiene verteilte sich auf die beiden Therapieabschnitte vor und nach dem Fettweisgips (bzw. drei Abschnitte: vor, zwischen und nach der Gipstherapie bei einem Patienten).

Die Gipsbehandlung dauerte im Durchschnitt 37 ($\pm 9,5$) Tage (mindesten 27 Tage, maximal 69 Tage, median 35 Tage). Nur bei einem der 16 Patienten waren zwei Gipsanlagen erforderlich.

Alter Die Kinder, deren Behandlungsbeginn in der ersten bis dritten Lebenswoche lag ($n=10$), wurden im Durchschnitt 152 ($\pm 34,0$) Tage behandelt, während die Kinder, bei denen der Therapiebeginn in der vierten bis sechsten Lebenswoche lag ($n=6$), für im Mittel 141 ($\pm 46,1$) Tage behandelt wurden. Damit liegt die Therapiedauer der bei Behandlungsbeginn älteren Kinder um 9 Tage unter der der jüngeren Patienten. Mit einem p-Wert von 0,668 zeigt sich dieser Unterschied jedoch statistisch nicht signifikant.

Die Therapiedauer in Verhältnis zum Alter bei Behandlungsbeginn ist in Abbildung 4.9 graphisch verdeutlicht.

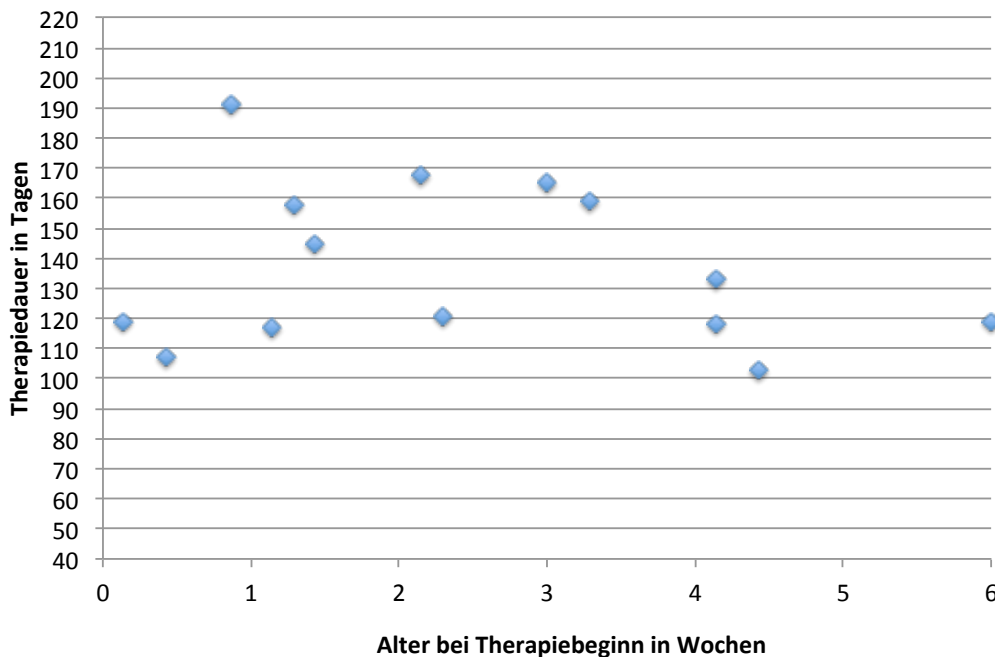


Abbildung 4.9: Die Abbildung zeigt die Therapiedauer in Tagen, je nachdem welches Alter (in Wochen) bei Therapiebeginn vorgelegen hat.

Geschlecht Von den 16 Kindern, die einen Gips bekamen, war nur eines männlich. Dieser Junge wurde mit 121 Tagen deutlich kürzer (30 Tage) behandelt als die 15 Mädchen, die durchschnittlich $151 (\pm 39,1)$ Tage therapiert werden mussten. Eine statistische Auswertung ist aber auf Grund der ungleichen Gruppengröße nicht möglich.

Einseitig/beidseitig Es waren genauso viele der Gipspatienten einseitig wie beidseitig betroffen (jeweils acht). Die Kinder mit einseitiger Dysplasie wurden im Schnitt $140 (\pm 38,8)$ Tage mit Schiene und Gips behandelt, während die Therapiezeit der beidseits von einer Dysplasie Betroffenen um 18 Tage höher bei durchschnittlich $158 (\pm 36,1)$ Tagen lag. Auch dieser Unterschied von etwas mehr

als zwei Wochen zeigte sich statistisch aber nicht signifikant mit einem p von 0,381 im Student-t-Test.

Risikofaktoren Zwölf der 16 Kinder, die sich einer Gipsbehandlung unterziehen mussten, hatten in der Anamnese oder Untersuchung Risikofaktoren. Die Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Risikofaktoren (RF) sowie die Auswirkungen auf die Therapiedauer sind für die Gipspatienten in Tabelle 4.7 zusammengefasst.

Tabelle 4.7: Die Tabelle zeigt den Einfluss der Risikofaktoren (RF) auf die Therapiedauer und die prozentuale Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Risikofaktoren.

Risikofaktor	Anteil an Gipspatienten	Therapiedauer in Tagen
Keine RF	25%	190
familiäre Belastung	56%	142
Beckenendlage	13%	126
hohes Geburtsgewicht	6%	117
Fußfehlstellung	-	-
Abspreizhemmung	25%	130
Ortolani positiv	-	-
Beinlängendifferenz	13%	118
Asymmetrie	6%	133
einen der RF	75%	135
mit und ohne RF	100%	149

Bei einem Mädchen ließen sich fünf Risikofaktoren eruieren. Es handelte sich um ein bei Behandlungsbeginn vier Wochen altes Mädchen, mit einseitiger Dysplasie auf der linken Seite (Typ III nach Graf links, rechts Typ IIa). Es wurde eine familiäre Belastung ermittelt, sie wurde aus Beckenendlage geboren, in der klinischen Untersuchung zeigte sich eine korrespondierende Abspreizhemmung, eine asymmetrische Haltung und eine Beinlängendifferenz. Nach 133 Tagen (19 Wochen) konnte die Therapie mit Schiene und Gips erfolgreich beendet werden. Die Behandlungsdauer dieses Mädchens liegt damit 16 Tage unter der durchschnittlichen Behandlungsdauer aller Kinder, die zusätzlich zur Schiene auch einen Gips erhielten. Das Vorliegen der Risikofaktoren, von denen wir annahmen, sie könnten die Therapiedauer verlängern, scheint sich zumindest in diesem Fall nicht negativ auf die Therapiedauer ausgewirkt zu haben.

Die anderen 11 Kinder zeigten ein oder zwei Risikofaktoren. Bei neun Kindern lag eine familiäre Belastung vor, vier zeigten in der Untersuchung eine korrespondierende Abspreizhemmung, bei zwei Patienten zeigte sich eine Beinlängendifferenz und ebenfalls zwei wurden aus Beckenendlage geboren. Für jeweils ein Kind wurde eine Haltungsasymmetrie beziehungsweise ein hohes Geburtsgewicht ermittelt.

Die neun kleinen Patienten mit familiärer Vorbelastung wurden durchschnittlich sieben Tage kürzer behandelt als der Gesamtdurchschnitt der Gipspatienten (142 statt 149 Tage). Bei vier Kindern fiel eine Abspreizhemmung auf, diese kleine Gruppe wurde mit im Schnitt 130 Tagen sogar 19 Tage kürzer als der Durchschnitt behandelt. Die weiteren Risikofaktoren traten je nur bei einem oder zwei der Patienten auf, so dass sich hier keine Aussagen treffen lassen, da die Gruppen zu klein sind. Ein positives Ortolanizeichen sowie Fußfehlstellungen zeigten sich in dieser Gruppe gar nicht. Generell bleibt anzumerken, dass durch die geringe Zahl der zusätzlich mit Gips behandelten Patienten die Aussagekraft all dieser Auswertungen eingeschränkt ist.

Hüfttypen Insgesamt waren bei den 16 Kindern, die außer mit der Tübinger Schiene noch mit einem Sitzhockgips nach Fettweis behandelt wurden, 24 Gelenke betroffen, acht Kinder zeigten eine einseitige Dysplasie, acht eine beidseitige. Folgende Verteilung auf die Hüfttypen nach Graf ergab sich: ein Gelenk vom Typ IIc instabil, sieben mal Typ D, 14 mal Typ IIIa/b und zwei Gelenke vom Typ IV nach Graf. Diese Zahlen entsprechen den folgenden Anteilen an allen behandelten Gelenken des jeweiligen Typs. Das eine betroffene Typ IIc instabil Gelenk entspricht sieben Prozent aller betroffener Gelenke dieses Typs. Elf Prozent der Patienten mit Hüfttyp D nach Graf erhielten einen Gips, bei den Typ IIIa/b Patienten waren es 19%. Beide Hüften vom Typ IV wurden mit dem Fettweisgips zwischenbehandelt, was 100% der im Rahmen dieser Studie erfassten Typ IV-Gelenke entspricht. Einen Vergleich zur Hüfttypzusammensetzung der Gelenke, die mit alleiniger Schienentherapie ausheilten, bietet Abbildung 4.10. Der Anteil von Hüften des Typs IIIa/b ist deutlich größer und beide Typ IV-Gelenke wurden zusätzlich zur Schiene auch mit dem Gips behandelt.

