

Diplomarbeit

Ist das Hüftscreening zur Erkennung von Hüftreifungsstörungen bei Neugeborenen sinnvoll? - Eine retrospektive Studie

eingereicht von

Anita Hammerschmid

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie,

Sektion für Kinder- und Jugendorthopädie

unter der Anleitung von

Priv.-Doz. Dr. med. univ. Tanja Kraus

Dr. med. univ. Michael Peter Novak

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 28.04.2021

Anita Hammerschmid eh.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich recht herzlich bei allen Personen bedanken, welche mich bei der Erstellung meiner Diplomarbeit unterstützt haben und mir tatkräftig zur Seite standen.

Ein großer Dank gilt vor allem meiner Betreuerin Priv.-Doz. Dr. med. univ. Tanja Kraus, die die Arbeit vom Beginn bis zur Fertigstellung begleitet hat. Ich möchte mich besonders für das volle Engagement, die fachliche Expertise und die große Motivation bedanken. Ebenso geht ein herzliches Dankeschön an meinen Zweitbetreuer Dr. med. univ. Michael Novak für die zusätzliche Unterstützung.

Ein besonderer Dank geht an meine Eltern und Geschwister, die mich während dem ganzen Studium immer unterstützt sowie motiviert haben und mir dieses erst ermöglichten. Bei meinen Freunden im und rund ums Studium möchte ich mich ebenso bedanken, die mich immer wieder anspornten und mir neue Ideen gaben.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	i
Zusammenfassung.....	vi
Abstract	viii
Inhaltsverzeichnis.....	ii
Abbildungsverzeichnis.....	ii
Figurenverzeichnis.....	v
1 Wissenschaftlicher Hintergrund.....	1
1.1 Das kindliche Hüftgelenk.....	1
1.1.1 Entwicklung	1
1.1.2 Anatomie und Aufbau	2
1.2 Hüftreifungsstörungen	5
1.2.1 Definition.....	5
1.2.2 Epidemiologie.....	6
1.2.3 Ätiologie und Risikofaktoren	6
1.2.4 Folgeschäden.....	8
1.3 Diagnostik.....	9
1.3.1 Anamnese.....	9
1.3.2 Klinische Untersuchung.....	9
1.3.2.1 Säuglingsalter	9
1.3.2.2 Kleinkindalter.....	12
1.3.2.3 Erwachsenenalter.....	12
1.4 Die sonographische Bildgebung	13
1.4.1 Sonoanatomie	13
1.4.2 Die Analyse eines Sonogramms.....	17
1.4.2.1 Die anatomische Identifizierung.....	17
1.4.2.2 Die Standardebene	18
1.4.2.3 Die Brauchbarkeitsprüfung.....	19
1.4.2.4 Messlinien und Messwinkel	20
1.4.2.5 Hüftgelenkstypisierung nach Graf.....	23
1.5 Das Röntgen	29
1.6 Therapie.....	30
1.6.1 Die konservative Therapie.....	31

1.6.1.1	Versagen der konservativen Therapie.....	37
1.6.1.2	Therapiekomplicationen	38
1.6.2	Operative Therapiemöglichkeiten.....	38
1.6.3	Die Nachbehandlung	39
1.7	Die Entwicklung des Screenings	40
1.8	Ziel dieser Studie	40
2	Patient*innen und Methoden.....	42
2.1	Studiendesign und –ablauf.....	42
2.1.1	Zielgrößen.....	43
2.2	Datenakquirierung.....	43
2.2.1	Ein- und Ausschlusskriterien	45
2.2.2	Einteilung der verschiedenen Hüfttypen bei Erstvorstellung	45
3	Ergebnisse und Resultate	47
3.1	Primäre Studienpopulation	47
3.2	Sekundäre Studienpopulation.....	48
3.2.1	Therapiegesamtdauer	48
3.2.2	Therapiegesamtdauer in Abhängigkeit vom initialen Hüfttyp	49
3.2.3	Verteilung der verschiedenen Hüfttypen.....	50
3.2.4	Anamnese und Klinik.....	51
3.2.5	Studienverlauf	52
3.2.6	Therapie.....	53
4	Diskussion.....	55
4.1	Das sonographische Hüftscreening.....	55
4.2	Diskussion der Ergebnisse	64
4.3	Limitationen der Methode	65
4.4	Schlussfolgerung.....	66
5	Literaturverzeichnis.....	68

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Schematisiertes Röntgenbild eines rechten kindlichen Acetabulum (8)	3
Abb. 2: Hüftgelenk des Neugeborenen in der Frontalebene (9)	4
Abb. 3: positives Galeazzi Zeichen rechts (22)	11
Abb. 4: Abspreizhemmung rechts (23)	11
Abb. 5: Barlow Zeichen links (24)	11
Abb. 6: Ortolani Zeichen links (24)	11
Abb. 7: anatomische Skizze (29)	15
Abb. 8: histologischer Schnitt (30,31)	15
Abb. 9: Sonogramm (26)	15
Abb. 10: anatomische Identifizierung (32)	18
Abb. 11: Standardreihe (32)	18
Abb. 12: Brauchbarkeitsprüfung (eigene Abbildung)	19
Abb. 13: Grundlinie - Skizze und Sonogramm (32)	21
Abb. 14: Pfannendachlinie = Knochenlinie - Skizze und Sonogramm (32)	21
Abb. 15: Ausstelllinie = Knorpellinie - Skizze und Sonogramm (32)	22
Abb. 16: Messlinien mit Knochenwinkel α und Knorpelwinkel β (32)	22
Abb. 17: Sonometer (eigene Abbildung)	23
Abb. 18: Sonogramme der wichtigsten Hüfttypen nach Graf (eigene Abbildungen)	27
Abb. 19: Overhead-Extension (35)	36
Abb. 20: Fettweißgips (36)	36
Abb. 21: Pavlik-Bandage (37)	36
Abb. 22: Mittelmeier-Graf Spreizhose (38)	36
Abb. 23: Tübingerschiene (35)	36
Abb. 24: Breit wickeln (39)	36

Figurenverzeichnis

Fig. 1: Häufigkeitsverteilung: Alter (in Lebenswochen) bei Erstvorstellung	47
Fig. 2: Häufigkeitsverteilung: Alter in Monaten beim Abschlusstermin	49
Fig. 3: Therapiegesamtdauer (in Monaten) in Abhängigkeit vom initial diagnostizierten Hüfttyp	50
Fig. 4: Verteilung des Geschlechts innerhalb der sekundären Studienpopulation	51
Fig. 5: Familienanamnese ersten Grades von Bedeutung	52
Fig. 6: Anzahl an klinisch durchgeführten positiven Tests	52
Fig. 7: Häufigkeitsverteilung: Anzahl der maximal beanspruchten Besuchstermine inklusive Erstvorstellung	53
Fig. 8: Häufigkeitsverteilung der angewandten Therapien	54

Zusammenfassung

Einleitung: Hüftreifungsstörungen gehören zu den häufigsten Erkrankungen des Skelett- und Bewegungsapparats im Säuglingsalter. Bleiben sie unbehandelt oder werden sie nicht erkannt, führen sie oft zu einer vorzeitigen Coxarthrose mit folgender notwendigen operativen Implantierung einer Hüftgelenksendoprothese. Daher ist eine möglichst frühzeitige Diagnosestellung unmittelbar nach der Geburt von großer Bedeutung. Die Sonographie der Säuglingshüfte hat hierbei einen wesentlichen Stellenwert erlangt, um eine ehestmögliche Therapie beginnen zu können und die Hüfte damit zur kompletten Ausreifung zu bringen sowie die Zahl der frühen Coxarthrosen zu vermeiden. Ziel dieser Studie war es, zu zeigen, dass die postnatale Hüftsonographieuntersuchung eine effektive und präventive Methode zur Früherkennung von Hüftreifungsstörungen darstellt und eine frühe Therapie möglich macht, die weitreichendere operative Maßnahmen im späteren Lebensalter überwiegend vermeidet.

Methoden: Die Datenakquirierung dieser retrospektiven Studie beinhaltet alle Neugeborenen, an denen zwischen 2006 und 2018 an der Klinischen Abteilung für Kinderorthopädie des LKH - Universitätsklinikums Graz eine Hüftgelenkssonographie nach Graf durchgeführt wurde und die weiter therapeutisch betreut wurden. Ausgeschlossen wurden Patient*innen mit systemischen oder neurologischen Grunderkrankungen (z.B. Cerebralparese, Achondroplasie) oder bei Erstvorstellung beidseits gesunde Typ I Hüftgelenke. Die Daten wurden aus dem SAP basierten Dokumentationssystem MEDOCS, einem zentralen Krankenhaus Patientenverwaltungssystem, gesammelt.

Ergebnisse: Bei 781 Neugeborenen wurde von 2006 bis 2018 eine Hüftgelenkssonographie bei einem Medianalter von 40 Tagen bei Erstvorstellung durchgeführt (76% weiblich, 24% männlich). 503 Patient*innen wurden in die Studie eingeschlossen. 40% bejahten eine positive Familienanamnese und 15% zeigten sich bei Erstuntersuchung klinisch auffällig. In der Hüftsonographie am Erstvorstellungstag wurde bei 54% ein physiologisch unreifes, bei 28% ein reifungsdefizitäres und bei 18% ein pathologisches Hüftgelenk diagnostiziert. Im Verlauf wurden bei einer medianen Behandlungsdauer von 2,5 Monaten 99,6% Patient*innen konservativ versorgt und bei Therapieende zeigten 99% von 503 Säuglingen beidseits gesunde Typ I Hüftgelenke.

Diskussion: Die Studienergebnisse bestätigten den positiven Stellenwert der Sonographie der Säuglingshüfte bei Hüftpathologien im Säuglingsalter in Bezug auf Diagnostik und Therapie. Sowohl reifungsdefizitäre als auch luxierte Hüftgelenkdysplasien werden unmittelbar postnatal erkannt. Die passende Therapie kann zum frühestmöglichen Zeitpunkt begonnen werden und das spontane Reifungspotenzial einer Säuglingshüfte wird vollständig genutzt. Folglich wird die Rate an späteren

notwendigen operativen Interventionen vermindert. Die Hüftsonographie unterstreicht ihre Relevanz als eine sinnvolle und angemessene sowie präventive und nachhaltige Untersuchungsmethode.

Abstract

Introduction: Developmental dysplasia of the hip (DDH) is one of the most common congenital musculoskeletal pathologies during infancy. Leaving untreated there is a high risk of early osteoarthritis which frequently requires total hip replacement in early adulthood. Using hip ultrasound in new-borns allows early diagnosis followed by early, usually conservative, treatment and avoids early osteoarthritis of the hip. However, there exist only a few nation-wide hip screening programs. Therefore, this retrospective study aimed at showing that neonatal hip sonography is an effective method to detect DDH early and allows early treatment with restitution ad integrum within the first months of life.

Methods: Data collection included all new-borns with a performed hip ultrasound accord to Graf between 2006 and 2018 at the paediatric orthopaedics unit of the medical university hospital in Graz and further treatment. Patients with systemic or neurological diseases (e.g. cerebral palsy, achondroplasia) or a healthy type I hip joint on both sides at the first appointment were excluded. Data was collected from the hospital's SAP based documentation system MEDOCS.

Results: Between 2006 and 2018, 781 new-borns underwent hip ultrasound at a median age of 40 (76% female and 24% male) and 503 patients received treatment due to DDH. 40% had positive family history and 15% showed clinical signs of DDH. At the first hip ultrasound scan, 54% presented a physiologically immature hip joint, 28% a maturation deficit and 18% a pathological hip joint. 99,6% of the patients were conservatively treated at a median duration of 2,5 months. At the end of the therapy, 99% infants showed a healthy type I hip joint on both sides.

Conclusion: The results of this study confirm that neonatal hip ultrasound is useful for early diagnosis which allows early conservative management using the full potential of hip maturation in the new born period.

1 Wissenschaftlicher Hintergrund

1.1 Das kindliche Hüftgelenk

1.1.1 Entwicklung

Die Entwicklung des menschlichen Stütz- und Bewegungsapparats beginnt bereits in der frühen Embryonalphase. Zunächst wird aus hyalinem Knorpelgewebe ein vorläufiges Skelett modelliert, das sogenannte Primordialskelett. Anschließend wird dieses Schritt für Schritt in Knochengewebe „umgebaut“. Der Umbauvorgang von Knorpel- in Knochengewebe, welcher als enchondrale Ossifikation bezeichnet wird, beginnt zwischen der siebten und achten Embryonalwoche (1,2). Durch diese Art der Ossifizierung entstehen die meisten Knochen des menschlichen Skeletts (Extremitäten, Rumpf, Schädelbasis) (2). Im Gegensatz dazu verknöchern das Schädeldach, Teile des Gesichtsschädels und die Claviculae direkt aus Bindegewebe - dieser Vorgang wird als desmale Osteogenese bezeichnet (2). An den langen Röhrenknochen - beispielsweise am Femur - ist der Ossifizierungsprozess früh erkennbar. Der Oberschenkelknochen zeigt sich in der Entwicklungsphase schon bald als knöcherne Röhre mit zentraler Markhöhle (1). Im Verlauf der weiteren enchondralen Ossifikation bilden sich die ersten primären diaphysären Knochenkerne aus, die bis zum Beginn der zwölften Schwangerschaftswoche in allen Diaphysen der Röhrenknochen vorhanden sind. Die Knochenkerne in den Epiphysen („sekundäre Knochenkerne“) entstehen durch enchondrale Ossifikation erst postnatal - die weitere Verknöcherung des Skeletts erfolgt (2,3).

Am Ende der vierten Embryonalwoche sind am Rumpf seitlich knospenartige knorpelige Ausstülpungen sichtbar, die sich in weiterer Folge zu Extremitäten differenzieren (2,4,5). Beide Hüftknochen, Ossa coxae, entstehen aus je drei Anlagen, welche jeweils zu einem Knorpel fusionieren. Das Os ilium, das Os ischii und das Os pubis bilden gemeinsam das Os coxae. Alle drei entwickeln im weiteren Verlauf ihren eigenen Knochenkern und verknöchern. Zusammen sind sie über eine hyalinknorpelige Y-förmige Fuge miteinander verbunden und wesentlich an der Bildung der fetalen Hüftpfanne, dem sogenannten Acetabulum, beteiligt (1).

An der Stelle des zukünftigen Hüftgelenks sind in der sechsten Embryonalwoche drei Zonen zu erkennen (1,2): Zwei knorpelige skelettale Schichten (proximaler Femur und Os coxae) umgeben hier eine interzonale Bindegewebsschicht, die den späteren Gelenksspalt darstellt. Durch Zelluntergang in der Intermediärzone entstehen die Gelenkhöhle sowie der Gelenksspalt. Am peripheren Ende wird die Gelenkskapsel gebildet, welche die Gelenksflüssigkeit (Synovia) zu produzieren beginnt. Die Entwicklung des Hüftgelenks ist mit dem vollendeten dritten Embryonalmonat beendet (1,2). Ab diesem Zeitpunkt reicht die nutritive Gelenkversorgung mittels Diffusion nicht mehr aus und Gefäße beginnen sich auszubilden und hineinzuwachsen. Durch den

später einsetzenden Einfluss der Muskulatur, durch die Beanspruchung mittels Druck- und Zugkräften, wird die Gestalt des Hüftgelenks entsprechend verändert und angepasst, die Gelenksform ist jedoch genetisch festgelegt (1,2,6).

Hinsichtlich der optimalen postnatalen Entwicklung und Reifung des Hüftgelenks erstellten Tschauer et al. (7) eine sogenannte Hüftreifungskurve. Diese umfasst den Zeitrahmen der ersten zwölf Lebensmonate eines Neugeborenen und bezieht sich vor allem auf die Entwicklung des Acetabulums. Innerhalb des ersten Lebensjahres ist das Reifungspotenzial des Acetabulums besonders in den ersten sechs Lebenswochen hoch. Anschließend flacht die Kurve bis zum dritten Lebensmonat ab und die Wachstumsgeschwindigkeit sowie das Größenwachstum der Hüftgelenkskomponenten Femurkopf und Pfanne verlaufen ab dem vierten Lebensmonat proportional (1,7). Die Veränderungen des Reifungsprozesses des Hüftgelenks haben ihre Ursache vor allem im dynamischen Umbauprozess von Knorpel- in Knochengewebe. Knorpelgewebe lässt sich gut verformen und passt sich an die umgebenden Druck- und Zugkräfte an. Hingegen ist Knochengewebe viel fester, stabiler und robuster gegen einwirkende Kräfte.

1.1.2 Anatomie und Aufbau

Das Hüftgelenk (*Articulatio coxae*) ist ein besonderes Kugelgelenk, ein sogenanntes Nussgelenk (*Enarthrosis*), welches sich in allen drei Hauptebenen frei bewegen lässt. Es setzt sich aus dem proximalen Femur (Gelenkskopf), dem Acetabulum (Gelenkspfanne), einer Gelenkscapsel sowie einer Gelenkshöhle zusammen.

Das Besondere des entwickelten Säuglingshüftgelenks im Vergleich zum Erwachsenen ist, dass die anatomischen Anteile mehrheitlich knorpelig präformiert sind (1,3,5,6). Die Epiphysenkerne sind perinatal im Nativröntgen noch nicht sichtbar, da sie knorpelig angelegt sind. Diese bilden sich im Verlauf der ersten Lebensmonate bzw. -jahre aus. In Bezug auf das Os femoris liegt ein Ossifikationszentrum im Femurkopf (Kopfeiphysenkern), welches sich zwischen dem zweiten und achten Lebensmonat entwickelt. Ein weiteres im Bereich des Trochanter major bildet sich erst zwischen dem zweiten und siebten Lebensjahr aus (1). Wichtig zu wissen ist, dass der Hüftkopfeiphysenkern nicht immer zentral in der Mitte des Femurkopfes liegt. Hinzu kommt, dass er auch nicht zwanghaft anatomisch rund sein muss, meist erscheint er oval. Der Übergang am proximalen Femur zwischen noch knorpeligem und bereits ossifiziertem Femur wird als Knorpel-Knochen-Grenze bezeichnet. Es handelt sich hier um eine Wachstumsfuge des proximalen Femurs, die in der Hüftsonographie in Form einer bogenförmigen Linie dargestellt ist. Entsprechend dem Alter verändert diese Linie ihre Form im zeitlichen Verlauf (1).

