

Aus der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Joachim Windolf

**Fettweisgipstherapie in der Therapie der kindlichen Hüftdysplasie,
MRT-Repositionskontrollen und weitere radiologische Kontrollen sind
sinnvoll**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Jan-Philipp Alexander Holthoff

2023

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachterin: Prof. Dr. med. Bettina Westhoff

Zweitgutachter: Priv.-Doz. Dr. med. Joel Aissa

Für die Menschen, die ich liebe.

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

Poorer radiological outcome after delayed diagnosis and treatment in human position in Fettweis plaster cast in 93 unstable hip joints type D, III and IV according to Graf (H. Kubo *et al.*, 2018)

MRI reveals unrecognized treatment failures after application of Fettweis plaster in children with unstable hip joints (Kubo *et al.*, 2019)

Präsentation, Poster und Vortrag - Vereinigung für Kinderorthopädie (VKO) Kongress Dresden 2018 (J.-P. Holthoff, eigenständiger Vortrag mit Poster und Präsentation)

Zusammenfassung

Der Erfolg der Behandlung von instabilen Hüftgelenken mit dem Fettweisgips hängt u.a. von der frühzeitigen Diagnose und Therapiebeginn, als auch von der korrekten Reposition und Retention ab. Eine MRT nach Gipsanlage kann eine mögliche Fehlreposition früh erkennen und eine Korrektur ermöglichen.

Radiologischen Verlaufskontrollen nach Behandlung mit dem Fettweisgips zeigen schlechtere Ergebnisse bei den Patienten, bei denen der Behandlungsbeginn länger als 8 Wochen verzögert begann. Diese Befunde waren unabhängig vom anfänglichen Ultraschall-Hüfttyp. Regelmäßige Röntgenkontrollen aller behandelten instabilen Hüfttypen sind sinnvoll, um Residual-Dysplasien, die sich nach Abschluss der Therapie im weiteren Wachstumsalter entwickeln können, früh aufzudecken und diese Patienten einer möglichen altersgerechten operativen Therapie zuführen zu können.

Abstract

The success of the treatment of unstable hip joints with the Fettweis plaster depends, among other things, on early diagnosis and initiation of therapy, as well as correct repositioning and retention. An MRI after plaster application can detect possible treatment errors early and enable correction. Radiological follow-up checks after treatment with the Fettweis plaster show poorer results in patients whose treatment initiation was delayed for more than 8 weeks. These findings were independent of the initial ultrasound hip type. Regular X-ray checks of all treated unstable hip types are useful in detecting dysplasias that may develop in the further growth period after completion of therapy and to refer these patients to a possible age-appropriate operative therapy.

Abkürzungsverzeichnis

AC-Winkel	<i>acetabular index</i> , Pfannendachwinkel, Azetabulumwinkel	HKN	Hüpfkopfnekrose
AVN	avaskuläre Nekrose des Hüftkopfes	MRT	Magnetresonanztomographie / Kernspintomographie
BÜS	Beckenübersicht im Stand	n	Anzahl
CDH	<i>congenital dysplasia of the hip</i>	OR	<i>odds ratio</i> , Quotenverhältnis
CE-Winkel	<i>center edge angle</i> , Centrum-Eck-Winkel	SD	<i>standard deviation</i> , Standardabweichung
CI	Konfidenzintervall	SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
CT	Computertomographie	U2	Vorsorgeuntersuchung für Neugeborene zwischen 3. und 10. Lebenstag
DDH	<i>developmental dysplasia of the hip</i>	U3	Vorsorgeuntersuchung für Babys zwischen 4. und 5. Lebenswoche

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	I
Abstract	II
Abkürzungsverzeichnis	III
Inhaltsverzeichnis	IV
1. Einleitung.....	1
1.1. Epidemiologie Hüftdysplasie und Hüftluxation	2
1.2. Pathogenese, Ätiologie, Risikofaktoren	3
1.3. Diagnostik	3
1.4. Klinische Untersuchung	4
1.5. Hüftsonographie nach Graf	6
1.6. Bedeutung des Ultraschallscreenings	9
1.7. Therapieoptionen nach Klassen	10
1.8. Komplikationen, Hüftkopfnekrose	13
1.9. Arthrose als mögliche Spätfolge	14
1.10. Verlaufskontrollen, Verlauf und Prognose.....	14
1.11. Fragestellung/ Ziel	15
2. Patienten und Methoden	17
2.1. Patientenkollektiv	17
2.2. Behandlungsprotokoll	17
2.3. Daten	22
2.4. Statistische Auswertung.....	23
2.5. Beidseitige Fälle.....	23
3. Ergebnisse.....	24
3.1. Overheadextensionsbehandlung	25
3.2. Fettweisgipstherapie	25
3.3. MRT/Magnetresonanztomographie.....	25
3.4. Tübinger Schiene, Nachbehandlung, Behandlungsabschluss	27
3.5. Patienten mit schlechtem Therapieergebnis	27

3.6.	Röntgen in Abhängigkeit vom ursprünglichen Hüfttyp im Ultraschall	34
3.7.	Hüftkopfnekrosen.....	37
3.8.	Wechsel zur operativen Therapie:	38
4.	Diskussion	40
4.1.	MRT obligatorisch bei Fettweisgips-Anlage?	42
4.2.	Sonographie als Alternative zum MRT?.....	42
4.3.	Tübinger Schiene statt Fettweisgips	42
4.4.	Radiologische Verlaufskontrollen.....	42
	Bibliographie	44
	Abbildungsverzeichnis	52
	Tabellenverzeichnis	53

1. Einleitung

Als Hüftdysplasie wird eine angeborene oder erworbene Fehlstellung der Hüftgelenkpfanne bezeichnet, die durch eine nicht ausreichende Überdachung des Hüftkopfes des Oberschenkels durch die Hüftgelenkpfanne entsteht. Im schwersten Fall einer Hüftdysplasie, der Hüftgelenkluxation, rutscht der Kopf des Oberschenkelknochens aus der Gelenkpfanne heraus.

Je früher eine Diagnose und ein Beginn einer Behandlung der Hüftdysplasie erfolgt, desto schneller und besser lässt sie sich therapieren. (Aronsson *et al.*, 1994; Furnes *et al.*, 2001; Patel and Canadian Task Force on Preventive Health Care, 2001; de Hundt *et al.*, 2012; Bucher *et al.*, 2021)

Neugeborene mit Risikofaktoren wie einer positiven Familienanamnese oder einer Steißlage erhalten eine klinische sowie eine Ultraschalluntersuchung unmittelbar nach der Geburt. Neugeborene ohne Risikofaktoren erhalten das Screening in der Regel im Rahmen einer Ultraschalluntersuchung mit klinischer Untersuchung während der vorgeschriebenen Kinderuntersuchungen U2 und U3, diese finden in den ersten Lebenswochen statt. Dies ermöglicht die frühe Diagnosestellung und folgend konnte entsprechend früher und damit effektiver eine Therapie begonnen werden.

1978 gelang dem österreichischen Orthopäden R. Graf mit der strukturieren Säuglingshüftsonographie die frühzeitige Diagnose der Dysplasie. Er konnte so einen frühestmöglichen Therapiebeginn erreichen. Viele Studien zeigen eine besonders gute Überführbarkeit von dysplastischen Hüften in stabile Hüftgelenke, wenn die Therapie besonders früh beginnt. (Graf, 1980)

Die Typen I (a,b) und IIa+ benötigen keine Behandlung. Hüften mit Typ IIa- sollten nach 6 Wochen erneut untersucht werden, die Hüfttypen (Typ IIa- bis IIc) werden üblich mit Orthesen zur Ausreifung gebracht, um sie in stabile Hüften zu überführen. In 90-100° Flexion und 40-50° Abduktion kommt es zur Entlassung des Pannrandes und die Voraussetzungen für ein gutes Remodeling des Pfannenknöchens sind ideal. Ab 50° Abduktion steigt das Risiko für

Hüftkopfnnekrosen deutlich an, so dass einige Orthesenhersteller nur eine Abduktion bis 45° empfehlen.

Für die Therapie der sonographisch instabilen Hüfttypen haben sich Bandagen wie die Pavlikbandage und Gipse wie der Fettweisgips in oben genannter Stellung bewährt.

Bei schweren Dysplasien und Luxationen sind ggf. auch unmittelbare operative Therapien erforderlich. Bei konsequenter Behandlung in den ersten Lebenswochen und Lebensmonaten entwickeln sich die Hüftgelenke bei den meisten der betroffenen Kinder zu normalen Hüftgelenken.

Wird eine Hüft dysplasie erst spät erkannt, drohen Komplikationen wie eine Hüftluxation und eine frühe Arthrose.

Zu den Risiken der Hüftgelenkdysplasie und ihrer Therapie zählen unter anderem Wachstumsstörungen des Oberschenkelhalses und eine sogenannte Hüftkopfnnekrose, das heißt ein Absterben des Hüftkopfes.

Die angeborene Hüftgelenkdysplasie (Englisch *hip dysplasia, developmental dysplasia of the hip, congenital dysplasia of the hip*; Abkürzungen: CDH, DDH) ist die häufigste angeborene Erkrankung am Stütz- und Bewegungsorgan weltweit. Daher ist die Früherkennung wichtig um späteres, ggf. lebenslanges Leiden zu vermeiden. Diagnostik und Therapie stehen daher weiter im Fokus der wissenschaftlichen Forschung. Die Zahl von notwendigen Operationen konnte durch die Einführung des routinemäßigen Hüftsonographie-Screenings signifikant gesenkt werden. (Shorter, Hong and Osborn, 2011; Omeroğlu, 2014; Kang and Koo, 2017)

1.1. Epidemiologie Hüft dysplasie und Hüftluxation

Die kongenitale Hüft dysplasie gehört mit einer Inzidenz von 2 bis 4 Prozent in Mitteleuropa auch heute noch zu den häufigsten Skelettfehlbildungen.

(Cashman *et al.*, 2002) Es ist die häufigste angeborene Erkrankung des Bewegungsapparates. (Graf, 2002) Bei 1,7 % aller Neugeborenen, bei denen bei der U2/U3 ein Hüftultraschalluntersuchung durchgeführt wurde, wurde eine

instabile Hüfte Typ IIc oder höher nach Graf nachgewiesen. (Lange *et al.*, 2014) Es ist die häufigste Hüfterkrankung bei Kindern. (Tschauner, Klapsch and Graf, 1993; Graf, 2000; Tönnis, 2013) Die Prävalenz in Mitteleuropa und Asien ist im Vergleich zu afrikanischen Ländern deutlich höher. (Roper, 1976; Schwend, Shaw and Segal, 2014; Al-Essa *et al.*, 2017)

1.2. Pathogenese, Ätiologie, Risikofaktoren

Das Risiko einer Hüftdysplasie ist stark erhöht bei Steißgeburten (OR 5,7, 95 % CI 4,4-7,4), weiblichem Geschlecht (OR 3,8, 95 % CI 3,0-4,6) und bei einer positiven Familienanamnese für Hüftdysplasie (OR 4,8, 95 % CI 2,8-8,2). (de Hundt *et al.*, 2012) Die Betroffenheit der linken Hüfte und Erstgeburt werden ebenfalls genannt. (Manoukian and Rehm, 2019) Auch ein Oligohydramnion soll das Risiko für eine Hüftdysplasie erhöhen. Das Vorhandensein von muskuloskelettalen Erkrankungen wie beispielsweise ein Klumpfuß sind ebenfalls mit der Hüftdysplasie vergesellschaftet. (de Hundt *et al.*, 2012; Vafaei *et al.*, 2017) Die Instabilität der kindlichen Hüftdysplasie kann sekundär zu einer Hüftluxation führen, deren Inzidenz mit 0,4-1 % angegeben wird und 6-mal häufiger bei Mädchen auftritt. (Graf, 1987) Hormonelle, genetische und konstitutionelle Faktoren werden diskutiert. (Hefti and Brunner, 2015)

1.3. Diagnostik

Die Hüftdysplasie ist besonders im Kindesalter oft beschwerdelos oder beschwerdearm und zeigt sich nicht zuverlässig in der klinischen Untersuchung.

Bewährt haben sich daher zur Früherkennung insbesondere die Ultraschalluntersuchungen. (Grill and Müller, 1997; Farr, Grill and Müller, 2008)

Eine frühe Diagnostik reduziert die Dauer der Behandlung, weil sich u.a. im Laufe der Zeit die Weichteile verkürzen und z.B. eine zusätzliche *Overheadextension* erforderlich werden kann. Die Knochenreifung läuft permanent, so dass Fehlstellungen und Deformitäten zunehmen können und das Potential für das Remodeling mit zunehmendem Alter geringer wird.

Eine Standardisierung der Untersuchung, die schnell abläuft ist sinnvoll, damit die Kinder nicht zu sehr gestresst werden. Benötigt werden ein Ultraschallgerät mit einem breiten Linearschallkopf. Eine feste Unterlage wie ein Wickeltisch ist essenziell für die Untersuchung. Das Kind muss weitgehend, bis auf den geöffneten Body entkleidet sein. Hilfreich sind eine ausreichende Raumtemperatur und eine Wärmelampe. Das Kind wird in einer speziellen Schale für die Seitenlagerung positioniert. Für den Schallkopf gibt es Schallkopfhalter, die das exakt senkrechte Positionieren des Schallkopfes während des Aufsuchens der korrekten Schnittebene helfen.

1.4. Klinische Untersuchung

- **Inspektion**

Hierbei wird die Symmetrie der Hautfalten als unspezifischer Hinweis auf eine einseitige Luxation untersucht. Die Beinlängenuntersuchung dient als Hinweis auf eine Luxation, da in Hüftbeugung und Knieflexion die betroffene Seite kürzer erscheint. (Hefti and Brunner, 2015)

- **Palpation**

- Ortolani-Zeichen

Bei dieser Untersuchung wird ein Schnappphänomen in der dynamischen Untersuchung provoziert. Die Beine werden 90° gebeugt, der Daumen des Untersuchers liegt an der Innenseite des Oberschenkels an, der

II. und III. Finger den Trochanter major fassend. Die Beine werden dann adduziert gehalten, und ein leichter Druck nach dorsal ausgeübt. Dann wird gleichzeitig eine Abduktion vorgenommen und etwas auf den Trochanter major gedrückt. Bei einer vorhandenen Subluxation, kann man ein Schnappen spüren, wenn der Hüftkopf in die Pfanne zurückspringt. Diese Untersuchung hat heute keine große Bedeutung mehr, da bei positivem "Schnappen" der Knorpel am Pfannenrand geschädigt werden kann. Daher raten wir von einer Durchführung ab. (Hefti and Brunner, 2015)

- Barlow-Zeichen

Hier wird im Vergleich zum Ortolani-Zeichen das Schnappen weniger durch die Bewegung als vielmehr durch Daumendruck ausgelöst mit vergleichbaren Nachteilen wie beim Ortolani-Zeichen. In mittlerer Abduktion der Hüften wird durch Druck auf den Trochanter major der Repositionsvorgang geprüft. Anschließend wird versucht, aus der gleichen Abduktionsstellung durch Druck nach dorsal und lateral den Hüftkopf zu luxieren. Ein Schnappen deutet auf eine Luxierbarkeit hin. (Hefti and Brunner, 2015)

- Prüfung der Abspreizung

Bei Luxation oder Subluxation der Hüfte im Laufe der ersten drei Lebensmonate kommt es zur Abspreizhemmung. Bei einer 90° flektierten Hüfte in Richtung Abduktion und Außenrotation lässt sich im Normalfall die Abspreizung bis zur Unterlage durchführen. (Hefti and Brunner, 2015)

- **Prüfung der Beweglichkeit**

Hier ist auf eine mögliche Differenz der Rotationsfähigkeit zu achten. Durch die intra-uterine Lage besteht eine physiologische Flexionskontraktur von 30-40°, so dass ein Test nicht in Streckstellung möglich ist. Beim Ludloff-Zeichen lässt sich bei luxiertem Hüftgelenk das Kniegelenk in Streckstellung bringen in 90° Hüftbeugung. Dies ist wegen der ischiocruralen Muskulatur normalerweise nicht möglich.

Insgesamt ist eine Hüft dysplasie oft "klinisch stumm", vor allem bei Grenzfällen und beidseitigem Auftreten, zeigt sich also nicht in den oben genannten klinischen Tests. Diese geben allenfalls einen Anfangsverdacht. Bei Beidseitigen Dysplasien oder Luxationen kann ein Test negativ ausfallen. Unabhängig von der klinischen Untersuchung sollte daher jedes Kind im Rahmen der U-Untersuchungen hüftsonographiert werden.