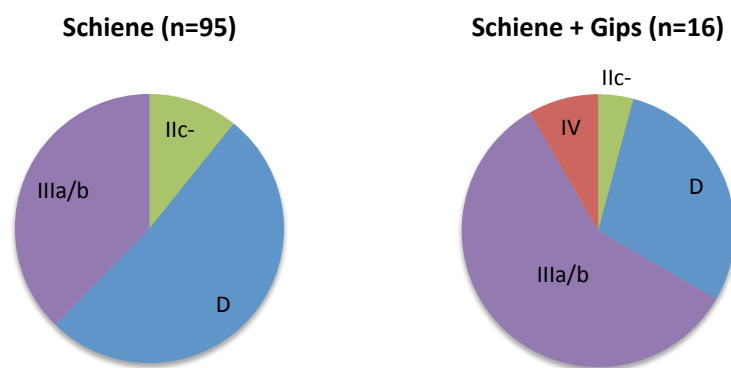


Abbildung 4.10: Die Kreisdiagramme zeigen die Verteilung auf die Hüfttypen nach Graf je nach Therapieablauf (nur Schiene oder Schiene und Gips)

Wie bei den mit der Schiene alleine therapierten Patienten, wurden auch die Gipspatienten nach schwerer betroffenem Gelenk bei Therapiebeginn in Gruppen eingeteilt, um die Therapiedauern zu vergleichen (dargestellt in Tabelle 4.8). Die

Behandlung dauerte um etwa eine Woche länger, wenn ein Gelenk vom Typ IIIa/b beteiligt war, als wenn das schwerste betroffene Gelenk von Typ D nach Graf war. Die beiden Typ 4 Gelenke (bei einem Patienten) reiften in 117 Tagen aus. Für eine statistische Auswertung ist hier die Patientenzahl zu gering.

Tabelle 4.8: Die Tabelle gibt die Therapiedauern je nach Hüfttyp bei Behandlungsbeginn bei den Patienten, die mit Schiene und Gips therapiert wurden, wieder.

Schwerer betroffenes Gelenk (Typ nach Graf)	n (Schiene+Gips)	Behandlungsdauer (in Tagen)
D	3	144 ± 19,2
IIIa/b	12	152,3 ± 42,3
IV	1	117

4.1.1.3 Zusammenfassende Darstellung der Therapieverläufe

Erfolgte die Therapie alleine mit der Tübinger Schiene, so dauerte die Behandlung durchschnittlich 99 Tage (minimal 47 Tage, maximal 201 Tage, median 94 Tage), wurde darüber hinaus auch mittels Fettweisgips therapiert, wurde im Mittel für 149 Tage (minimal 103 Tage, maximal 231 Tage, Median der Therapiedauer 133 Tage) behandelt. Damit war die Behandlungsdauer bei Patienten, die zusätzlich einen Gips benötigten, um 50 Tage länger als bei alleiniger Schienentherapie.

Alle Kinder wurden etwa gleich lange mit der Tübinger Schiene behandelt. Bei alleiniger Schienentherapie war diese mit 99 Tagen um 2 Tage kürzer als bei Kindern, die zusätzlich einen Gips erhielten, hier ergab sich eine mittlere Therapiedauer von 101 Tagen.

4.2 Teil 2: Follow-up Röntgenaufnahmen

Patienten und durchgeführte Untersuchungen Nach Abschluss der Schienentherapie wurde allen Patienten eine Röntgenkontrolle der Hüftverhältnisse nach Erreichen des Laufalters empfohlen, sowie weitere Kontrollen bis zum Abschluss der Skelettreifung. Für 68 der 111 initialen Patienten liegen uns Röntgenverlaufsbilder vor. Wir nehmen an, dass sich die restlichen 43 Patienten heimatnah haben röntgen lassen, da das Behandlungszentrum in Aschau hauptsächlich von außerhalb zugewiesene Patienten behandelt, die meistens einen weiteren Anfahrtsweg haben. Insgesamt wurden bei diesen 68 Patienten 133 Röntgenbilder angefertigt.

Pro Patient wurden im Verlauf im Höchstfall 4 Röntgenaufnahmen angefertigt. Das Durchschnittsalter bei Bild 1 lag bei ca. 20 Monaten, bei der zweiten Aufnahme bei 46 Monaten, bei der dritten Kontrolle bei 68 Monaten und bei der letzten Kontrolle bei 78 Monaten. Bei 45 Kindern gelang eine Beobachtung bis über das dritte Lebensjahr hinaus. Ein Kind konnte bis zum 8. Lebensjahr begleitet werden. Die Altersverteilung bei Anfertigung der einzelnen Bilder ist in Abbildung 4.11 veranschaulicht.

Bei 74 Kindern (67% der Patienten) wurde eine Kontrolluntersuchung durchgeführt, 39 (35%) Kinder wurden zwei Mal geröntgt, bei 17 (15%) Patienten erfolgten drei Röntgenkontrollen und bei drei (2,7%) Patienten wurden vier Beckenübersichtsaufnahmen angefertigt. Die Altersverteilung bei den einzelnen Röntgenbildern ist Abbildung 4.11 zu entnehmen.

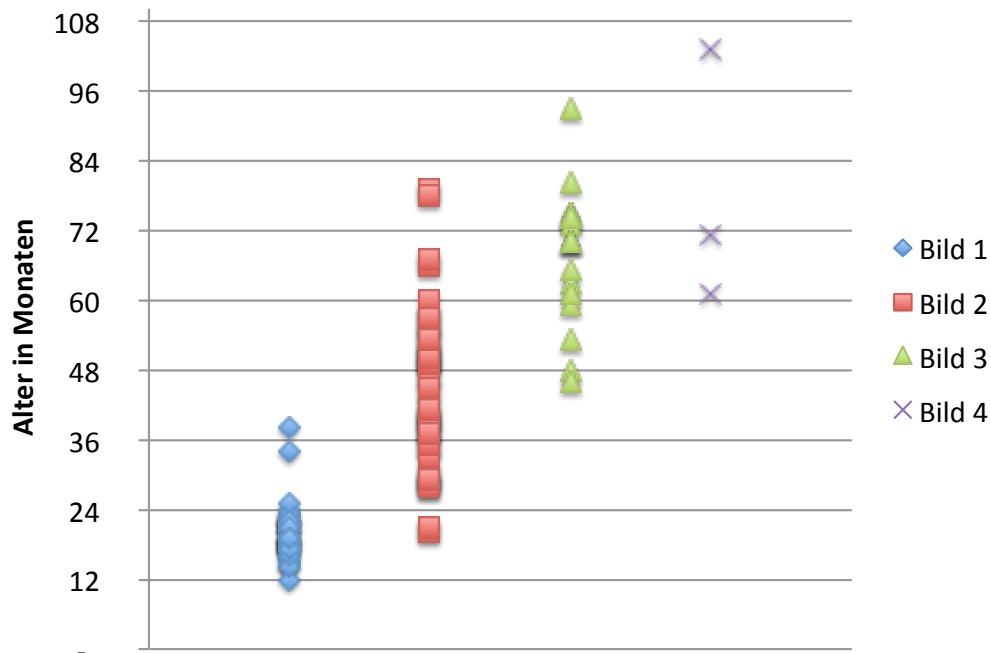


Abbildung 4.11: Die deutliche Überschneidung der Balken verdeutlicht, dass die Spannweite des Alters zu den Kontrolluntersuchungen relativ groß ist.

4.2.1 Röntgenauswertung

Bildqualität Im Rahmen dieser Studie wurden 133 Beckenübersichtsaufnahmen angefertigt. Auf 105 Bildern war die Vermessung der AC-Winkel sowie die Bestimmung der Strecken zur Errechnung des Drehungsquotienten und des Beckenkippsindex möglich. Auf 28 Bildern wurden zum Vermessen der Linien und Winkel nötige Strukturen durch den Gonadenschutz verdeckt, so dass diese Bilder durch geübte Ärzte klinisch bewertet wurden, jedoch nicht vermessen werden konnten und damit auch nicht in diese Auswertung einbezogen wurden.

Zur Qualitätskontrolle der Beckenübersichtsaufnahmen wurde der Drehungsquotient sowie der Beckenkippsindex bestimmt. Dies erfolgte für alle 105 vermessbaren Bilder. Bei 50 dieser Aufnahmen lagen alle Indices im Normbereich.

Bei 50 Röntgenbildern stimmte die Kippung bzw. Aufrichtung des Beckens nicht, bei 3 lagen die Patienten um die Längsachse verdreht. Bei den 68 jeweils aktuellsten Röntgenbildern waren bei 26 alle Indices im Bereich der Norm (38% der Bilder), bei 42 Aufnahmen war das Becken zu stark gekippt oder aufgerichtet und bei 29 Bildern lag der Drehungsindex außerhalb des Normalbereiches.

Zunächst werden die Ergebnisse ohne Berücksichtigung der ermittelten Indices dargestellt, danach folgt die Auswertung nur der Bilder, deren Indices alle im Normbereich lagen.

4.2.1.1 Auswertung aller Bilder

Die folgenden Betrachtungen erfolgten für alle Bilder, ungeachtet der Indices für Kippung und Drehung des Beckens für die jeweils neuesten Röntgenbilder der Patienten.

Bei **keinem** Patienten ergaben sich in der Kontrolluntersuchung Anhaltspunkte für eine **Hüftkopfnekrose**. Die Hüftkopfnekrose war früher eine der gefürchtetsten Komplikationen bzw. Spätfolge der Abspreiztherapie. Dieses Ergebnis bestätigt die Empfehlungen zur Anwendung der Human Position.

Insgesamt zeigten 33 der 68 geröntgten Patienten eine Sekundärdysplasie. Das sind **48,53%** der Patienten. Entscheidungsgrundlage waren hier die Normalwerte für den AC-Winkel wie von Tönnis [49, 50] beschrieben (vgl. Tabelle 3.1).

Da 21 der Kinder beidseitig radiologisch auffällige Hüftgelenke zeigten, während acht nur rechtsseitig und vier nur linksseitig auffielen, ergeben sich daraus 54 betroffene Gelenke (bei 68 geröntgten Kindern mit 136 Hüftgelenken sind das 39,71% der Gelenke).

Unter den von einer Sekundärdysplasie Betroffenen sind bei 64% beide Gelenke auffällig und bei 36% nur eines (nur links bei 12% und nur rechts bei 24%).

Initiale Hüfttypen und betroffene Seite Die geröntgten Kinder hatten initial die folgenden Hüfttypen nach Graf: Neun mal Typ IIc instabil, 42 mal Typ D, 46 Typ IIIa/b Hüften und zwei mal Typ IV. Bei den 68 Patienten waren ursprünglich 99 Gelenke betroffen, 32 Kinder hatten eine beidseitige Dysplasie.

Die von einer Sekundärdysplasie betroffenen Kinder hatten initial in fünf Fällen Typ IIc instabil, je 21 mal Typ D und IIIa/b sowie zwei mal Typ IV (Hüfttypen nach Graf).