Die Gelenkspfanne, das Acetabulum, wird anatomisch durch drei Knochenanteile gebildet: Unterrand des Os ilium, Anteile des Os ischii und dem Os pubis. Alle drei Komponenten sind durch eine knorpelige Y-förmige Wachstumsfuge miteinander verbunden [siehe Abb. 1]. Diese bleibt am

längsten erhalten und sichert das langzeitige Wachstum des Hüftknochens in den weiteren Lebensjahren bis zum Schluss der Y-Fuge zwischen dem 14. und 16. Lebensjahr (4). In der Mitte des Acetabulums, in der sogenannten Fossa acetabuli, befindet sich lockeres Binde- sowie Fettgewebe. Die Fossa acetabuli wird C-förmig von der Gelenksfläche (Facies lunata) umgeben und durch das Ligamentum transversum acetabuli am kaudalen Pfannenrand verschlossen. Im Anschluss an das knöcherne Ende des Acetabulum befindet sich das knorpelige präformierte Pfannendach [siehe Abb. 2]. Peripher wird das Pfannendach vom Labrum acetabulare, einem Faserknorpelring, begrenzt, welcher direkt in das Hüftgelenk hineinragt. Das Pfannendach setzt sich somit aus einem knöchernen und einem knorpeligen Anteil zusammen (1,4,5). Dieser Faserknorpelring umgreift beim Erwachsenen zwei Drittel des Femurkopfes.

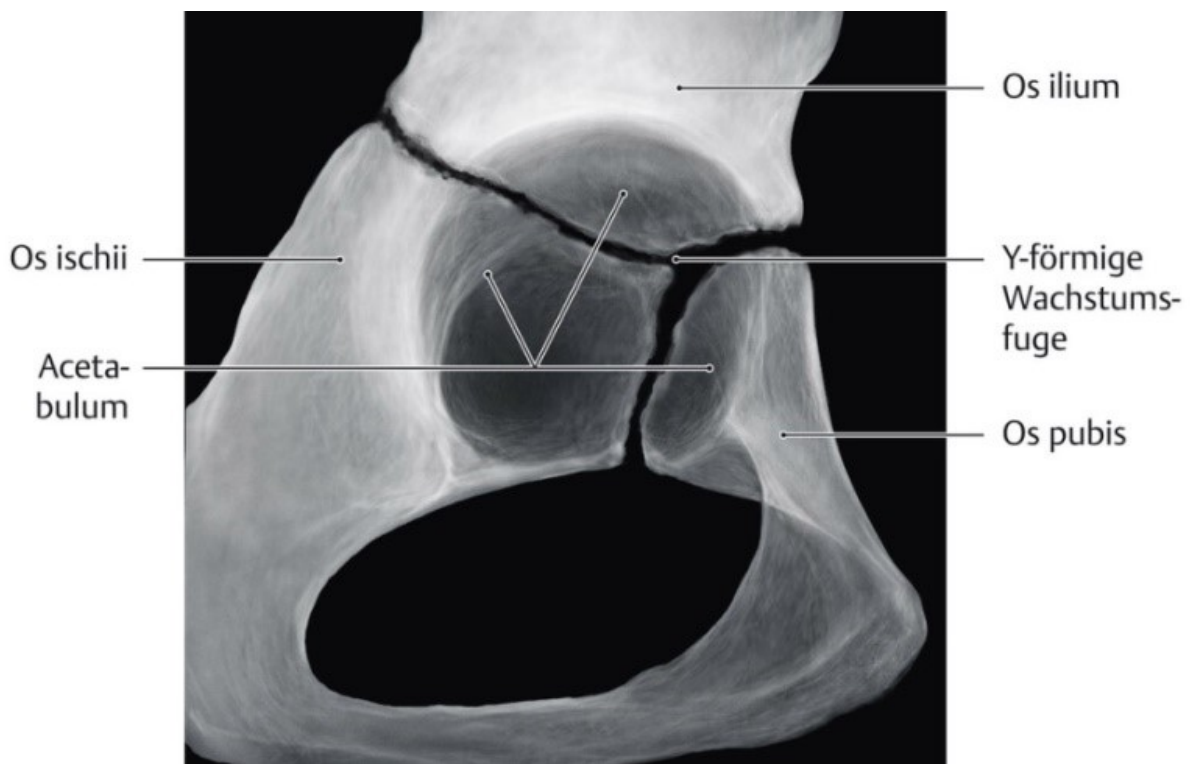


Abb. 1: Schematisiertes Röntgenbild eines rechten kindlichen Acetabulum (8)

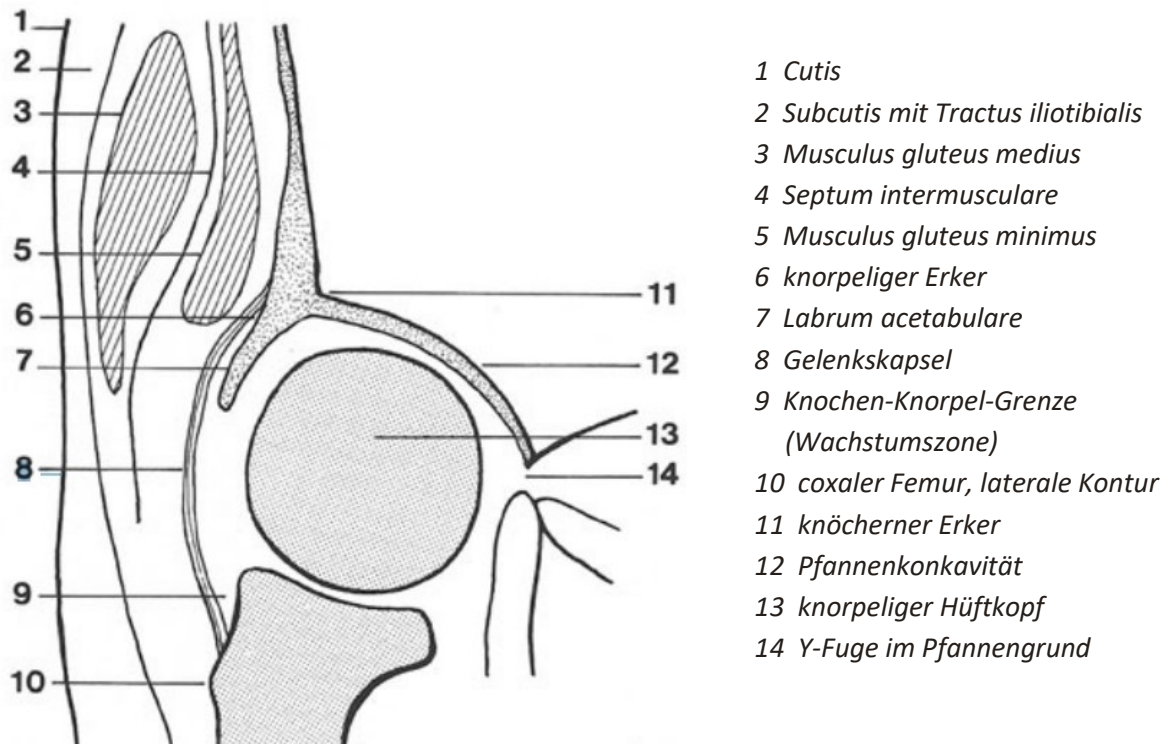


Abb. 2: Hüftgelenk des Neugeborenen in der Frontalebene (9)

Weichteilig wird das Hüftgelenk durch die Glutealmuskulatur (M. gluteus maximus, medius und minimus) nach lateral geschützt, welche auch sonographisch gut sichtbar ist. Sie spielt besonders bei der Stabilisierung des Beckens, beim Gehen und beim Aufrichten des Körpers eine große Rolle. Funktionell ist sie für die Streckung (vor allem der M. gluteus maximus) und Abduktion (besonders der M. gluteus medius und minimus) im Hüftgelenk verantwortlich. Als Antagonist der Gesäßmuskeln ist der M. iliopsoas für die Beugung im Hüftgelenk zuständig. Zusätzlich ist er an der Außenrotation des Gelenks beteiligt. Eine weitere wichtige Muskelgruppe für das Gelenk sind die Adduktoren (M. adductor magnus, longus, brevis, und M. pectineus), die wie der Name impliziert, im Hüftgelenk adduzieren. Zusätzlich unterstützen sie im kleinen Ausmaß den M. iliopsoas bei der Hüftflexion.

Ab dem dritten intrauterinen Lebensmonat beginnen sich Gefäße auszubilden, um die Gelenkversorgung zu gewährleisten. Der Femurkopf wird von Ästen der A. femoralis versorgt: dem Ramus ascendens der A. circumflexa lateralis und der A. circumflexa femoris medialis. Im Ligamentum capitis femoris verläuft die gleichnamige Arterie, die von der A. obturatoria abzweigt. Diese Kopfbandarterie ist gerade im Kindesalter von Bedeutung, da sie vor allem den Hüftkopf ausreichend mit Blut versorgt. Zwischen den einzelnen Arterien finden sich zahlreiche Anastomosen, die eine ausreichende Versorgung sicherstellen (2,4,5).

Femurkopf und Hüftpfanne sind Gelenkspartner und gut aufeinander abgestimmt, sodass bei Veränderungen des einen, der andere sich anpasst. Ihre anatomische Ausrichtung und Orientierung im Raum entwickeln sich im Verlauf vom Neugeborenen bis ins Erwachsenenalter. Nach der Geburt

zeigt sich beim Säugling physiologischer Weise eine erhöhte Drehung des Femurschenkelhalses zur Femurcondylenebene nach ventral, die sogenannte Antetorsion mit dem dazugehörigen Antetorsionswinkel (6). Mit der Aufrichtung bei zunehmendem Wachstumsalter kommt es regelmäßig und verstärkt während zwei Perioden (zwischen 8. und 10. Lebensjahr und in der Pubertät) zu sogenannten Detorsionsschüben, die eine Verminderung der Antetorsion verursachen (10). Beim Neugeborenen beträgt die Antetorsion etwa 35°, beim Erwachsenen nur mehr 12° (10).

Auch der Winkel zwischen Femurschenkelhals und Diaphyse (CCD = Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel) unterläuft physiologischen Änderungen. Beim Säugling ist eine natürliche Steilstellung im Sinne einer Coxa valga mit einem CCD von 150° erkennbar. Im Erwachsenenalter wird der CCD-Winkel geringer und beträgt dann etwa 120° (3,6). Darüber hinaus passt sich auch der Bewegungsumfang des Hüftgelenks an, der beim Säugling eine vermehrte Innenrotation zeigt (6,10,11). Mit zunehmendem Lebensalter verschiebt sich dieser in Richtung einer erhöhten Außendrehfähigkeit (10).

Die physiologischen Entwicklungen des Hüftgelenks wirken sekundär auf das Kniegelenk, das natürliche Stadien unterläuft, vom perinatalen Genuum varum bis zum erwachsenen Genuum valgum (6,10,11). Alles zusammen beeinflusst und wirkt auf die Beinachsen vom Neugeborenen bis in das Erwachsenenalter und die damit einhergehenden Vertikalisierung des Menschen und den resultierenden aufrechten Gang (11,12).

1.2 Hüftreifungsstörungen

1.2.1 Definition

Der Begriff der „kongenitalen“ Hüftreifungsstörungen ist sehr umstritten und wird heute nicht mehr als korrekt empfunden (13). Mittlerweile weiß man, dass sich kindliche Hüftgelenke nicht nur in der fetalen Phase intrauterin sondern auch postnatal verschlechtern können (1,6,13). Im angloamerikanischen Sprachraum werden deshalb Hüftreifungsstörungen im Hinblick auf mögliche Hüftgelenksveränderungen und die daraus potenzielle Luxation als „developmental dysplasia of the hip (DDH)“ bezeichnet (1,10,13).

Im Allgemeinen ist eine Hüftgelenkdysplasie als ein Reifungsdefizit anzusehen, da die Ossifizierung von Knorpel- in Knochengewebe gestört ist. Im Detail handelt es sich dabei, um eine «ungenügende Ausbildung des Hüftgelenks mit Störung der Verknöcherung des Pfannenerkers» (3). Der isolierten Hüftgelenkdysplasie liegt keine bekannte systemische Ursache oder Erkrankung zugrunde. Sie hat in der Regel eine sehr gute Prognose. Da «alle Formen von Hüftreifungsstörungen ihre Spuren am Pfannendach hinterlassen» (1), wird sie in der Literatur öfters auch als Pfannen(dach)dysplasie beschrieben (3,6,10). Die gestörte Ossifikation der Hüftpfanne beeinflusst

weiter auch die Entwicklung des coxalen Femurendes, da beide wie ein Schlüssel-Schloss-Prinzip untrennbar zusammengehören. Die daraus resultierenden pathologischen Veränderungen am proximalen Femur manifestieren sich unter anderem in Form einer vermehrten Vorwärtsdrehung des Schenkelhalses (Antetorsion) und Steilstellung (Valgisierung) (10,12).

Davon abzugrenzen sind teratologische Hüftgelenkreifungsstörungen. Diese entstehen während der 60 Tage dauernden Embryonalphase, kommen viel seltener vor, zeigen häufig eine schlechte Prognose und treten meist in Kombination mit schweren Grunderkrankungen wie zum Beispiel Myelomeningozele, infantile Zerebralparese, Sakrumagenesie, Arthrogrypose, kongenitalem Kontraktursyndrom und Achondroplasie auf (1,3,6,10,12). Im Zuge einer schweren Hüftgelenksdysplasie kann in weiterer Folge daraus eine Hüftluxation werden.

Die Hüftgelenksluxation ist eine bleibende Dislokation des Hüftkopfes aus der Hüftpfanne. Tritt diese bereits intrauterin in der Fetalphase auf, kann sie bereits perinatal festgestellt werden. Ein bei der Geburt bereits luxiertes Hüftgelenk ist jedoch selten (3,10).

1.2.2 Epidemiologie

Die Hüftgelenksdysplasie ist eine der häufigsten Deformitäten des Skelett- und Bewegungsapparats und tritt weltweit mit unterschiedlicher Häufigkeit auf. In Zentraleuropa (Österreich, Deutschland, Schweiz, Norditalien) liegt die Inzidenz der Hüftgelenksdysplasie bei Neugeborenen zwischen 2 und 4% (1,3,6,12,14,15,16), welche deutlich höher als die Inzidenz der Hüftgelenksluxation ist. Diese beträgt nur 0,5 bis 1% (1,3,6,12). Bezüglich der Geschlechterverteilung sind Mädchen etwa viermal häufiger als Buben betroffen (1,3,10,12,13,15). Zusätzlich zeigen sich weltweit ethnische und geographische Unterschiede mit besonders hohen Inzidenzen der Hüftgelenksdysplasie unter anderem in den slawischen Ländern (Tschechien), Skandinavien und im Norden lebende Naturvölker (3,10). Auf regionaler Ebene kann im Vergleich zur Umgebung die Häufigkeit ebenso erhöht sein, wie zum Beispiel in Deutschland (unter anderem in Böhmen, Sachsen, Sachsen-Anhalt), wo es sogenannte „Dysplasienester“ gibt (10).

1.2.3 Ätiologie und Risikofaktoren

Die Entstehung einer Hüftgelenksdysplasie oder -luxation beruht auf einer multifaktoriellen Genese, da sowohl endogene als auch exogene Faktoren einen großen Einfluss haben. Das kindliche Hüftgelenk besteht bei Geburt mehrheitlich aus Knorpelgewebe, daher ist es physiologisch noch instabil und verformbar. Mechanische Faktoren kommen sowohl prä- als auch postnatal vor. Ein pränataler exogener Faktor scheint die intrauterine Raumenge zu sein, die verstärkt bei Oligohydramnion, Zwillings-/Mehrlingsgeburten, Erstgebärenden und bei hohem kindlichen Geburtsgewicht auftritt (3,6,10,12,13,16,17). Ihre Relevanz wird vor allem im dritten und letzten Trimenon vermutet. Durch den geringen intrauterinen Platz drückt der Femurkopf gegen das

knorpelige präformierte Pfannendach, welches sich den einwirkenden Druckverhältnissen anpasst. Dadurch wird die Ausbildung und gesunde Reifung des Pfannenerkers beeinträchtigt.

Hinzu kommt, dass aufgrund der sehr häufigen ersten Hinterhauptslage das linke Hüftgelenk öfter als das rechte betroffen ist. Bei dieser Geburtslage kommt das linke Hüftgelenk direkt vor dem mütterlichen knöchernen Promontorium zu liegen. In Folge dessen wird das kindliche Hüftgelenk in eine Anpreisstellung gezwungen. In dieser Position wird der Femurkopf gegen den unreifen knorpeligen Pfannenerker gedrückt, der sich verformt und dysplastisch wird (10,12). Neben der Hinterhauptslage stellt auch die Beckenendlage besonders die reine Steißlage einen Risikofaktor für die Hüftreifungsstörung dar. In dieser Position sind die Kniegelenke maximal gestreckt und die Hüftgelenke maximal gebeugt, folglich kann der Hüftkopf nur schwer in der Gelenkspfanne gehalten werden. Weitere exogene Faktoren wie zum Beispiel: geringes Geburtsgewicht (<2500g), mütterlicher Bluthochdruck und Frühgeburtlichkeit vor der 37.Schwangerschaftswoche scheinen ebenso einen Einfluss zu haben, die jedoch bis dato noch keine sichere Beweisgrundlage vorweisen (10,12,17). Aus diesen Gründen ist es umso wichtiger, die Risikofaktoren anamnestisch zu erfragen, denn die Prognose ist umso günstiger, je früher eine Behandlung durchgeführt wird.

Hüftgelenksdysplasien können auch aus einer primär verlangsamten Wachstumsgeschwindigkeit resultieren. Die Folge sind eine geringere Formdifferenzierung der knöchernen Hüftpfanne und eine Hemmung der primären Entwicklung (16). Die weiblichen Hormone, allen voran die Östrogene und das Relaxin, unterstützen die Geburt durch prä- und peripartale Gewebeauflockerung bei der Mutter. Die vermehrte Hormonproduktion hat nicht nur auf die Mutter, sondern auch auf das Neugeborene einen Einfluss. Bezogen auf das Hüftgelenk erhöhen Östrogene und Relaxin die Elastizität der Gelenksbänder und –kapsel (10,12). Dadurch entsteht eine erhöhte Kapsel-Band-Laxizität. Folglich wird ein Heraustreten des Hüftkopfes aus der Hüftpfanne begünstigt. Eine geringere Wachstumsgeschwindigkeit kann auch sekundär - vor allem bei neuromuskulären (Säuglingscoxitis, muskuläres Ungleichgewicht, Arthrogyrosis multiplex congenita) oder bei genetischen (Edward-Syndrom (Trisomie 18), Down-Syndrom (Trisomie 21), Achondroplasie, Marfan-Syndrom) Grunderkrankungen - auftreten (6).