1.5. Hüftsonographie nach Graf

Graf beschreibt bereits 1980 die Diagnostik der angeborenen Hüftdysplasie mit dem Ultraschall und der Verlaufskontrolle. (Graf, 1980) Die Technik und Bildauflösung der Ultraschallgeräte hat sich seither massiv verbessert und entwickelt sich weiter. 1996 wurden in Deutschland die Hüftsonographie und klinische Untersuchung als Hüftscreening eingeführt. Bei der U2 findet eine klinische Untersuchung statt, diese wird bei Risikofaktoren um eine Ultraschalluntersuchung ergänzt, bei der U3 erhalten alle Kinder eine klinische und Sonographische Untersuchung. (Ärzteblatt, 2000)

Ultraschall fügt den Patienten keinen Schaden zu. Die Wirtschaftlichkeit des Screenings ist weltweit in Bezug auf die Ökonomie umstritten. (Shorter, Hong and Osborn, 2013) Sie ist für den geübten Untersucher jedoch eine gute und schnelle Screening Methode für kindliche Hüftgelenksdysplasien und Luxationen im klinischen Alltag. (Graf, 1980)

Der Arzt legt das entkleidete Kind in Seitenlagerung in die Untersuchungsschale, dabei fällt das Bein durch die Spontanhaltung in leichte Innenrotation, während die Eltern das Kind beruhigen. Mit der linken Hand wird der Tochanter major umfasst und mit den Fingern der Schallkopf bis zum Auffinden des Os ileum verschoben, mit der rechten Hand wird die Rotation eingestellt. „Die Sonographie des Hüftgelenkes erfolgt von lateral, wobei das auf dem Ultraschallbild dargestellte *Os ileum* parallel zum Schallkopf liegen muss. Ist dies nicht der Fall, so liegt der Schallkopf entweder zu ventral oder zu dorsal. Voraussetzung für ein vernünftig beurteilbares Ultraschallbild ist die Verwendung eines sog. Linearscanners“ (Hefti and Brunner, 2015). Kippfehler sind möglich, können aber durch die Verwendung der Lagerungsschiene und der Schallkopfführung minimiert werden. Anatomische Landmarken sind die Knorpel-Knochen-Grenze, der Hüftkopf, die Umschlagfalte der Gelenkkapsel, das Labrum acetabulare, das knorpelige Pfannendach, das Os ilium und der knöcherne Erker (Umschlagpunkt), dann muss eine „Brauchbarkeitsprüfung“ durchgeführt werden: Ist der Unterrand des Os ilium erkennbar, geht der Schnitt

mittig durch die Pfannendachebene und ist das Labrum acetabulare erkennbar. (Hefti and Brunner, 2015)

Ist die korrekte Schnittebene gefunden und gespeichert, werden drei Messlinien gezogen. Zum einen die Basislinie (Abb. 1 grün) entlang des Os ilium. Dann die Pfannendachlinie durch den Unterrand des Os ilium und den knöchernen Erker. Schließlich die Ausstellungslinie durch das Labrum acetabulare und den Umschlagspunkt des Pfannendaches, damit ist die Stelle gemeint, an der die Formgebung des Knöchernen Erkers von der Konvexen Form in die Konkave Form der Pfanne übergeht.

Zwischen den Linien werden 2 Winkel gemessen: Der Winkel α (zwischen Basislinie und Pfannendachlinie) und den Winkel β (zwischen Basislinie und Ausstellungslinie).

Graf unterteilte dann die verschiedenen Zustände des Hüftgelenkes nach Zentrierung des Femurkopfes, Ausreifung des knöchernen Erkers, Steilheit der Pfanne und Alter des Patienten in Typen. Siehe dazu ein Beispielbild einer Hüftsonographie mit Messung Abbildung 1 und die Tabelle 1. (Hefti and Brunner, 2015)

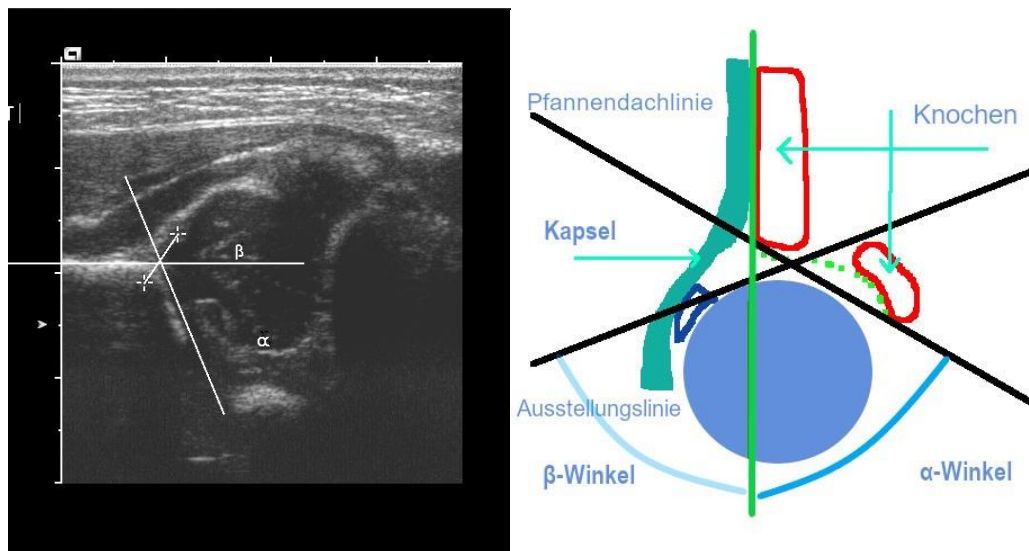


Abbildung 1: links Hüftsonographie von Christaras A, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1252965> zuletzt aufgerufen am 13.03.2023, rechts eigene Darstellung

Klassifikation der angeborenen Hüftdysplasie mittels Ultraschall (Sonographie) nach R. Graf				
Typ	Beschreibung	Alpha-Winkel (α)	Beta-Winkel (β)	Maßnahmen und Therapie
Typ I – Normal entwickelte und ausgereifte Hüfte				
Ia	Jedes Lebensalter: Normal entwickelte Hüfte. Mit spitzem knorpeligen Erker.	> 60°	< 55°	Keine Therapie.
Ib	Jedes Lebensalter: Normal entwickelte Hüfte. Mit stumpfem knorpeligen Erker.	> 60°	> 55°	Keine Therapie.
Typ II – Reifungsverzögerung der Hüfte (Dysplasie)				
Bis 3. Lebensmonat: Physiologische Verzögerung				
IIa (+)	der Hüftentwicklung. Ohne Reifungsdefizit der Knochen.	50°–59°	> 55°	Keine Therapie. Aber Kontrolle notwendig.
IIa (-)	Bis 3. Lebensmonat: Physiologische Verzögerung der Hüftentwicklung. Mit Reifungsdefizit der Knochen.	50°–59°	> 55°	Kontrolle in kurzem zeitlichen Abstand. Spreizbehandlung.
IIb	Nach 3. Lebensmonat: Echte Reifungsverzögerung (verzögerte Knochenreifung).	50°–59°	55°–70°	Spreizbehandlung erforderlich.
IIc	Gefährdete oder kritische Hüfte. Hüfte ist luxierbar.	43°–49°	70°–77°	Sofortige Spreizbehandlung. Ohne Behandlung verschlechtert sich die Dysplasie.
D (IIId)	Hüfte beginnt zu dezentrieren.	43°–49°	> 77°	Sofortige Spreizbehandlung. Sichere Immobilisation (beispielsweise Spreizgips) erforderlich.
Typ III – Dezentrierte Hüftgelenke (Dysplasie mit Fehlstellung)				
IIIa	Nach oben verlagertes knorpeliger Erker ohne Veränderung desselben.	< 43°	> 77°	Sofortige Behandlung zwingend. Eventuell stationäre Aufnahme in ein Krankenhaus. Korrektur der Hüftposition. Immobilisation mit Gips.
IIIb	Nach oben verlagertes knorpeliger Erker mit Veränderung desselben.	< 43°	> 77°	Sofortige Behandlung zwingend. Stationäre Aufnahme in ein Krankenhaus. Korrektur der Hüftposition. Immobilisation mit Gips.
Typ IV – Vollständige Hüftluxation (schwere Dysplasie mit starker Fehlstellung)				
IV	Vollständige Luxation.	< 43°	> 77°	Sofortige Behandlung zwingend. Stationäre Aufnahme in ein Krankenhaus. Korrektur der Hüftposition. Immobilisation mit Gips.

Tabelle 1: Klassifikation der angeborenen Hüftdysplasie nach Graf (Graf, 1997)

Graf unterteilt die Hüften in 4 Hauptgruppen und 10 Untergruppen [Hüfttypen Ia, b, IIa–c (stabil und instabil) bzw. D, IIIa und b sowie IV]. Wir unterscheiden zusätzlich zwischen stabilen Typen (I–IIc stabil) und instabilen Hüfttypen (IIc instabil bis IV). (Graf, 1997a) Siehe auch Tabelle 1.

Die Therapieprinzipien sind dann jeweils Reposition und Retention. Reposition meint das Einstellen des Hüftkopfes in die korrekte Stellung in die Pfanne des Beckens. Das Fixieren in dieser Position ist die sogenannte Retention. In dieser Position erhält der Knochen die notwendigen Druckstimuli, um zu einer korrekten Reifung zu führen. Hauptkomplikation während der Therapie ist das Risiko einer avaskulären Nekrose des Oberschenkelkopfes, die sogenannte Hüftkopfnekrose. Dieses Risiko ist deutlich reduziert, wenn die Reposition in der Hockspreizposition (100° Beugung und 45°–50° Abduktion) durchgeführt wird, da hier der Druck auf den Hüftkopf durch die Anatomie der Kapselfaszie geringer ist. (Tschauner, Klapsch and Graf, 1993; Sochart and Paton, 1996)

Diese Stellung wird auch als „*human position*“ bezeichnet. (Salter, Kostuik and Dallas, 1969)

Je nach Winkel ergibt sich bei pathologischen Werten eine Behandlungsbedürftigkeit. Die Klassifikation ergibt sich insbesondere aus den Winkeln α und β , der Formgebung und Reifung des Pfannenerkers oder ob eine Dezentrierung oder gar Luxation des Hüftkopfes vorliegt. Die Reproduzierbarkeit der Winkel steigt mit der Erfahrung des Untersuchers. (Schüttler, 2011) Gelegentlich wird eine dynamische Ultraschalluntersuchungsmethode vorgeschlagen, um auch eine Instabilität des Gelenkes und eine mögliche Bandlaxität beurteilen zu können. (Alamdaran *et al.*, 2016) Dies ist jedoch nicht Teil dieser Studie.

1.6. Bedeutung des Ultraschallscreenings

Die klinische Diagnostik ist bei Weitem nicht ausreichend sensitiv. Rosenberg *et al.* berichten, dass 50 % der im Ultraschall pathologisch auffälligen Hüften keinerlei klinische Zeichen für eine Instabilität aufweisen. (Rosenberg *et al.*, 1998; Dogruel *et al.*, 2008) Des Weiteren zeigt sich, dass die Rate von operativen Therapien für die Hüftdysplasie durch das Screening zurückgegangen ist. (von Kries *et al.*, 2012)

Die Zahl der Operationen steigt mit dem Alter bei Diagnosestellung. (Price, Dove and Hunter, 2013)

Durch die Sonographie kann zum einen der Gelenkknorpel, als auch die Stellung von Hüftkopf zur Pfanne beurteilt werden. Zusätzlich kann Strahlenbelastung für die jungen Patienten vermieden werden. So hat die Sonographie die Röntgenaufnahme in der Früherkennung nahezu vollständig verdrängt. Radiologisch lassen sich erst nach einigen Monaten und beginnender Verknöcherung des kindlichen Knorpels, dafür aber mit Strahlenbelastung Aussagen zur Hüfte treffen. (Alzen and Benz-Bohm, 2011) Oft führt dies dazu, dass Patienten erst bei Laufbeginn durch Hinken oder Schmerzen auffallen. Sowohl die klinische, also auch die radiologische Diagnostik führt, wenn überhaupt, eher zu späten Diagnosestellungen. Sowohl

die oben bereits genannte geringe Sensitivität der klinischen Untersuchung als auch die später einsetzende zunehmende Verknöcherung des Knorpels und dadurch spätere und schlechtere Beurteilbarkeit, führen zu späteren Therapiebeginn. Daraus resultieren signifikant schlechtere konservative Therapieergebnisse. Sie sind daher abzulehnen.

1.7. Therapieoptionen nach Klassen

Stabile Hüften werden regelmäßig durch klinische und Ultraschall-Kontrollen untersucht und ggf. mit verschiedenen Schienen behandelt, wie z.B. der Tübinger Schiene. (Bernau, 1990)

Für die Therapie der instabilen Hüfte gibt es eine Reihe von Orthesen, wie die Pavlikbandage, die Tübinger Schiene oder den Fettweisgips. (Bian, Guo and Tian, 2009; Novais, Kestel, *et al.*, 2016; Allington, 2017; Kubo *et al.*, 2023) Alle Therapien basieren auf dem Prinzip:

- 1) Reposition
- 2) Retention
- 3) Reifung.

Die Pavlikbandage besteht aus Bandagen oder Gurten, die in 90°-Hüftflexion angelegt werden. Dabei kann die Hüfte jedoch in 90° Abduktion fallen. Durch die Anatomie der Gelenkkapsel erhöht sich dadurch der Druck zwischen Pfanne und Hüftkopf. Das ist vermutlich der Grund für das höhere Risiko von 7% (Graf, 1997b) für die Entwicklung einer Hüftkopfnekrose bei Therapie mit der Pavlikbandage. (Inoue, Naito and Nomiyama, 2001; Lerman *et al.*, 2001; Wahlen and Zambelli, 2015) Darüber hinaus ist die Handhabung der Pavlikbandage vor allem für die unerfahrenen Eltern komplizierter als die Tübinger Schiene, wie der klinische Alltag zeigt. Vergleiche auch dazu die Abbildungen 2 und 3.



Abbildung 2: Kind mit Pavlikbandage, eigene Aufnahme

Wie Abbildung 2 zeigt, können die Beine bei inkorrektter Handhabung der Pavlikbandage am echten Kind durch die Schwerkraft in Hockstellung nach außen fallen. Die so wirkenden Kräfte steigern das Risiko für eine Hüftkopfnekrose.

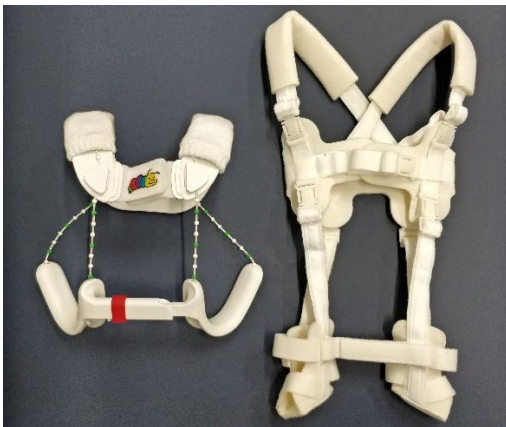


Abbildung 3: Vergleich zwischen einer Tübinger Schiene (links) und einer Pavlikbandage (rechts), eigene Aufnahme

Abbildung 1 zeigt den direkten Vergleich zwischen einer simpel aufgebauten Tübinger Schiene (links) und einer komplizierteren Pavlikbandage mit deutlich mehr Gurten und Einstellmöglichkeiten (rechts)

Der Fettweisgips wurde 1968 entwickelt. (Fettweis, 1968) Hierbei wird dem Kind die zunächst repositionierte Hüfte in einem Gips eingestellt und durch den Gips stabilisiert gehalten (Retention) und zur Ausreifung gebracht. Die typische Gipsposition „*human position*“ ist in 90° bis 100° Flexion und 40° bis 50°

Abduktion. Siehe Fotos Behandlungsprotokoll weiter unten. Vorher ist, in der Regel bei schwereren Fällen wie vom Hüfttyp IV, einer hohen Luxation und spätem Diagnosealter, ein Überkopfbzug / Extension / Traktion (*Overhead Extension*) erforderlich, um die Weichteile um das Hüftgelenk zu konditionieren. (Burian *et al.*, 2010) Der Fettweiskgips wird in Kurznarkose angelegt. Durch Arthrographie des betroffenen Hüftgelenks, wird die korrekte Reposition überprüft und durch die Einstellung des Gelenks unter Sicht des Bildverstärkers, Fehlrepositionen vermieden. Typische anatomische Repositionshindernisse sind z.B. ein hypertrophes Ligamentum teres, ein Fettinterponat, die Psoassehne oder eine Verengung der Gelenkkapsel. Die Rate von Hüftkopfnekrosen soll bei Reposition unter Arthrographie deutlich geringer sein. (Tönnis *et al.*, 1984) Die korrekte Lage der Hüfte in der Pfanne kann dann nach Gipsanlage erneut überprüft werden, um eine Gipstherapie über Wochen in suboptimaler Stellung oder gar Luxation zu verhindern. Hierbei ist die MRT-Untersuchung eine sehr sensible Methode. (Starr and Ha, 2014; Rosenbaum *et al.*, 2016) Diese Untersuchung wird je nach Zentrum nur bei einigen ausgewählten Fällen oder gar nicht durchgeführt, abhängig von der Ausstattung oder etablierten Standards und Erfahrungen einer Klinik. Es gibt Kliniken, die die Repositionsstellung per Ultraschallsonde zu kontrollieren versuchen. Dieses Verfahren ist jedoch noch nicht vollständig etabliert und ist wie das Hüftsonographie-Screening sehr untersucherabhängig. (Zierl *et al.*, 2017) Es müsste genauer erforscht und standardisiert werden im Vergleich zum MRT.