Der Patient mit **beidseitiger Typ IV Dysplasie** nach Graf in der initialen Sonographie konnte bis zu einem Alter von 36 Monaten verfolgt werden. Zu diesem Zeitpunkt zeigten sich im Röntgenbild beidseits dysplastische AC-Werte. Bei Abschluss der Schientherapie (dieser Patient erhielt zusätzlich einen Fettweisgips) zeigte sich beidseits ein Typ Ib nach Graf. Die Therapiedauer dieses Patienten lag mit 16 Wochen sogar unter der durchschnittlichen Therapiedauer der Kinder, die außer der Schiene noch mittels Gips therapiert wurden (21 Wochen).

Abbildung 4.12 stellt die Zusammensetzung der Betroffenen aus den einzelnen Hüfttypen nach Graf dar.

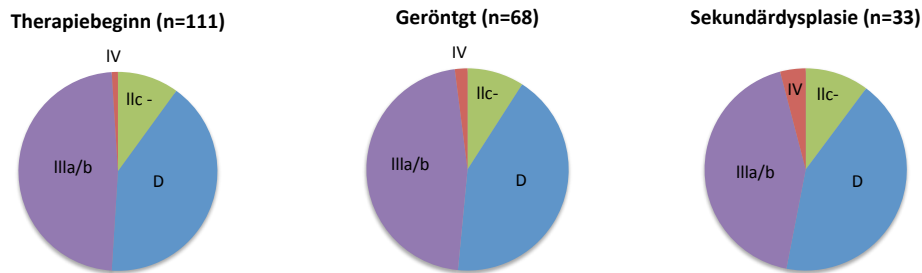


Abbildung 4.12: Der linke Kreis spiegelt die Verteilung der betroffenen Gelenke auf die Hüfttypen nach Graf zu Therapiebeginn wieder, der mittlere die Verteilung bei allen geröntgten Kindern und der rechte Kreis zeigt die Anteile der initialen Hüfttypen an den von einer Sekundärdysplasie Betroffenen.

Bei 11 der 33 von einer Sekundärdysplasie betroffenen Kindern trat diese auf der gleichen Seite auf wie initial die Hüftreifungsstörung.

Drei Gelenke, die bei Geburt Hüfttyp I nach Graf gezeigt hatten, fielen in der Röntgenuntersuchung durch nicht normwertige AC-Winkel auf. Eine beidseitige Dysplasie im Röntgenbild bei initial einseitigem Befund zeigte sich bei 12 Kindern. Ein zusätzlicher Dysplasiebefund zeigte sich also bei insgesamt 15 Gelenken, welche primär unauffällige Verläufe präsentiert hatten.

Neun der 32, in der sonographischen Ausgangsuntersuchung beidseitig Betroffenen, zeigten auch in der Kontrolluntersuchung bilaterale Befunde.

Initiale Therapie Von 13 der 16 **Gipspatienten** liegen Verlaufsbilder vor. Davon haben fünf Patienten nach Gipstherapie eine Sekundärdysplasie entwickelt, das sind **38,5%**.

Die restlichen 55 Patienten, die eine Röntgenkontrolluntersuchung erhielten, wurden initial mit der **Tübinger Schiene** behandelt. Eine Sekundärdysplasie manifestierte sich bei 28 dieser Kinder, was einem Prozentsatz von **50,9%** entspricht.

4.2.1.2 Auswertung der Bilder mit normwertigen Indices

Betrachtet man nur die 26 für jeden Patienten neuesten Röntgenbilder, deren Indices alle im Normbereich liegen, so zeigt sich auf 11 Bildern eine Dysplasie, was 42,3% der Patienten entspricht. Bei den 11 betroffenen Patienten zeigte sich bei 10 eine beidseitige Dysplasie (91% bilateral), nur bei einem Patienten (9% unilateral) beschränkte sich die Fehlstellung auf ein Hüftgelenk, in diesem Fall das linke.

Bei 42 Bildern liegt mindestens einer von beiden bestimmten Werten außerhalb der Normgrenze. Es zeigen sich hier bei 22 Patienten Dysplasien, was einem

Anteil von 52,3% entspricht. 11 Kinder zeigten in dieser Gruppe beidseitige Auffälligkeiten (50% bilateral), bei acht war nur die rechte Seite betroffen, bei drei nur die linke (zusammen 50% unilateral).

Zum Vergleich sei hier nochmal das Ergebnis aus der Auswertung aller Röntgenbilder erwähnt: Bei 33 betroffenen von 68 untersuchten Patienten entspricht das einer Dysplasierate von 48,53%. Es trat in etwa 64% der Fälle eine bilaterale Dysplasie auf, rund 36% der Restdysplasien beschränkten sich auf ein Gelenk.

Lagen alle Indices im Normbereich, hatte man also ideale Bildverhältnisse, zeigten 42% eine Dysplasie, diese war zu 90% beidseitig. War noch einer der beiden Indices normwertig, so zeigten sich knapp über 50% der Gelenke auffällig, wobei das Verhältnis von einseitig zu beidseitig 1:1 betrug. Vernachlässigt man die Drehung bzw. Kippung des Beckens auf der Röntgenaufnahme, so lässt sich bei rund 49% der Bilder eine Dysplasie feststellen. Das Verhältnis von bilateral zu unilateral lag hier bei 2:1.

Achtet man nun bei der Vermessung der Bilder nicht auf die Kippung und Drehung des Beckens, so besteht die Gefahr, bei etwa 8% der Kinder einen von der Norm abweichenden AC-Winkel zu messen, während man zu häufig nur einseitige Auffälligkeiten feststellt, was der Unterschied in dem Verhältnis von uni-zu bilateral vermuten lässt. Für eine optimale Diagnostik und Diagnosesicherheit wäre eine Verbesserung der Aufnahmequalität unbedingt wünschenswert. Vielleicht können hier Orthopäden und Radiologen gemeinsam eine Lösung für die verbesserte Lagerung der Kinder zur Röntgenaufnahme entwickeln.

Theoretisch wäre eine Übertherapie durch diese Messergebnisse denkbar, man muss hier jedoch berücksichtigen, dass eine Therapieindikation nicht nur nach dem Röntgenbild gestellt wird, sondern dass auch das klinische Beschwerdebild eine entscheidende Rolle spielt.

Kapitel 5

Diskussion

Die Diskussion gliedert sich in die folgenden Unterpunkte: Zunächst werden in einem ergebnisbezogenen Teil die eigenen Ergebnisse noch einmal kurz wiederholt, dann mit den Resultaten anderer Autoren verglichen bevor unsere Schlussfolgerungen aus der Arbeit dargestellt werden. In einem zweiten Unterkapitel werden die Limitationen und methodischen Einschränkungen der Studiendurchführung dargestellt, bevor das letzte Teilkapitel einen kleinen Ausblick gibt.

5.1 Ergebnisbezogener Teil

5.1.1 Darstellung der eigenen Ergebnisse

Die Studie wurde durchgeführt, um die Einsetzbarkeit der Tübinger Hüftbeugechiene bei Kindern mit angeborener Hüftreifungsstörung Typ IIc instabil nach Graf und schlechter zu überprüfen. Die Erfahrungen mit der Tübinger Schiene bei Kindern mit weniger gravierenden Dysplasien ließen gute Erfolge in der Therapie der schwerer Betroffenen erwarten.

Bei insgesamt 97,3% der Patienten hat unser Therapiekonzept zur primären Aus-

heilung der Dysplasie (sonographisch Typ Ia/b nach Graf) geführt. Das Konzept bestand darin, alle Hüfttypen zunächst mit der Tübinger Schiene zu behandeln und bei einem Nichtansprechen, sprich einer zu zögerlichen Verbesserung der Hüftkopfüberdachung, auf die Therapie mit einem Fettweisgips zu wechseln, beziehungsweise mit diesem zwischenzubehandeln. Alleine mit der Tübinger Schiene konnten 85,6% der Kinder mit instabilen Hüftgelenksverhältnissen erfolgreich therapiert werden. Hier wurde der Einsatz des Fettweisgipses nicht nötig. Diese Erfolgsquote ist sehr zufriedenstellend und entspricht unseren Erwartungen. Die Tübinger Hüftbeugeschiene ist als Therapieoption auch bei instabilen Hüftgelenken bei der Säuglingsdysplasie in Betracht zu ziehen. Das von uns angewandte Therapiekonzept mit engmaschigen Nachkontrollen und gegebenenfalls einem Verfahrenswechsel hat sich ebenfalls bewährt, die Ausheilung der Kinder, die zunächst mit der Schiene anbehandelt wurden und bei ausbleibender Besserung noch einen Gips erhielten, konnte in 95,8% der Fälle mit Hüfttypen Ia oder Ib beendet werden (23 der 24 betroffenen Gelenke).

Ausserdem sollte anhand der Nachkontrollen der Kinder der **Langzeiterfolg** der konservativen Therapie untersucht werden. Erfreulicherweise zeigte sich bei keinem der nachuntersuchten Kinder eine Hüftkopfnekrose. Bei der Anpassung der Tübinger Schiene wurde besonders auf die Einstellung in der Human Position geachtet, mit etwa 100° Flexion sowie einer Abduktion von nicht mehr als 45-50°. Durch die Schiene ist ein Bewegungsspielraum im Hüftgelenk gegeben, welcher sich günstig auf die Versorgung des Hüftkopfes und der Knorpelstrukturen auswirkt.

Mittels Vermessung der AC-Winkel wurde bei 48,5% der Kinder im Laufe der Nachkontrollen eine Sekundärdysplasie festgestellt. Dies entspricht 39,7% der geröntgten Gelenke. Unter Berücksichtigung von Klinik und Röntgenbefund der Kinder war jedoch bis zum Abschluss der Studie bei keinem Kind eine operative Versorgung nötig. Interessant ist hier sicherlich die weitere Skelettentwicklung der Betroffenen.