Die Genetik darf man bei Hüftreifungsstörungen nicht außer Acht lassen, da eine familiäre Disposition - besonders mütterlicherseits - in der Literatur oft erwähnt wird (3,6,10,12). Zusätzlich beschreiben Hefti et al. (3), dass ein Gen auf Chromosom 17q21 identifiziert wurde, welches mit Hüftgelenksdysplasien bei Neugeborenen assoziiert wird. Außerdem zeigte Dunn 1976 (18), dass Hüftreifungsstörungen auch mit anderen Missbildungen wie zum Beispiel Klumpfüßen, Schädel- und Gesichtasymmetrien, Skoliose und muskulärer Torticollis in Verbindung gebracht werden (3,10,12).

1.2.4 Folgeschäden

Bleiben Hüftreifungsstörungen unbemerkt oder unzureichend behandelt, wird das Hüftgelenk bis in das spätere Erwachsenenalter Probleme mit bleibenden Funktionsbehinderungen bereiten. Bei der Geburt können alle Stadien von gesunden, unreifen bis hin zu komplett luxierten Hüftgelenken vorkommen. Physiologisch unreife Hüftgelenke weisen kein ossäres Reifungsdefizit auf und müssen klar von pathologischen Hüftgelenken differenziert werden. Durch die mechanische Instabilität und unter Einfluss vor allem exogener Faktoren (z.B. zu frühe Extension durch eine falsche Wickeltechnik) kommt es bei pathologischen Hüftgelenken zur Verknöcherungsverzögerung am Pfannenerker. Nur bei einem großen Wachstumsdefizit der Pfanne ist eine Hüftkopfdezentrierung möglich (6).

Beginnt der Femurkopf zu dezentrieren, übt dieser einen starken Druck auf den Pfannenerker aus. Unter dieser großen Belastung und Beanspruchung beginnt das Wachstum des Pfannenerkers langsamer zu werden oder gar zu sistieren und eine mögliche spontane und natürliche Reponierung ist nicht mehr gegeben. Ohne Intervention tritt der Femurkopf jetzt dorsokranial aus der Hüftpfanne heraus, welche sekundär mit Binde- und Fettgewebe aufgefüllt wird. Stehen Hüftkopf und Pfanne nicht mehr in Verbindung, wird die Gelenkkapsel durch Sehnen des M. iliopsoas, der sich verkürzt, kräftig eingeschnürt (3). Gleichzeitig elongiert das Ligamentum capitis femoris. In diesem Stadium ist eine Wiederherstellung der physiologischen Verhältnisse (Femurkopf in der Pfanne) sehr erschwert. In weiterer Folge verkürzen sich die Adduktoren mit daraus entstehender Abduktionshemmung. Durch die Dezentrierung des Femurs tritt dieser höher und es scheint, dass eine Beinlängendifferenz vorliegt (klinisch positives Galeazzi-Zeichen). Zusätzlich verkürzen sich die Hüftextensoren (M. gluteus maximus) und die Hüftabduktoren (besonders der M. gluteus medius und minimus) und werden insuffizient (3). Aus dieser Situation heraus resultiert eine Hüftbeugekontraktur und später zu Gehbeginn können die Betroffenen die Hüfte im Einbeinstand nicht mehr ausreichend stabilisieren (Trendelenburg-Hinken) mit deutlichem beeinträchtigenden Gangbild (Watschelgang, Entengang) (10). Um diesen Fehler auszugleichen, wird das Becken mit einer Hyperlordose in der Lendenwirbelsäule abnorm gekippt (3). Die Hüftgelenkdysplasie ist nach wie vor die häufigste Ursache für eine HTEP (Hüft-Totalendoprothese) Implantation bei Frauen unter 50 Jahren. Die Bedeutung der Hüftreifungsstörung ist daher von großer Wichtigkeit.

Solche schwerwiegenden Veränderungen mit bleibender Restdysplasie zählen zu den «präarthrotischen Deformitäten» (10,16,19), da sie meistens im Erwachsenenalter in einer frühzeitigen Coxarthrose enden, die oft mit einem künstlichen Hüftgelenkersatz operativ saniert wird. Hält diese Fehlstellung für einen längeren Zeitraum an, kann vor allem der knorpelige Hüftkopf nicht mehr ausreichend mittels Diffusion mit Nährstoffen versorgt werden. Durch die Muskelzüge, -verkürzungen und Fehldruckbelastungen können die versorgenden Gefäße abgedrückt werden. In weiterer Folge kann eine Hüftkopfnekrose entstehen.

Erste Symptome im Kindes- und Jugendalter sind Schmerzen, Bewegungs- sowie Leistungseinschränkungen. Je nach Schweregrad des Verknöcherungsdefizits, kann der Femurkopf auch nicht dezentrieren. Vor allem während des zweiten Wachstumsschubs in der Pubertät können Pfannendysplasien einerseits ausheilen, aber andererseits kann sich die Gelenksinkongruenz auch verschlechtern und symptomatisch werden. Sehr wenige Hüften durchlaufen alle Stadien von einer beginnenden Dysplasie bis hin zur hochluxierten Hüfte. Meist wirken die Weichteile, insbesondere die Muskulatur, dagegen und die pathologische Hüfte verbleibt mit einer milden Restdysplasie.

1.3 Diagnostik

Hüftreifungsstörungen gehören zu den häufigsten angeborenen Erkrankungen des Skelett- und Bewegungsapparats. Ohne frühzeitige und richtige Diagnose werden die Betroffenen von einem lebenslangen Leiden begleitet. Folglich hat die frühe Erkennung einer Hüftreifungsstörung einen hohen Stellenwert erlangt.

1.3.1 Anamnese

Exogene Faktoren die zu Beginn unbedingt anamnestisch erhoben werden sollen, haben einen beachtlichen Einfluss auf die Entstehung einer Hüftreifungsstörung. Wichtig zu erfragende Informationen sind insbesondere: Familienanamnese, schwangerschaftsrelevante Daten, Geburtslage und Grund- sowie Begleiterkrankungen.

1.3.2 Klinische Untersuchung

Die Klinik der Hüftgelenkdysplasie variiert von Alter und Schweregrad der Betroffenen. Wichtig zu wissen ist, dass die rein klinische Untersuchung nicht ausreicht, um eine Hüftreifungsstörung sicher zu diagnostizieren (1,17). Dies spiegelt sich auch in der Sensitivität der klinischen Untersuchung von etwa 50% wieder (13). Harper et al. (20) zeigten in ihrer prospektiven multinationalen Studie, dass selbst erfahrene Untersucher*innen eine pathologische Säuglingshüfte allein durch klinische Zeichen nicht immer als solche erkennen und vice versa. Folglich wird die richtige Diagnose immer aus einer Kombination von Klinik und Bildgebung, die immer mehr an Bedeutung gewinnt, gestellt.

1.3.2.1 Säuglingsalter

Im Säuglingsalter umfasst die klinische Untersuchung des Hüftgelenks mehrere Tests, die hinweisend auf eine Hüftgelenkdysplasie sein können, aber nicht zwingend sein müssen.

1. Galeazzi - Zeichen

Das Galeazzi-Zeichen überprüft, ob eine scheinbare Beinverkürzung durch eine einseitige dysplastische Hüfte oder Hüftluxation vorliegt. Das Neugeborene liegt am Rücken und der/die Untersucher*in führt die beiden Kniegelenke bei 90° flektierten und adduzierten Hüftgelenken

zusammen (21). Er/Sie geht in eine Hockstellung, um auf Augenhöhe des Säuglings zu sein und vor allem, um einen potenziellen Höhenunterschied der Kniegelenke leichter zu erkennen. Bei einem positiven Galeazzi-Zeichen erscheint das Kniegelenk an der betroffenen pathologischen Seite weiter unten bzw. tiefer und deutet auf eine einseitige Luxation hin [siehe Abb. 3]. Bei beidseitiger Hüftgelenksluxation ist das Galeazzi-Zeichen häufig falsch negativ, da es vor allem auf den Seitenvergleich angewiesen ist (12).

2. Barlow-Ortolani Test

Zur Überprüfung der Gelenkstabilität unmittelbar nach der Geburt können die Tests nach Barlow und Roser-Ortolani durchgeführt werden. Beim Barlow-Zeichen liegt der Säugling am Rücken, die Hüft- und die Kniegelenke sind 90° gebeugt und adduziert. Der/Die Untersucher*in ergreift die beiden Kniegelenke, sodass jeweils der Mittelfinger am Trochanter major liegen bleibt (10). Ein Hüftgelenk wird bewegt und das andere bleibt in der Grundstellung. Mittels leichter Druckausübung wird der Hüftkopf des einen Beines nach dorsal aus der Hüftpfanne verschoben [siehe Abb. 5] (10). Der Luxationsvorgang ist im Mittelfinger des Untersuchers/der Untersucherin spür- und fühlbar (1,10).

Der Roser-Ortolani Test ist praktisch ein umgekehrter Barlow Test. Die Kniegelenke und Oberschenkel des Neugeborenen werden gleich angefasst. Die Hüft- und Kniegelenke befinden sich in einer orthogonal gebeugten Adduktionsstellung. Ein Hüftgelenk wird nun abduziert und nach vorne/ventral bewegt während das andere in der Grundstellung verweilt. Der Gelenkskopf rutscht von der Luxationsgrundstellung wieder in die Gelenkspfanne zurück [siehe Abb. 6]. Diese Bewegung erzeugt ein schnappendes oder klickendes Geräusch, welches als Ortolani positiv gewertet wird (6,10,11).

3. Abspreiz-/Abduktionshemmung

Ein sich entwickelndes pathologisches Zeichen, die Abspreizhemmung, entsteht erst während der ersten vier Lebenswochen, und ist besonders bei einseitiger Hüftgelenksdysplasie von Relevanz. Bei beginnender Dezentrierung des Femurkopfs kontrahieren sich die Adduktorenmuskeln reflektorisch. Als Folge dessen wird die Abduktion im betroffenen Hüftgelenk gehemmt. Bei der klinischen Untersuchung kann das betroffene Hüftgelenk ausgehend von einer 90° Beugung nicht mehr vollständig bis zur Unterlage abduziert werden (3). Das Ausmaß der Abduktionshemmung gibt keinen Hinweis auf den Schweregrad der Hüftgelenksdysplasie, sondern auf potenzielle therapeutische Komplikationen. Sie korreliert mit möglichen Problemen (Reluxationsrisiko nach Reposition oder Hüftkopfnekrose), die bei der anschließenden Behandlung eintreten können (6,10,11) [siehe Abb. 4]. Eine Seitendifferenz bei einer einseitigen Abduktionshemmung wird oft durch die Eltern beim Wickeln des Neugeborenen entdeckt und sollte weiter untersucht werden (6,10,11).



Abb. 3: positives Galeazzi Zeichen rechts (22)

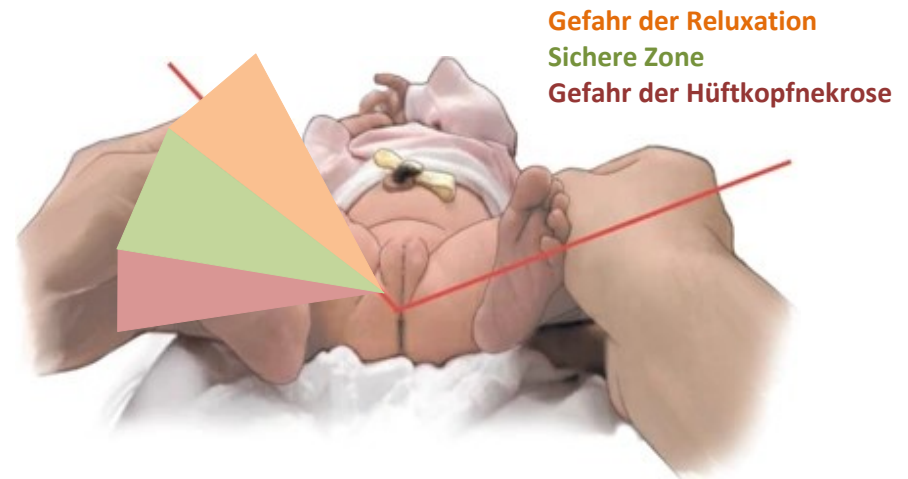


Abb. 4: Abspreizhemmung rechts (23)

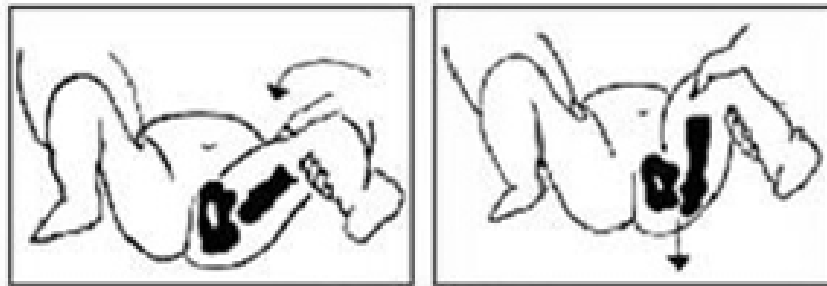


Abb. 5: Barlow Zeichen links (24)

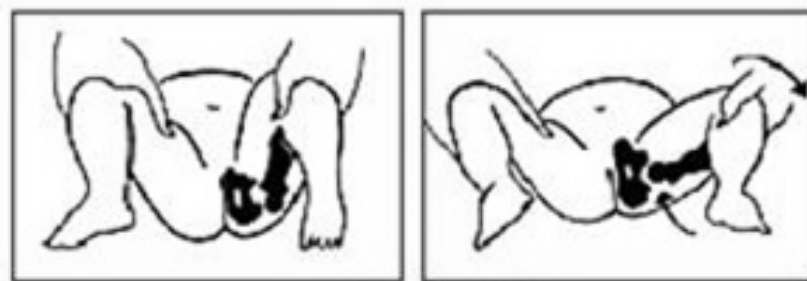


Abb. 6: Ortolani Zeichen links (24)

4. Faltenasymmetrie

Ein klinisch unsicheres Zeichen stellt die Faltenasymmetrie dar, weil jene auch bei gesunden Säuglingshüften häufig vorkommt (3,6,13,11). Diese tritt bei einseitiger Gelenkluxation durch eine scheinbare Femurverkürzung auf.

Besonders im Säuglingsalter sind klinische Untersuchungen und ihre Ergebnisse mit Vorsicht zu genießen, da sie oft auch falsch negative und falsch positive Resultate liefern können (1,12,17,20). Hinsichtlich beidseitiger Hüftgelenkdysplasie oder Luxation verlieren klinische Zeichen an Aussagekraft, da unter anderem kaum ein nennenswerter Seitenvergleich mehr gegeben ist (12). Aufgrund ihrer teils schwachen Sensitivität sind klinische Tests beim Neugeborenen eher von geringerer Relevanz geworden und durch die sonographische Untersuchung ersetzt worden (1).

1.3.2.2 Kleinkindalter

Mit zunehmendem Alter der Betroffenen verändern sich die klinischen Symptome und das äußerliche Erscheinungsbild. Die klinischen Symptome sind vor allem vom Schweregrad der Dislokation abhängig, da zum Beispiel milde Restdysplasien völlig beschwerdefrei und asymptomatisch über einen langen Zeitraum verlaufen können und daher als stumme Dysplasien bezeichnet werden (10,16). Im Kleinkindalter werden Hüftgelenkspathologien vor allem durch asymmetrische Bewegungsmuster mit meist typischer Schonhaltung auffällig und durch die Eltern bemerkt (3). Bei nicht oder unzureichend behandelter Hüftgelenkdysplasie kommt es häufig bei Gehbeginn zu Störungen im Gangbild. Die Betroffenen hinken, oder ein positives Trendelenburg Zeichen ist erkennbar (6). Letzteres resultiert aus der Insuffizienz der Glutealmuskulatur, wodurch die Hüfte im Einbeinstand nicht mehr ausreichend stabilisiert werden kann und das Becken auf die gesunde Seite abkippt (10). Tritt diese muskuläre Insuffizienz beidseitig auf, haben die Betroffenen einen typischen Watschel- oder Entengang, der auch als Duchenne-Hinken bekannt ist (10).

1.3.2.3 Erwachsenenalter

Restdysplasien im Erwachsenenalter verlaufen meist lange Zeit stumm und beschwerdearm. Viele Betroffene leben über Jahre mit einer Beinlängendifferenz, die sie mit entsprechendem Schuhwerk kompensieren. Oft reicht ein Bagatelltrauma aus, welches sekundär Schmerzen im Gelenk auslöst, um auf dysplastische Hüftgelenke aufmerksam zu werden. Tschauer et al. (16) beschreiben, dass der Schmerz meist belastungsabhängig in der Leisten- oder Trochanterregion mit dumpfen und diffusen Charakter auftritt.

Restdysplasien können selten auch einen lokalisierbaren scharfstechenden Leistenschmerz verursachen, die sogenannte perakute Labrumsymptomatik, mit begleitendem akuten Einknicken im Gelenk oder Gelenkblockaden (16). Mittels sogenannten Labrum-Provokations-Tests (Impingement-/Einklemmtest und Apprehension-/Abwehrtest), die gering spezifisch aber sehr sensibel sind, kann

der Verdacht einer Labrumläsion ver- bzw. entschärft werden (25). Für Frauen unter 50 Jahren stellen Restdysplasien im Hüftgelenk noch immer die häufigste Ursache einer Coxarthrose und die daraus folgende notwendige therapeutische Konsequenz eines künstlichen Gelenkersatzes dar (10,12).

1.4 Die sonographische Bildgebung

Um in der heutigen Zeit eine Hüftreifungsstörung sicher diagnostizieren zu können, ist eine bildgebende Untersuchung unausweichlich. Die Wahl der Bildgebung ändert sich je nach Alter des Betroffenen und je nach Schweregrad der Hüftreifungsstörung.

Anfang der 1940er Jahre wurden die ersten Versuche über eine mögliche medizinische Anwendung und den daraus folgenden potenziellen Nutzen der Sonographie durchgeführt (1). Bis die Sonographie sinnvoll und brauchbar als diagnostisches Mittel eingesetzt werden konnte, dauerte es bis in die siebziger Jahre (1). Bei der Diagnostik und frühzeitigen Erkennung von Hüftreifungsstörungen im Säuglingsalter setzte der österreichische Orthopäde Prof. Dr. Reinhard Graf mit seiner Publikation «Die sonographische Beurteilung der Hüftgelenkdysplasie mit Hilfe der Erkerdiagnostik» im Jahre 1983 neue Maßstäbe (1,26). Mit anatomischen Landmarken und Winkeln etablierte er eine Methode, welche Hüftreifungsstörungen in sogenannte „Typen“ klassifizieren lässt, und die bis heute noch aktuell ist. In den vergangenen Jahrzehnten wurde diese Vorgehensweise standardisiert, ständig weiterentwickelt und gewann an Präzision. Die Anwendung sowie die Technik wurden verfeinert und Fehlerquellen minimiert (1,26). Die sonographische Untersuchung nach Graf hat sich in Hinblick auf Hüftreifungsstörungen im Säuglings- und Neugeborenenalter als „Goldstandard“ etabliert. Dennoch wird sie vor allem im angloamerikanischen Raum sehr kritisiert, unter anderem mit der Begründung sie führe zur Überdiagnose sowie Übertherapie und einem daraus entstehenden erhöhten Kostenaufwand (10,27,28).