Für die Anlage des Fettweiskgipses bleiben die Kinder in der Regel 2 Tage stationär im Krankenhaus zur Überwachung nach der Narkose, der Gips kann trocken und die Ränder werden zur besseren Hygiene abgeklebt. Die Eltern werden im Umgang und Pflege des Gipses eingewiesen. Wenn eine Extensionsbehandlung notwendig ist, dauert diese ca. 2-3 Wochen. (Waśko *et al.*, 2017; Dietzel *et al.*, 2022) Der Gips verbleibt üblicherweise 42-84 Tage, bei komplizierten Fällen bis zu 112 Tage. (Bucher *et al.*, 2021) Danach werden die Hüften in der Regel noch mit einer Ausreifungssorthesen wie der Tübinger

Schiene nachbehandelt und regelmäßige Kontrollen durchgeführt, bis ein stabiler Hüfttyp im Ultraschallbefund vorliegt.

Bei starken Dysplasien, mit absoluter Instabilität oder nicht repositionierbarer Luxation, welche konservativ nicht behandelt werden können, muss eine operative Versorgung frühzeitig durchgeführt werden.

Ganz aktuell ist eine neue Leitlinie „S2k-Leitlinie Hüft dysplasie Teil Säugling“ erschienen. (Seidl *et al.*, 2022) Diese greift jetzt auch auf, dass zunehmend auch instabile Hüften mit einer konservativen Schienentherapie erfolgreich behandelt werden können, wenn auch Röntgenkontrollen im weiteren Verlauf notwendig sind. (Hannes Kubo, Pilge, Nepp, *et al.*, 2018) (Kubo *et al.*, 2020)

1.8. Komplikationen, Hüftkopfnekrose

Die gefürchtetste Komplikation ist die Hüftkopfnekrose. Am häufigsten stellt sie sich als ein Resultat der Behandlung und nicht der Luxation selbst dar. (Hefti, 2006) Es kann zu einem teilweisen oder vollständigen Absterben der Epiphyse kommen. Grund dafür ist die mangelnde Durchblutung in Extrempositionen oder bei unphysiologischer Druckbelastung. Dies kann zu einer frühzeitigen Koxarthrose, Schmerzen und Bewegungseinschränkungen führen. Diese müsste dann mit einer Hüftgelenkendoprothese versorgt werden, eine Therapie, die man möglichst vermeiden oder verzögern möchte. Die Zahlen schwanken je nach Therapiemethode und Forschungsgruppe stark. (Naumann and Zahnel, 1990; Weber and Morgenthaler, 1994) Eine Metaanalyse fand Zahlen von 4-60 % im Mittel mit ca. 10 %. (Bradley *et al.*, 2016) Unsere eigene Forschungsgruppe fand in ihren Daten 5,3 % Fälle mit einer Hüftkopfnekrose Grad 1 nach Kalamchi und McEwen, die sich im weiteren Verlauf besserte. (Kubo *et al.*, 2023) Weitere Komplikationen der Fettweisgipstherapie sind selten. Nervenschaden, erneuter Repositionsverlust und Hautprobleme werden beschrieben. (Paton, 2005)

1.9. Arthrose als mögliche Spätfolge

Unbehandelte Fehlbildungen können im Verlauf des Lebens zu einem vorzeitigen Verschleiß führen, der sogenannten Dysplasiekoxarthrose. Jedoch nicht alle Hüften, die von einem idealen Winkel abweichen, werden auch tatsächlich früher arthrotisch. Eine operative Therapie muss stets sorgfältig abgewogen werden.

Eine adäquate, schadensarme, konservative Therapie ist jedoch stets gerechtfertigt, da ohne Therapie der Hüft dysplasie ggf. Spätfolgen drohen. Je nach Ausprägung der Dysplasie oder Restdysplasie sind frühe arthrotische Veränderungen des Gelenks eine mögliche Folge mit bewegungsabhängigen Schmerzen und Bewegungseinschränkungen. (Weinstein, 1992; Günther *et al.*, 1998; Ganz *et al.*, 2008) Umstellungsosteotomien werden angesichts immer besser werdender künstlicher Hüftgelenksendoprothesen zunehmend seltener durchgeführt. Da die Standzeiten einer Hüftgelenkendoprothese jedoch weiterhin begrenzt sind und das Komplikationsrisiko mit der Zeit und ggf. durchzuführenden Wechseloperationen steigt, ist ein Ignorieren einer Dysplasie keine gute Alternative für die Patienten. (Evans *et al.*, 2019; Deere *et al.*, 2022)

1.10. Verlaufskontrollen, Verlauf und Prognose

Zur weiteren Verlaufskontrolluntersuchung sind ab ca. sechs Lebensmonaten standardisierte anterior-posteriore Becken-Röntgenkontrollen (BÜS) erforderlich. Ab diesem Alter wird die Ultraschallbildgebung durch die zunehmende Verknöcherung der knorpeligen Pfanne verhindert. (Tönnis, 1997; Dornacher *et al.*, 2010; Sarkissian *et al.*, 2015) Oft werden jedoch keine Röntgenkontrollen vor dem 12. Lebensmonat durchgeführt, um die Strahlenbelastung zu reduzieren.

Zur Auswertung der Röntgenkontrollen werden verschiedene Linien und Winkel verwendet. Hier ist der Azetabulumwinkel (AC) ein Parameter, der zur Beurteilung der Hüft dysplasie herangezogen wird. Der AC-Winkel wird entlang der Hilgenreiner-Linie und des Pfannendaches gemessen. (Siehe Abbildung 4 unten). Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde die Klassifizierung und

Bewertung der Hüftdysplasie nach Tönnis festgelegt. Unter Berücksichtigung von Alter, Geschlecht und betroffener Seite unterscheidet die Tönnis-Klassifikation zwischen normalen Befunden (< 1 SD), leicht dysplastischen (1 SD bis 2 SD) und stark dysplastischen (> 2 SD) Hüften. (Tönnis, 2013; Miao *et al.*, 2017) Die früher gültige These, dass sich eine "normale" Hüfte nach erfolgreicher Behandlung mit dem Wachstum nicht verschlechtert, wird immer mehr in Frage gestellt. Daher werden regelmäßige Röntgenkontrollen bis zum Wachstumsabschluss empfohlen.

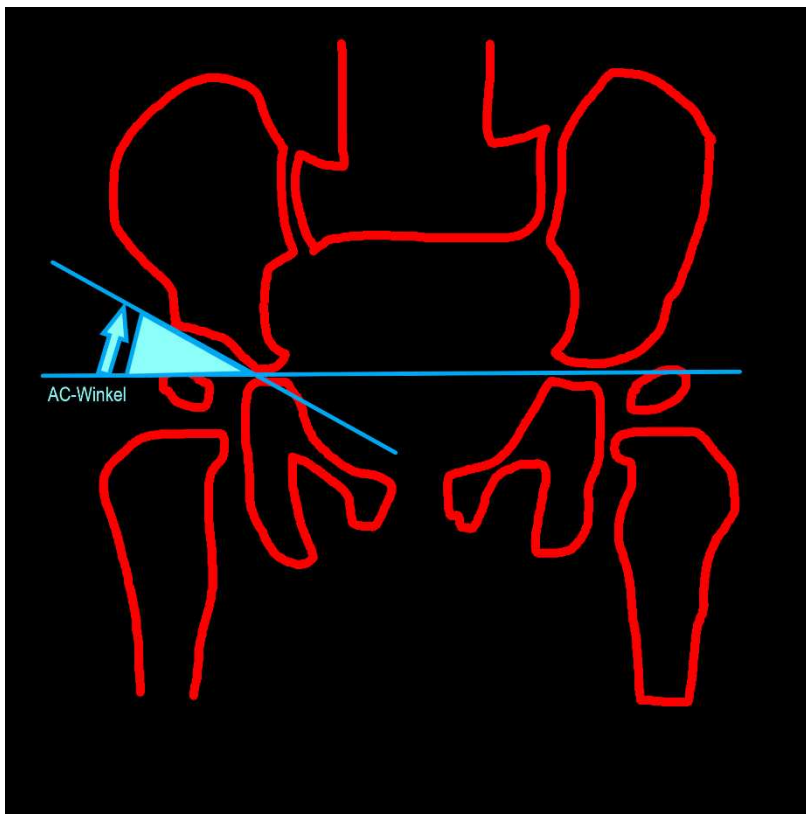


Abbildung 4: Grafische Darstellung AC-Winkel, eigene Darstellung

1.11. Fragestellung/ Ziel

Ziel ist zum einen die Evaluation von in unserer Klinik etablierten Therapiealgorithmen der Therapie von sonographisch instabilen Hüften und Überprüfung der Ergebnisse, die wir damit erzielt haben. Die Erfolgsquote ist dabei eine zentrale Frage der Studie. Des Weiteren wird untersucht, ob z.B.

nach Anlage eines Fettweiskgips regelhaft eine MRT zur Stellungskontrolle des Hüftkopfes zu empfehlen ist. Optimierungspotentiale sollen aufgedeckt werden. Nach Abschluss der Therapie mit dem Fettweiskgips werden unsere Patienten weiter klinisch und radiologisch kontrolliert, um sekundäre Verschlechterungen aufzudecken. Hier wurde untersucht, wie sich die Hüften nach der Therapie im Fettweiskgips in den radiologischen Kontrollen entwickelt haben und ob erneut Dysplasien (Rezidiv) aufgetreten sind. Gibt es vielleicht ein Kollektiv, welches man standardisiert kontrollieren sollte und ein anders, bei dem man auf Kontrollen verzichten kann? Lässt sich voraussagen, welche Hüften sich wahrscheinlich schlecht oder grundsätzlich gut weiterentwickeln? Lassen sich hieraus neue Konsequenzen für künftige Therapiealgorithmen ziehen?

Das Ethikvotum hat die Nummer: 4949.

2. Patienten und Methoden

2.1. Patientenkollektiv

Für den ersten Teil der Studie wurden 104 Patienten mit 132 sonographisch instabilen Hüften (Hüfttyp D, Hüfttyp III, Hüfttyp IV) untersucht, die ausschließlich mit dem Fettweisgips behandelt wurden. Der Behandlungszeitraum war November 2001 bis April 2015. Ausgeschlossen waren Kinder mit sekundären Dysplasien, zum Beispiel Patienten mit infantiler Zerebralparese oder anderen neurologischen, entsprechend neuromuskulären Erkrankungen. Demografische Daten (Alter, Geschlecht), Seite, Hüfttyp wurden ermittelt.

Aus diesem Kollektiv wurden für den zweiten Teil der Studie die Patienten eingeschlossen, die

1. in eine Typ I Hüfte überführt werden konnten und für die
2. zwei Beckenübersichtsaufnahmen im Alter von 12-24 und 24-48 Monaten verfügbar waren.

2.2. Behandlungsprotokoll

Eine graphische Darstellung des Behandlungsprotokolls findet sich unten in der Abbildung 8: Diagnostik und Therapie Pfeilschema.

- **Diagnose und Ultraschall**

Die Patienten werden durch die Kinderklinik oder einen ambulanten Zuweiser in unserer Klinik vorgestellt. Wir nehmen eine Ultraschalluntersuchung nach Graf vor und beurteilen die Hüft dysplasie oder ob sogar eine Luxation vorliegt. Die Eltern werden ausführlich über die Diagnosen und die Therapiemöglichkeiten aufgeklärt und müssen in diese ggf. einwilligen.

Je nach Befund werden die Kinder lediglich kontrolliert oder einer Therapie nach Hüfttyp zugeführt. Bei leichten Befunden können die Kinder mit einer

Tübinger Schiene sehr erfolgreich ambulant therapiert werden. Diese Patienten haben wir aus dieser Studie ausgeschlossen.

- **Overheadextension**

Je nach Befund müssen die Patienten jedoch mit einer *Overheadextension* für zwei bis drei Wochen vorbehandelt werden, um die Weichteile zu dehnen, um eine Reposition zu ermöglichen. (Siehe Abbildung 5) Indikationen wären z.B. eine hohe Hüftluxation oder eingeschränkter Bewegungsumfang als Zeichen für Hüften, die sich nicht direkt reponieren lassen. (Burian *et al.*, 2010)



Abbildung 5: Anlage einer Overheadextension mit Polsterung, eigene Aufnahme

Wir beginnen mit etwa einem Siebtel des Körpergewichts, initial in 0° Hüftflexion, dann verändern wir den Zug Stück für Stück über 3 Wochen auf eine 90°–100° Hüftflexion und 40°–50° Hüftabduktion, die sogenannte Sitz-Hock-Position. Der Erfolg wird mit regelmäßigen Ultraschalluntersuchungen kontrolliert.

- **Reposition und Arthrographie**

Die geschlossene Reposition wird unter Anästhesie durchgeführt, nach steriler Hautdesinfektion wird das betroffene Gelenk punktiert und Kontrastmittel appliziert und der Erfolg der Reposition mittels Bildverstärker radiologisch kontrolliert.

- **Retention im Fettweisgips**

Die etablierte Position ist in 90°–100° Flexion und 40°–50° Abduktion der Beine, in dieser wird ein Fettweisgips angelegt. Der hier verwendete Fettweisgips wurde 1968 entwickelt. (Fettweis, 1968) siehe Abbildung 6.



Abbildung 6: Fettweisgips frontal und lateral, eigene Aufnahme

- **MRT-Kontrolle**

Danach führen wir noch in Anästhesie eine MRT-Untersuchung durch, um die korrekte Lage der Hüftköpfe in der Pfanne zu beweisen. (Starr and Ha, 2014; Rosenbaum *et al.*, 2016) Wenn sich hier keine regelgerechte Stellung zeigt, muss das Prozedere wiederholt werden. Lässt sich keine Reposition erreichen, muss auf eine operative Therapie gewechselt werden und eine chirurgische Reposition erfolgen. Auch diese Patienten haben wir aus der Studie ausgeschlossen.

Die MRTs der Hüften wurden mit einem 1,5-T-MRT-Gerät durchgeführt (Magnetom Avanto; Siemens Healthcare, Erlangen, Deutschland), unter Verwendung einer achtkanaligen Sende-Empfangsspule für die Array-Spule (In Vivo, Gainesville, Florida, USA) durchgeführt. Das Bildgebungsprotokoll umfasste eine transversale, koronale und sagittale T2-Sequenz und eine koronale T1-Sequenz.

- **Stationäre Therapie**

Die Patienten werden nach dem Eingriff auf Station überwacht. Insbesondere die periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität wird, soweit bei Säuglingen beurteilbar, geprüft und die Eltern in die Pflege und die Handhabung des

Gipses eingewiesen. Danach werden die Patienten aus der stationären Versorgung entlassen.

- **Gipswechsel**

Gipswechsel erfolgen in der Regel nach vier bis sechs und nach acht bis zwölf Wochen.

- **Nachbehandlung mit einer Orthese**

Anschließend folgt eine abschließende Sonographie und Weitertherapie in der Tübinger Schiene. Diese Kunststoffschiene ist flexibel anpassbar und kann mit dem Kind mitwachsen. Die Position ist die gleiche wie im Gips in 90°–100° Flexion und 40°–50° Abduktion der Beine (siehe Abbildung 7).



Abbildung 7: Kind mit angelegter Tübinger Schiene, eigene Aufnahme

- **Ultraschallabschlusskontrolle**

Ziel sind stabile Hüften mit einem Alphawinkel $> 65^\circ$. Die Kinder sind während der Therapie bereits gealtert und die jetzt zu erreichenden Hüftwinkel sind damit nicht mehr 60° , sondern eher 65° , um sicher im gesunden, stabilen Bereich zu landen. Ziel ist demnach Hüft-Typ 1 nach Graf. (Graf, 1980)

- **Radiologische Verlaufskontrolle**

Wir empfehlen unseren Patienten eine radiologische Kontrolle nach jeweils einem Jahr bis zum Erreichen des Laufalters. Bei den Patienten, bei denen die

entsprechenden Daten vorlagen, wurde diese Kontrolle in die Studie miteinbezogen.

Es erfolgte die Auswertung der vorhandenen Beckenübersichtsaufnahmen, die in unserer Klinik im Alter von 12-24 und 24-48 Monaten durchgeführt werden, durch Messung der AC-Winkel nach Tönnis. Unterteilt wurden die Hüften in „Normalbefund“, „leicht dysplastisch“ und „schwer dysplastisch“.