5.1.2 Vergleich mit Ergebnissen aus der Literatur

Therapieerfolg der konservativen Therapie bei der instabilen Hüftdysplasie im Säuglingsalter T. Seidel veröffentlichte 2012 die Ergebnisse einer unserer Studie ähnlichen Untersuchung [46]. Dabei wurden 50 instabile Hüften (Typ IIc instabil und schlechter nach Graf) bei 42 Säuglingen mit der Tübinger Hüftbeugeschiene therapiert. Bei 98% der Patienten wurde die Therapie erfolgreich mit einem alpha-Winkel von über 64° beendet. Das einzige Gelenk, das nicht erfolgreich therapiert werden konnte war Typ IV nach Graf zuzuordnen. Wir erreichten eine insgesamt Therapieerfolgsquote von 97,3%. Alleine mit der Tübinger Schiene gelang die Ausheilung in unserer Studie bei 85,6% aller untersuchten Patienten, bei den restlichen erfolgte ein Verfahrenswechsel und sie erhielten zusätzlich einen Fettweisgips. Mit dem Fettweisgips gelang schließlich die Ausreifung bei 23 von 24 Patienten, bei denen das Verfahren gewechselt wurde. Das nicht ausgereifte Gelenk war zu Therapiebeginn Typ D nach Graf und bei Beendigung der Therapie Typ IIb zuzuordnen.

Im Unterschied zu unserer Studie wurden bei Seidel nur Patienten betrachtet, deren Behandlungsbeginn in der ersten Lebenswoche lag. Das Durchschnittsalter bei Therapiebeginn lag bei 3,5 Tagen. Wir untersuchten dagegen alle Säuglinge, die bei Therapiebeginn bis zu sechs Wochen alt waren (Durchschnittsalter bei Therapiebeginn 22 Tage, minimal 1 Tag bis maximal 42 Tage).

Das in unserem Patientengut durchschnittlich höhere Alter zu Therapiebeginn ist ein möglicher Faktor für den etwas geringeren Therapieerfolg. Gegen diese Hypothese spricht jedoch, dass das Durchschnittsalter bei Therapiebeginn bei den Patienten, bei denen eine alleinige Schientherapie nicht zur gewünschten Verbesserung des Befundes führte, weswegen die Anlage eines Fettweisgipses nötig wurde, 5 Tage unter dem der Kinder lag, die mit der Tübinger Schiene alleine ausbehandelt wurden (18 vs. 23 Tage).

Bezogen auf den Therapieerfolg der initialen Therapie instabiler Hüftgelenke

Typ IIc instabil nach Graf und schlechter lässt sich sagen, dass man einen Therapieversuch mit der Tübinger Schiene durchführen kann. Diese Säuglinge sollten engmaschig, z.B. in dreiwöchigem Intervall sonographisch und klinisch kontrolliert werden und bei ausbleibender Verbesserung kann problemlos der (temporäre) Wechsel auf einen Fettweisgips erfolgen.

Zur Behandlung von Typ IV-Hüften nach Graf eignet sich die Tübinger Schiene unserer Ansicht nach jedoch nicht. Bei dem Patienten mit beidseitiger Typ IV Dysplasie musste nach etwas mehr als sechs Wochen Therapiedauer von der Tübinger Schiene auf den Fettweisgips gewechselt werden. Auch bei Seidel [46] konnte das einzige in die Studie eingeschlossene Typ IV Gelenk nicht mit der Tübinger Schiene zur Nachreifung gebracht werden.

Therapiedauer In unserem Patientenkollektiv zeigte sich bei den nur mit der Schiene ausbehandelten Patienten eine mittlere Therapiedauer von 99 ($\pm 11,8$) Tagen. Bei Kindern, die bei Behandlungsbeginn unter einer Woche alt waren dauerte die Behandlung im Mittel 102 Tage.

Die Therapiedauer betrug bei Seidel 51,6 ($\pm 18,9$) Tage. Wurde die Therapie nach dem vierten Lebenstag begonnen, so zeigte sich eine tendenziell um 10 Tage längere Dauer. Statistisch ist dieser Unterschied jedoch nicht signifikant.

Als Bernau die Tübinger Schiene 1990 vorstellte, veröffentlichte er folgende Daten zur Therapiedauer [4]. Er hatte die Daten von 15 Kollegen gesammelt, die im ersten Quartal 1990 insgesamt 217 Kinder mit der Tübinger Hüftbeugeschiene behandelt hatten. Behandelt wurden alle Hüfttypen (Typ IIa/b: 75; IIg/D 99; III/IV: 40), das Alter der Kinder lag zu Behandlungsbeginn innerhalb des ersten Lebensjahres, zwei Drittel der Behandelten waren zu Therapiebeginn unter acht Wochen alt, 12 Patienten befanden sich bei Behandlungsbeginn bereits im zweiten Lebenshalbjahr. Bei etwa der Hälfte der Kinder wurde die Behandlung innerhalb von zwei Monaten nach Beginn abgeschlossen. Bei 16 Kindern dauerte die Behandlung bis zu einem Monat, bei 42 Kindern zwei Monate, 31 Kinder wurden bis

zu drei Monate therapiert und 30 Kinder über drei Monate. Die Therapiedauer liegt damit zwischen 28 und über 90 Tagen und scheint damit unter den von uns festgestellten Behandlungsdauern von durchschnittlich 99 Tagen zu liegen.

Ein Grund für diese kürzere Behandlungsdauer scheint zu sein, dass wir nur Patienten mit Hüften ab Typ IIc instabil behandelt haben, wohingegen in die Untersuchung von Bernau alle, auch die weniger dysplastischen Hüften eingehen. Wir konnten zeigen, dass die Behandlungsdauer mit der Schwere der Dysplasie zu Behandlungsbeginn zunimmt. So mussten Patienten mit einem Hüfttyp IIIa/b nach Graf im Schnitt um 17 Tage länger behandelt werden als Kinder mit Hüfttyp IIc instabil oder D (nach Graf). Dieser Unterschied in der Behandlungsdauer ist statistisch signifikant und erklärt, warum die Behandlungsdauer in unserer Untersuchung über der von Bernau liegt. Seidel berichtet, dass in seiner Studie kein Zusammenhang zwischen dem initialen Hüfttyp und der Behandlungsdauer besteht.

Im Vergleich zu anderen Studien scheint die Therapiedauer mit der Tübinger Schiene in unserer Studie länger zu sein. Da sich Seidels Beobachtung, dass das Alter bei Therapiebeginn die Behandlungsdauer beeinflusst, in unserer Untersuchung nicht bestätigt hat, kann dies nicht als mögliche Erklärung herangezogen werden. In unserem Patientengut sind 8,25 mal häufiger Mädchen als Jungen erfasst und wir konnten beobachten, dass Mädchen im Schnitt 2 Wochen länger behandelt werden mussten als Jungen. Bei Seidel [46] verhielten sich Mädchen zu Jungen 6:1, was auch den Angaben in der Literatur (5-6:1) [5, 59] entspricht. Auch wenn sich der Unterschied in der Behandlungsdauer bei Mädchen und Jungen in unserer Studie als nicht signifikant erwiesen hat, so mag die Geschlechterverteilung die Therapiedauer eventuell doch beeinflusst haben. Unsere Auswertung hat eine statistisch signifikant längere Therapiedauer für schwerer betroffene Patienten ergeben. Vergleicht man die Zusammensetzung des Patientenguts mit der von Seidel, so stellt man fest, dass in unserem Kollektiv mehr höhergradige Dysplasien vorlagen. Graphisch dargestellt wird dies in Abbildung 5.1.

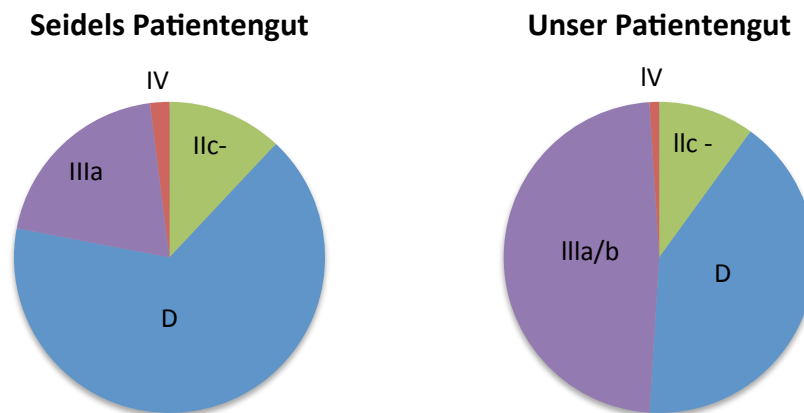


Abbildung 5.1: Die Kreisdiagramme geben die Verteilung der therapierten Hüftgelenke auf die Hüfttypen nach Graf vor Behandlungsbeginn in der Studie von Seidel et al [46] und in unserem Kollektiv wieder.

Diese beiden Faktoren könnten Gründe für die längere Therapiedauer unserer Patienten sein.

Zum Langzeiterfolg der Schienentherapie, also zur Restdysplasierate und zur Entwicklung von Hüftkopfnekrosen im Verlauf konnte Seidel keine Aussage machen, da keine Röntgenverlaufskontrollen durchgeführt wurden.

Eine von Atalar 2014 veröffentlichte Studie zum Therapieerfolg der Tübinger Schiene zeigt einen Therapieerfolg in 93,3% der Fälle. Allerdings wurden hier alle Kinder ab einem Hüfttyp nach Graf von IIb eingeschlossen. Die Therapiedauer betrug im Mittel 17 Wochen, was 119 Tagen entspricht. Die Patienten wurden demnach um knapp drei Wochen länger behandelt als in unserer Studie. Auffallend ist hierbei, dass das Alter bei Behandlungsbeginn bei Atalar mit 18 Wochen deutlich über dem in unserer Studie oder im Patientengut von Seidel et al. liegt. Gemäß unserer Auswertung scheint das Alter bei Therapiebeginn zwar keinen Einfluss auf die Therapiedauer zu haben, allerdings können wir nur Aussagen bis zu einem Alter von sechs Wochen treffen, da ältere Kinder nicht in unsere

Studie eingeschlossen wurden. Nach Abschluss der schnellen Nachreifungsphase (etwa mit 12 Lebenswochen) beeinflusst das Alter die Therapiedauer deutlich [34, 53, 21].