Die sonographische Untersuchung nach Graf setzt an den/die Untersucher*in einerseits viel Erfahrung und Können, andererseits Kenntnisse der physiologischen Anatomie, der möglichen pathoanatomischen Veränderungen und insbesondere ein sehr gutes anatomisches Vorstellungsvermögen voraus. Wird der standardisierte Untersuchungsgang allerdings korrekt durchgeführt und das erhaltene Sonogramm anhand der Checklisten überprüft und bewertet, ist das Ergebnis klar und genau.

1.4.1 Sonoanatomie

Bei der sonographischen Untersuchung nach Graf wird das Neugeborene in eine dafür spezielle Lagerungsschale hineingelegt. Begonnen wird mit der Sonographie der rechten Hüfte, so dass der Säugling initial auf die linke Seite gelegt wird. Er liegt mit gebeugten Hüftgelenken, wodurch

Strampeln und andere Bewegungen möglichst vermieden werden sollen. Der Oberschenkel wird nach innen rotiert, dabei wird die Antetorsion des Femurs aufgehoben. Nach Auftragen von Sonographiegel direkt auf die Haut des Neugeborenen wird der Linearschallkopf parallel zum kindlichen Oberschenkel auf den als Leitstruktur dienenden Trochanter major aufgesetzt (1,26). Im Sonogramm wird zuerst der Unterrand des Os ilium aufgesucht und anschließend mittels Rotation des Schallkopfes die korrekte Schnittebene eingestellt (26). Die sogenannte „koronare“ Schnittführung wird als heutiger Standard angesehen, dadurch entstehen Sonogramme in der Frontalebene (1). Die Ultraschallwellen durchlaufen von links/lateral nach rechts/medial die verschiedenen Schichten des menschlichen Körpers wie in Abb. 7 schematisch dargestellt ist: beginnend mit der Haut, gefolgt von der Subkutis, den Musculi glutei mit den dazwischenliegenden Intermuskularsepten und zuletzt der Hüftknochen.

Frontalschnitt durch ein rechtes Hüftgelenk

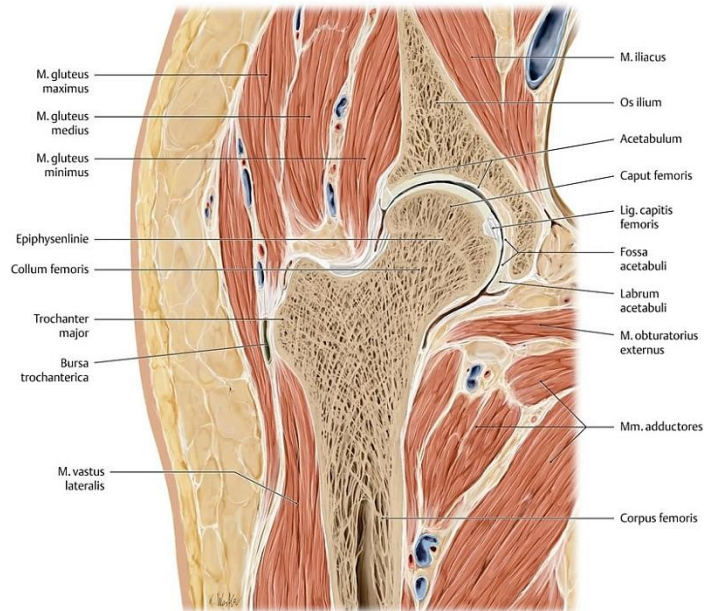


Abb. 7: anatomische Skizze (29)

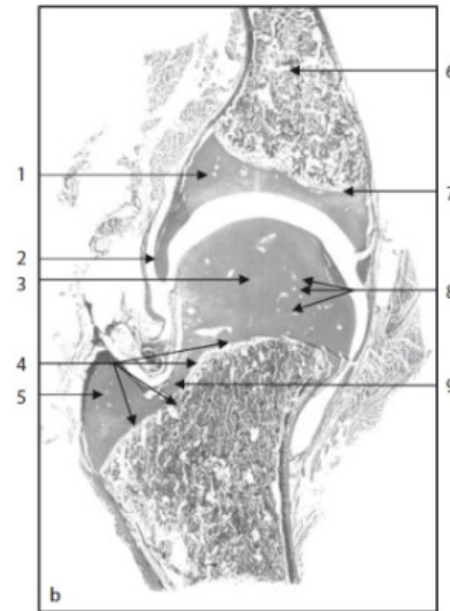


Abb. 8: histologischer Schnitt (30,31)

- 1 knorpelig präformiertes Pfannendach
- 2 Gelenkkapsel, kranial: Labrum acetabulare
- 3 Hüftkopf
- 4 Knorpel-Knochen-Grenze
- 5 hyalin präformierter Trochanter major
- 6 Os ilium und knöcherne Pfanne
- 7 Unterrand Os ilium
- 8 Sinusoide
- 9 hyalin präformierter Anteil des Schenkelhalses



Abb. 9: Sonogramm (26)

- 1 Knorpel-Knochen-Grenze
- 2 Hüftkopf
- 3 Umschlagfalte der Gelenkkapsel
- 4 Gelenkkapsel
- 5 Labrum acetabulare
- 6 knorpeliges Pfannendach
- 7 Os ilium
- 8 knöcherner Erker (Umschlagpunkt)
- 9 Unterrand des Os ilium
- 10 Musculi glutei

Wie in den Abb. 8 und Abb. 9 gut erkennbar ist, sind die überwiegenden Anteile des kindlichen Hüftgelenks mehrheitlich knorpelig präformiert, so auch der Trochanter major, der als Schallfenster genutzt wird (1). Knorpelgewebe stellt für die Sonographie ein gut schalldurchlässiges Medium dar, wohingegen Knochengewebe die Schallwellen zu stark absorbiert und es dahinter zu einem schwarzen Schallschatten (Schallauslöschung) kommt. Je geringer der Knorpelanteil im kindlichen Hüftgelenk wird, das heißt, je weiter die Verknöcherung des Epiphysenkerns fortschreitet, umso schwieriger können die tiefer gelegenen Strukturen, besonders der relevante Pfannenrand, eingesehen und dargestellt werden.

Die Knorpel-Knochen-Grenze trennt den noch knorpeligen vom bereits ossifizierten Anteil des Schenkelhalses und Femurkopfes. Der Femurkopf präsentiert sich im Sonogramm solange als homogene echoarme Struktur bis sich der Hüftkopfkern zwischen dem zweiten und achten Lebensmonat bildet (1). Sonographisch ist dieser Ossifizierungsvorgang etwa vier bis sechs Wochen früher als im Röntgen sichtbar, wodurch die Sonographie seine Vorteile in der Frühdiagnostik unterstreicht (1). Nimmt der Kopfkern an Ossifikationsgröße zu und verursacht dadurch einen zu großen dorsalen Schallschatten auf die medial gelegenen Landmarken, vor allem auf den wichtigen Orientierungspunkt „Unterrand des Os ilium“, verliert das Sonogramm seine Verwertbarkeit und kann zur Diagnose von Hüftreifungsstörungen nicht mehr verwendet werden (1). Folglich limitiert die Hüftkopfkernverknöcherung den zeitlichen Einsatz der Sonographie, die dann von anderen bildgebenden Verfahren abgelöst wird.

Im Sonogramm ebenso gut erkennbar ist die Umschlagfalte [siehe Nr. 3 in Abb. 9]. Als Umschlagfalte wird jener Anteil der Gelenkkapsel bezeichnet, der distal vom Hüftgelenk am Femurhals in das Perichondrium übergeht (1). «Folgt man der Umschlagfalte entlang der Gelenkkapsel nach kranial an der Oberfläche des Hüftkopfes entlang, so findet sich an der Gelenkkapsel innen anliegend das Echo des Labrum acetabulare, gefolgt von echoarmen Strukturen des hyalinknorpelig präformierten Pfannendachs und dem starken Echo der knöchernen Pfanne (...) (1).» In der Regel lässt sich der Gelenkkopf nicht von der Gelenkspfanne trennen, da die beiden sehr dicht aneinander liegen.

Für die sonographische Untersuchung von Hüftreifungsstörungen stellt der Unterrand des Os iliums, der sich als starke Reflexzone wiedergibt, eines der wichtigsten Landmarken dar. Folgt man ihm nach kaudal, ist ein echoarmes „Loch“ erkennbar, welches die knorpelige Y-Fuge präsentiert. Die Fossa acetabuli, die mit Fett- und Bindegewebe gefüllt ist, wird sonographisch lateral der Y-Fuge als schwach echogen identifiziert (1). Die Fossa ist vom bereits verknöcherten Acetabulum umgeben. Für die Diagnostik und Typenklassifizierung von Hüftgelenkdysplasien ist die richtige sonographische Erkennung und Identifizierung des hyalinknorpelig präformierten Pfannendachs von großer Bedeutung, da wie bereits erwähnt das Pfannendach immer mitbetroffen ist. An das ossifizierte

Acetabulum nach lateral angrenzend sitzt das knorpelige Pfannendach auf, das einer unipolaren Wachstumsfuge entspricht (1). In das Gelenk frei hineinragend und nur einseitig mit dem knorpeligen Pfannendach verbunden befindet sich das Labrum acetabulare (ein Faserknorpelring).

1.4.2 Die Analyse eines Sonogramms

Zur korrekten Beurteilung und Analyse eines Säuglingshüftgelenkssonogramms gibt es eine von Graf empfohlene und standardisierte Vorgehensweise, um mögliche Fehler zu minimieren (1). Sie setzt sich aus den folgenden drei Komponenten zusammen: die anatomischen Identifizierung, die Standardebene und die Brauchbarkeitsprüfung.

1.4.2.1 Die anatomische Identifizierung

Unter der korrekten Lagerung des Neugeborenen und unter der korrekten Einstellung des Sonogramms mittels eines Linearschallkopfes erfolgt die anatomische Identifizierung. Als erstes wird die Knochen-Knorpel-Grenze aufgesucht [siehe Abb. 10]. Ist diese gefunden, geht man nach medial, um den ovalen, echoarmen Femurkopf zu identifizieren. Lateral von diesem und proximal der Knochen-Knorpel-Grenzen wird die Umschlagfalte erkannt. Von der Umschlagfalte ausgehend und entlang der Gelenkkapsel nach proximal gehend, kommt das Labrum acetabulare zur Darstellung (1). Vom Labrum acetabulare folgt man dem Femurkopf im Uhrzeigersinn von lateral nach medial, wo zuerst das hyalinknorpelig präformierte Pfannendach und dann am weitesten medial gelegen, die knöcherne Pfanne identifiziert werden können. Diese drei anatomischen Strukturen, Labrum-Knorpel-Knochen, werden auch die Standardreihe genannt [siehe Abb. 11]. Zur anatomischen Checkliste gehört weiter die Identifikation des knöchernen Erkers, der bei der Typisierung von Hüftgelenk dysplasien eine bedeutende Rolle spielt. «Der knöcherne Erker ist der Umschlagpunkt von Konkavität des Acetabulums zur Konvexität des Os iliums» (1). Die beschriebene Abfolge der anatomischen Punkte (Knorpel-Knochen-Grenze – Hüftkopf – Umschlagfalte – Gelenkkapsel – Labrum acetabulare – Knorpeldach – knöcherne Pfanne- knöcherner Erker) bleibt auch bei pathologisch veränderten Hüftgelenken prinzipiell gleich (1) [siehe Abb. 10].

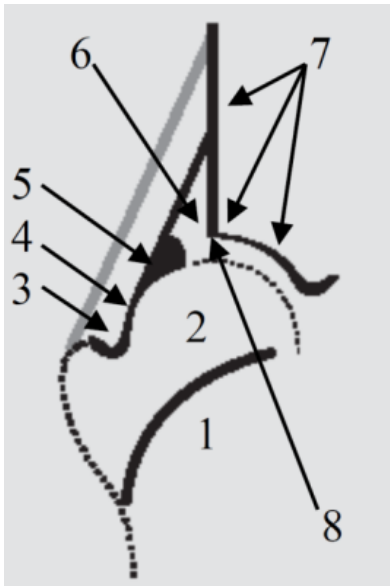


Abb. 10: anatomische Identifizierung (32)

- 1 Knorpel-Knochen-Grenze
- 2 Hüftkopf
- 3 Umschlagfalte
- 4 Gelenkkapsel
- 5 Labrum acetabulare
- 6 Knorpelig präformiertes Pfannendach
- 7 knöcherne Pfanne
- 8 Knöcherner Erker

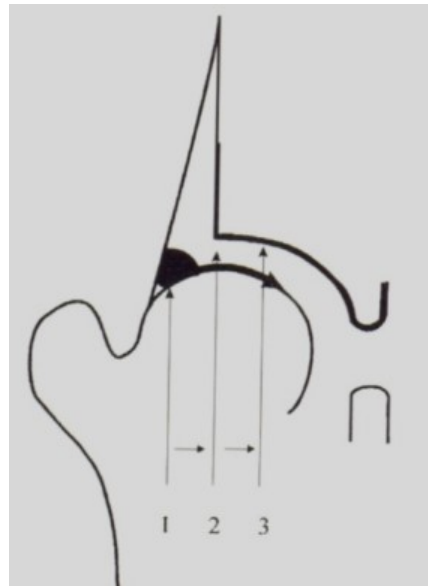


Abb. 11: Standardreihe (32)

- 1 Labrum acetabulare
- 2 hyaliner Pfannendachknorpel
- 3 knöcherne Pfanne

Checkliste 1: anatomische Identifizierung (1)

1. Knorpel-Knochen-Grenze
2. Hüftkopf
3. Umschlagfalte
4. Gelenkkapsel
5. Labrum
6. Standardreihe (Labrum, Knorpel, Knochen)
7. Konkavität – Konvexität (Erkerdefinition)

1.4.2.2 Die Standardebene

Das menschliche Hüftgelenk stellt einen geometrischen Körper dar, der nicht exakt rund wie eine Kugel ist. Um ein Schnittbild des Gelenks entsprechend im Raum richtig beschreiben zu können, sind drei anatomische Landmarken notwendig, die vorab genau festgelegt werden müssen. Alle drei Punkte müssen im Sonogramm ersichtlich sein, nur so kann sich der/die Untersucher*in sicher sein, dass das richtige Sonogramm eingestellt wurde (1). Mithilfe dieser drei Landmarken wird die

Schnittebene definiert und folglich wird das Schnittbild reproduzierbar. Das Sonogramm ist wertlos, sobald einer der drei Punkte fehlt. Die Standardebene wird durch die drei Landmarken definiert:

1. Unterrand des Os ilium in der Fossa acetabuli
2. mittlere Pfannendachschnittebene
3. Labrum acetabulare

Der Unterrand des Darmbeins in der Fossa acetabuli stellt jenen Punkt dar, der das Hüftgelenk exakt in der Mitte in zwei gleich große Hälften schneidet (1). Ist dieser identifiziert und sichtbar, kann der/die Untersucher*in zum zweiten Punkt übergehen. Um einen guten Frontalschnitt am mittleren Pfannendach zu erzielen, wird die Darmbeinkontur hergenommen. Entspricht dieser einer nach kranial ziehenden Geraden, ist auch die zweite Landmarke erfolgreich festgelegt. Sind die ersten beiden Punkte richtig eingestellt, wird mit strenger senkrechter Schallkopfhaltung das Labrum acetabulare mit deutlichem Echoreflex ersichtlich.

Die drei Landmarken der Standardebene müssen immer korrekt eingestellt werden, um ein verwertbares Sonogramm zu erstellen. Hierbei stellen dezentrierte Hüftgelenke eine Ausnahme dar. Durch die kraniodorsale Luxationsverschiebung des Femurkopfs lassen sich der Darmbeinunterrand und der Gelenkskopf nicht mehr in einer gemeinsamen Frontalebene einstellen (1).

1.4.2.3 Die Brauchbarkeitsprüfung

Am Ende entscheidet die Brauchbarkeitsprüfung, ob ein Sonogramm zur Beurteilung herangezogen werden darf. Sie beruht sich vor allem auf die korrekte sonographische Einstellung der Standardebene («Unterrand – Schnitt – Labrum» (1,33)), die im Anschluss an die richtige anatomische Identifizierung der wichtigen Strukturen durchgeführt wird [siehe Abb. 12]. Erfüllt das Sonogramm alle Kriterien, darf der Hüftgelenkstyp nach Graf bestimmt werden.

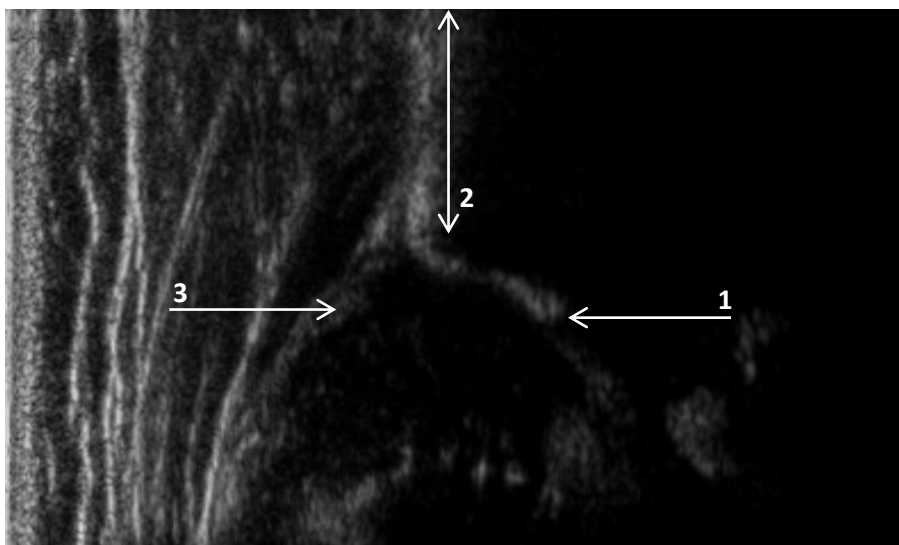


Abb. 12: Brauchbarkeitsprüfung (eigene Abbildung)

(1) Unterrand des Os ilium, (2) gestreckte Darmbeinsilhouette, (3) Labrum acetabulare

Checkliste 2: Brauchbarkeitsprüfung (1)

1. Unterrand des Os ilium
2. Schnittebene
3. Labrum acetabulare

1.4.2.4 Messlinien und Messwinkel

Die standardisierte Dokumentation erfordert zwei zeitversetzte angefertigte Sonogramme von jedem Hüftgelenk. Eines bleibt nativ und beim anderen werden Messlinien und –winkel eingetragen, um es anschließend typisieren zu können. Drei Linien (Grund-, Pfannendach-/Knochen- und Ausstell-/Knorpellinie) und zwei Winkel (Knochenwinkel α und Knorpelwinkel β) werden eingezeichnet. [siehe Abb. 13 - Abb. 16]

Die Grundlinie ist definiert als jene am obersten Erkerpunkt beginnende Linie, welche von lateral her tangential an die Darmbeinsilhouette nach distal ziehend angelegt wird (1,31,33). Der oberste Erkerpunkt ist anatomisch gesehen der Ansatz der Rektussehne, und sonographisch das Ende des proximalen Perichondriums. Wichtig zu wissen ist, dass die Grundlinie nicht immer parallel zum Bildrand verläuft (1). Die Pfannendach-/Knochenlinie wird ausgehend vom Unterrand des Os iliums, welcher den Drehpunkt darstellt, tangential an die knöchernen Pfanne gezogen (1,31,33). Die knöchernen Pfanne darf nicht mit dem knöchernen Erker verwechselt werden. Die Ausstell-/Knorpellinie verbindet den knöchernen Erker, der den Umschlagpunkt von konkav auf konvex entspricht, mit der Mitte des Labrum acetabulare (1,31,33).