Eingeschlossen waren Hüften, die nach Fettweisgipstherapie und anschließender Schienenbehandlung erfolgreich in eine stabile Typ I Hüfte überführt werden konnten.

Unterteilt wurden die Patienten nach Hüfttyp im initialen Ultraschall, Alter während der Röntgenaufnahme, AC-Winkel nach Tönnis, auch auf radiologische Zeichen einer Hüftkopfnekrose wurde gescreent.

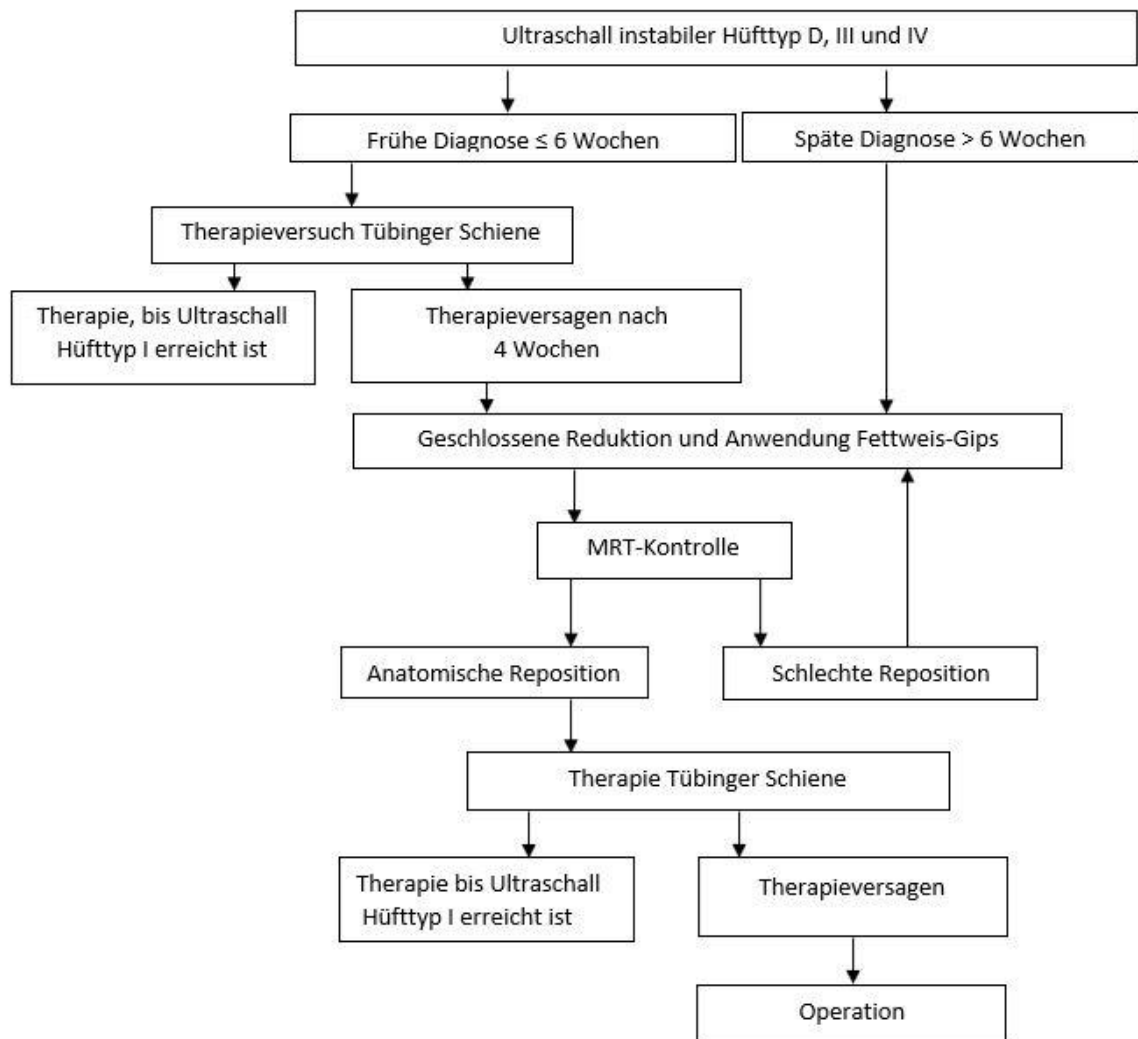


Abbildung 8: Diagnostik und Therapie Pfeilschema, eigene Darstellung nach (Kubo *et al.*, 2019)

2.3. Daten

Die Daten wurden aus dem Krankenhausinformationssystem und den Akten manuell extrahiert und in Tabellen überführt. Die AC-Winkel zu den vorliegenden Röntgenbildern wurden manuell nachgemessen.

Wir bewerteten und korrelierten die folgenden Parameter:

- Hüfttyp
- Geschlecht
- Alter bei Diagnosestellung

- ob eine Extensionsbehandlung durchgeführt wurde
- Dauer der *Overhead-Extension*
- Alter beim Beginn der Fettweiskips-Behandlung
- Dauer der Behandlung mit dem Fettweiskips
- MRT-Diagnose, ob eine stabile Retentionsposition des Hüftgelenks im Gips erzielt wurde.
- Dauer der Therapie mit der Tübinger Schiene
- Therapieabschluss.

Behandlungsmisserfolge wurden definiert als Hüften, die nicht in ein stabiles Hüftgelenk überführt werden konnten und dementsprechend eines operativen Eingriffs bedurften.

2.4. Statistische Auswertung

Die Ergebnisse sind als Mittelwert mit Standardabweichung dargestellt. Statistische Signifikanz wurde anhand des ungepaarten Student's t-Tests unter Verwendung von SPSS Statistik, Version 23 (IBM, Armonk, New York, USA) analysiert. In Fällen, in denen die Daten nicht normal verteilt waren und/oder die Varianzen nicht homogen waren, wurde die Signifikanz durch den Mann-Whitney-Rangsummentest (SPSS 23) ermittelt. P-Werte von weniger als 0,05 wurde als signifikant angesehen.

2.5. Beidseitige Fälle

Hinweis zur statistischen Unabhängigkeit bei Studien mit bilateralen Fällen: Die Datenabhängigkeit innerhalb eines Probanden konnte nicht sicher ausgeschlossen werden.

3. Ergebnisse

Untersucht wurden zunächst 104 Kinder, davon waren 28 Kinder beidseitig betroffen mit insgesamt 132 instabilen Hüften des Typs D, III oder IV nach Graf. Dabei waren 19 (14,4 %) Hüften Typ D, 55 (41,7 %) Hüften Typ III, und 58 (43,9 %) Hüften Typ IV. Das Diagnosealter lag bei 84,5 Tagen nach Geburt (SD: $\pm 55,4$, Minimum: 9; Maximum: 298 Tage). Diese wurden mit geschlossener Reposition und Fettweisgips behandelt und anschließend eine MRT durchgeführt. Die Behandlungsdauer betrug 63,2 Tage (SD: $\pm 22,2$). In 13 Fällen zeigte das MRT eine schlechte Reduktion. Nach einer erneuten Reposition und Gipsanlage zeigten alle 13 eine konzentrische Reduktion. Die Verifikation der korrekten Reposition ist sinnvoll. Die MRT in Narkose ist eine zuverlässige Methode, um Fehlrepositionen zu erkennen. Wir konnten Patienten vor einer unnötigen oder gar schädigenden Gipstherapie bewahren und so vermutlich eine erfolgreichere konservative Therapie für die Patienten erreichen.

Anschließend wurde die weitere Entwicklung von 93 instabilen Hüften untersucht, die erfolgreich im Fettweisgips behandelt wurden und für die zwei Beckenübersichtsaufnahmen im Alter von 12 bis 24 Monaten und 24 bis 48 Monaten verfügbar waren. Untersucht wurde dabei der Hüfttyp bei Diagnosestellung nach Graf, das durchschnittliche Alter beim ersten und zweiten Röntgen, die Tönnis-Klassifikation, welche unterteilt nach Normalbefund (< 1 SD), „schwach dysplastisch“ (1 SD bis 2 SD) und stark dysplastischen Hüften (> 2 SD). In unserem Kollektiv fanden sich 14 Hüften mit Typ D, 41 Hüften mit Typ III und 38 Hüften mit Typ IV. Das mittlere Alter bei der ersten Röntgenuntersuchung beträgt 13,9 Monate, beim zweiten Röntgen 28,5 Monate. Die erste Beckenübersichtsaufnahme zeigte: (< 1 SD): 36, (1 SD bis 2 SD): 34, (> 2 SD): 23 Hüften, die zweite BÜS: (< 1 SD): 33, (1 SD bis 2 SD): 19, (> 2 SD): 30 Hüften. Das Kollektiv der Hüften, die eine Verschlechterung zeigten, wurde unterteilt. Zum einen in eine Gruppe mit Behandlungsbeginn kleiner als acht Wochen 2/16 Hüften (12,5 %) und eine Gruppe mit Beginn später als acht Wochen 22/77 (26,0 %). Im Verlauf zwischen erster und zweiter

Röntgenaufnahme verschlechterten sich 35,7 % der Hüften mit Type D, 19,5 % der Hüften des Typen III und 23,7 % der Hüften des Typs IV. Die

Teile dieser Arbeit und die Ergebnisse zu den Röntgenkontrollen wurden bereits veröffentlicht unter: (Kubo *et al.*, 2019)

3.1. Overheadextensionsbehandlung

110 (83,3 %) der Hüften mussten vor Therapiebeginn mit einer Extensionsbehandlung vorkonditioniert werden. Verteilung nach Typen:

- Hüfte Typ D: 73,7 %
- Hüfte Typ III: 83,6 %
- Hüfte Typ IV: 86,2 %.

Die Extensionsbehandlung dauerte durchschnittlich 22,7 Tage (SD: $\pm 8,8$, Hüfte Typ D: 22,0, Hüfte Typ III: 21,3 und Hüfte Typ IV: 22,7). Bei der Analyse der Extensionsdauer fand sich kein signifikanter Unterschied zwischen den unterschiedlichen Hüfttypen.

3.2. Fettweisgipstherapie

Im Mittel wurde der Gips nach 103,7 Tagen angelegt (SD: $\pm 59,7$, Hüfttyp D: 99,7, Hüfttyp III: 107,7 und Hüfttyp IV: 101,1). Dabei betrug die mittlere Dauer der Gipsbehandlung insgesamt 63,2 Tage (SD: $\pm 22,2$, Hüfttyp D: 58,5, Hüfttyp III: 59,1, Hüfttyp IV: 68,7). Bei der Analyse der Tragedauer des Fettweisgips fand sich kein signifikanter Unterschied zwischen den unterschiedlichen Hüfttypen. Hüftgelenksinfekte (Koxitis) sind durch die Therapie mit Arthrographie nicht aufgetreten.

3.3. MRT/Magnetresonanztomographie

Bei 13 (9,8 %) Fällen offenbarte die MRT-Diagnostik eine schlechte Reposition des Hüftkopfes in der Pfanne, die Prozedur der geschlossenen Reposition und Gipsanlage musste folglich wiederholt werden.

- Hüfttyp D: 1/19 (5,3 %)

- Hüfttyp III: 4/55 (7,3 %)
- Hüfttyp IV: 8/58 (13,8 %).

Danach wurde eine erneute MRT-Diagnostik gefahren. Hierbei zeigten schließlich alle Hüften eine korrekte Reposition, andernfalls hätten diese Kinder einer offenen Reposition zugeführt werden müssen. Siehe Abbildung 9 unten. (Kubo *et al.*, 2019)

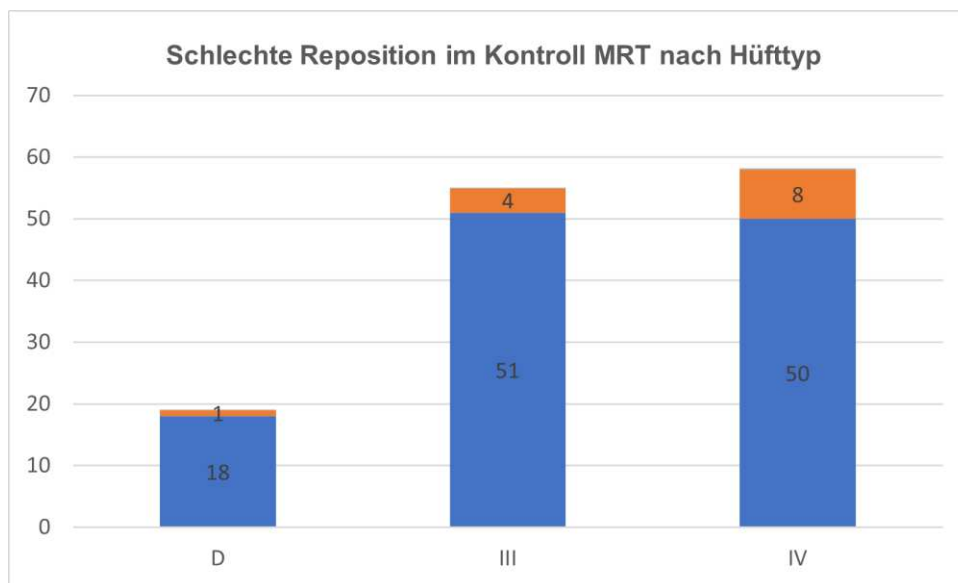


Abbildung 9. Schlechte Reposition im ersten MRT (n=132), nach (Kubo *et al.*, 2019)

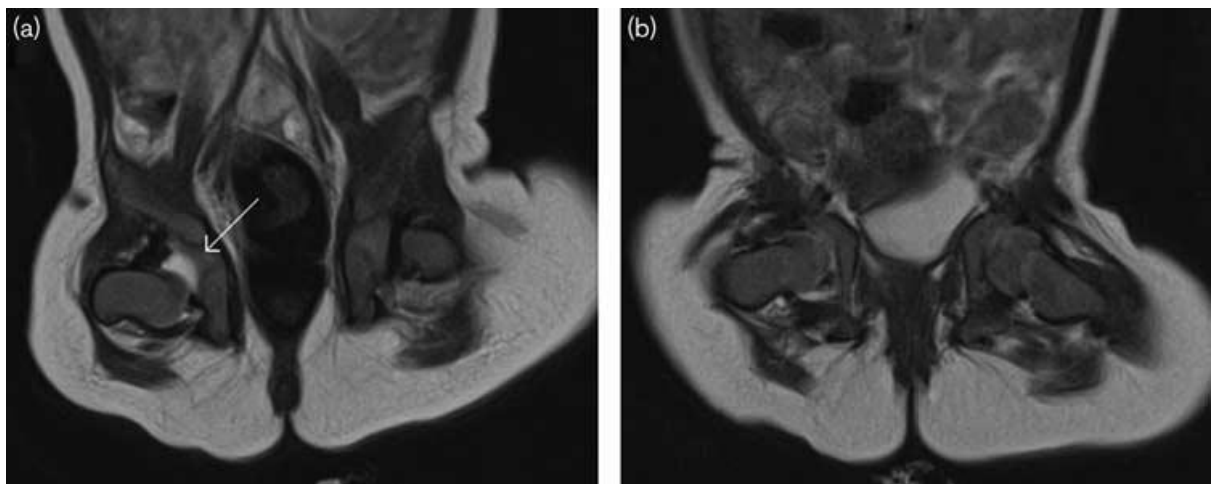


Abbildung 10: MRT, Becken im Fettweisgips, (Kubo *et al.*, 2019) (mit freundlicher Genehmigung von Wolter Kluwer Health, „Journal of Pediatric Orthopaedics B“ aus „MRI reveals unrecognized treatment failures after application of Fettweis plaster in children with unstable hip joints“)

Der Pfeil (a) in Abbildung 2 zeigt ein schlechtes Repositionsergebnis, der Hüftkopf steht nicht korrekt in der Pfanne. Nach der Wiederholung der Reposition und Gipsneuanlage konnte eine regelrechte Repositionsstellung im Gips erreicht werden (b). (Kubo *et al.*, 2019)

3.4. Tübinger Schiene, Nachbehandlung, Behandlungsabschluss

Die durchschnittliche Tragedauer der Tübinger Schiene zur Nachbehandlung betrug 106,0 Tage (SD: $\pm 66,3$, Hüfttyp D: 116,7; v III: 103,6; Hüfttyp IV: 105,0). Der Behandlungsabschluss wurde mit einem Alter von durchschnittlich 264,9 Tagen dokumentiert (SD: $\pm 76,6$, Hüfttyp D: 273,9; Hüfttyp III: 264,9; Hüfttyp IV: 261,0).