Das Alter bei Behandlungsbeginn war bei Seidel am geringsten, hier wurden nur Kinder innerhalb der ersten Lebenswoche in die Studie eingeschlossen. In unsere Untersuchung einbezogen wurden alle Kinder mit einem Alter von einer bis zu sechs Wochen bei Therapiebeginn. Nun zeigt sich, dass Seidel die kürzesten Behandlungsdauern ermitteln konnte. Eine endgültige Aussage zum Einfluss des Alters auf die Therapiedauer müsste anhand einer größeren Patientenzahl getroffen werden. Die Angaben zu Therapiedauer und Alter bei Therapiebeginn in Bernaus Veröffentlichung [4] sind zu ungenau, um hier in den Vergleich einzugehen.

Langzeittherapieerfolg und Entwicklung einer Sekundärdysplasie Bruras veröffentlichte 2011 eine Untersuchung [7] an 128 Kindern mit Hüfttypen IIc und schlechter, die randomisiert in zwei Gruppen eingeteilt wurden. Eine Gruppe wurde sofort bei Diagnosestellung der Therapie zugeführt, die andere wurde engmaschig kontrolliert und erst nach in der Beobachtung verzögerter Reifung des Pfannendaches therapiert. Fast die Hälfte der Patienten aus der Beobachtungsgruppe erhielt noch im Laufe des ersten Lebensjahres eine Therapie. Die Therapie erfolgte mittels Frejka-Schiene bis zu einem Alter von dreieinhalb Monaten, anschließend mittels Gips. Im Einjahres-Follow-up zeigten 40% der Kinder verzögerte acetabuläre Ossifikationen oder Dysplasien, dabei spielte es keine Rolle welcher Gruppe die Kinder initial angehört hatten. Im Sechsjahres-Follow-up zeigte dann nur noch ein einziges Kind Auffälligkeiten. Bei keinem der Kinder konnten Anzeichen einer Hüftkopfnekrose festgestellt werden.

Der Anteil an auffälligen Hüften im Einjahres-Follow-up dieser Untersuchung ist ähnlich der von uns ermittelten Rate von Sekundärdysplasien, wobei in unsere Auswertung nicht nur Kinder mit einem Einjahres-Follow-up eingingen. Erstaun-

lich ist die Beobachtung von Bruras, dass diese festgestellten Auffälligkeiten fünf Jahre später zu großen Teilen nicht mehr nachweisbar sind. Hier wäre ein weiteres Nachverfolgen unserer Patienten sehr interessant, um zu sehen, ob sich diese Beobachtungen auch in unserem Patientengut wiederholen. Eine Möglichkeit der hohen ermittelten Sekundärdysplasierate unserer Patienten könnte ein zu kurzer Nachbeobachtungszeitraum sein.

Die Nachuntersuchung eines primär gescreenten und konservativ mittels Spreizhosenentherapie (Aktiv-Spreizhose nach Becker und Mittelmeier oder Ideal-Spreizhöschen nach Mittelmeier und Graf) behandelten Patientengutes von Mittelmeier zeigte, dass nach einem Follow-up von 7,5 Jahren keines der Kinder klinisch relevante pathologische Befunde aufzeigte. Bei 14% der Patienten konnte in der Beckenübersichtsaufnahme ein pathologischer AC-Winkel gemessen werden. Insgesamt konnten in dieser Nachuntersuchung 98% der Hüften als physiologisch angesehen werden. In keinem Fall wurden Hinweise auf eine Störung der Hüftkopfversorgung beobachtet. Die Beurteilung der Hüftgelenke erfolgte anhand des Hüftwertes wie von Busse [9] und Tönnis [6, 58] beschrieben. Die Autoren merken an, dass es eventuell noch zu einer Verschlechterung der Hüftbefunde im Rahmen des pubertären Wachstumsschubes kommen könne. Es bleibt anzumerken, dass hier nur etwa die Hälfte der ursprünglichen Patienten in die Nachuntersuchung eingeschlossen werden konnten [13, 38].

In einer retrospektiven Analyse von 119 Patienten (mit 153 pathologischen Hüftgelenken), die am Klinikum Großhadern wegen einer Hüftreifeungsstörung Typ IIc und schlechter nach Graf behandelt wurden, zeigte sich in der radiologischen Verlaufskontrolle nach Laufbeginn bei 17% der Gelenke eine leichte Dysplasie und bei 11% eine schwere. Die Beurteilung erfolgte anhand der von Tönnis erarbeiteten Normwertetabelle. Nach Abschluss der primären Therapie im Säuglingsalter wiesen alle Patienten alpha-Winkel über 60° auf und galten dadurch als „ausgereift“ [11].

Auch Menkens berichtet, dass bei einem primär konservativ behandelten Pati-

entengut (50 Patienten) nach 10 Jahren bei 15% der Patienten radiologisch eine schwere Restdysplasie nachgewiesen werden konnte, bei 36% lag eine leichte Restdysplasie vor (die Beurteilung und Einteilung der Hüften erfolgte durch Bestimmung des Hüftwertes wie von Busse [9] beschrieben). Ursprünglich lag bei allen Kindern ein Hüfttyp IIc nach Graf oder schlechter vor, die Behandlung konnte in allen Fällen nach Erreichen des Hüfttyps I nach Graf abgeschlossen werden. Bei der Nachuntersuchung nach zehn Jahren fiel keines der Kinder bei der klinischen Untersuchung auf, alle zeigten ein normales Gangbild und auch die neuromuskuläre Entwicklung verlief in allen Fällen unauffällig. Es zeigten sich keine Hinweise auf stattgefundene Verknöcherungsstörungen des Hüftkopfes. Es fanden sich weder anamnestisch noch klinisch statistisch signifikante Risikofaktoren, die das Entstehen der Restdysplasie erklären würden. Die Autoren gehen von einem „endogenen“ Dysplasiefaktor aus [37]. Die dysplastischen Gelenke fielen vor allem durch zu geringe CE-Winkel auf und durch eine zu geringe Pfannendachlänge bei normalen Pfannendachwinkeln, so dass die Autoren zur Diskussion stellen, ob neben dem Pfannendachwinkel auch die Länge des Pfannendaches in der Sonographie bestimmt werden soll [36, 37].

Die Entwicklung einer Rest- bzw. Sekundärdysplasie scheint kein alleiniges Problem der konservativen Therapie mit der Tübinger Hüftbeugeschiene zu sein, sondern im Krankheitsbild selbst begründet zu liegen. Die oben genannten Studien untersuchten Patienten mit unterschiedlichen konservativen Behandlungsmethoden (Aktiv-Spreizhose nach Becker und Mittelmeier, Ideal-Spreizhöschen nach Mittelmeier und Graf, Frejka-Schiene und Fettweisgips). Da sich die Kriterien für eine Sekundärdysplasie und deren Feststellung in den genannten Studien unterscheiden, ist ein Vergleich der absoluten Dysplasieraten schwierig. Die Ergebnisse zeigen jedoch ungeachtet der genauen Prozentzahlen, dass ein nicht unerheblicher Teil der primär erfolgreich austherapierten Kinder im Verlauf wieder auffällige Befunde am Hüftgelenk zeigt. Interessant ist auch, dass die Rate der Dysplasien auch stark mit dem Zeitpunkt der Nachuntersuchung zusammenhängt (wie von Bruras [7] gezeigt, betrug die Dysplasierate nach einem Jahr 40% und nach sechs

Jahren war nur noch 1 Kind betroffen). Ob die Sekundärdysplasie von klinischer Relevanz ist, ist fragwürdig, da die meisten Autoren von klinisch unauffälligen Kindern berichten. Auch in unserem Patientengut hatte die Diagnose der „Sekundärdysplasie“ für die Patienten keinerlei Konsequenzen, alle Kinder waren absolut beschwerdefrei. Hier sind dringend weitere Nachbeobachtungen notwendig, um die weitere Entwicklung der Hüftgelenke dieser Kinder zu beobachten. Von zentralem Interesse ist sicher die Entwicklung bis zum Abschluss des Wachstums, besteht doch die Möglichkeit einer weiteren Verschlechterung der Situation oder der spontanen Ausheilung [13, 38, 62].

5.1.3 Zum Vergleich: Therapieerfolge mit der Pavlik Bandage

Atalar [3] konnte bei 18 von 31 (58%) betroffenen Gelenken (25 Kinder) mit Hüfttyp IIc nach Graf und schlechter einen Therapieerfolg mit der Pavlik-Bandage erzielen. Bei Behandlungsbeginn waren die Kinder zwischen 4 und 20 Wochen alt.

Die Behandlung erfolgte zunächst durch ein dauerhaftes Tragen der Bandage für durchschnittlich 7,28 Wochen (51 Tage), anschließend wurde die Bandage bei einem Teil der Patienten noch mit im Verlauf gesteigerten stündlichen Pausen, bzw. zuletzt nur noch nachts für im Mittel weitere 8 Wochen getragen. Damit ergibt sich eine mittlere Behandlungsdauer von 12,4 Wochen (86,8 Tage) für alle behandelten Patienten. Atalar berichtet weiter, dass bei den erfolgreich Behandelten die dauerhafte Tragedauer der Schiene zwischen fünf und 11 Wochen (35 bis 77 Tage) lag, im Mittel also bei 8 Wochen (56 Tage).

Die Behandlungsdauer mit der Pavlik-Bandage in dieser Studie liegt deutlich unter der von uns ermittelten durchschnittlichen Therapiedauer von 105 Tagen (für alle Patienten). Die Erfolgsquote unseres Therapiekonzepts liegt mit 85,6% jedoch deutlich höher als die von Atalar erreichten 58%. Dabei muss man beachten, dass bei Atalar Patienten bis zu einem Alter von 20 Wochen eingeschlossen wurden, bei

uns lag das Höchstalter bei sechs Wochen, diese Tatsache mag den Therapieerfolg maßgeblich beeinflusst haben.