Diese drei Linien treffen sich meist nicht in einem gemeinsamen Schnittpunkt. Dies tritt nur bei gesunden Typ I Hüftgelenken mit eckigem knöchernen Erker auf (1,31). Durch diese drei Linien entstehen zwei Winkel, der Knorpel- und der Knochenwinkel. Sie charakterisieren die Situation des jeweiligen Gewebeanteils. Der Knochenwinkel α ist der Winkel zwischen der Grundlinie und der Pfannendachlinie und spiegelt die Ausprägung der knöchernen Pfanne wieder (1). Je größer der Winkelwert α , desto besser ist der Femurkopf knöchern überdacht und desto geringer ist die Luxationsgefahr (1,31). Der Knorpelwinkel β wird zwischen der Grundlinie und der Ausstelllinie gemessen und gibt das Maß für Ausformung und Größe des knorpeligen Pfannendachs an (1,31,33).

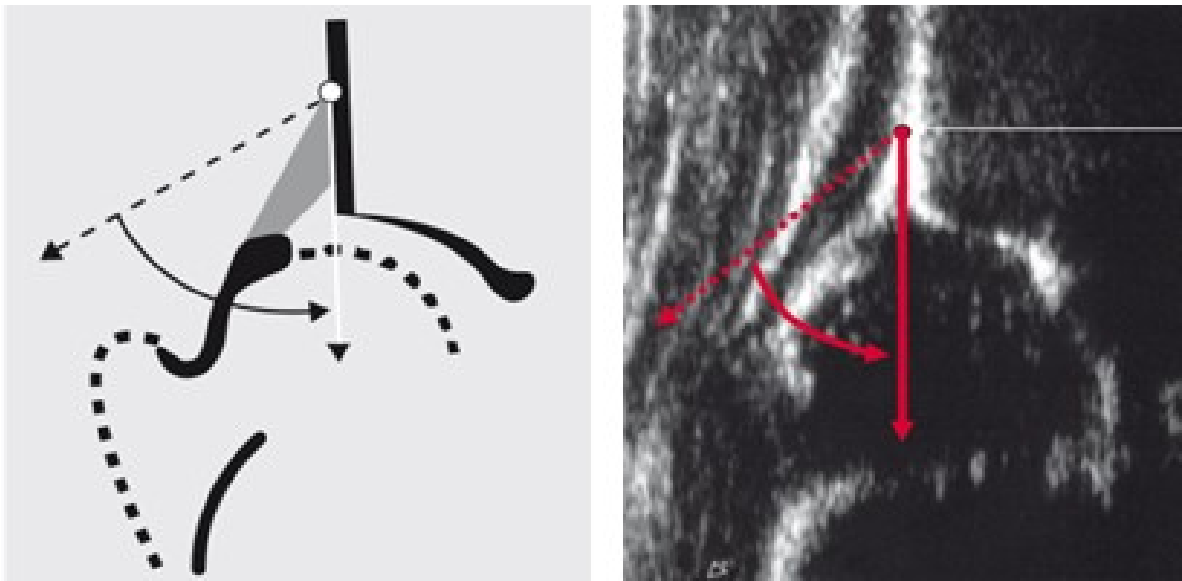


Abb. 13: Grundlinie - Skizze und Sonogramm (32)

vom obersten Erkerpunkt (Ansatz der Rektussehne) die Darmbeinsilhouette berührend (tangential) nach distal gezogen

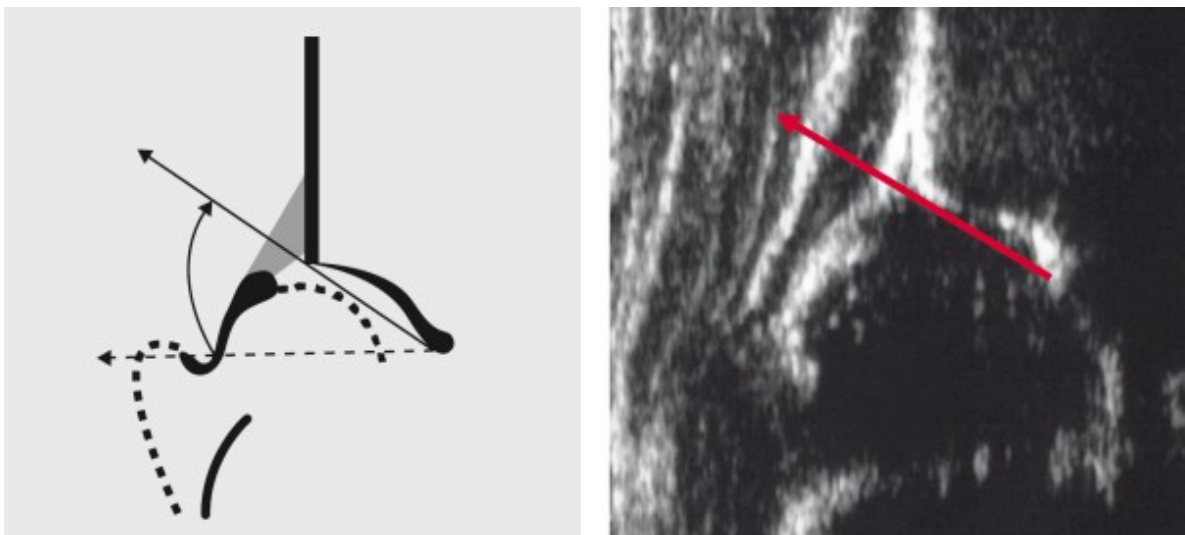


Abb. 14: Pfannendachlinie = Knochenlinie - Skizze und Sonogramm (32)

vom Unterrand des Os iliums (Drehpunkt) tangential an die knöcherne Pfanne

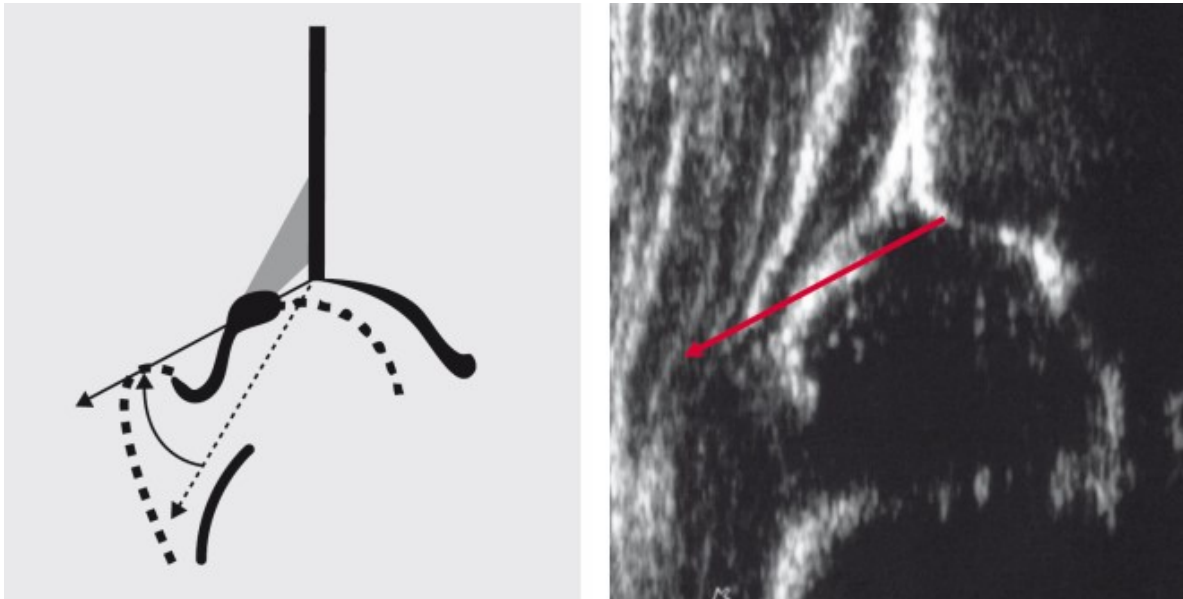


Abb. 15: Ausstelllinie = Knorpellinie - Skizze und Sonogramm (32)

Verbindung von knöchernem Erker (Umschlagpunkt) mit der Mitte des Labrum acetabulare

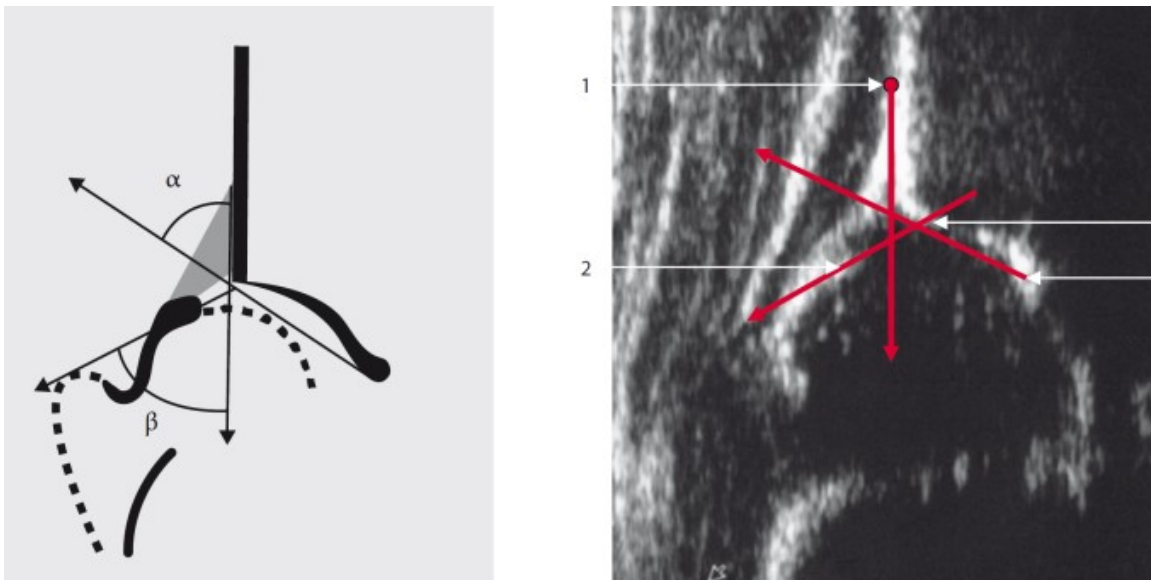


Abb. 16: Messlinien mit Knochenwinkel α und Knorpelwinkel β (32)

(1) oberster Erkerpunkt, (2) Labrum acetabulare, (3) knöcherner Erker, (4) Unterrand Os ilium

1.4.2.5 Hüftgelenkstypisierung nach Graf

Die Hüftgelenkstypisierung nach Graf gilt in der heutigen Zeit als „Goldstandard“ zur Diagnostik von Hüftreifungsstörungen. Sie orientiert sich an der von Prof. Reinhard Graf eigens etablierten Erkerdiagnostik, wodurch der anatomische sowie pathoanatomische Zustand der Gelenkspfanne präzise und korrekt wiedergegeben werden kann (12). Dabei wird ein besonderes Augenmerk auf das knöcherne und knorpelige Pfannendach sowie auf die knöcherne Erkerkontierung gelegt (1). Auf Basis der sonographisch erhobenen und gemessenen Winkel α und β werden die Hüftgelenkstypen mithilfe des Sonometers bestimmt und klassifiziert. Der Sonometer [siehe Abb. 17], setzt die beiden Winkel α und β durch gegenläufige lineare Anordnung im Verhältnis zueinander (1). Daraus lässt sich unter anderem ablesen: Je besser das knöcherne Pfannendach (je größer der numerische α -Wert) ausgebildet ist, desto geringer ist das knorpelige Pfannendach (je kleiner der numerische β -Wert).

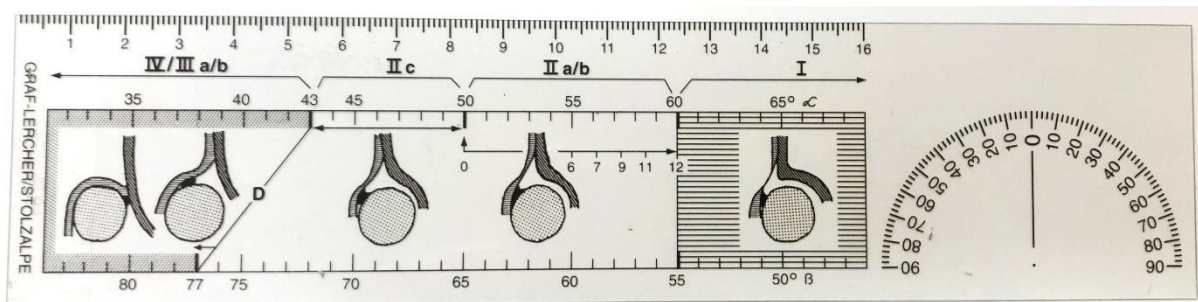


Abb. 17: Sonometer (eigene Abbildung)

Lineare Anordnung von α und gegenläufige Anordnung von β . Einteilung der Hüfttypen rechts Typ I, links dezentrierte Hüften, Typ IIIa/b und IV. In der Mitte Typ II mit Unterteilung in Typ IIa und Typ IIb sowie Typ IIc. Zeitskala für Neugeborene: der Geburtstermin 0 steht Alpha 50/51° gegenüber. Die 12-Wochen-Grenze steht bei Alpha 60° (1).

Ganz allgemein wird zwischen zentrierten (Typ I, IIa, IIb, IIc) und dezentrierten (Typ D, IIIa, IIIb, IV) Hüftgelenken differenziert. Hüftgelenktyp IIc stellt dabei den Übergang dar, der später noch genauer erklärt wird. Zusätzlich fließen mögliche morphologische Veränderungen am knorpeligen und knöchernen Anteil der Hüftpfanne in die Hüftgelenkstypisierung mit ein. Wichtig dabei ist, dass die Hüftgelenkstypen immer in Relation mit dem Alter des Neugeborenen gesetzt werden (1,10,33). Je nach Alter des Säuglings können bestimmte Typen physiologisch oder pathologisch sein.

Bei der Beschreibung der diversen Hüftgelenkstypen werden die knorpeligen und die knöchernen Anteile des Pfannendachs getrennt beschrieben (1). Wichtig dabei ist, dass die Typisierung der sonographisch untersuchten Hüftgelenke grundsätzlich „in Ruhe“ stattfindet. Für eine korrekte Befunddokumentation haben sich bestimmte sonographische Fach-Termini etabliert.

Ein Typ I Hüftgelenk stellt ein zentriertes, gesundes und physiologisches Hüftgelenk dar, das altersentsprechend ausgereift und entwickelt ist. Die knöcherne Formgebung ist gut mit $\alpha \geq 60^\circ$, das

knorpelige präformierte Pfannendach übergreift den Hüftkopf und das knöcherne Erkerareal ist eckig oder stumpf (1,33). Für eine Feindifferenzierung, die mittlerweile nicht mehr angewendet wird, wäre der Knorpelwinkel β relevant, da zwischen Typ Ia ($\beta < 55^\circ$) und Ib ($\beta > 55^\circ$) unterschieden werden könnte. Im Vergleich zu einer Ia Hüfte ist bei einer Ib Hüfte das knorpelige Pfannendach kürzer (1,33).

Typ II Hüftgelenke gehören ebenso zu den zentrierten Gelenken und beinhalten sowohl physiologische als auch pathologische Hüftgelenke. Für die genaue Differenzierung zwischen IIa und IIb fließen das Säuglingsalter und die Reifungs- bzw. Ossifikationsverzögerung in die Beurteilung mit ein. Da unmittelbar postnatal die Hüftgelenke möglicherweise noch nicht altersentsprechend voll ausgereift sind, wird mit einer Nachreifung in den folgenden Lebenswochen gerechnet. Typ IIa Hüftgelenke charakterisieren Hüftgelenke mit einem Knochenwinkel α von $50-59^\circ$ bei übergreifendem Pfannendach mit rundem Erkerareal und einer Säuglingshüfte jünger als drei Monate. Eine weitere Unterscheidung folgt in IIa(+) und IIa(-), welche erst ab der sechsten Lebenswoche durchgeführt wird. Ersteres wird mit einer laut Sonometer altersentsprechenden und ausreichenden knöchernen Formgebung beschrieben (1). IIa(+) Hüften weisen eine physiologische Verknöcherungsverzögerung auf, die sich noch im akzeptablen Rahmen hält. Bei Typ IIa(-) besteht jedoch eine laut Sonometer nicht altersentsprechende und zu kleine, mangelhafte knöcherne Formgebung (1). Bei diesen besteht bereits ein Reifungsdefizit mit pathologischem Krankheitswert und soll ab der sechsten Lebenswoche bei noch bestehendem Defizit therapiert werden (13,33).