3.5. Patienten mit schlechtem Therapieergebnis

Bei 10 (7,6 %) Fällen (Hüfttyp D: 1/19 (5,3 %), Hüfttyp III: 2/55 (3,6 %), Hüfttyp IV: 7/58 (12,1 %)) gelang es nicht, durch die konservative Therapie mit dem Fettweissgips die Hüfte in eine stabile Hüfte nach Graf im Ultraschall zu überführen, so dass eine operative Therapie in Form einer offenen Reposition erforderlich wurde. Siehe Abbildung 11. (Kubo *et al.*, 2019)

Von diesen zehn „Therapieversagern“ zeigten drei (30 %) bereits ein schlechtes Repositionsergebnis im ersten MRT. Dies ist offenbar ein Zeichen der besonderen Instabilität der Hüfte. (Hüfttyp III: 1; Hüfttyp IV: 2).

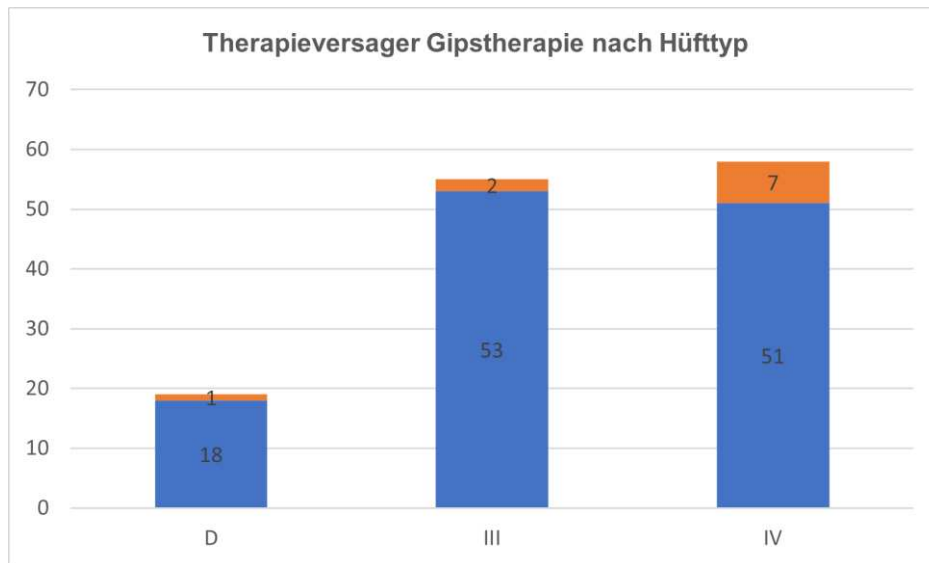


Abbildung 11: Therapieversager nach Gipstherapie (n=132), nach (Kubo *et al.*, 2019)

- **Radiologische Verlaufskontrolle über 2 Jahre**

93 instabile Hüften von 75 Kindern konnten wir auf Grund vorhandener Röntgenverlaufskontrollen in die Nachkontrolluntersuchung einschließen. Unterteilt nach initialer Ultraschalldiagnose fanden sich 14 Hüften mit Typ D, 41 Hüften mit Typ III und 38 Hüften mit Typ IV. 63 der 75 Patienten war weiblichen Geschlechts (84 %). Teile dieser Arbeit und die Ergebnisse zu den Röntgenkontrollen wurden bereits veröffentlicht unter: (H. Kubo *et al.*, 2018)

- **Analyse aller Hüften**

Das mittlere Alter während des ersten Routineröntgens war 13,9 Monate (SD 2,7, 9 bis 22 Monate, n=93) und bei der zweiten Röntgenaufnahme waren die Patienten durchschnittlich 28,5 Monate alt (SD 6,1, 21 bis 48 Monate, n=93).

22 von 36 Hüften (61 %) zeigten im Verlauf keine Verschlechterung ihrer Normalbefunde. 9 der 36 Hüften (25 %) verschlechterten sich in leicht dysplastische Hüften und 5 der 36 Hüften verschlechterten sich sogar zu einer stark dysplastischen Hüfte (13,9 %).

Von den 34 mäßig dysplastischen Hüften verbesserten sich 9 Hüften zu Normalbefunden (26,5 %). 17 der 34 Hüften veränderten sich nicht relevant

(50 %) und 8 der 34 Hüften verschlechterte sich zu schwer dysplastischen Hüften (23,5 %).

Von den 23 schwer dysplastischen Hüften veränderten 17 ihren Befund nicht relevant und blieben schwer dysplastisch (73,9 %), 4 der 23 verbesserten sich mäßig zu schwach dysplastischen Hüften (17,4 %) und 2 der 23 verbesserten sich sogar zu Hüften mit Normalbefund (8,7 %).

Insgesamt haben sich damit 22 der 93 Hüften verschlechtert (23,7 %) und nur 15 der 93 haben sich gebessert. (Siehe Abbildung 13) (Siehe Tabelle 2)

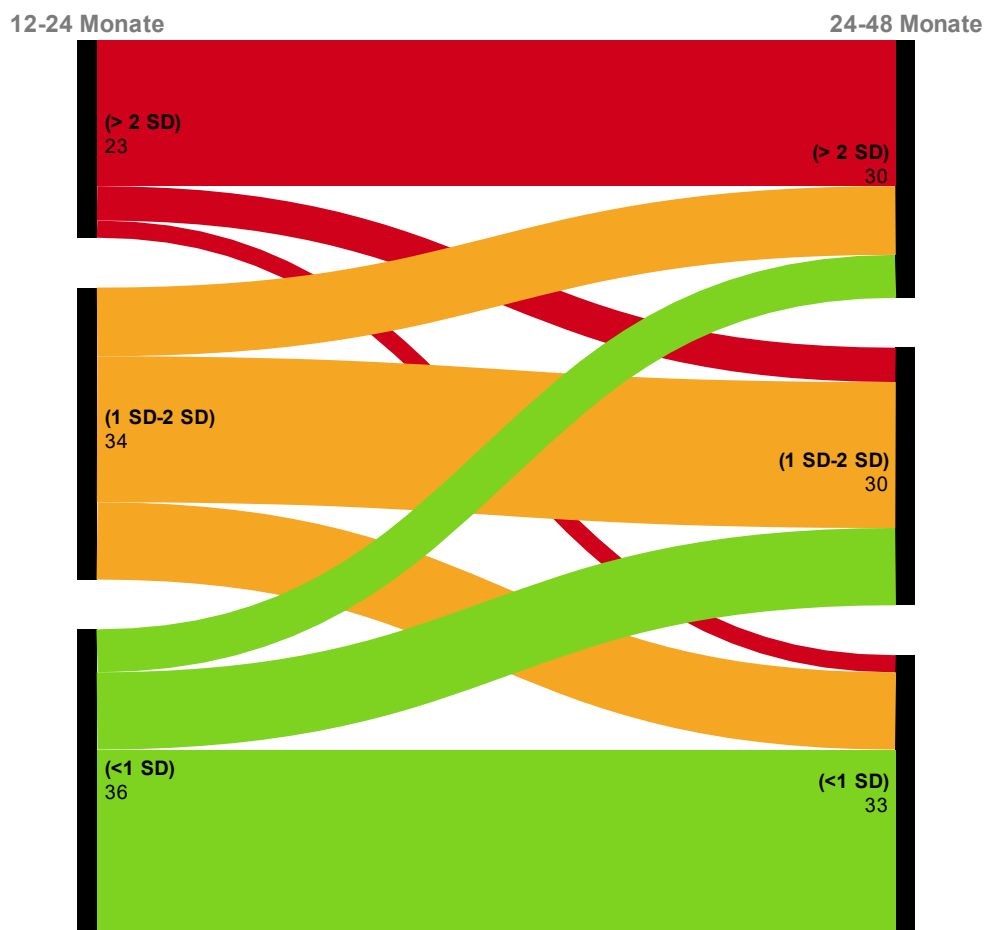


Abbildung 12: Alluvial-Diagramm der Tönnis Klassifikationen aller Hüften zwischen dem ersten Röntgen und dem zweiten Röntgen (n=93), eigene Darstellung

- **Therapiebeginn $\leq$ 8 Wochen**

Laut SPSS 23 liegt der Punkt, ab dem eher mit einer Verbesserung der Hüften zu rechnen ist, bei acht Wochen. In 16 Fällen (Hüfttyp D: 1, III: 7, IV: 8) begann die Behandlung mit Fettweisgips im Alter von acht oder weniger Wochen. (Siehe Tabelle 2) Das mittlere Alter betrug 39,7 Tage (SD 9,1, 23 bis 54).

Das erstes Röntgen fand im mittleren Alter von 14,0 Monaten statt (SD 2,3, 12 bis 22 Monate), das zweite Röntgen fand im mittleren Alter von 29,1 Monaten statt (SD 6,8, 24 bis 48 Monate). Schon initial fanden sich mit 33,3 % von Beginn an mehr Normalbefunde in diesem Kollektiv. 6 von 6 Hüften blieben normal, zusätzlich normalisierten sich eine der sechs schwach dysplastische Hüften (16,7 %) und eine von vier schwer dysplastischen Hüften (25,0 %) zu einem Normalbefund.

16,7 % der Hüften zeigten eine schwach dysplastische Hüfte, davon veränderten sich 3 von 6 nicht (50,0 %), 1 von 6 Hüften (16,7 %) entwickelte sich zu einer normwertigen Hüfte und 2 von 6 Hüften (33,3 %) verschlechterten sich in eine schwere Dysplasie (Initiale Hüfttypen III und IV).

Eine von vier Hüften (25,0 %) mit schwerer Dysplasie blieb unverändert, 2 von 4 (50,0 %) verbesserten sich zu leicht dysplastischen Hüften und immerhin 1 der vier (25,0 %) konnte in einen Normalbefund überführt werden. (Siehe Abbildung 13) (Siehe Tabelle 2)

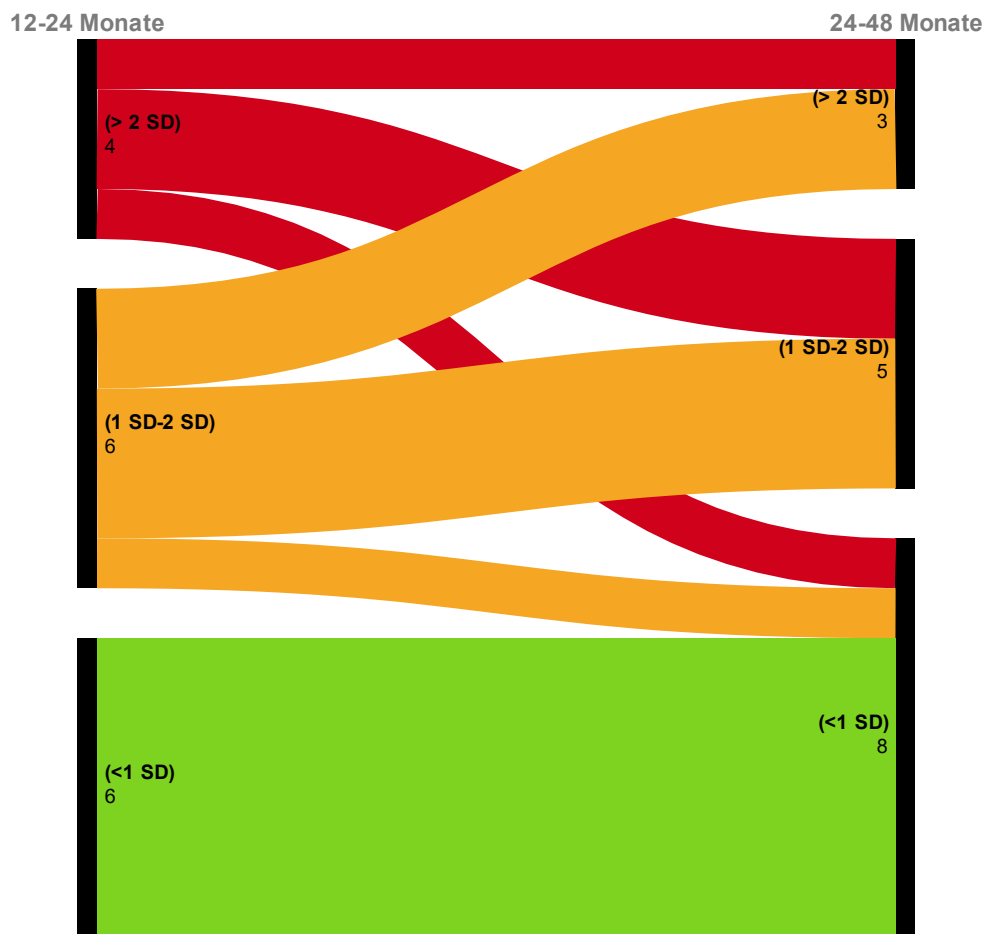


Abbildung 13: Alluvial-Diagramm der Tönnis Klassifikationen bei Patienten mit Therapiebeginn ≤ 8 Wochen, zwischen dem ersten Röntgen und dem zweiten Röntgen (n=16), eigene Darstellung

- **Therapiebeginn > 8 Wochen**

Es gab 77 instabile Hüften (Hüfttyp D: 13, III: 34, IV: 30), die nach der achten Lebenswoche mit Fettweisgips behandelt wurden. Das Durchschnittsalter betrug im Mittel 115,7 Tage (SD 58,4, 57 bis 331 Tage). Die erste Röntgenkontrolle wurde im Durchschnittsalter von 13,8 Monaten (SD 2,8, 9 bis 20 Monate) durchgeführt und die zweite Kontrolle im Durchschnittsalter von 28,3 Monaten (SD 5,9, 21 bis 48 Monate).

Bei Vergleich der beiden Zeitpunkte wurde eine Abnahme normaler Befunde um 16,7 % festgestellt. Hier zeigten 16 von 30 Hüften (53,3 %) mit normalen Befunden in der ersten Kontrolle ebenfalls normale Befunde, 9 von 30 (30,0 %)

verschlechterten sich zu leichten Dysplasien und 5 von 30 (16,7 %) entwickelten sich zu schweren Dysplasien.

Die Anzahl leicht dysplastischer Hüften nahm um 10,7 % ab. Insgesamt verbesserten sich 8 von 28 Hüften (28,6 %) zu normalen Befunden, 14 von 28 (50,0 %) zeigten konstant leichte Dysplasien und 6 von 28 (21,4 %) verschlechterten sich zu schweren dysplastischen Hüften. Eine insgesamt Zunahme von 42,1 % an schwer dysplastischen Hüften wurde festgestellt. Hier waren 16 von 19 Hüften (84,2 %) konstant schwer dysplastisch, 2 von 19 (10,5 %) verbesserten sich zu leichten Dysplasien und 1 von 19 (5,3 %) zu normalen Befunden. Insgesamt verbesserten sich 11 von 77 Hüften (14,3 %), während 20 von 77 Hüften (26,0 %) sich verschlechterten (Siehe Abbildung 14) (Siehe Tabelle 2).

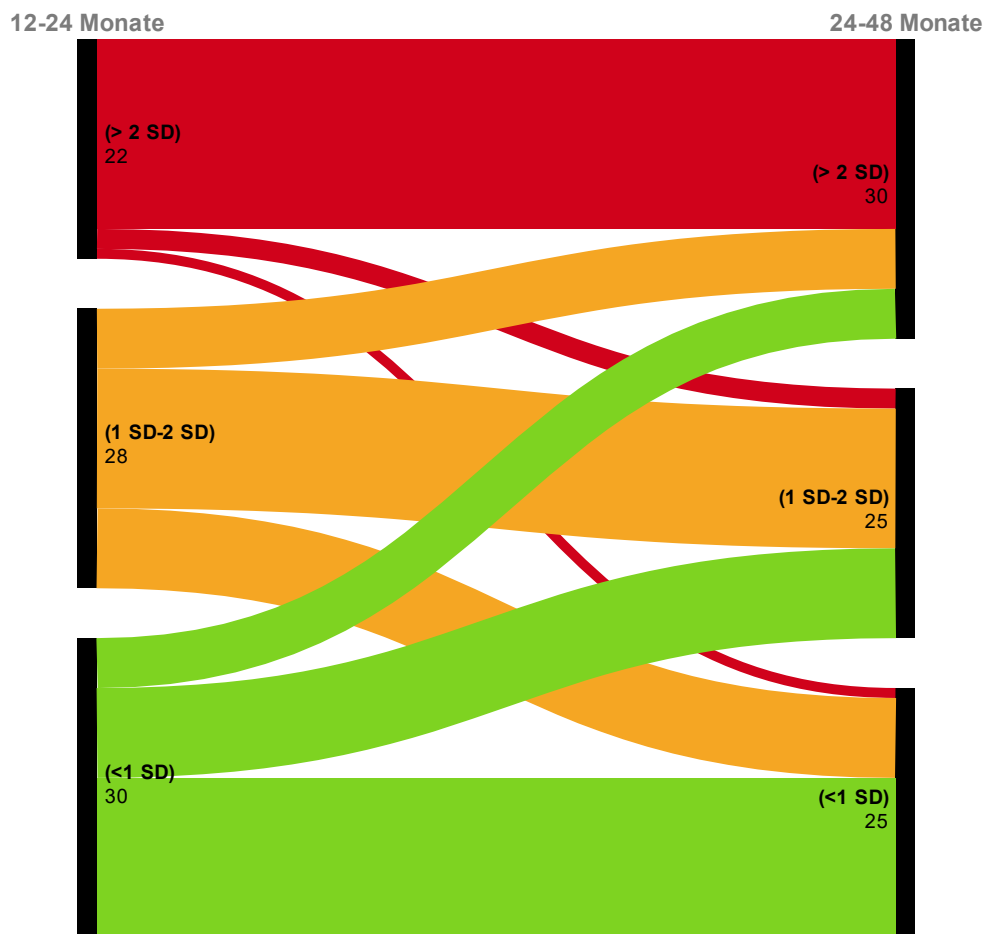


Abbildung 14: Alluvial-Diagramm der Tönnis Klassifikationen bei Patienten mit Therapiebeginn > 8 Wochen, zwischen dem ersten Röntgen und dem zweiten Röntgen (n=77), eigene Darstellung

	Unverändert	Verbesserung	Verschlechterung
Hüften (n=93) (%)	56 (60,0)	15 (16,1)	22 (23,7)
Behandlungsstart ≤ 8 Wochen (n=16) (%)	10 (62,5)	4 (25,0)	2 (12,5)
Behandlungsstart > 8 Wochen (n=77) (%)	46 (59,7)	11 (14,3)	20 (26,0)

Tabelle 2: Vergleich zwischen dem ersten und dem zweiten Röntgenbild in Abhängigkeit zum Beginn der Behandlung, eigene Darstellung

3.6. Röntgen in Abhängigkeit vom ursprünglichen Hüfttyp im Ultraschall

Die vorliegenden Daten zeigen, dass die Entwicklung aller Hüften in den radiologischen Verlaufskontrollen unabhängig vom initialen Ultraschall-Hüfttyp bei der Diagnosestellung ist und trotz eines erfolgreichen Transfers in einen Ultraschall-Hüfttyp I.