Malkawi veröffentlichte 1998 die Ergebnisse einer Studie zur sonographischen Therapieüberwachung bei Therapie der Hüftreifungsstörung mit der Pavlik-Bandage [31]. Dort finden sich folgende Angaben zur Therapiedauer:

- Bei sonographisch instabilen Hüftgelenken, wie sie bei 60 der untersuchten Patienten festgestellt wurden, dauerte die Therapie bei einem mittleren Alter von 0,8 Monaten bei Therapiebeginn, eineinhalb Monate (45 Tage).
- Die 75 Kinder mit sonographischem Hüfttyp IIb nach Graf waren im Schnitt bei Diagnosenstellung 3,4 Monate alt und wurden für durchschnittlich 2,1 Monate mit der Pavlikbandage therapiert.
- Für diese beiden Gruppen konnte festgestellt werden, dass die Hüftgelenke nach 4 Wochen Therapiedauer bereits als stabile Gelenke einzustufen waren.
- Die Patienten mit Hüften vom Typ IIc wurden durchschnittlich 2,2 Monate (60 Tage) behandelt, und Kinder mit Typ D Hüften 2,4 Monate (72 Tage).
- Bei Hüften vom Typ IIIa, IIIb und IV war die Behandlung für im Mittel 3 Monate (90 Tage) nötig, wobei die Kinder bei Behandlungsbeginn durchschnittlich zweieinhalb Monate alt waren.

Malkawi weist darauf hin, dass bei dem bei Therapiebeginn ältesten Kind mit den schlechtesten Hüftwinkeln die Therapiedauer am längsten war und, dass sich in den Behandlungszeiten widerspiegelt, dass die Behandlung um so kürzer nötig ist, je jünger die Kinder bei Diagnosestellung sind.

Es gilt allerdings zu beachten, dass diese Therapiedauern nur die Zeit berücksichtigen während der die Kinder die Bandage permanent trugen und nicht die Wochen danach, während derer die Orthesen nur noch einen Teil des Tages angelegt wurden.

Pollet et al [42] untersuchten die Anwendbarkeit der Pavlikbandage bei älteren Kindern. Ausgewertet wurde die Behandlung von 24 Kindern, die bei Diagnosestellung zwischen 6 und 23 Monaten alt waren (im Mittel 9 Monate). Trotz des für die konservative Therapie recht fortgeschrittenen Alters der Kinder, gelang es noch, 46% der dysplastischen Gelenke zu normalisieren. Die durchschnittliche Behandlungsdauer lag bei 14 Wochen (98 Tage), mit einer Spannweite von vier bis zu 28 Wochen (28 bis 196 Tage). Die Repositionsphase dauerte bei diesen Kindern zwischen zwei und sieben Wochen (14 bis 49 Tage), im Schnitt war diese Behandlungsphase nach vier Wochen (28 Tagen) abgeschlossen.

Die Therapiedauer in dieser Studie ist vergleichbar mit der von uns ermittelten. Jedoch lag der Behandlungsbeginn bei unserem Patientenkollektiv wesentlich früher, im Durchschnitt bei 3 Wochen (22 Tagen). Allerdings konnten wir einen Therapieerfolg von etwa 97,3% erzielen (bei allen Kindern).

Eine israelische Studie [41] hat die Behandlung von Graf Typ III und IV Gelenken mit der Pavlikbandage evaluiert. Bezüglich der Behandlungsdauer zeigte sich, dass die Behandlung von Jungen länger dauerte als die von Mädchen. Außerdem wirkte sich der Zeitpunkt des Therapiebeginns bei Jungen, die mit der Pavlikbandage behandelt wurden, auf die Therapiedauer aus. Bei Mädchen und spontan ausgeheilten Jungen zeigte sich ein solcher Zusammenhang nicht. In unserem Kollektiv dauerte die Behandlung von Mädchen dagegen etwa zwei Wochen länger als die von Jungen.

5.2 Schlussfolgerungen

Wir halten das von uns gewählte Therapiekonzept aus Schientherapie und gegebenenfalls Wechsel auf den Fettweisgips für in der Klinik praktikabel. Ein Therapieerfolg von 97,3 % ist auch verglichen mit anderen Therapievarianten erfreulich. Die Tübinger Schiene konnte bei 86,5% der Patienten mit instabilen

Hüftgelenken erfolgreich als Repositionsorthese eingesetzt werden, gelang dies nicht, so entstand den Kindern dadurch höchstens in der etwas längeren gesamten Therapiedauer ein Nachteil.

Die Entwicklung einer Sekundärdysplasie sehen wir nicht ursächlich in der Therapie mit der Tübinger Hüftbeugeschiene, sondern als allgemeine Komplikation oder Folge der Grunderkrankung, so dass auch dies kein Grund gegen die Therapie instabiler Gelenke mit der Tübinger Schiene ist. Gestützt wird diese Aussage durch die von uns gemachte Beobachtung, dass drei im Säuglingsalter altersgerecht entwickelte Hüften in der (wegen einer Dysplasie der Gegenseite angefertigten) Röntgenkontrolle ebenfalls auffällige AC-Winkel zeigten, sowie bei 12 ursprünglich nur einseitig Betroffenen bei der Kontrolle beide Gelenke nicht normwertige AC-Winkel präsentierten. Welche Faktoren die Entstehung der Sekundärdysplasie beeinflussen, muss Gegenstand weiterer Untersuchungen werden.

5.3 Limitationen und methodische Einschränkungen

Therapiedauer Im Vergleich der Studien zur konservativen Therapie der Hüftreifungsstörung fallen stark unterschiedliche Therapiedauern auf. Unsere Patienten wurden in dreiwöchigen Abständen zur sonographischen Kontrolle einbestellt. Das Therapieende wurde nach Erreichen der gewünschten Winkel bei einem dieser Kontrolltermine erklärt. Hierdurch entsteht eine mögliche Schwankung der ermittelten Therapiedauer von etwa 21 Tagen, da es ja möglich gewesen wäre, dass die geforderten Winkel bereits einige Tage nach dem Kontrolltermin erreicht worden waren, das Kind jedoch bis zum nächsten Termin (21 Tage später) behandelt wurde. Da unser primäres Ziel war, zu zeigen, dass man Kinder mit instabilen Hüften ebenfalls mit der Tübinger Schiene behandeln kann, lag unser Hauptaugenmerk nicht auf der Therapiedauer, weshalb wir die Ungenauigkeit dieser in Kauf nahmen. Möchte man allerdings genaue Aussagen zur Dauer der

Therapie machen und diese eventuell mit anderen Therapievarianten vergleichen, so wäre eine genauere Ermittlung durch kürzere Kontrollintervalle unerlässlich.

Desweiteren möchte ich zur Ermittlung der Therapiedauer noch anmerken, dass nur das insgesamte Therapieende dokumentiert wurde, ungeachtet der Tatsache, dass bei beidseitig betroffenen Patienten eine Hüfte eventuell schon eher ausgereift war. Hier müsste man, für die exakte Bestimmung der Therapiedauer in Bezug auf die Schwere der Dysplasie, für beide Hüften getrennte Therapieendzeitpunkte dokumentieren, um jedes Gelenk für sich betrachten zu können.

Patientenzahl Die in die Studie eingeschlossene Patientenzahl von 111 Kindern mit 154 betroffenen Hüftgelenken erscheint zunächst ausreichend groß zu sein. Durch die Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten verschiedener Hüfttypen und Behandlungsabläufen entstanden aber sehr viele recht kleine Gruppen, so dass die getroffenen Beobachtungen oft statistisch nicht signifikant waren. Um Aussagen zum Beispiel über die Behandlungsdauer je nach Hüfttyp treffen zu können, bräuchte man eine größere Patientenzahl pro Subgruppe. Um diese zu erhalten könnten verschiedene Behandlungszentren ihre Daten gemeinsam auswerten. Dies hätte jedoch wiederum den Nachteil, dass nicht alle Ultraschalluntersuchungen von einem Untersucher durchgeführt und beurteilt werden würden. Wichtig für eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Studien wäre in jedem Fall ein einheitliches Therapieschema sowie die einheitliche Auswertung der Röntgenbilder.

Röntgenbilder Bei der Auswertung und Vermessung der Röntgenbilder fiel auf, dass bei 21% der Bilder die Bestimmung des AC-Winkels nicht möglich war, da wichtige Strukturen durch den Gonadenschutz verdeckt wurden. Des weiteren mussten wir feststellen, dass die Kinder auf vielen Aufnahmen im Becken verdreht oder verkippt gelagert waren, so dass die Indices für Beckenkipfung und der

Drehungsquotient außerhalb der Norm lagen. Des weiteren zeigte sich, dass auf diesen Bildern um 8% mehr „dysplastische AC-Winkel“ gemessen wurden.

Ausserdem verschiebt sich das Verhältnis von beidseitiger zu einseitiger Dysplasie von 1:1 bei den normwertigen zu 2:1 bei den verdrehten beziehungsweise verkippten Aufnahmen.

Dies wirft die Frage nach einer Möglichkeit zur Verbesserung der Aufnahmequalität auf.

5.4 Ausblick

Die doch relativ hohe Rate an Sekundärdysplasien in den Nachkontrollen sollte weiter verfolgt werden. Sehr interessant wird die Beobachtung der weiteren Skelettreifung der Studienpatienten. Es stellen sich die Fragen, welche dieser Kinder im Verlauf doch einer Operation unterzogen werden müssen, wie sich die Hüftverhältnisse mit dem weiteren Wachstum noch korrigiert oder gar verschlechtert haben, und welche der Patienten im Langzeitverlauf nach Abschluss der Wachstumsphase Beschwerden im Hüftbereich haben und welche gar früh eine Arthrose entwickeln. Die Patienten über so eine lange Zeit nachzuverfolgen ist sicherlich nicht einfach und bedarf auch des Teilnahmewillens der Patienten. Durch so eine lückenlose Weiterverfolgung könnten jedoch interessante und wichtige Erkenntnisse gewonnen werden, die zu einem neuen Verständnis der Erkrankung führen könnten.

Kapitel 6

Zusammenfassung

Die kongenitale Hüftreifungsstörung ist eine der häufigsten angeborenen Entwicklungsstörungen und betrifft etwa 20 000 deutsche Kinder jährlich. Zur Therapie stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, die alle das Ziel verfolgen, den Hüftkopf tief in die dysplastische Pfanne einzustellen, um deren Nachreifung zu fördern. Von Dr. Bernau wurde 1990 die Tübinger Hüftbeugeschiene eingeführt und hat sich seitdem zur Therapie von stabilen Gelenken etabliert. Ziel unserer Untersuchung war es zu zeigen, dass man die Tübinger Hüftbeugeschiene auch zur Therapie von instabilen Gelenken (Typ IIc instabil nach Graf und schlechter) einsetzen kann, da die Behandlung mit der Schiene verglichen zum Beispiel mit einer Gipstherapie viele Vorteile für Patienten und Eltern hat. Außerdem untersuchten wir den Langzeiterfolg der Therapie durch Röntgenuntersuchungen nach Erreichen des Laufalters.