Ein IIb Hüftgelenkstyp kommt bei Hüftgelenken älter als drei Monate mit einer sichtbaren Verknöcherungsverzögerung vor und entspricht einem dysplastischen Gelenk (33). Gleich wie bei Typ IIa ist die knöcherne Formgebung mangelhaft, das Erkerareal rund und das knorpelige Pfannendach übergreifend. Der Hauptunterschied zwischen IIa und IIb Hüftgelenken liegt im Alter des Säuglings. Mögliche Reifungsverzögerungen sind für ein vier Wochen altes Hüftgelenk noch akzeptabel, aber für ein vier Monate altes Hüftgelenk nicht mehr (1,33).

Ein IIc Hüftgelenk, auch „kritische Hüfte“ genannt, wird jenes Gelenk bezeichnet, das sich im Gefährdungsbereich zur nahen Dezentrierung befindet. Dieser Hüftgelenkstyp ist unabhängig vom Säuglingsalter, die knöcherne Formgebung präsentiert sich hochgradig mangelhaft ($\alpha = 43-49^\circ$) und das knöcherne Erkerareal stellt sich rund bis flach dar. Das verbreiterte Knorpeldach übergreift den Femurkopf noch und der Knorpelwinkel β beträgt weniger als 77° . Dieser Hüftgelenkstyp charakterisiert eine starke Pfannendysplasie und ein mögliches Herausgleiten aus der Pfanne in ein dezentriertes luxiertes Gelenk ist hoch (33).

Innerhalb des Hüftgelenkstyps IIc muss zwischen IIc „stabil“ und IIc „instabil“ unterschieden werden. Dies erfolgt mittels der sonographischen Stressuntersuchung nach Harcke (34). Bei dieser wird unter sonographischem Monitoring der Hüftkopf aus der Pfanne heraus luxiert. Die daraus resultierenden Pfannendachverbiegungen (β -Wert) sind quantitativ messbar und feststellbar (1). Der

Ablauf ist der zur klinischen Instabilitätsprüfung nach Roser-Ortolani ähnlich. Anstatt in Rückenlage liegt das Neugeborene auf der Seite in der Sonographieschale. Wird ein Ilc Hüftgelenk während der Untersuchung luxiert und in einen Hüftgelenkstyp D mit $\beta > 77^\circ$ überführt, wird es als Ilc „instabil“ klassifiziert. Luxiert das Hüftgelenk unter Druck kaum und der Hüftkopf verbiegt lediglich das knorpelige Pfannendach ($\beta < 77^\circ$), wird es als Ilc „stabil“ typisiert. Folglich stellen Ilc Hüftgelenke den Übergang von zentrierten (Ilc stabil) zu dezentrierten (Ilc instabil) Gelenken dar (1).

Typ D Hüftgelenke kategorisieren das erste Stadium der Dezentrierung („am Dezentrieren“) und werden durch eine hochgradige mangelhafte knöcherne Formgebung ($\alpha = 43-49^\circ$) mit einem runden bis flachen Erker und durch ein verdrängtes knorpeliges Pfannendach ($\beta > 77^\circ$) charakterisiert (1).

In weiterer Folge werden noch Typ III und Typ IV Hüftgelenke unterschieden, die bereits dezentriert sind und eine schlechte knöcherne Pfannenüberdachung ($\alpha < 43^\circ$) mit flachem Erker vorweisen. Diese lassen sich in der Regel nicht in der Standardebene einstellen, wodurch sie nicht mehr ausgemessen werden dürfen. Eine Beurteilung ist jedoch möglich, da sie sich morphologisch in Bezug auf die Verdrängung des knorpeligen Pfannendaches unterscheiden. Bei einem Typ III Hüftgelenk wird das knorpelige Pfannendach nach kranial verdrängt. Die frühere Einteilung in IIIa mit oder IIIb ohne begleitende Strukturstörung hat man inzwischen verlassen. Die Struktur beschrieb eine veränderte Echogenität des Knorpeldaches im Sonogramm (1).

Das in Richtung Urfanne nach kaudal verdrängte knorpelige Pfannendach, eingeklemmt zwischen Os ilium und Femurkopf, tritt bei einem Typ IV Hüftgelenk auf. Je nach morphologischem Verlauf des Perichondriums im Sonogramm kann der/die Untersucher*in erkennen, ob es sich um ein Typ III („nach kranial ziehendes Perichondrium“) oder Typ IV („horizontales oder muldenförmiges Perichondrium“) Hüftgelenk handelt. Typ III und Typ IV Hüften werden heute als „dezentrierte Hüften“ geführt – oft ohne den Subtyp zu klassifizieren.

In der unten stehenden Tabelle sind alle Hüftgelenkstypen übersichtlich zusammengefasst und in Abb. 18 sind die wichtigsten Typen sonographisch dargestellt. Ein „übergreifendes“ knöchernes Pfannendach bedeutet, dass das Labrum acetabulare tiefer als der knöcherne Erker steht und spricht für ein zentriertes Hüftgelenk (1,31). Sind sie etwa auf gleicher Höhe, ist eine erhöhte Aufmerksamkeit geboten, da es sich um Hüften im Gefährdungsbereich (Typ Ilc, D) handelt. Bei einem „verdrängten“ Knorpeldach steht das Labrum aufgrund der Dezentrierung höher als der knöcherne Erker und ist für alle luxierten Hüftgelenkstypen (III, IV) gültig (1,31).

Tab.: Übersicht und Beschreibung der Hüfttypen nach Graf
(eigene Tabelle angelehnt an (1,12))

Hüftgelenkstyp	Alter	Pfannenwinkel α	Knöcherner Erker	Knorpelwinkel β
I: reifes Hüftgelenk	jedes Alter	gut $\alpha \geq 60^\circ$	eckig/stumpf	übergreifend $\beta < 55^\circ$
Ila: physiologisch unreif, altersentsprechend	<12 Wochen	ausreichend $\alpha = 50-59^\circ$	rund	übergreifend
Ila+: physiologisch unreif, altersentsprechend	>6 Wochen			
Ila-: physiologisch unreif, mit Reifungsdefizit				
Ilb: Verknöcherungsverzögerung	>12 Wochen	mangelhaft $\alpha = 50-59^\circ$		
Ilc: Hüftgelenk in Gefährdung	jedes Alter	hochgradig mangelhaft $\alpha = 43-49^\circ$	rund bis flach	noch übergreifend, stabil $\beta < 77^\circ$
D: Hüftgelenk am Dezentrieren				verdrängt $\beta > 77^\circ$
III: dezentriertes Hüftgelenk		schlecht $\alpha < 43^\circ$	flach	nach kranial verdrängt
IV: dezentriertes Hüftgelenk				nach kaudal verdrängt

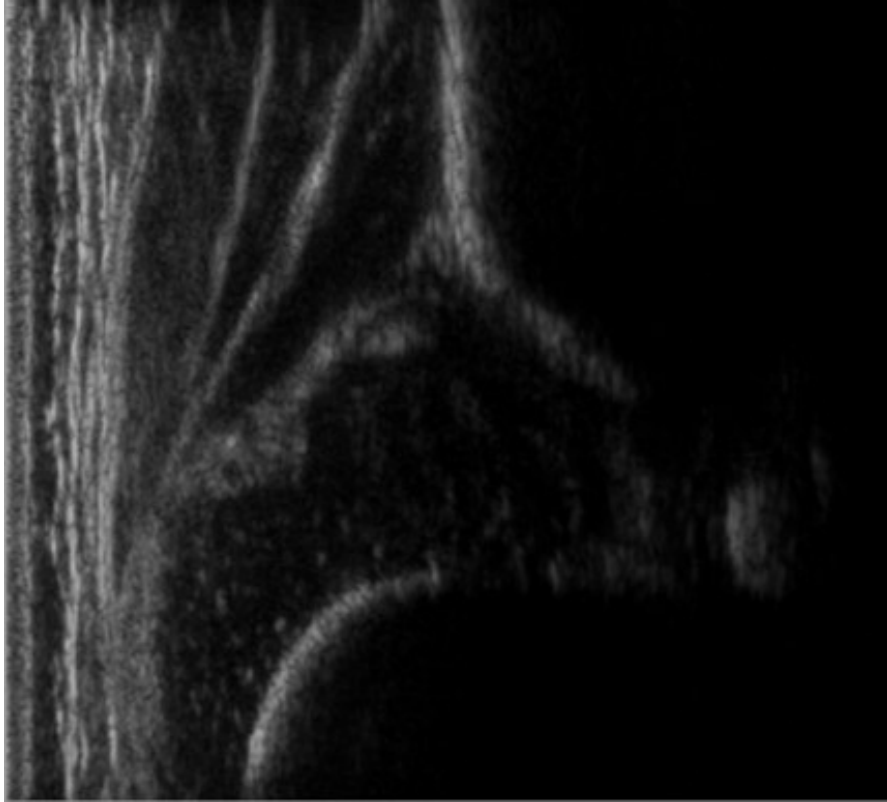
Abb. 18: Sonogramme der wichtigsten Hüfttypen nach Graf (eigene Abbildungen)



Normale Hüfte: Typ I



Verknöcherungsverzögerung: Typ IIb



Gefährdete Hüfte: Typ IIc



Dezentriertes Gelenk: Typ III

Die Beurteilung eines Sonogramms und die daraus resultierende Klassifizierung der verschiedenen Hüftgelenkstypen nach Graf berücksichtigt sowohl quantitative (durch die gemessenen Winkel) als auch qualitative (durch unterschiedliche Echogenitäten der anatomischen Strukturen) Aspekte mit Einbezug des Säuglingsalter (6,10). Die erhobenen deskriptiven Daten sowie Messwerte müssen den gleichen Hüftgelenkstyp ergeben, um eine kongruente Beurteilung liefern zu können. Sollte dies nicht der Fall sein, ist der/die Untersucher*in gezwungen, seine Arbeit nochmals zu überprüfen und revidieren. Wurden alle anatomischen Strukturen klar identifiziert? Ist die Brauchbarkeitsprüfung valide? Wurden die morphologischen Anteile des knöchernen und knorpeligen Pfannendachs richtig beschrieben? Wurden die Messwinkel sowie –linien korrekt eingezeichnet? Nur eine stimmige Befundung darf Anlass zu weiteren diagnostischen und therapeutischen Schritten geben.

1.5 Das Röntgen

Das Hüftgelenk eines Neugeborenen besteht mehrheitlich aus knorpeligem Gewebe, welches sich erst Schritt für Schritt in Knochengewebe umbauen muss. Diese morphologischen Veränderungen beginnen zwischen dem zweiten und achten Lebensmonat des Neugeborenen mit dem Hauptaugenmerk auf dem Hüftkopfepiphysenkern (1). Sonographisch lässt sich dieser Umbauprozess auf zellulärer Ebene bereits vier bis acht Wochen früher als im Röntgen erkennen, welches nur knöcherne Strukturen darstellen kann (1,33). Der/Die Untersucher*in darf daher niemals ein Sonogramm und ein Röntgenbild, welche beide am gleichen Tag angefertigt wurden, miteinander vergleichen (1,33). Das Röntgen hinkt der Sonographie um ein bis zwei Monate hinterher. Folglich ist eine röntgenologische Untersuchung in der Frühdiagnostik von Hüftreifeungsstörungen durch die Sonographie obsolet geworden und in den Hintergrund geraten.

Im Vergleich bringt das konventionelle Röntgen in den ersten Lebensmonaten mehrere Nachteile gegenüber der mittlerweile standardisierten sonographischen Untersuchung mit sich. Durch den hohen knorpeligen Anteil beim kindlichen Hüftgelenk ist die Aussagekraft mit geringer Spezifität über mögliche Hüftgelenkdysplasien begrenzt, da nur bereits ossifizierte Anteile betrachtet werden können (1). Die Qualität einer röntgenologischen Aufnahme ist stark von der Lagerung und Stellung der Hüfte sowie der Beine abhängig (6). Aufnahmebedingte Fehler geben Anlass zur fehlerhaften Interpretation und Befundung des Röntgenbildes und in weiterer Folge zu keiner oder gar falschen Therapie (1). Im Vergleich dazu ist ein Sonogramm lagerungsunabhängig und die Stellung der Beine hat keinen Einfluss, weder auf die Bildqualität noch auf die Messungen. Die sonographische Messebene entspricht der Standardebene, die sich immer exakt im mittleren Pfannendachbereich befindet (1). Pfanne und Kopf agieren wie ein Schlüssel-Schloss-Prinzip, sodass

das coxale Femurende seine Spuren am Pfannendach hinterlässt. Als nicht strahlenbelastende, rasch und einfach durchführbare, jederzeit reproduzierbare und dynamische Untersuchung überliegt die Sonographie zusätzlich dem konventionellen Röntgen stark und unterstreicht ihren Stellenwert in der Frühdiagnostik von Hüftreifungsstörungen bei Säuglingen.

Mit beginnender und zunehmender Verknöcherung der knorpeligen Anteile am Ende des ersten Lebensjahrs gewinnt das Röntgen vermehrt an Bedeutung. Der ossifizierte Hüftkopfkern, welcher zwischen dem zweiten und achten Lebensmonat auftritt, und dessen sonographischer Schallschatten nehmen an Größe zu und verdecken zunehmend den Unterrand des Os iliums, wodurch die Brauchbarkeitsprüfung nicht mehr erfüllt werden kann (1,33). Ab diesem Zeitpunkt wird die Sonographie vom konventionellen Röntgen abgelöst.

Das erste Verlaufs- bzw. Kontrollröntgen beider Hüften in anterior-posterior Projektion wird zu Gehbeginn um das erste Lebensjahr durchgeführt (3,10). Eine wichtige Indikation für eine Röntgenbildanfertigung stellt vor allem die Verlaufskontrolle nach Behandlungsende bei pathologischen Hüftgelenken, insbesondere zum Ausschluss einer möglichen Restdysplasie, Ossifikationsstörungen der Pfanne oder einer aseptischen Hüftkopfnekrose, dar (1,6,10,11). Zusätzlich wird darauf geachtet, wie sich das Pfannendach nach therapierter Hüftgelenkdysplasie und die Überdachung des Femurkopfes präsentieren. Dies erfolgt quantitativ durch Ausmessen des Acetabulumwinkels (=Pfannendachwinkel, AC-Winkel). Der AC-Winkel beträgt nach dem ersten Lebensjahr 20-23° und mit vier Jahren unter 20° (3,6). Um mögliche Sekundärdysplasien, präarthrotische Deformitäten oder Schädigungen an den Epiphysenfugen auszuschließen, werden weiter Verlaufsrontgen im Alter von sechs und von elf Jahren (vor der Pubertät) und nach Wachstumsende empfohlen (33).

1.6 Therapie

Das menschliche Neugeborene wird unreif auf die Welt gebracht und in der anschließenden postnatalen Phase setzt sich die weitere Entwicklung fort. Diese Zeit ist auch für die Nach- und Ausreifung der physiologisch unreifen Hüfte sehr wichtig. Zwischen der eher kleinen knorpeligen Pfanne und dem relativ großen Hüftkopf herrscht pränatal und besonders postnatal ein beachtliches Missverhältnis, das perinatal ihr Maximum erreicht (10).

In dieser Phase ist das Hüftgelenk vor allem gegenüber einwirkenden Kräften sehr empfindlich. Insbesondere die knorpelige Pfanne weist jedoch eine enorme Reifungs- und Wachstumspotenz auf, wie Tschauner et al. (7) mit der „Reifungskurve“ zeigten, die bei der Therapie von Hüftreifungsstörungen eine bedeutende Rolle spielt. Der Kurvenverlauf lässt den Rückschluss ziehen, dass während der ersten sechs Lebenswochen (erste Periode) das Acetabulum eines

Neugeborenen eine exponentielle Entwicklungspotenz hat. In den darauffolgenden sechs Lebenswochen bis zum Anfang des dritten Lebensmonats (zweite Periode) flacht diese bereits ein wenig ab und mit Beginn des vierten Lebensmonats (dritte Periode) pendelt sich eine Reifungskonstanz mit einzelnen Änderungen ein (1,7). Folglich lässt sich das Fazit ziehen: Je früher ein pathologisches Hüftgelenk richtig therapiert wird, umso mehr kann die physiologische Reifungspotenz begleitet von der hohen Chance vollständiger Genesung genutzt werden (12). Die retrospektive Datenanalyse im Zuge dieser Arbeit und die klinische Erfahrung decken sich mit der Theorie der Reifungskurve, dass selbst dezentrierte Hüftgelenke mit einem frühen konservativen Behandlungsbeginn in der ersten Periode gute Ausheilungstendenzen vorweisen. Bei der Behandlung von Hüftreifungsstörungen stehen konservative und operative Verfahren zur Auswahl. Die Grundtherapiewahl richtet sich nach dem Alter des Säuglings und dem Schweregrad sowie der Art der Reifungsstörung, dabei muss klar ein physiologisch unreifes von einem pathologischen Hüftgelenk differenziert werden (12,14).

1.6.1 Die konservative Therapie

Das Haupttherapieziel bei einer Hüftreifungsstörung ist die Wiederherstellung des altersentsprechenden physiologischen Zustandes, sprich eines stabil zentrierten Hüftkopfes in der gut übergreifenden Pfanne. Mögliche Sekundärfolgen wie zum Beispiel morphologische Gelenksveränderungen, die eine Gelenksabnutzung beschleunigen, müssen unbedingt vermieden werden, da eine frühe Coxarthrose einen frühzeitigen Gelenksersatz als Konsequenz hat.

Bei den anschließenden Therapiemöglichkeiten spielen nicht nur das Alter des Säuglings und der Hüftgelenkstyp, sondern auch die Compliance der Eltern eine große Rolle (19). Neben der richtigen einleitenden Therapie stellen regelmäßige sonographische Verlaufs- sowie Kontrolluntersuchungen einen wichtigen Aspekt in der Therapie der Hüftreifungsstörungen dar. Anhand der physiologischen „Reifungskurve“ nach Tschauer et al. (7) sind diese bei Säuglingen jünger als zwölf Lebenswochen alle vier bis sechs Wochen und bei Säuglingen älter als zwölf Lebenswochen alle acht bis zehn Wochen notwendig und sollen bis zu Ausreifung der Hüftgelenke fortgeführt werden (1,33).

Die Versorgung der Hüftgelenkluxation wird in vier Phasen gegliedert: die Vorbereitungs-, die Repositions-, die Retentions- und die Nachreifungsphase.

1. Die Vorbereitungsphase

Das Hauptaugenmerk dieser Phase liegt in der Vorbereitung für die anschließend durchführende Reposition bei dezentrierten Hüftgelenken durch Lockerung des Hüft-Pfannen-Systems und Dehnung der verkürzten Muskulatur (1,16). Meist handelt es sich dabei um Hüftgelenke mit deutlicher Adduktorenverkürzung und erkennbarer Abspreiz- sowie Bewegungshemmung (1,10,33).