- **Initialer Hüfttyp D (n = 14)**

5 von 7 Hüften (71,4%) zeigen konstant normale Befunde, aber 2 von 7 verschlechterten sich zu einer leichten Dysplasie (28,6%). Es verbesserten sich 2 von 7 leicht dysplastischen Hüften zu normalen Befunden (28,6%), 2 von 7 blieben konstant leicht dysplastisch (28,6%) jedoch verschlechterten sich 3 von 7 von leicht dysplastisch zu einer schwereren Dysplasie (42,9%).

(Siehe Alluvial-Diagramm)

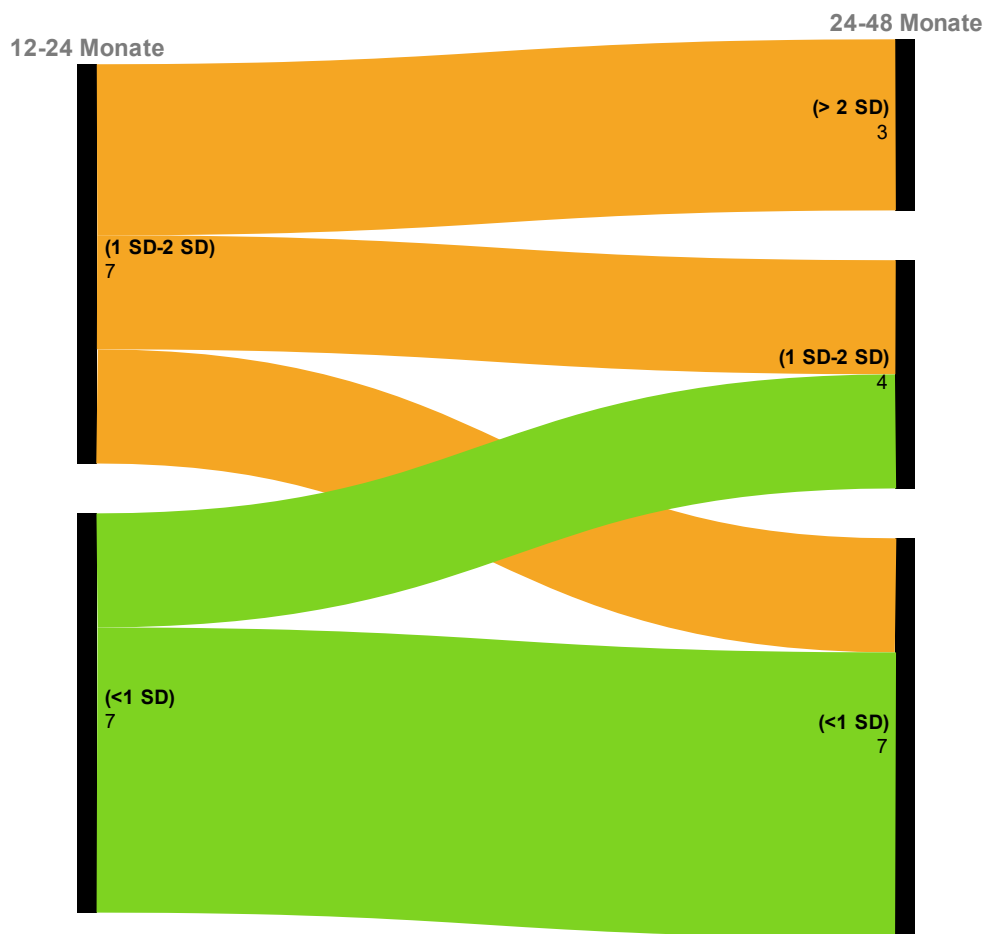


Abbildung 15: Alluvial-Diagramm der Tönnis Klassifikationen bei Patienten mit initialem Hüfttyp D, zwischen dem ersten Röntgen und dem zweiten Röntgen (n=14), eigene Darstellung

- **Initialer Hüfttyp III (n = 41)**

8 von 13 Hüften (61,5%) zeigen konstant normale Befunde, aber 4 von 13 verschlechterten sich zu einer leichten Dysplasie (23,1%), 1 von 13 Hüften entwickelte sich gar zu einer schweren Dysplasie (7,7%). 5 von 18 der leicht dysplastischen Hüften verbesserten sich zu normalen Befunden (27,8%), 10 von 18 waren konstant leicht dysplastisch (55,6%) und 3 von 18 verschlechterten sich zu schwer dysplastischen Hüften (16,7%). Es verbesserte sich 1 von 10 initial schwer dysplastischen Hüften zu einem normalen Befund (10,0%), 2 von 10 zu einer leichten Dysplasie (20,0%) und 7 von 10 zeigten sich konstant schwere dysplastisch (70,0%) (Siehe Alluvial-Diagramm)

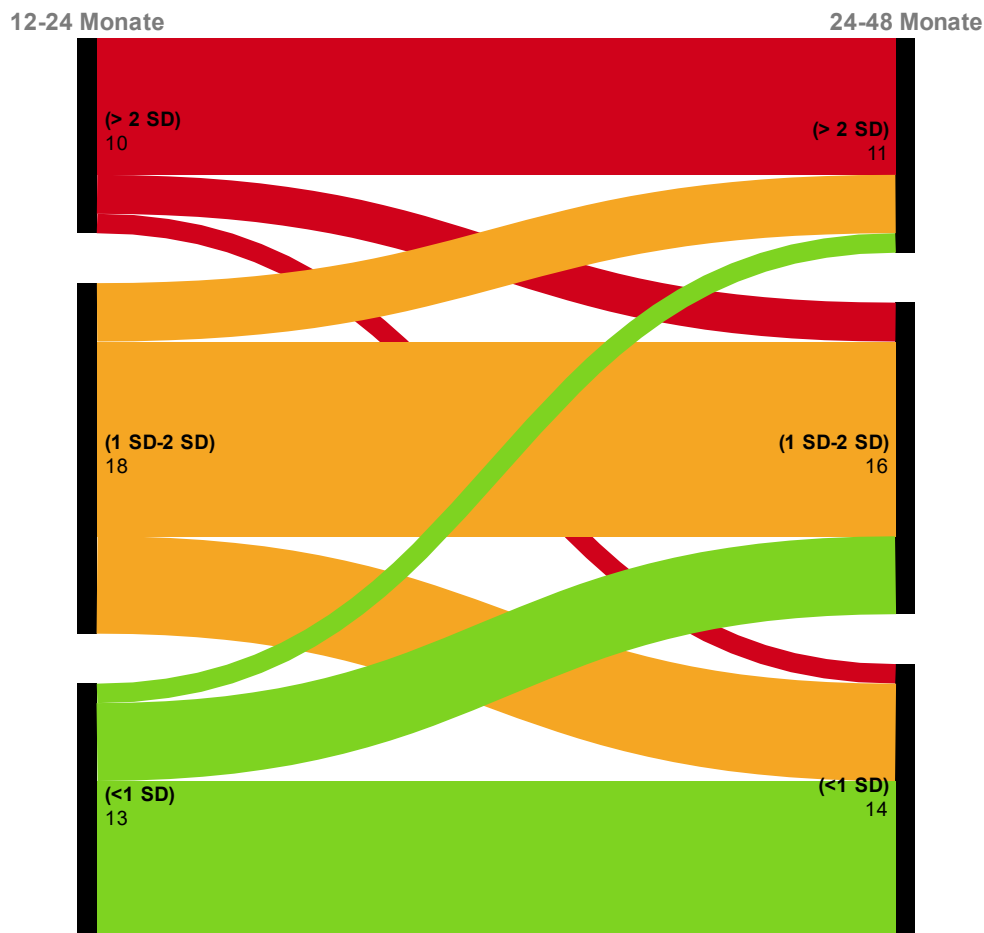


Abbildung 16: Alluvial-Diagramm der Tönnis Klassifikationen bei Patienten mit initialem Hüfttyp III, zwischen dem ersten Röntgen und dem zweiten Röntgen (n=41), eigene Darstellung

- **Initialer Hüfttyp IV (n = 38)**

9 von 16 Hüften zeigten konstant normale Befunde (56,3%), 3 von 16 verschlechterten sich zu leicht dysplastischen Hüften (18,8%) und 4 von 16 zu einer schweren Dysplasie (25,0%). Es verbesserten sich 2 von 9 leicht dysplastische Befunden zu normalen Befunden (22,2%), 5 von 9 blieben konstant leicht dysplastisch (55,6%) und 2 von 9 verschlechterten sich zu einer schweren Dysplasie (22,2%). Bei 1 von 13 schwer dysplastischen Hüfte zeigte sich schließlich ein normaler Befund (7,7%) und 2 von 13 verbesserten sich zu

einer leichten Dysplasie (15,4%). 10 von 13 Hüften blieben schwer dysplastisch (76,9%). (Siehe Alluvial-Diagramm)

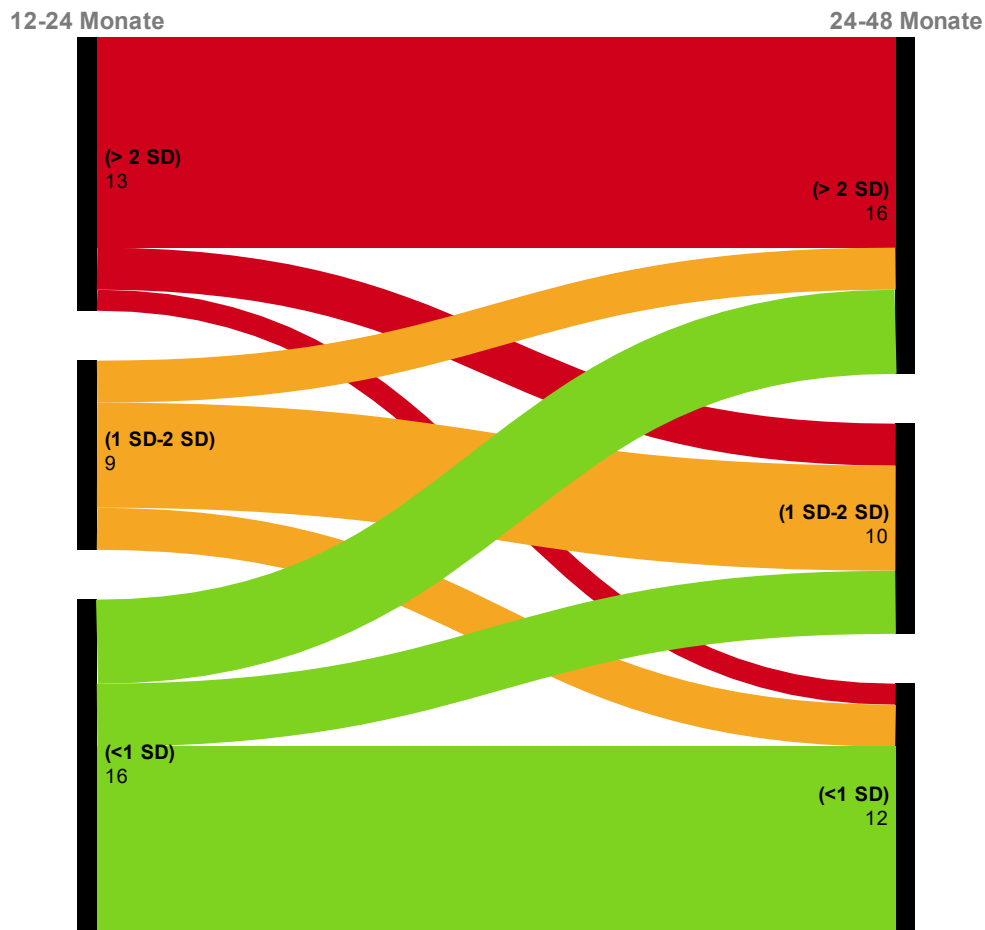


Abbildung 17: Alluvial-Diagramm der Tönnis Klassifikationen bei Patienten mit initialem Hüfttyp IV, zwischen dem ersten Röntgen und dem zweiten Röntgen (n=38), eigene Darstellung

3.7. Hüftkopfnekrosen

Eine Hüftkopfnekrose fand sich bei nur 5,4% der Hüften in den Röntgenkontrollen. So eine niedrige Rate zeigen auch andere Studien, die mit dem Fettweisgips behandelt haben. Im Gegensatz dazu zeigen andere Behandlungsmethoden wie z.B. die Pavlikbandage eine leicht höhere Hüftkopfnekrose-Rate. Genaue Vergleiche sind mangels identischer Algorithmen z.B. auf Grund einer fehlenden Leitlinie nur eingeschränkt möglich.

Die Studie konnte nicht zuletzt aus ethischen Gründen nicht randomisiert durchgeführt werden. Des Weiteren wird die Beurteilbarkeit durch die relativ geringe Anzahl der Gruppe mit Behandlungsbeginn im Alter von weniger als acht Wochen (n=16) eingeschränkt.

Es konnte gezeigt werden, dass nach erfolgreicher Behandlung instabiler Hüften mit Fettweisgips und Überführung in eine stabile Hüfte ein früher Behandlungsbeginn von unter acht Wochen im Vergleich zu einem Behandlungsbeginn später als acht Wochen günstigere Ergebnisse zeigen. Interessanterweise scheint die Entwicklung der Hüften unabhängig vom initialen Ultraschall-Hüfttyp zu sein. Regelmäßige Kontrollen aller Hüfttypen scheinen daher gerechtfertigt, um eine Dysplasie zu erkennen.

3.8. Wechsel zur operativen Therapie:

Bei acht Hüften (8,6 %) wurde eine operative Korrektur (Salter-Osteotomie) nach der zweiten Röntgenkontrolle durchgeführt (Hüfttyp III: 4, IV: 4) und in weiteren 13 Fällen (14,0 %) wurde ein chirurgischer Eingriff empfohlen (Hüfte Typ D: 1, III: 7, IV: 5).