Bei allen in die Studie eingeschlossenen Patienten wurde die Behandlung mit der Tübinger Hüftbeugeschiene begonnen und im Intervall von maximal 3 Wochen wurde der Erfolg kontrolliert. blieb die erwartete Verbesserung der sonographisch bestimmten Hüftwinkel (nach Graf) aus, so wurde das Verfahren vorübergehend auf den Fettweisgips gewechselt. Die Therapie erfolgte, bis ein Alphawinkel von über 64° gemessen werden konnte.

Nach Erreichen des sicheren Laufalters wurden Beckenübersichtsaufnahmen der Kinder angefertigt, um die Entwicklung einer Sekundärdysplasie auszuschließen oder frühzeitig zu erkennen.

Insgesamt konnten über einen Zeitraum von 10 Jahren (2001 bis 2011) 111 Patienten in die Studie eingeschlossen werden, alle Kinder wurden im Orthopädischen Behandlungszentrum in Aschau behandelt. In 97,3% der Fälle konnte die Therapie mit Tübinger Schiene und gegebenenfalls Fettweisgips nach Erreichen altersentsprechend normwertiger Hüftwinkel (Typ Ia/b nach Graf) abgeschlossen werden. Dabei gelang die Ausreifung alleine mit der Tübinger Schiene bei 85,6% der Kinder. Es zeigte sich, dass höhergradig dysplastische Gelenke (Typ IIIa/b nach Graf) statistisch signifikant länger behandelt werden mussten als weniger stark Betroffene (Typ IIc instabil oder D nach Graf).

Die Auswertung der Beckenübersichtsaufnahmen zeigte, dass bei keinem Patienten eine Hüftkopfnekrose aufgetreten war. Bei fast der Hälfte der Nachuntersuchten zeigten sich von den von Tönnis ermittelten Normwerten abweichende AC-Winkel, insgesamt bei 39,7% der Gelenke. Klinische Auffälligkeiten wurden bei keinem Patienten festgestellt; die Wichtigkeit einer weiteren Beobachtung der Hüftgelenke bis zum Wachstumsabschluss wurde den Eltern vermittelt.

Das angewandte Therapiekonzept aus Tübinger Hüftbeugeschiene und eventuellem Verfahrenswechsel auf den Fettweisgips hat sich bewährt, ein Therapieversuch mit der Tübinger Schiene kann auch bei instabilen Gelenken erfolgen. Bezüglich der Sekundärdysplasieentwicklung muss die weitere Beobachtung der Kinder bis zum Abschluss des Skelettwachstums erfolgen, um eventuelle Spätfolgen zu ermitteln. Wir sehen für die Entwicklung einer Sekundärdysplasie die Therapie mit der Tübinger Hüftbeugeschiene als nicht ursächlich an, da dies auch bei anderen Therapien beobachtet werden konnte. Welche Faktoren die Entwicklung einer Sekundärdysplasie beeinflussen, sollte Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

Anhang A

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. Multerer für die Überlassung des Themas und die ausführliche und lückenlose Dokumentation, sowie allen anderen beteiligten Mitarbeitern des Kinderorthopädischen Behandlungszentrums Aschau, die durch Ihren Einsatz diese Arbeit ermöglichten.

Herrn Privatdozent Dr. Burgkart danke ich für seine freundliche Betreuung, die wertvollen Ratschläge, sowie die vielen Anregungen und Hinweise, die diese Arbeit abgerundet und zu dem gemacht haben, was sie heute ist.

Frau Dr. Berger danke ich herzlichst für Ihre ausgezeichnete und freundliche Betreuung und Hilfe bei der Durchführung der gesamten Arbeit.

Meinem Mann Konrad danke ich für seine Geduld und Unterstützung während aller Phasen dieser Arbeit. Ein besonderes Dankeschön gilt auch meiner lieben Mama, für die vielen motivierenden Gespräche, sowie meiner ganzen Familie und meinen Freunden für das mir entgegengebrachte Verständnis und ihre Unterstützung.

Literaturverzeichnis

- [1] ALTENHOFEN, L ; ALLHOFF, PG ; NIETHARD, FU: Hüftsonographie-Screening im Rahmen der U3-Erste Erfahrungen. In: *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 136 (1998), Nr. 06, S. 501–507
- [2] ALTENHOFEN, LH: Leitlinie für das hüftsonographische Screening im Rahmen des Programms Krankheitsfrüherkennung im Kindesalter, Leitlinie Konsensusstatement. In: *Dtsch Ärzteblatt* 93 (1996), S. 57–60
- [3] ATALAR, H ; SAYLI, U ; YAVUZ, OY ; URAŞ, I ; DOGRUEL, H: Indicators of successful use of the Pavlik harness in infants with developmental dysplasia of the hip. In: *International orthopaedics* 31 (2007), Nr. 2, S. 145–150
- [4] BERNAU, A.: Die Tübinger Hüftbeugeschiene zur Behandlung der Hüftdysplasie. In: *Z. Orthop.*, 128: 432-435, 1990
- [5] BREUSCH, Steffen: *Klinikleitfaden Orthopädie*. Elsevier, Urban&FischerVerlag, 2013
- [6] BRÜCKL, Reinhard ; HEPP, WR ; TÖNNIS, D: Eine Abgrenzung normaler und dysplastischer jugendlicher Hüftgelenke durch den Hüftwert. In: *Archiv für orthopädische und Unfall-Chirurgie, mit besonderer Berücksichtigung der Frakturenlehre und der orthopädisch-chirurgischen Technik* 74 (1972), Nr. 1, S. 13–32
- [7] BRURÅS, Kari R. ; AUKLAND, Stein M. ; MARKESTAD, Trond ; SERA, Francesco ; DEZATEUX, Carol ; ROSENDAHL, Karen: Newborns with sonographically dysplastic and potentially unstable hips: 6-year follow-up of an RCT. In: *Pediatrics* 127 (2011), Nr. 3, S. e661–e666
- [8] BUCKUP, K.: *Kinderorthopädie*. Thieme, 2001. – ISBN 9783136976029

- [9] BUSSE, J ; GASTEIGER, W ; TÖNNIS, D: Eine neue methode zur röntgenologischen beurteilung eines hüftgelenkes—der hüftwert. In: *Archiv für orthopädische und Unfall-Chirurgie, mit besonderer Berücksichtigung der Frakturenlehre und der orthopädisch-chirurgischen Technik* 72 (1972), Nr. 1, S. 1–9
- [10] CARTER, Cedric O. ; WILKINSON, JOHN A.: Genetic and Environmental Factors in the Etiology of Congenital Dislocation of the Hip. In: *Clinical orthopaedics and related research* 33 (1964), S. 119–128
- [11] CHITA, Claudia D.: *Radiologisch diagnostizierte Restdysplasien im Laufalter nach sonographisch kontrollierter Ausheilung" bei Hüftdysplasien Typ IIc und schlechter*, lmu, Diss., 2011
- [12] CLEGG, J ; BACHE, CE ; RAUT, VV: Financial justification for routine ultrasound screening of the neonatal hip. In: *JOURNAL OF BONE AND JOINT SURGERY-BRITISH VOLUME*- 81 (1999), S. 852–857
- [13] DEIMEL, D ; BREUER, D ; ALAIYAN, H ; MITTELMEIER, H: Verlaufsbeobachtung eines hüftsonographischen Screeningprogrammes zur Früherkennung angeborener Hüftreifungsstörungen an der Orthopädischen Universitätsklinik Homburg/Saar im Zeitraum von 1985 bis 1990. In: *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 132 (1994), Nr. 04, S. 255–259
- [14] DIETERICH, A: Führt leichte Hüftdysplasie zur Entwicklung einer Hüftarthrose? In: *physioscience* 5 (2009), Nr. 03, S. 99–105
- [15] DOUVEREN, Florens Q. ; PRUIJS, Hans E. ; SAKKERS, Ralph J. ; NIEVELSTEIN, Rutger A. ; BEEK, Frederik J.: Ultrasound in the management of the position of the femoral head during treatment in a spica cast after reduction of hip dislocation in developmental dysplasia of the hip. In: *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume* 85 (2003), Nr. 1, S. 117–120
- [16] EBERHARDT, O ; ZIEGER, M ; WIRTH, T ; FERNANDEZ, FF: Der transinguinale Ultraschall zur Bestimmung der Hüftkopfzentrierung in der Behandlung der Hüftdysplasie und Hüftluxation. In: *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie* 147, Nr. 06, S. 727–733
- [17] FARR, S ; MÜLLER, D: Wann ist der optimale Zeitpunkt für ein sonographisches Hüftscreening? In: *Der Orthopäde* 37 (2008), Nr. 6, S. 532–540