Das nach kaudal gedrängte hyalinknorpelige Pfannendach kann je nach Hüftgelenkstyp ebenso ein Repositionshindernis darstellen, wodurch zuerst eine Vorbereitung notwendig ist (1,16). Bei der sehr weit verbreiteten und gern verwendeten stationären Overhead-Extension Behandlung, liegt der Säugling am Rücken mit mehr als 90° flektierten Hüftgelenken [siehe Abb. 19] (10). Die Beine sind über eine beschwerte Schnur mit einer über dem Neugeborenen montierten Querstange verbunden, dadurch bleibt die gebeugte Hüftposition aufrecht gehalten (10). Die Schnur kann entlang der Querstange verschoben werden, wodurch eine steigende Abduktion im Hüftgelenk bis maximal 45-50° erreicht werden soll (1,10,16). Diese Behandlung dauert in etwa acht Tage, wonach sich am Ende der Femurkopf bereits meist selbst spontan reponiert hat (10,16).

Bei rein funktionellen Muskelkontrakturen kann mittels Krankengymnastik und physiotherapeutischen Übungen auf neurophysiologischer Basis mittels Vojta-Therapie die Muskulatur detonisiert und das Weichteilgewebe gelockert werden (1,6,10,16).

2. Die Repositionsphase

Das Ziel der Reposition ist die Wiederherstellung der korrekten anatomischen Verhältnisse durch optimale Einstellung des Femurkopfs in der Hüftpfanne bei dezentrierten Gelenken nach Graf entsprechend Typ D, III und IV. Das Grundprinzip besteht darin, den Kopf zentrisch in die knorpelige Urfpanne zu platzieren und die Lage anschließend bildgebend zu überprüfen. Auch sogenannte Repositionsorthesen kommen zum Einsatz.

Die Reposition mit einer Pavlik-Bandage stellt eine Möglichkeit dar, die einem dynamischen Behandlungsprinzip zu Grunde liegt [siehe Abb. 21]. Die untere Extremität wird mit Fußschnallen, Schultergurten und Riemen in einer flektierten (110°), abduzierten (45-50°) Haltung fixiert (3). Die Beugung im Hüftgelenk bringt den Femurkopf nach kaudal und gemeinsam mit der Abduktion, welche den Kopf ventralisiert, gleitet der luxierte Kopf zurück in die Pfanne. Beim Einstellen der Bandage muss darauf geachtet werden, dass sich der Bewegungsumfang der Hüfte in der sogenannten „sicheren Zone“ befindet, die abhängig von der Abduktionsfähigkeit und Instabilität des Hüftgelenks ist (6). Ist die Abduktion zu groß, besteht die Komplikationsgefahr einer Hüftkopfnekrose. Ist sie zu klein bzw. eine erhöhte Adduktion, steigt das Risiko einer Reluxation. In Folge ist wichtig, dass die Zügel nicht zu straff angelegt sind, da kindliche Eigenbewegungen besonders das Strampeln in Flexion und Abduktion den Repositionsvorgang auslösen (16). Für einen guten Therapieerfolg sind die richtige Handhabung der Bandage, die elterliche Compliance und regelmäßige Kontrollen beim/bei der behandelnden Arzt/Ärztin entscheidend (3).

Eine Alternative, den dezentrierten Hüftkopf „sanft“ zu reponieren, ist die bereits erwähnte stationär durchgeführte Overhead-Extension, bei der nach erfolgreicher Vorbereitung des Weichteilgewebes der Hüftkopf manuell reponiert werden kann, wenn er sich nicht bereits von selbst richtig eingestellt hat. Um sicherzustellen, ob sich der Femurkopf zentriert in der Pfanne

eingestellt hat, und um ein mögliches Repositionshindernis zu erkennen, wird unter Narkose eine Arthrographie des Hüftgelenks durchgeführt.

Bei den verschiedenen Repositionsmanövern ist besonders darauf zu achten, dass die Rezentrierung des Hüftkopfs nicht forciert wird und nicht unter großem Druck oder unter Gewalt stattfindet, denn als Folge würde der Hüftkopf sowie der nach kaudal gedrückte knorpelige Pfannendachanteil komprimiert werden (1). Ebenso ist auch eine Abduktion über 50° zu vermeiden, da dadurch der axiale Druck ansteigt und sekundär die arteriellen Kopfsinusoide kollabieren sowie die Schenkelhalsgefäße gezerzt werden (1,3,16,33). Durch den erhöhten Druck und die vermehrte Kraftkompression wird die Durchblutung an der knorpeligen Hüftkopfepiphyse und an der Knorpel-Knochen-Grenze des Acetabulums gestört. Im weiteren Verlauf kann sich später eine aseptische Hüftkopfnekrose mit möglicher bleibender Dysplasie entwickeln (1,11,16,33). Ebenso kann langfristig eine Beinverkürzung entstehen (11). Deshalb ist: «Die zentrische Einstellung des Hüftkopfes in die Tiefe der Urfanne [...] - ein dynamischer Prozess, bei dem der Hüftkopf den nach kaudal gedrückten hyalinknorpeligen präformierten Pfannendachanteil vorsichtig durch Mikrobewegungen wieder remodelliert - ohne die Wachstumszone an der Knorpel-Knochen-Grenze des Acetabulums zu zerstören» (1) wichtig.

Mittels Arthrographie des Hüftgelenks kann nach dem Hindernis gesucht werden, wenn eine Reposition nicht möglich ist. Im Säuglingsalter ist hierfür ein elongiertes Ligamentum capitis femoris oder ein Pfannenpulvinar verantwortlich. Sind alle konservativen Möglichkeiten ausgeschöpft, muss eine offene, das heißt eine operative Reposition erfolgen, um den Femurkopf wieder in seine korrekte Lage zu bringen.

3. Die Retentionsphase

Die Retention hat das Ziel, den Femurkopf in zentrierter Stellung in der Urfanne sicher zu halten, um so die weitere Ausheilung und besonders die Nachreifung des Hüftgelenks zu gewährleisten. Während dieser Phase darf der Hüftkopf nicht in die von ihm gebildete Sekundärpfanne reluxieren, da sonst der Heilungsprozess gestoppt wird. Das inkongruente Kopf-Pfannen-System und die schlaffe Gelenkkapsel benötigen Zeit, Ruhe und Stabilität, um den Remodellierungsprozess voranzutreiben.

In den ersten Lebenswochen und -monaten wird der natürlichen intrauterinen Haltung, der sogenannten „human position“, ein großer Stellenwert zugeschrieben. Dabei sind die kindlichen Hüftgelenke über 90° gebeugt und 45° - 50° abgespreizt. Sie wird oft auch die Sitz-Hock-Position genannt (1,16,33). Der Hüftgelenkskopf stellt sich folglich tief in die Pfanne ein, stabilisiert durch eine mäßige Abduktion, die nicht überschritten werden darf. Diese pfannendachentlastende Stellung kann mittels verschiedenen Retentionsorthesen erreicht und über den Therapiezeitraum gehalten werden. Je nach Alter des Säuglings, Schweregrad der Hüftgelenksstörung bzw. Hüfttyp nach Graf und der

elterlichen Compliance stehen verschiedene Orthesen zur Auswahl, die die Sitz-Hock-Position mit Kopftiefeinstellung und sicherer Stabilisierung erfüllen (1).

Bei dezentrierten und instabilen Hüftgelenken mit bleibender Instabilität, die zuvor reponiert wurden, entsprechend Hüftgelenkstypen D, III und IV nach Graf, muss eine rigide „Orthese“ gewählt werden, um eine Relaxation durch Bewegungen zu vermeiden. Dabei eignet sich sehr gut der Sitz-Hock-Gips nach Fettweiß, der die kindlichen Hüften in der „human position“ für den Zeitraum der Behandlung hält [siehe Abb. 20] (10). Durch eine ausreichende Polsterung zwischen Haut und Gipsmaterial sind Mikrobewegungen möglich und auch notwendig, um die Knorpelernährung des Hüftgelenks gewährleisten zu können und aufrecht zu halten (1,33). Der große Vorteil der Fettweißgips-Retentionsorthese besteht darin, dass die Behandlung unabhängig von der elterlichen Compliance ist, und folglich die Idealstellung über den Therapiezeitraum von zwei bis vier Wochen abhängig vom Säuglingsalter, -wachstum und Hüfttyp gehalten werden kann (1,3).

Eine weitere Möglichkeit der Retentionstherapie stellt die Pavlik-Bandage dar, die sich ebenso für zuvor luxierte Hüftgelenke eignet. Durch richtiges Einstellen der Gurte, Schnallen und Riemen soll das Hüftgelenk wie beim Fettweißgips in eine flektierte, abduzierte und leicht innenrotierte Sitz-Hock-Stellung gebracht werden (6). Sie erfordert eine sehr gute kooperative elterliche Compliance, um den Hüftkopf in stabiler zentrierter Stellung zu halten und den Ausreifungsprozess sowie die Nachreifung zu fördern.

Der Hüftgelenkstyp IIc „instabil“ stellt in der Therapie von dezentrierten Formen eine Ausnahme dar, denn in den ersten vier Lebenswochen kann der Säugling mittels einer straff angelegten Mittelmeier-Graf-Spreizhose konservativ versorgt werden [siehe Abb. 22] (1). Zeigt sich anschließend weiterhin ein Typ IIc „instabil“ oder schlechter, dann wird mit einem Fettweißgips weiter behandelt. Ist das Hüftgelenk nachgereift und ein Typ IIc „stabil“ oder besser geworden, wird die bisherige Spreizhosenbehandlung fortgeführt (1).

Von allen vier Therapiestufen ist die Retentionsphase am heikelsten und Bedarf besonderer Aufmerksamkeit, Vorsicht und regelmäßigen Verlaufskontrollen (1). Mit einer falschen Behandlung kann viel Schaden angerichtet werden und sekundär der weitere Heilungsverlauf stark beeinflusst werden.

4. Die Nachreifungsphase

Mit der Nachreifungsphase beginnt die letzte Stufe der Ausheilung von Hüftreifungsstörungen mit folgender pathoanatomischen Ausgangslage: Das Hüftgelenk ist stabil, die Gelenkkapsel ist wieder straff geworden, der Hüftkopf steht tief zentriert in der Urfanne, das hyalinknorpelige Pfannendach liegt kongruent auf dem Femurkopf und hat seine Ursprungsform wieder erlangt, aber es ist noch nicht ausreichend ossifiziert (1,33). Folglich sind Druck- und Scherkräfte in kraniokaudaler Richtung strikt zu vermeiden, da sie sekundär zu einer Pfannendachdeformierung und Relaxation des

Hüftgelenks führen können. Die Sitz-Hock-Position wird auch in dieser Phase weitergeführt, um einerseits die unterstützende pfannendachentlastende Wirkung zu nutzen und andererseits die Pfannendachknorpelnachreifung im Sinne einer Ossifikation zu fördern. Folglich soll mit der Nachreifungsorthese das Hüftgelenk weiterhin in eine flektierte, mittelgradige abduzierte Position gebracht werden, wobei eingeschränkte Strampelbewegungen möglich und erlaubt sind (1,33). Wichtig dabei ist, dass weder Druck- noch Scherkräfte auf das Gelenk ausgeübt werden. In dieser Stellung wird das kindliche Hüftgelenk so lange weiter therapiert bis es einem physiologischen Typ I Hüftgelenk entspricht (1,12,13).

In der abschließenden Phase werden sogenannte Spreizschienen bzw. Spreizhosen zur Nachreifung und Ossifizierung des Pfannendachs bis zum altersentsprechend ausgereiften Hüftgelenk verwendet. Die dabei behandelten Hüfttypen nach Graf sind stabil, zentriert und weisen eine Reifungsverzögerung entsprechend IIc „stabil“, IIb und IIa(-) auf. Bei diesen Orthesen wird das Gelenk in eine leicht dynamische gebeugte Abspreizstellung gebracht. Es gibt verschiedene Spreizhosen und -schienen, allen voran die bekannte Tübingerschiene [siehe Abb. 23] oder die Mittelmeier-Graf-Spreizhose/-schiene [siehe Abb. 22], die alle gemeinsam das gleiche Therapieziel haben, nämlich die volle Ausheilung und Nachverknöcherung der Pfannendachdysplasie (6). Wichtig dabei ist, dass die Orthese richtig angelegt ist und täglich 23 Stunden sowie dauerhaft über den Behandlungszeitraum getragen wird. Die Behandlung wird mit regelmäßigen sonographischen Kontroll- und Verlaufsuntersuchungen überprüft.

Bei geringgradiger Pfannendachdysplasie unreifer Gelenke bei Hüfttyp IIa(+) nach Graf wird oftmals „breites Wickeln“ empfohlen [siehe Abb. 24]. Hierfür gibt es allerdings keine Evidenz. Einige afrikanische und südostasiatische Naturvölker wickeln ihre Kinder breit und tragen sie in einer Sitz-Hock-Stellung in einem Tragetuch, was die Hüftausreifung begünstigen soll. Diese Gebiete weisen sehr geringe Inzidenzen für Hüftreifungsstörungen auf. Hohe Luxaktionsraten hingegen gibt es bei Völkern, bei denen die kindlichen Hüftgelenke unmittelbar nach der Geburt in Streckstellung gebracht oder auf ein Wickelbrett gebunden werden, zum Beispiel bei einigen Indianerstämmen oder Eskimos. Extension im Hüftgelenk und auch konsequente Bauchlage gelten generell als luxationsfördernd und sollten daher postnatal bei der kindlichen Pflege unbedingt vermieden werden (10).

Übersicht einiger Therapiemöglichkeiten



Abb. 19: Overhead-Extension (35)



Abb. 20: Fettweißgips (36)



Abb. 21: Pavlik-Bandage (37)



Abb. 22: Mittelmeier-Graf Spreizhose (38)



Abb. 23: Tübingerschiene (35)



Abb. 24: Breit wickeln (39)

Je früher mit der richtigen Behandlung begonnen wird, umso größer ist die Chance auf volle Nachreifung und Ausheilung einer Hüftreifungsstörung. Bei schwerwiegenden morphologischen Veränderungen eines kindlichen Hüftgelenks ist die Anforderung an die Wachstumsreserve und die Reifungspotenz sehr hoch, da die volle mögliche Zeitspanne genutzt werden soll, um die Pfannendachdysplasie unter der korrekten Behandlung auszutherepiieren (10). Je nach Zeitpunkt des Therapiebeginns und vor allem in Abhängigkeit der Dauer der bestehenden Hüftreifungsstörung kann die prognostische Aussicht auf volle Genesung variieren. Im schlechtesten Fall ist sie wie bei einer echten angeborenen teratologischen Hüftinstabilität sehr ungünstig, im besten Fall wird die Luxation perinatal erkannt und sofort mit einer fast 100% Ausheilungschance austherapiert (10).

1.6.1.1 Versagen der konservativen Therapie

Es gibt einige Gründe, warum eine sehr gute und bewiesene Behandlung nicht das erwartete und entsprechende Ergebnis liefert. Die Entwicklung von Hüftreifungsstörungen sowie ihre Behandlung werden von vielen verschiedenen Faktoren beeinflusst, die den weiteren Heilungsprozess in eine Richtung lenken und im ungünstigsten Fall zu einem Versagen der Therapie führen.

Auf Basis der Reifungskurve ist die Wachstumspotenz eines kindlichen Hüftgelenks während der ersten paar Lebensmonate klar erhöht, mit zunehmender Zeit kommt es jedoch zu einem plateauartigen Verlauf. Je früher der richtige Hüftgelenkstyp nach Graf bestimmt wird und eine korrekte Diagnose mit adäquater Therapie begonnen wird, umso mehr kann die physiologische Ausheilungspotenz des Neugeborenen genutzt werden. Der kritische Zeitpunkt liegt um die vierte bis spätestens sechste Lebenswoche. Bis dahin soll bereits mit der notwendigen Therapie begonnen worden sein, um die Chance auf eine volle Ausheilung zu bewahren (1). Wird eine angebrachte Behandlung erst nach diesem Zeitpunkt eingeleitet, steigt die Wahrscheinlichkeit des Scheiterns der Therapie begleitet von einem nicht zufriedenstellenden Endergebnis.

Ein weiterer Aspekt stellt die nicht stadiengerechte Wahl des Behandlungsbehelfs dar, was in weiterer Folge zu einem Versagen der Therapie führt, sofern keine therapeutische Änderung vorgenommen wird. Mit einer Spreizhose kann keine Reposition eines dezentrierten Hüftgelenks Typ III durchgeführt werden. Das mechanische Wirkungsprinzip eines therapeutischen Mittels und die pathoanatomische Situation müssen wie das Schlüssel-Schloss-Prinzip miteinander kongruent sein und sich gegenseitig ergänzen.

Abhängig von der Wahl des Therapiemittels spielt die elterliche Compliance auf den weiteren Heilungsprozess von Hüftreifungsstörungen eine große Rolle. Beim Fettweißgips ist die Nachreifung des Gelenks gesichert, jedoch hat sie bei allen abnehmbaren Orthesen einen nicht zu unterschätzenden großen Einfluss. Besonders aus Mitleid, psychischer Belastung und therapeutischer Infragestellung wird die Orthese gerne abgenommen, eventuell auch umgestellt und inkorrekt wieder angezogen (14). Folglich wird dann das Neugeborene falsch weiter therapiert, das

dysplastische Hüftgelenk kann nicht korrekt und vollständig ausreifen. Die eingeleitete ärztliche Behandlung zeigt nicht ihr erwünschtes Ergebnis oder scheitert gar.

Wenn sowohl die ärztliche Betreuung als auch die Eltern kooperativ und unterstützend miteinander zusammenarbeiten, kann und soll ein Therapieversagen vermieden werden. Mithilfe der korrekten und rechtzeitig begonnenen Therapie können Hüftreifungsstörungen mit sehr gutem Endergebnis behandelt werden. In weiterer Folge wird dem betroffenen Säugling sehr viel Leid erspart.