	Erstes Röntgen (12 - 24 Monate)	Zweites Röntgen (24 – 48 Monate)
Normalbefund (%)	36 (38,7) (D: 50,0%, III: 31,7%, IV: 42,1%)	33 (35,5) (D: 50,0%, III: 34,2%, IV: 26,3%)
Leichte Dysplasie (%)	34 (36,6) (D: 50,0%, III: 43,9%, IV: 23,7%)	9 (32,2) (D: 28,6%, III: 39,0%, IV: 26,3%)
Schwere Dysplasie (%)	23 (24,7) (D: 0%, III: 24,4%, IV: 34,2%)	30 (32,3) (D: 21,4%, III: 26,8%, IV: 42,1%)
Röntgenergebnisse der Patienten mit Therapiebeginn bis einschließlich 8. Lebenswoche (n = 16)		
Normalbefund (%)	6 (37,5) (D: 100,0%, III: 42,9%, IV: 25,0%)	8 (50,0) (D: 100,0%, III: 57,1%, IV: 37,5%)
Leichte Dysplasie (%)	6 (37,5) (III: 57,1%, IV: 25,0%)	5 (31,3) (III: 28,6%, IV: 37,5%)
Schwere Dysplasie (%)	4 (25,0) (IV: 50,0%)	3 (18,6) (type III: 14,3%, IV: 25,0%)
Röntgenergebnisse der Patienten mit Therapiebeginn ab der 8. Lebenswoche (n = 77)		
Normalbefund (%)	30 (38,9) (D: 46,2%, III: 29,4%, IV: 46,7%)	25 (32,5) (D: 46,2%, III: 29,4%, IV: 30,0%)
Leichte Dysplasie (%)	28 (36,4) (D: 53,8%, III: 41,2%, IV: 23,3%)	25 (32,5) (D: 30,8%, III: 41,2%, IV: 23,3%)
Schwere Dysplasie (%)	19 (24,7) (III: 29,4%, IV: 30,0%)	27 (35,1) (D: 23,1%, III: 29,4%, IV: 46,7%)

Tabelle 3: Röntgenergebnisse aller Patienten (n=93), eigene Darstellung nach (Kubo et al., 2019)

4. Diskussion

Die geschlossene Reposition und Therapie mit dem Fettweisgips ist für instabile Hüften Neugeborener eine gängige konservative Therapieoption. Die Ergebnisse im Verhältnis zur Komplikationsrate ist gut, insbesondere im Vergleich zu alternativen Therapieoptionen wie z.B. der Pavlikbandage. (Weber and Morgenthaler, 1994) Eine *Overheadextension* wird oft erforderlich, um eine Reposition der Hüftgelenke zu ermöglichen. Wir behandeln die Kinder mit durchschnittlich 23 Tagen ähnlich lange, wie es andere Abteilungen berichten. (Sibiński, Grzegorzewski and Synder, 2006; Waśko *et al.*, 2017) Es gibt auch Berichte von Therapien ausschließlich mit der Extensionsbehandlung ohne Gipsanlage oder Schiene bei Hüft dysplasie. (Burian *et al.*, 2010)

Der Erfolg der Fettweisgips-Therapie hängt offensichtlich mit der guten Repositionsstellung und einem noch ausreichenden Hüftreifepotential (junges Alter) zusammen. Dazu bedarf es einer Arthrographie in Kurznarkose, um den Gips in der korrekten Stellung anlegen zu können. Infektionen durch die i.A. Injektionen im Rahmen der Arthrographie sind nicht aufgetreten. Die Tragedauer des Gipses betrug durchschnittlich 63,2 Tage. Eine Tragedauer, die auch in anderen Studien berichtet wurde (56–84 Tage, selten ≤ 112 Tage). (Graf, 1997a)

Die Behandlungserfolge mit dem Gips sind sehr unterschiedlich, entscheidend scheint ein früher Behandlungsbeginn zu sein und damit die Notwendigkeit einer frühen Diagnosestellung durch das Screening.

Der Hüfttyp bei Diagnosestellung ist relevant, so zeigt eine Typ IV Hüfte durchschnittlich ein deutlich schlechteres Therapieergebnis als Hüfttypen D und III (Ge, Cai and Wang, 2016; Tennant *et al.*, 2016)

Ein Risiko in der Therapie mit dem Fettweisgips ist die Gefahr eines Repositionsverlusts während der aufwändigen Gipsanlage. Ohne Kontrolle z.B. durch eine Re-Arthrographie, Ultraschall oder MRT besteht das Risiko einer Therapie in fixierter Fehlstellung im angelegten Gips. Zur Kontrolle der Position

stehen verschiedenen bildgebende Methoden zur Verfügung: (Eberhardt *et al.*, 2009)

- MRT
- CT
- Radiographie
- Ultraschall.

Vorteile der MRT-Untersuchung sind:

- Keine potenziell schädigenden Röntgenstrahlen
- hohe Genauigkeit. (McNally, Tasker and Benson, 1997; Wirth *et al.*, 1998; Starr and Ha, 2014)

Nachteile sind:

- die lange Dauer der Untersuchung, die häufig noch in Anästhesie durchgeführt wird und ein
- MRT ist nicht in jedem Zentrum verfügbar und teurer.
- Eine CT hat eine hohe Strahlendosis zur Folge. (Smith *et al.*, 1997)
- Die Strahlendosis einer Radiographie ist geringer, aber die Aussagekraft ist deutlich schlechter. (Eberhardt *et al.*, 2009)
- Ultraschalluntersuchungen scheinen eine gute Option zu sein, sind aber speziellen Zentren mit großer Erfahrung im Ultraschall vorbehalten, die Technik ist stark untersucherabhängig. (Eberhardt *et al.*, 2009) (van Douveren *et al.*, 2003)

Wir empfehlen die Durchführung einer MRT-Bildgebung direkt nach Gipsanlage noch in gleicher Narkose, um eine zweite Anästhesie zu vermeiden. Die längere Narkose ist durch die exakte Untersuchung der Hüftposition gerechtfertigt, um eine Therapie in Fehlstellung und eine Schädigung auszuschließen. Instabile Hüften des Typs IV zeigen zwar eine gehäufte fehlerhafte Reposition, diese tritt jedoch auch bei Hüfttypen III und D auf, so dass wir grundsätzlich die MRT nach Gipsanlage empfehlen.

Die Studie ist retrospektiv angelegt und daher nicht randomisiert.

4.1. MRT obligatorisch bei Fettweisgips-Anlage?

Den Erfolg der Behandlung von instabilen Hüftgelenken hängt von der Frühzeitigkeit des Therapiebeginns ab. Ein nicht korrekt repositionierter Hüftkopf kann die Therapie weniger erfolgreich machen oder gar das Risiko von Komplikationen wie der Hüftkopfnekrose erhöhen. Durch den Therapiealgorithmus: Fettweisgips, gefolgt von einer MRT, um mögliche Behandlungsfehler zu erkennen, schließen wir sowohl Therapieverzögerung als auch Schädigungen wahrscheinlich aus.

4.2. Sonographie als Alternative zum MRT?

Einige ausgewählte Zentren nutzen die Sonographie auch zur Kontrolle der Repositionsstellung im Gips, dies ist jedoch technisch nicht trivial. Ob die Sonographie gleich sensitiv ist, wie die MRT-Kontrolle, macht weitere Studien notwendig.

4.3. Tübinger Schiene statt Fettweisgips

Eine erfolgreiche Therapie von instabilen Hüften neugeborener Kinder mit der Tübinger Schiene ist vergleichbar erfolgreich, wie die Fettweisgipstherapie. (Hannes Kubo, Pilge, Weimann-Stahlschmidt, *et al.*, 2018) Dies könnte langfristig zu einem deutlich selteneren Einsatz der Fettweisgipstherapie führen, diese bliebe dann z.B. für „Therapieversager“ vorbehalten, vor einem Umschwenken auf eine operative Therapie.

4.4. Radiologische Verlaufskontrollen

Frühe Diagnose und Therapiebeginn sind essenziell, um ein Fortschreiten einer Dysplasie oder gar Luxation möglichst zu verhindern und um das Therapieergebnis positiv zu beeinflussen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die bei Therapieabschluss als im Ultraschall stabil geltenden Hüften sich im Verlauf wieder in stark dysplastische Hüften

entwickeln können. Hierbei traten Verschlechterungen bei den radiologischen Verlaufskontrollen über alle Klassifikationen nach Tönnis auf.

Andere Studien, zeigen ebenfalls sich verschlechternde Befunde nach Behandlung auch mit anderen Therapiemodalitäten zeigen, z.B. mit der Pavlikbandage. (Sankar, Nduaguba and Flynn, 2015) (Novais, Sanders, *et al.*, 2016, p. 1) (Novais, Kestel, *et al.*, 2016).

Die Entwicklung der Hüftgelenke lässt sich nicht vorhersehen anhand der vorliegenden klinischen Parameter oder der initialen Ultraschalldiagnose nach Graf. Wir fanden Befunde, die sich deutlich verbesserten und andererseits auch solche, die eine deutliche Verschlechterung zeigten. Selbst Hüften mit anfänglichem Hüfttyp D verschlechterten sich zum Teil noch zu stark dysplastischen Hüften. Die Ergebnisse auch dieser Studie stützen daher die Forderung, dass regelmäßige Kontrollen bis zum Abschluss des Wachstums zu empfehlen sind. So können altersentsprechende operative Verfahren zur Optimierung der Hüftkopfüberdachung angeboten werden. Diese These wird auch durch die Ergebnisse anderer Studien unterstützt, die jedoch andere Behandlungsmethoden wie die Pavlikbandage oder die Tübinger-Schiene verwenden und ebenfalls regelmäßige Röntgenverlaufskontrollen empfehlen. (Dornacher *et al.*, 2010) (Schrading and Schulze, 2016) (Allington, 2017) (Hannes Kubo, Pilge, Nepp, *et al.*, 2018) (Cashman *et al.*, 2002)

Es gibt jedoch bisher keinen Standardalgorithmus oder eine Leitlinie für Kontrolluntersuchungen nach erfolgreich behandelter kindlicher Hüftdysplasie. Es gibt auch Forderungen nach alternativen Nachkontrollmethoden wie Ultraschall oder CT. (Smith *et al.*, 1997) (Eberhardt *et al.*, 2009)

Bibliographie

Alamdaran, S.A. *et al.* (2016) 'Assessment of Diagnostic Value of Single View Dynamic Technique in Diagnosis of Developmental Dysplasia of Hip: A Comparison with Static and Dynamic Ultrasound Techniques', *The Archives of Bone and Joint Surgery*, 4(4), pp. 371–375.

Al-Essa, R.S. *et al.* (2017) 'Diagnosis and treatment of developmental dysplasia of the hip: A current practice of paediatric orthopaedic surgeons', *Journal of Orthopaedic Surgery (Hong Kong)*, 25(2), p. 2309499017717197. Available at: <https://doi.org/10.1177/2309499017717197>.

Allington, N.J. (2017) 'Successful Pavlik Harness Treatment for Developmental Dysplasia of the Hip and Normal X-Ray at the Age of 2 Years: Is a Longer Follow-up Necessary?', *Journal of Pediatric Orthopedics*, 37(5), pp. 328–331. Available at: <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000657>.

Alzen, G. and Benz-Bohm, G. (2011) 'Radiation Protection in Pediatric Radiology, Kinderradiologie – Besonderheiten des Strahlenschut', *Deutsches Ärzteblatt international* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.3238/arztebl.2011.0407>.

Aronsson, D.D. *et al.* (1994) 'Developmental dysplasia of the hip', *Pediatrics*, 94(2 Pt 1), pp. 201–208.

Ärzteblatt, D.Ä.G., Redaktion Deutsches (2000) *Klinisches und sonographisches Screening der Säuglingshüfte*, *Deutsches Ärzteblatt*. Available at: <https://www.aerzteblatt.de/archiv/23296/Klinisches-und-sonographisches-Screening-der-Saeuglingshuefte> (Accessed: 9 March 2023).

Bernau, A. (1990) '[The Tübingen hip flexion splint in the treatment of hip dysplasia]', *Zeitschrift Fur Orthopadie Und Ihre Grenzgebiete*, 128(4), pp. 432–435. Available at: <https://doi.org/10.1055/s-2008-1039893>.

Bian, Z., Guo, Y. and Tian, W. (2009) '[Treatment of developmental dysplasia of the hip in children: results of closed reduction and immobilization in hip spica cast]', *Zhonghua Wai Ke Za Zhi [Chinese Journal of Surgery]*, 47(13), pp. 1017–1019.

Bradley, C.S. *et al.* (2016) 'Avascular necrosis following closed reduction for treatment of developmental dysplasia of the hip: A systematic review', *Journal of Children's Orthopaedics*, 10(6), pp. 627–632. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11832-016-0776-y>.

Bucher, F. *et al.* (2021) 'Paediatric hip ultrasound: Uncertainties in examination and choice of treatment', *Journal of Children's Orthopaedics*, 15(1), pp. 42–47. Available at: <https://doi.org/10.1302/1863-2548.15.200084>.

Burian, M. *et al.* (2010) '[Efficiency of conservative treatment by overhead traction in developmental dysplasia of the hip]', *Acta Chirurgiae Orthopaedicae Et Traumatologiae Cechoslovaca*, 77(5), pp. 371–377.

Cashman, J.P. *et al.* (2002) 'The natural history of developmental dysplasia of the hip after early supervised treatment in the Pavlik harness. A prospective, longitudinal follow-up', *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 84(3), pp. 418–425.

Deere, K. *et al.* (2022) 'How long do revised and multiply revised hip replacements last? A retrospective observational study of the National Joint Registry', *The Lancet Rheumatology*, 4(7), pp. e468–e479. Available at: [https://doi.org/10.1016/S2665-9913\(22\)00097-2](https://doi.org/10.1016/S2665-9913(22)00097-2).

Dietzel, M. *et al.* (2022) 'Results after skin traction for femur shaft fractures in children below the age of four years', *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 48(5), pp. 3393–3399. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00068-022-01996-x>.

Dogrue, H. *et al.* (2008) 'Clinical examination versus ultrasonography in detecting developmental dysplasia of the hip', *International Orthopaedics*, 32(3), pp. 415–419. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00264-007-0333-x>.

Dornacher, D. *et al.* (2010) 'Early radiological outcome of ultrasound monitoring in infants with developmental dysplasia of the hips', *Journal of Pediatric Orthopaedics. Part B*, 19(1), pp. 27–31. Available at: <https://doi.org/10.1097/BPB.0b013e328330335e>.

van Douveren, F.Q.M.P. *et al.* (2003) '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', *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 85(1), pp. 117–120.

Eberhardt, O. *et al.* (2009) 'Determination of hip reduction in spica cast treatment for DDH: a comparison of radiography and ultrasound', *Journal of Children's Orthopaedics*, 3(4), pp. 313–318. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11832-009-0194-5>.

Evans, J.T. *et al.* (2019) 'How long does a hip replacement last? A systematic review and meta-analysis of case series and national registry reports with more than 15 years of follow-up', *The Lancet*, 393(10172), pp. 647–654. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31665-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31665-9).

Farr, S., Grill, F. and Müller, D. (2008) '[When is the optimal time for hip ultrasound screening?]', *Der Orthopäde*, 37(6), pp. 532, 534–536, 538–540. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00132-008-1236-2>.

Fettweis, E. (1968) '[Sit-crouch-position-plaster in hip joint dysplasies]', *Archiv Fur Orthopädische Und Unfall-Chirurgie*, 63(1), pp. 38–51.

Furnes, O. *et al.* (2001) 'Hip disease and the prognosis of total hip replacements. A review of 53,698 primary total hip replacements reported to the Norwegian Arthroplasty Register 1987-99', *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 83(4), pp. 579–586.

Ganz, R. *et al.* (2008) 'The Etiology of Osteoarthritis of the Hip: An Integrated Mechanical Concept', *Clinical Orthopaedics & Related Research*, 466(2), pp. 264–272. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11999-007-0060-z>.

Ge, Y., Cai, H. and Wang, Z. (2016) 'Quality of reduction and prognosis of developmental dysplasia of the hip: a retrospective study', *Hip International: The Journal of Clinical and Experimental Research on Hip Pathology and Therapy*, 26(4), pp. 355–359. Available at: <https://doi.org/10.5301/hipint.5000348>.

Graf, R. (1980) 'The diagnosis of congenital hip-joint dislocation by the ultrasonic compound treatment', *Archives of Orthopaedic and Traumatic Surgery*, 97(2), pp. 117–133. Available at: <https://doi.org/10.1007/BF00450934>.

Graf, R. (1987) '[Sonographic diagnosis of hip dysplasia. Principles, sources of error and consequences]', *Ultraschall in Der Medizin (Stuttgart, Germany: 1980)*, 8(1), pp. 2–8. Available at: <https://doi.org/10.1055/s-2007-1011650>.

Graf, R. (1997a) 'Advantages and disadvantages of various access routes in sonographic diagnosis of dysplasia and luxation in the infant hip', *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B*, 6(4), pp. 248–252.

Graf, R. (1997b) 'Die sonographiegesteuerte Therapie', *Der Orthopäde*, 26(1), pp. 33–42. Available at: <https://doi.org/10.1007/PL00003323>.

Graf, R. (ed.) (2000) *Sonographie der Säuglingshüfte und therapeutische Konsequenzen: Ein Kompendium*. 5th edn. Stuttgart: Georg Thieme Verlag. Available at: <https://doi.org/10.1055/b-002-6239>.

Graf, R. (2002) 'Hüftsonographie [Ultrasound examination of the hip. An update]', *Der Orthopäde*, 31(2), pp. 181–189. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00132-001-0248-y>.

Grill, F. and Müller, D. (1997) '[Results of hip ultrasonographic screening in Austria]', *Der Orthopäde*, 26(1), pp. 25–32.