- [18] FRANKE, J ; LAZOVIC, D ; LOTZ, J ; RÜHMANN, O ; WIRTH, CJ: Die Magnetresonanztomografie als Therapiekontrolle nach Repositionsbehandlung bei kongenitaler Hüftluxation. In: *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 136 (1998), Nr. 03, S. 205–209
- [19] GRAF, R: Die sonographiegesteuerte Therapie. In: *Der Orthopäde* 26 (1997), Nr. 1, S. 33–42
- [20] GRAF, R ; HEUBERER, I: Zur Problematik der Hüftsonographie. In: *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 123 (1985), Nr. 02, S. 127–135
- [21] GRAF, R. ; TSCHAUNER, C. ; FARKAS, P. ; LERCHER, K.: *Sonographie der Säuglingshüfte und therapeutische Konsequenzen: ein Kompendium*. Georg Thieme, 2000. – ISBN 9783131175250
- [22] GREITEMANN, Bernhard ; BAUMGARTNER, Rene: *Grundkurs Technische Orthopädie*. Georg Thieme Verlag, 2007
- [23] GRILL, Franz ; BENSACHEL, Henri ; CANADELL, Jose ; DUNGL, Pavel ; MATASOVIC, T ; VIZKELETY, Tibor: The Pavlik harness in the treatment of congenital dislocating hip: report on a multicenter study of the European Paediatric Orthopaedic Society. In: *Journal of Pediatric Orthopaedics* 8 (1988), Nr. 1, S. 1–8
- [24] GÜNTHER, K. P. ; STÜRMER, T. ; TREPTE, C. T. ; NAUMANN, T. ; KINZL, L. ; PUHL, W.: Häufigkeit gelenkspezifischer Risikofaktoren bei Patienten mit fortgeschrittenen Cox- und Gonarthrosen in der Ulmer Osteoarthrose-Studie. In: *Z Orthop Unfall* 137 (1999), Nr. 06, S. 468–473
- [25] HELIÖVAARA, Markku ; MÄKELÄ, Matti ; IMPIVAARA, Olli ; KNEKT, Paul ; AROMAA, Arpo ; SIEVERS, Kai: Association of overweight, trauma and workload with coxarthrosis: a health survey of 7,217 persons. In: *Acta Orthopaedica* 64 (1993), Nr. 5, S. 513–518
- [26] IDELBERGER, Karlheinz: *Die Erbpathologie der sogenannten angeborenen Hüftverrenkung*. Urban & Schwarzenberg, 1951
- [27] IHME, N ; ALTENHOFEN, L ; KRIES, R von ; NIETHARD, FU: Sonographisches Hüftscreening in Deutschland. In: *Der Orthopäde* 37 (2008), Nr. 6,

S. 541–549

- [28] JEROSCH, J. ; HEISEL, J. ; IMHOFF, A.B.: *Hüfte: Die ASG-Kurse der DGOOC*. Steinkopff, 2005 (Fortbildung Orthopädie - Traumatologie). – ISBN 9783798515543
- [29] LANYON, Peter ; MUIR, Kenneth ; DOHERTY, Sally ; DOHERTY, Michael: Assessment of a genetic contribution to osteoarthritis of the hip: sibling study. In: *BMJ: British Medical Journal* 321 (2000), Nr. 7270, S. 1179
- [30] LENZ, GP ; MOURANI, M: Operative Therapie im Kindesalter. In: C. Tschauer [Edtr]. *Die Hüfte*. Enke, Stuttgart (1997), S. 78–91
- [31] MALKAWI, Hassan: Sonographic monitoring of the treatment of developmental disturbances of the hip by the Pavlik harness. In: *Journal of Pediatric Orthopaedics B* 7 (1998), Nr. 2, S. 144–149
- [32] MARONNA, U: Restdysplasie: Operative Therapie versus Spontanheilung. In: *Kontroversen in der Orthopädie. Münsteraner Frühjahrsymposium*. Shaker, Aachen (1995)
- [33] MATTHIESSEN, H-D: Forensische Probleme bei der Behandlung von Hüftreifungsstörungen unter Berücksichtigung der „endogenen „Dysplasie“. In: *Die Hüftreifungsstörung*. Springer, 1999, S. 413–421
- [34] MATTHIESSEN, HD ; GRAF, R ; POTHMANN, M ; CORDIER, W ; TSCHAUNER, Ch ; HOFMANN, S ; KALCHSCHMIDT, K ; TÖNNIS, D ; LEUNIG, M ; SIEBENROCK, KA u. a.: 6 Hüftreifungsstörungen.
- [35] MATUSSEK, J: Hüftreifungsstörung. In: *Springer Lexikon Diagnose und Therapie*, Springer, 2006, S. 673–694
- [36] MENKENS, S ; BETTHÄUSER, A ; HILLE, E: Kapitel 111.2 10-Jahres-Ergebnisse nach konservativer Therapie der Hüftreifungsstörung des Neugeborenen. In: *Langzeitergebnisse in Der Kinderorthopädie* (2002), S. 123
- [37] MENKENS, S ; BETTHÄUSER, A ; SCHRÖDER, J ; HILLE, E: 10-Jahres-Ergebnisse nach sonographisch gesteuerter, konservativer Therapie der Hüftreifungsstörung des Neugeborenen. In: *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 141

- [38] MITTELMEIER, H ; DEIMEL, D ; BEGER, B: Aus einem hüftsonographischen Screeningprogramm-Mittelfristige Ergebnisse nach Spreizhosen-therapie. In: *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 136 (1998), Nr. 06, S. 513–518
- [39] NELITZ, M. ; REICHEL, H.: Konservative Behandlung der Hüftreifungsstörung. In: *Orthopäde 2008*, 37:550-550, Springer Medizin Verlag, 21.05.2008
- [40] NIETHARD, F.U.: *Kinderorthopädie*. Thieme Georg Verlag, 2009. – ISBN 9783131065926
- [41] PELED, Eli ; BIALIK, Viktor ; KATZMAN, Alexander ; EIDELMAN, Mark ; NORMAN, Doron: Treatment of Graf’s ultrasound class III and IV hips using Pavlik’s method. In: *Clinical orthopaedics and related research* 466 (2008), Nr. 4, S. 825–829
- [42] POLLET, Virginie ; PRUIJS, Hans ; SAKKERS, Ralph ; CASTELEIN, René: Results of Pavlik harness treatment in children with dislocated hips between the age of six and twenty-four months. In: *Journal of Pediatric Orthopaedics* 30 (2010), Nr. 5, S. 437–442
- [43] SALTER, Robert B.: Innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip. In: *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume* 43 (1961), Nr. 3, S. 518–539
- [44] SALTER, Robert B. ; DUBOS, Jean-Pierre: The first fifteen years’ personal experience with innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip. In: *Clinical orthopaedics and related research* 98 (1974), S. 72–103
- [45] SALTER, ROBERT B. ; HANSSON, GORAN ; THOMPSON, GEORGE H.: Innominate osteotomy in the management of residual congenital subluxation of the hip in young adults. In: *Clinical orthopaedics and related research* 182 (1984), S. 53–68
- [46] SEIDEL, T. ; LOHMAIER, J. ; HÖLKER, T. ; FUNK, J. ; PLACZEK, R. ; TROUILLIER, H.H.: Die Tübinger Hüftbeugeschiene als Repositionsorthese? In: *Orthopädie 2012*, 41:195-199, Springer Verlag, 2012
- [47] SHIPMAN, Scott A. ; HELFAND, Mark ; MOYER, Virginia A. ; YAWN,

- Barbara P.: Screening for developmental dysplasia of the hip: a systematic literature review for the US Preventive Services Task Force. In: *Pediatrics* 117 (2006), Nr. 3, S. e557–e576
- [48] SPRINGORUM, Hans W.: *Fachlexikon Orthopädie. Hüfte*. Ecomed, 1998. – ISBN 9783609512006
- [49] TÖNNIS, D: Der AC-Winkel. In: *Orthop Prax* 10 (1974), Nr. 1, S. 29–32
- [50] TÖNNIS, D: Diagnostik und Therapie der Hüftdysplasie, wo liegt das Optimum? In: *Orthop Prax* 40 (2004), Nr. 6, S. 309–316
- [51] TÖNNIS, D ; BRUNKEN, D: Eine Abgrenzung normaler und pathologischer Hüftpfannendachwinkel zur Diagnose der Hüftdysplasie. In: *Archiv für orthopädische und Unfall-Chirurgie, mit besonderer Berücksichtigung der Frakturenlehre und der orthopädisch-chirurgischen Technik* 64 (1968), Nr. 3, S. 197–228
- [52] TÖNNIS, D ; KALCHSCHMIDT, K ; HEINECKE, A: Acetabular rotation by triple pelvic osteotomy according to Tönnis. In: *Der Orthopäde* 27 (1998), Nr. 11, S. 733–742
- [53] TSCHAUNER, Ch ; KLAPSCH, W ; BAUMGARTNER, A ; GRAF, R: „Reifungskurve“ des sonographischen Alpha-Winkels nach Graf unbehandelter Hüftgelenke im ersten Lebensjahr. In: *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 132 (1994), Nr. 06, S. 502–504
- [54] UCAR, D. H. ; ISIKLAR, Z. U. ; KANDEMIR, U. ; TÜMER, Y.: Treatment of developmental dysplasia of the hip with Pavlik Harness: prospektive study in Graf type IIc or more severe hips. In: *Journal of Pediatric Orthopaedics B* 2004, 13:70-74, Lippincott Williams & Wilkins, 2004
- [55] WIESBADEN, Statistisches B.: Gesundheit Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik) Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern - Ausführliche Darstellung. (2011). http://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Krankenhaeuser/OperationenProzeduren5231401117014?__blob=publicationFile
- [56] WILKINSON, John A.: Etiologic factors in congenital displacement of the

- hip and myelodysplasia. In: *Clinical orthopaedics and related research* 281 (1992), S. 75–83
- [57] WIRTH, T ; STRATMANN, L ; HINRICHS, F: Evolution of late presenting developmental dysplasia of the hip and associated surgical procedures after 14 years of neonatal ultrasound screening. In: *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume* 86 (2004), Nr. 4, S. 585–589
- [58] WITT, AN ; TÖNNIS, D: Eine neue Methode zur röntgenologischen Beurteilung eines Hüftgelenkes - Der Hüftwert.
- [59] WÜLKER, Nikolaus: *Taschenlehrbuch Orthopädie und Unfallchirurgie*. Georg Thieme Verlag, 2010
- [60] YAU, Peter W. ; CHOW, Wang ; LI, Yun H. ; LEONG, John C.: Twenty-year follow-up of hip problems in arthrogryposis multiplex congenita. In: *Journal of Pediatric Orthopaedics* 22 (2002), Nr. 3, S. 359–363
- [61] YAWN, Barbara P. ; MABRY, Iris R. ; KO, Stephen: Ultrasonography in the Assessment of Developmental Dysplasia of the Hip. In: *American Family Physician* 74 (2006), Nr. 8, S. 1284–1285
- [62] ZIEGLER, J ; THIELEMANN, F ; MAYER-ATHENSTAEDT, C ; GÜNTHER, K-P: Natürlicher Verlauf von Hüftreifungsstörungen und Hüftdysplasie. In: *Der Orthopäde* 37 (2008), Nr. 6, S. 515–524