Günther, K.P. *et al.* (1998) 'Prevalence of generalised osteoarthritis in patients with advanced hip and knee osteoarthritis: the Ulm Osteoarthritis Study', *Annals of the Rheumatic Diseases*, 57(12), pp. 717–723.

Hefti, F. (2006) *Kinderorthopädie in der Praxis*. 2., erw. und vollständig überarb. Aufl. Heidelberg: Springer Medizin.

Hefti, F. and Brunner, R. (eds) (2015) *Kinderorthopädie in der Praxis*. 3., vollst. überarb. Aufl. Berlin Heidelberg: Springer.

de Hundt, M. *et al.* (2012) 'Risk factors for developmental dysplasia of the hip: a meta-analysis', *European Journal of Obstetrics, Gynecology, and Reproductive Biology*, 165(1), pp. 8–17. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2012.06.030>.

Inoue, T., Naito, M. and Nomiyama, H. (2001) 'Treatment of developmental dysplasia of the hip with the Pavlik harness: factors for predicting unsuccessful reduction', *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B*, 10(3), pp. 186–191.

Kang, Y.R. and Koo, J. (2017) 'Ultrasonography of the pediatric hip and spine', *Ultrasonography (Seoul, Korea)* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.14366/usg.16051>.

von Kries, R. *et al.* (2012) 'General Ultrasound Screening Reduces the Rate of First Operative Procedures for Developmental Dysplasia of the Hip: A Case-Control Study', *The Journal of Pediatrics*, 160(2), pp. 271–275. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2011.08.037>.

Kubo, Hannes, Pilge, H., Nepp, K., *et al.* (2018) 'Development of unstable hips after treatment with the Tübingen splint: mid-term follow-up of 83 hip joints', *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00402-018-2882-4>.

Kubo, H. *et al.* (2018) 'Poorer radiological outcome after delayed diagnosis and treatment in human position in Fettweis plaster cast in 93 unstable hip joints type D, III and IV according to Graf', *Journal of Children's Orthopaedics*, 12(6), pp. 590–598. Available at: <https://doi.org/10.1302/1863-2548.12.180132>.

Kubo, Hannes, Pilge, H., Weimann-Stahlschmidt, K., *et al.* (2018) 'Use of the Tübingen splint for the initial management of severely dysplastic and unstable hips in newborns with DDH: an alternative to Fettweis plaster and Pavlik harness', *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 138(2), pp. 149–153. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00402-017-2827-3>.

Kubo, H. *et al.* (2019) 'MRI reveals unrecognized treatment failures after application of Fettweis plaster in children with unstable hip joints', *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, 28(5), pp. 430–435. Available at: <https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000604>.

Kubo, H. *et al.* (2020) 'Treatment of unstable hips with the Tübingen splint in early postnatal period: Radiological mid-term results of 75 hips with mean follow-up of 5.5 years', *Journal of Children's Orthopaedics*, 14(4), pp. 252–258. Available at: <https://doi.org/10.1302/1863-2548.14.200074>.

Kubo, H. *et al.* (2023) 'Radiological long-term follow-up up to 12 years of initially ultrasound unstable hip types D, III and IV after treatment with the Tübingen splint worn as a plaster', *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00402-023-04807-z>.

Lange, A. *et al.* (2014) 'Inzidenz und Therapiedauer pathologischer Hüftbefunde im Rahmen der U2- und U3-Untersuchung (SNiP Studie)', *Der Orthopäde*, 43(2), pp. 129–135. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00132-013-2200-3>.

Lerman, J.A. *et al.* (2001) 'Early failure of Pavlik harness treatment for developmental hip dysplasia: clinical and ultrasound predictors', *Journal of Pediatric Orthopedics*, 21(3), pp. 348–353.

Manoukian, D. and Rehm, A. (2019) 'Oligohydramnios: should it be considered a risk factor for developmental dysplasia of the hip?', *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, 28(5), pp. 442–445. Available at: <https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000624>.

McNally, E.G., Tasker, A. and Benson, M.K. (1997) 'MRI after operative reduction for developmental dysplasia of the hip', *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 79(5), pp. 724–726.

Miao, M. *et al.* (2017) 'Retrospective observational study comparing the international hip dysplasia institute classification with the Tonnis classification of developmental dysplasia of the hip', *Medicine*, 96(3), p. e5902. Available at: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000005902>.

Naumann, T. and Zahniel, K. (1990) 'Comparing the rate of femoral head necrosis of two different treatments of congenital dislocation of the hip', *Journal of Pediatric Orthopedics*, 10(6), pp. 780–785.

Novais, E.N., Sanders, J., *et al.* (2016) 'Graf Type-IV Hips Have a Higher Risk of Residual Acetabular Dysplasia at 1 Year of Age Following Successful Pavlik Harness Treatment for Developmental Hip Dysplasia', *Journal of Pediatric Orthopedics* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000875>.

Novais, E.N., Kestel, L.A., *et al.* (2016) 'Higher Pavlik Harness Treatment Failure Is Seen in Graf Type IV Ortolani-positive Hips in Males', *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 474(8), pp. 1847–1854. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11999-016-4776-5>.

Omeroğlu, H. (2014) 'Use of ultrasonography in developmental dysplasia of the hip', *Journal of Children's Orthopaedics*, 8(2), pp. 105–113. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11832-014-0561-8>.

Patel, H. and Canadian Task Force on Preventive Health Care (2001) 'Preventive health care, 2001 update: screening and management of developmental dysplasia of the hip in newborns', *CMAJ: Canadian Medical Association journal = journal de l'Association medicale canadienne*, 164(12), pp. 1669–1677.

Paton, R.W. (2005) 'Management of neonatal hip instability and dysplasia', *Early Human Development*, 81(10), pp. 807–813. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2005.06.011>.

Price, K.R., Dove, R. and Hunter, J.B. (2013) 'Current screening recommendations for developmental dysplasia of the hip may lead to an increase in open reduction', *The Bone & Joint Journal*, 95-B(6), pp. 846–850. Available at: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.95B6.31461>.

Roper, A. (1976) 'Hip dysplasia in the African Bantu', *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, 58-B(2), pp. 155–158. Available at: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.58B2.932075>.

Rosenbaum, D.G. *et al.* (2016) 'MR Imaging in Postreduction Assessment of Developmental Dysplasia of the Hip: Goals and Obstacles', *Radiographics: A Review Publication of the Radiological Society of North America, Inc*, 36(3), pp. 840–854. Available at: <https://doi.org/10.1148/rg.2016150159>.

Rosenberg, N. *et al.* (1998) 'The importance of combined clinical and sonographic examination of instability of the neonatal hip', *International Orthopaedics*, 22(3), pp. 185–188. Available at: <https://doi.org/10.1007/s002640050238>.

Salter, R.B., Kostuik, J. and Dallas, S. (1969) 'Avascular necrosis of the femoral head as a complication of treatment for congenital dislocation of the hip in young children: a clinical and experimental investigation', *Canadian Journal of Surgery. Journal Canadien De Chirurgie*, 12(1), pp. 44–61.

Sankar, W.N., Nduaguba, A. and Flynn, J.M. (2015) 'Ilfeld Abduction Orthosis Is an Effective Second-Line Treatment After Failure of Pavlik Harness for Infants with Developmental Dysplasia of the Hip', *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 97(4), pp. 292–297. Available at: <https://doi.org/10.2106/JBJS.N.00707>.

Sarkissian, E.J. *et al.* (2015) 'Radiographic Follow-up of DDH in Infants: Are X-rays Necessary After a Normalized Ultrasound?', *Journal of Pediatric Orthopedics*, 35(6), pp. 551–555. Available at: <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000326>.

Schrading, S. and Schulze, A. (2016) '[Preoperative diagnostic imaging and planning]', *Der Orthopäde*, 45(8), pp. 644–652. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00132-016-3289-y>.

Schüttler, K.-F. (2011) 'Parameters of sonographic screening of the newborn's hip Einflussfaktoren beim sonographischen Screening der Säuglingshüfte'. Available at: <https://doi.org/10.17192/Z2011.0503>.

Schwend, R.M., Shaw, B.A. and Segal, L.S. (2014) 'Evaluation and treatment of developmental hip dysplasia in the newborn and infant', *Pediatric Clinics of*

North America, 61(6), pp. 1095–1107. Available at:
<https://doi.org/10.1016/j.pcl.2014.08.008>.

Seidl, T. *et al.* (2022) 'S2k-Leitlinie Hüftdysplasie Teil Säugling', *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*, p. a-1838-5525. Available at:
<https://doi.org/10.1055/a-1838-5525>.

Shorter, D., Hong, T. and Osborn, D.A. (2011) 'Screening programmes for developmental dysplasia of the hip in newborn infants', *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, (9), p. CD004595. Available at:
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD004595.pub2>.

Shorter, D., Hong, T. and Osborn, D.A. (2013) 'Cochrane Review: Screening programmes for developmental dysplasia of the hip in newborn infants', *Evidence-Based Child Health: A Cochrane Review Journal*, 8(1), pp. 11–54. Available at: <https://doi.org/10.1002/ebch.1891>.

Sibiński, M., Grzegorzewski, A. and Synder, M. (2006) '[Hip joint development after treatment the developmental dislocation with overhead traction]', *Chirurgia Narzadow Ruchu I Ortopedia Polska*, 71(2), pp. 127–131.

Smith, B.G. *et al.* (1997) 'Postreduction computed tomography in developmental dislocation of the hip: part I: analysis of measurement reliability', *Journal of Pediatric Orthopedics*, 17(5), pp. 626–630.

Sochart, D.H. and Paton, R.W. (1996) 'Role of ultrasound assessment and harness treatment in the management of developmental dysplasia of the hip', *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 78(6), pp. 505–508.

Starr, V. and Ha, B.Y. (2014) 'Imaging update on developmental dysplasia of the hip with the role of MRI', *AJR. American journal of roentgenology*, 203(6), pp. 1324–1335. Available at: <https://doi.org/10.2214/AJR.13.12449>.

Tennant, S.J. *et al.* (2016) 'A protocol for the use of closed reduction in children with developmental dysplasia of the hip incorporating open psoas and adductor releases and a short-leg cast: Mid-term outcomes in 113 hips', *The Bone & Joint Journal*, 98-B(11), pp. 1548–1553. Available at:
<https://doi.org/10.1302/0301-620X.98B11.36606>.

Tönnis, D. *et al.* (1984) '[The management of congenital hip luxation with arthrographic control, an individual risk-reducing and time-saving method. I. Choice of method and risk assessment based on arthrographic findings]', *Zeitschrift Fur Orthopädie Und Ihre Grenzgebiete*, 122(1), pp. 50–61. Available at: <https://doi.org/10.1055/s-2008-1044584>.

Tönnis, D. (1997) 'Radiography and arthrography in the infant hip', *Der Orthopäde*, 26(1), p. 49. Available at: <https://doi.org/10.1007/s001320050069>.

Tönnis, D. (2013) *Die angeborene Hüftdysplasie und Hüftluxation im Kindes- und Erwachsenenalter: Grundlagen, Diagnostik, konservative und operative Behandlung*. Springer-Verlag.

Tschauner, C., Klapsch, W. and Graf, R. (1993) '[The effect of ultrasonography screening of hips in newborn infants on femur head necrosis and the rate of surgical interventions]', *Der Orthopäde*, 22(5), pp. 268–276.

Vafaee, A.R. *et al.* (2017) 'DDH Epidemiology Revisited: Do We Need New Strategies?', *The Archives of Bone and Joint Surgery*, 5(6), pp. 440–442.

Wahlen, R. and Zambelli, P.-Y. (2015) 'Treatment of the Developmental Dysplasia of the Hip with an Abduction Brace in Children up to 6 Months Old', *Advances in Orthopedics*, 2015, p. 103580. Available at: <https://doi.org/10.1155/2015/103580>.

Waśko, M.K. *et al.* (2017) 'Radiological Outcomes of Overhead Traction Therapy for Developmental Dysplasia of the Hip in Non-ambulatory Children', *Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja*, 19(2), pp. 127–136.

Weber, M. and Morgenthaler, M. (1994) '[The treatment of hip dysplasia or dislocation with Fettweis' immobilization cast]', *Zeitschrift Fur Orthopadie Und Ihre Grenzgebiete*, 132(4), pp. 260–271. Available at: <https://doi.org/10.1055/s-2008-1039973>.

Weinstein, S.L. (1992) 'Congenital hip dislocation. Long-range problems, residual signs, and symptoms after successful treatment', *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (281), pp. 69–74.

Wirth, T. *et al.* (1998) '[Magnetic resonance tomography in diagnosis and therapy follow-up of patients with congenital hip dysplasia and hip dislocation]', *Zeitschrift Fur Orthopadie Und Ihre Grenzgebiete*, 136(3), pp. 210–214. Available at: <https://doi.org/10.1055/s-2008-1054224>.

Zierl, A. *et al.* (2017) 'Hüftluxation des Säuglings, Therapiemonitoring mittels transinguinalen Ultraschalls', in. *Ultraschall 2017*, Linz, p. s-0037-1606938. Available at: <https://doi.org/10.1055/s-0037-1606938>.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: links Hüftsonographie von Christaras A, CC BY 2.5, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1252965 zuletzt aufgerufen am 13.03.2023, rechts eigene Darstellung	7
Abbildung 2: Kind mit Pavlikbandage, eigene Aufnahme	11
Abbildung 3: Vergleich zwischen einer Tübinger Schiene (links) und einer Pavlikbandage (rechts), eigene Aufnahme	11
Abbildung 4: Grafische Darstellung AC-Winkel, eigene Darstellung	15
Abbildung 5: Anlage einer Overheadextension mit Polsterung, eigene Aufnahme	18
Abbildung 6: Fettweigsips frontal und lateral, eigene Aufnahme	19
Abbildung 7: Kind mit angelegter Tübinger Schiene, eigene Aufnahme	20
Abbildung 8: Diagnostik und Therapie Pfeilschema, eigene Darstellung nach (Kubo <i>et al.</i> , 2019)	22
Abbildung 9: Schlechte Reposition im ersten MRT (n=132), nach (Kubo <i>et al.</i> , 2019)	26
Abbildung 10: MRT, Becken im Fettweigsips, (Kubo <i>et al.</i> , 2019) (mit freundlicher Genehmigung von Wolter Kluwer Health, „Journal of Pediatric Orthopaedics B“ aus „MRI reveals unrecognized treatment failures after application of Fettweis plaster in children with unstable hip joints“)	26
Abbildung 11: Therapieversager nach Gipstherapie (n=132), nach (Kubo <i>et al.</i> , 2019)	28
Abbildung 12: Alluvial-Diagramm der Tönnis Klassifikationen aller Hüften zwischen dem ersten Röntgen und dem zweiten Röntgen (n=93), eigene Darstellung	29
Abbildung 13: Alluvial-Diagramm der Tönnis Klassifikationen bei Patienten mit Therapiebeginn ≤ 8 Wochen, zwischen dem ersten Röntgen und dem zweiten Röntgen (n=16), eigene Darstellung	31
Abbildung 14: Alluvial-Diagramm der Tönnis Klassifikationen bei Patienten mit Therapiebeginn > 8 Wochen, zwischen dem ersten Röntgen und dem zweiten Röntgen (n=77), eigene Darstellung	33
Abbildung 15: Alluvial-Diagramm der Tönnis Klassifikationen bei Patienten mit initialem Hüfttyp D, zwischen dem ersten Röntgen und dem zweiten Röntgen (n=14), eigene Darstellung	35
Abbildung 16: Alluvial-Diagramm der Tönnis Klassifikationen bei Patienten mit initialem Hüfttyp III, zwischen dem ersten Röntgen und dem zweiten Röntgen (n=41), eigene Darstellung	36
Abbildung 17: Alluvial-Diagramm der Tönnis Klassifikationen bei Patienten mit initialem Hüfttyp IV, zwischen dem ersten Röntgen und dem zweiten Röntgen (n=38), eigene Darstellung	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifikation der angeborenen Hüftdysplasie nach Graf (Graf, 1997)	8
Tabelle 2: Vergleich zwischen dem ersten und dem zweiten Röntgenbild in Abhängigkeit zum Beginn der Behandlung, eigene Darstellung	33
Tabelle 3: Röntgenergebnisse aller Patienten (n=93), eigene Darstellung nach (Kubo <i>et al.</i> , 2019)	39

Danksagung

Ich danke Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Rüdiger Krauspe und Frau Prof. Dr. med. Bettina Westhoff danke ich für die Überlassung des Themas und den fachkompetenten Beistand. PD Dr. med. Hannes Kubo danke ich für die sehr gute Betreuung und die Unterstützung während der Durchführung der Arbeit. Einen großen Teil des Gelingens dieser Arbeit verdanke ich ihm. Er hat mich stets zum Weitermachen motiviert. Besonderer Dank gilt meinen lieben Eltern für die finanzielle und moralische Unterstützung während des Studiums und darüber hinaus. Ich danke meiner lieben Frau Kristina Holthoff für die lange Geduld.