1.6.1.2 Therapiekomplicationen

Jede Behandlung und therapeutische Intervention bringt Risiken sowie die Gefahr von Komplikationen mit sich – ihr Grat präsentiert sich oft schmal. Bei Hüftreifungsstörungen wie auch bei jeder anderen Erkrankung ist Vorsicht geboten. Werden zu wenige Maßnahmen ergriffen und bleibt das dysplastische Hüftgelenk untertherapiert, steigt das Risiko einer persistenten Restdysplasie. Bei einer forcierten Übertherapie besteht die Gefahr einer aseptischen Hüftkopfnekrose, die als die gefürchtetste Komplikation der konservativen Behandlung von Hüftgelenksluxationen gilt, jedoch nur sehr selten vorkommt (1,3,10,12,13). Sie resultiert meist nicht aus der Hüftreifungsstörung selbst, sondern sekundär, nämlich aus der falschen Therapie (3). Risikofaktoren sind vor allem unphysiologische Druckbelastung und Extrempositionen wie zum Beispiel eine zu starke Abduktion im Gelenk, die durch eine falsche Einstellung einer Abduktionsschiene entstehen kann (6). Folglich wird die Kopfepiphyse mit Blut unterversorgt. Bei Persistenz entwickelt sich daraus eine Hüftkopfnekrose, die im anglophonen Raum passend als avaskuläre oder ischämische Nekrose bezeichnet wird. Schleichend beginnen die Betroffenen symptomatisch zu werden und entwickeln in erster Linie einen auffälligen Gang, Beinlängendifferenzen, Bewegungseinschränkung und Schmerzen. Beide Komplikationen – bleibende Hüftgelenksdysplasie und Hüftkopfnekrose – führen in weiterer Folge zu einer ausgeprägten, präarthrotischen Deformität des Hüftgelenks und letztendlich zu einer frühzeitigen Coxarthrose, die meist in einem chirurgischen Gelenkersatz mündet.

1.6.2 Operative Therapiemöglichkeiten

Die operative Versorgung einer Hüftreifungsstörung kommt sehr selten zum Einsatz, da im Zuge der konservativen Therapiemöglichkeiten fast alle pathologischen Hüftgelenke austherapiert werden können (1,3,12,28). Bleibt nach konservativer Behandlung ein Ossifikationsdefizit bestehen, wurde eine Hüftgelenksdysplasie oder -luxation nicht behandelt oder sind Sekundärveränderungen am coxalen Femurende erkennbar, muss das Hüftgelenk operativ versorgt werden (19). Dies tritt gehäuft bei Grunderkrankungen wie zum Beispiel der infantilen Zerebralparese auf. Das operative Therapieziel gleicht dem konservativen und hat die Wiederherstellung der physiologischen

Verhältnisse des Kopf-Pfannen-Systems und somit auch die Ausheilung potenzieller präarthrotischer Deformität zum Ziel (6,10).

Die chirurgische Versorgung von Hüftreifungsstörungen bietet eine Vielzahl an therapeutischen Eingriffen unter denen der richtige ausgewählt werden soll. Im Wesentlichen können operative Maßnahmen am coxalen Femurende, am Acetabulum und am Becken durchgeführt werden (10). Anschließend sind nur ein paar wenige Beispiele genannt, da die Liste der möglichen operativen Behandlungen lang ist. Die Beckenosteotomie nach Salter gilt als das Standardverfahren in den ersten Lebensjahren, in denen die Symphyse, die als Drehpunkt dient, noch elastisch ist. Die Pfannendachplastik stellt eine Alternative dazu dar. Die sogenannte Triple-Osteotomie wird eher bei älteren Kindern und Erwachsenen angewandt, da die Symphyse an Elastizität verliert. Bei der Femurosteotomie wird durch einen derotierenden, varisierenden Eingriff die physiologische Femurstellung wieder hergestellt (6). Abhängig vom Alter des Patienten/der Patientin und vom Schweregrad der Hüftreifungsstörung kommen unterschiedliche operative Verfahren zur Auswahl und zum Einsatz.

1.6.3 Die Nachbehandlung

Eine konservativ oder operativ behandelte Hüftreifungsstörung im Neugeborenenalter gilt erst als austherapiert, wenn das Körperwachstum des Betroffenen abgeschlossen ist und es sich somit nicht mehr verändert (3,40). Erst dann kann der/die Untersucher*in sicher sein, dass sich das Hüftgelenk aufgrund vom Wachstum nicht mehr verändern kann. Folglich werden im weiteren zeitlichen Verlauf der kindlichen Entwicklung bis zum voll ausgereiften Erwachsenen Verlaufskontrollen mittels Anfertigung von Röntgenbildern und Messung des AC-Winkels durchgeführt (3).

Die erste radiologische Kontrolle findet bei Gehbeginn zwischen dem 12. und 18. Lebensmonat statt, da der Femurkopf dann schon weit fortgeschritten ossifiziert ist und ab nun einer erhöhten Belastung ausgesetzt ist (40). Das Röntgen wird zum Ausschluss möglicher Resthüftgelenkdysplasien oder Hüftkopfnekrosen nach jeder behandelten Hüftreifungsstörung durchgeführt (10,33,28). Außerdem gilt es auch als Ausgangsröntgenbild für alle folgenden radiologischen Hüftgelenksuntersuchungen. Bei unauffälligem Befund wird das zweite und nächste Verlaufsrontgen im Vorschulalter mit etwa fünf bis sechs Jahren angefertigt (28,33). Im Zuge der Pubertät unterliegt der menschliche Skelett- und Bewegungsapparat einem großen Wachstumsschub, bei dem sich eine mögliche Restdysplasie verschlechtern kann. Daher erfolgt präpubertär und postpubertär bzw. nach Wachstumsabschluss eine weitere Verlaufs- bzw. Kontrolluntersuchung mit Anfertigung eines Röntgenbildes beider Hüftgelenke (3,33,40). Bestätigt sich ein unauffälliger Befund beider Hüftgelenke, ist die Nachbehandlung einer Hüftreifungsstörung abgeschlossen.

1.7 Die Entwicklung des Screenings

Bis in die 60er und 70er Jahre war die Anzahl der zu spät sowie der falsch negativ diagnostizierten Hüftgelenksdysplasien und Luxationen sehr hoch, wodurch das Verlangen nach einer einheitlichen und strukturierten Screening-Vorgehensweise von Hüftreifungsstörungen immer stärker wurde (1). Weder die klinische Untersuchung noch die röntgenologische Bildgebung konnten die erwünschten Ergebnisse liefern und die Inzidenz, der zu spät oder nicht erkannten Hüftgelenksdysplasien, blieb hoch (41). Der diagnostische Durchbruch gelang mit der Einführung der sonographischen Untersuchungsmethode nach Graf 1983 (1). Seine Herangehensweise erlaubte eine reproduzierbare und exakte Darstellung sowie bildliche Dokumentation des dysplastischen pathologischen, aber auch des gesunden physiologischen Säuglingshüftgelenks unmittelbar postnatal. Das Verlangen nach einem flächendeckenden neonatalen Hüftgelenksscreening war groß und es wurde 1992 in Österreich und 1996 in Deutschland als Teil der kindlichen Vorsorgeuntersuchungen eingeführt (1,10).

Die Ablösung der klinischen durch die sonographiegestützte Diagnostik und der dadurch erbrachte Mehrwert spiegelte sich auch in den Ergebnissen hinsichtlich der Früherkennung von Hüftreifungsstörungen bei Neugeborenen wieder, was in vielen Studien bestätigt wurde (42,43,44,45). In Folge dessen vollzogen auch die therapeutisch eingesetzten Möglichkeiten eine Trendwende und der Fokus wurde stets mehr auf konservative und weniger auf invasive Maßnahmen gelegt. Die Notwendigkeit sowie die Anzahl an operativen Eingriffen sank nach Einführung des Sonographiescreenings beachtlich (1,46,47,48,49,50). In der Studie von Tschauerer et al. (15) nahm die Rate an operativen Eingriffen von 11,3% auf 1,1% ab. Ähnliche Ergebnisse präsentierten auch Grill et al. (51) mit einer Senkung der operativen Eingriffe von 50%. Von Kries et al. (48) unterstrichen mit ihrer Arbeit die diagnostische Überlegenheit der Sonographie gegenüber der rein klinischen Untersuchung: Vor Einführung des sonographischen Screenings lag die Rate an Hüftgelenksoperationen bei 1,24/1000 Geburten, die dann auf 0,26/1000 Geburten gesenkt werden konnte.

1.8 Ziel dieser Studie

Die Hüftgelenksdysplasie stellt die häufigste angeborene Störung des Skelett- und Bewegungsapparats im Säuglingsalter dar. Sie gehört zu den ursächlichen Gründen für eine frühe Invalidität mit daraus resultierender operativer Versorgung mittels Implantation einer Hüftgelenksendoprothese insbesondere bei Frauen vor dem 50. Lebensjahr (10,12).

Mit dieser Arbeit soll gezeigt werden, dass das Hüftscreening einerseits eine sinnvolle und angemessene sowie präventive und nachhaltige Untersuchungsmethode bezüglich Hüftpathologien

im Säuglingsalter ist. Wie Tschauner et al. (28) zeigen konnten, reifen dysplastische Hüftgelenke bei frühzeitigem konservativen Therapiebeginn vollständig aus. Andererseits kann durch das Screening die Zahl an komplexen operativen Hüfteingriffen stark reduziert und in vielen Fällen sogar vermieden werden. Dieser positive Effekt wird vor allem im internationalen Vergleich verdeutlicht, da in einigen Ländern besonders im angloamerikanischen Raum ein flächendeckendes Neugeborenen-Screening nicht state-of-the-art ist. Somit soll die Hypothese bestätigt werden, dass das Hüftscreening eine sinnvolle Implementierung darstellt und folglich die Zahl an notwendigen operativen Eingriffen stark minimiert werden kann.

In dieser Studie wurden alle Säuglingshöften, die zwischen 2006 und 2018 an der Klinischen Abteilung für Kinderorthopädie des LKH-Universitätsklinikums Graz hinsichtlich Hüftpathologie mittels Sonographie untersucht wurden, erfasst. Die Therapiedauer und -art wurde dokumentiert und die Zahl notwendiger operativer Hüftrekonstruktionen erfasst. Die gewonnenen Ergebnisse stellen einerseits eine Qualitätskontrolle für den Standort Graz dar. Andererseits sollen sie die Wichtigkeit und Bedeutung des Hüftscreenings an Säuglingshöften unterstreichen sowie bestätigen.

2 Patient*innen und Methoden

Diese Studie wurde an der Sektion Kinder- und Jugendorthopädie der Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie (vormals Klinische Abteilung für Kinderorthopädie der Universitätsklinik für Kinderchirurgie) des LKH-Universitätsklinikums Graz durchgeführt. Die Sektion Kinder- und Jugendorthopädie ist das überregionale kinderorthopädische Zentrum der Steiermark, an dem Kinder und Jugendliche von 0 bis 18 Jahren stationär sowie ambulant behandelt werden. Das Einzugsgebiet der Sektion Kinder- und Jugendorthopädie umfasst einerseits die gesamte Steiermark und andererseits die angrenzenden Bundesländer sowie auch die internationalen Nachbarländer.

2.1 Studiendesign und -ablauf

Die Studie untersucht die Bedeutung der Sonographie der Säuglingshüfte zur Erkennung von Hüftreifungsstörungen in Hinblick auf die Vermeidung später notwendiger operativer Eingriffe bei frühzeitiger konservativer Therapie. Es handelt sich dabei um eine offene monozentrische Studie mit retrospektiver Datenakquirierung und anschließender explorativ-deskriptiver Datenanalyse.

Ein Ethikantrag an die Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz wurde gestellt und positiv bewilligt (EK-Nummer 32-195 ex19/20). Das Einbringen von Einwilligungserklärungen der Studienteilnehmer*innen war nicht erforderlich, da es sich um eine retrospektive Datenanalyse von klinisch-radiologischen Daten handelte. Alle personenbezogenen Daten wurden streng vertraulich behandelt und pseudonymisiert. Nur autorisierte Personen hatten Zugriff auf die Originaldaten.

Die Studienpopulation bestand aus allen Kindern zwischen 0 und 18 Jahren, die an der Klinischen Abteilung für Kinderorthopädie des LKH-Universitätsklinikums Graz eine Hüftsonographieuntersuchung zwischen 2006 und 2018 erhalten hatten und die aufgrund einer Hüftpathologie hier weiterführend betreut wurden. Das generelle Hüftscreening in Österreich - eine Hüftsonographieuntersuchung, die in der ersten Lebenswoche und erneut zwischen der vierten und sechsten Lebenswoche stattfindet - wird in der Regel von niedergelassenen Pädiater*innen als Teil des Mutter-Kind-Passes durchgeführt. War eine Zweitmeinung erwünscht oder wurde ein pathologisches Hüftgelenk vermutet, wurden die Säuglinge an die Klinische Abteilung für Kinderorthopädie des LKH-Universitätsklinikums Graz überwiesen, um dort untersucht und weiter betreut zu werden. Folglich fand durch den niedergelassenen Bereich bereits eine Vorselektion der Säuglinge statt.

Zu Therapiebeginn einer Hüftreifungsstörung wurde engmaschiger kontrolliert (im Schnitt alle zwei Wochen) und im Behandlungsverlauf wurden die Abstände zweier Kontrolltermine größer (Kontrolle alle sechs Wochen). Um zu analysieren, welchen Einfluss der diagnostizierte Hüftgelenkstyp auf die Therapiegesamtdauer hat, wurde zuerst zwischen einseitig oder beidseitig betroffene Hüftgelenke differenziert. Zusätzlich wurden dann jene Neugeborene, die beidseitig

betroffen waren, gesondert ausgewertet und analysiert, um später zu verifizieren, ob eine gleiche oder ungleiche Beidseitigkeit einen Einfluss auf die Therapiedauer hatte.

In weiterer Folge wurden die unterschiedlichen konservativen Therapiemöglichkeiten einzeln aufgeteilt und erhoben, wie viele Neugeborene welche Therapie bekamen. Im Verlauf der Behandlung wurden bei fast allen Neugeborenen die einzelnen Therapiemöglichkeiten gemäß den vier Versorgungsphasen einer Hüftgelenksluxation [siehe 1.6.1 Die konservative Therapie] gewechselt. In der Auswertung wurde immer die höchstnotwendige Therapie hergenommen.

Die Therapiegesamtdauer umfasst den Zeitraum ab Erstvorstellung bis zum Abschlusstermin an der der Sektion Kinder- und Jugendorthopädie der Universitätsklinik. Hinsichtlich der Behandlung von Hüftgelenksdysplasien gibt es keine standardisierte Therapie, weshalb Kliniken oft ein krankenhausesinternes Schema befolgen. An der Sektion wird nach Ausreifung einer Hüftreifungsstörung in der Regel eine Retentionszeit von vier Wochen angehängt. Während diesem Zeitraum tragen die Säuglinge zur Nacht eine Flexion-Abduktionsschiene. Diese Phase wurde ebenso in die Therapiegesamtdauer miteinbezogen, das heißt die Hüftgelenke wurden bereits vier Wochen früher zur vollständigen Ausreifung gebracht und anschließend nächtlich noch in Stellung gehalten.

Bei der Therapie der Hüftgelenksdysplasie werden immer beide Seiten behandelt, auch wenn nur eine einseitige Pathologie vorliegt, da die Therapiebehelfe (Abduktionsorthesen) immer beide Hüftgelenke umschließen. Wird ein gesundes Gelenk auf der einen Seite mit einem pathologischen Gelenk auf der anderen Seite mittherapiert, trägt es in der Regel durch die Behandlung keinen Schaden. Waren beide Hüftgelenke nicht gleich stark betroffen, wurde bei der Auswertung die schlechtere Seite als Therapierferenz hergenommen.

2.1.1 Zielgrößen

Die Hypothese dieser retrospektiven Datenanalyse war, dass die Sonographie der Säuglingshüfte bei Erkennung von pathologischen Befunden eine frühzeitige Therapie erlaubt, die Säuglingshüfte vollständig zur Ausreifung bringt und dass dadurch später notwendige operative Eingriffe vermieden werden können. Hierzu wurden die an der Klinischen Abteilung für Kinderorthopädie des LKH-Universitätsklinikums Graz von 2006 - 2018 mittels Sonographie untersuchten Säuglingshüften hinsichtlich Typ der Hüftpathologie systematisch erfasst, die Therapiedauer sowie Behandlungsart als Nebenzielgrößen dokumentiert und die Anzahl operativer Hüfteingriffe erhoben. Indirekt soll damit dargelegt werden, dass die später notwendigen operativen Eingriffe durch eine frühzeitige behandelte und vollständig ausgereifte Hüfte reduziert werden bzw. nicht erforderlich sind.

2.2 Datenakquirierung

Zu Beginn der Datenerhebung wurden Daten aller Kinder, die zwischen 2006 und 2018 an der Klinischen Abteilung für Kinderorthopädie des LKH-Universitätsklinikums Graz eine sonographische

Hüftuntersuchung bekommen hatten, gesammelt und in einer Excel Tabelle aufgelistet. Die Datenerhebung erfolgte aus dem SAP basierten Dokumentationssystem MEDOCS, welches im gesamten Universitätsklinikum Graz genutzt wird. Zunächst wurden personenbezogene Daten in die Liste eingetragen. In weiterer Folge wurden alle Neugeborenen der erstellten Liste einzeln im MEDOCS angeschaut und folgende relevante Informationen in die Excel Tabelle eingetragen. Daten und Parameter, die nicht erhoben werden konnten, wurde als „nicht dokumentiert“ in die Tabelle eingetragen.

Beim ersten Termin an der Sektion wurden folgende Daten erhoben:

- Vorname, Nachname, Geschlecht, Geburtsdatum, Fallnummer
- Datum der ersten sonographischen Untersuchung
- Alter des Patienten/der Patientin zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung
- Anamnese: Gesund ja/nein, positive Familienanamnese hinsichtlich Hüftpathologie ja/nein
- Vorliegen von Grunderkrankungen: Achondroplasie, Spina bifida, Central-Core-Myopathie, Trisomie 21, Dysmorphinsyndrom, Cri-du-Chat-Syndrom, Chondroplasie punctata congenita, congenitale Hyperthyreose, Osteogenesis imperfecta, Mikrocephalus, Erbscheparese, Neurofibromatose, Dravet-Syndrom
- Vorliegen von Begleiterkrankungen: congenitaler Klumpfuß, Hakenfüße Torticollis, Tonusasymmetriesyndrom, PFO, PKU
- Durchgeführte klinische Tests: positiver Ortolani/Barlow/Hüftgelenksinstabilitätstest ja/nein, Faltenasymmetrie ja/nein, Beinlängendifferenz/Galeazzi-Zeichen ja/nein
- Alpha Winkel rechts und links, Beta Winkel rechts und links
- Hüfttyp rechts und Hüfttyp links nach Graf
- Therapie: Art der Behandlung
 - engmaschige Kontrollen, keine konservative/operative Behandlung
 - bei konservativer Behandlung: welche Orthesenbehandlung
 - bei einer geschlossenen Einstellung: Datum der Reposition, MRT durchgeführt ja/nein

Bei den weiteren Kontrollterminen wurden immer dieselben Informationen erhoben:

- Datum des Kontrolltermins
- Alter des Patienten/der Patientin zum Zeitpunkt des Kontrolltermins
- Alpha Winkel rechts und links, Beta Winkel rechts und links
- Therapie: Art der Behandlung
 - engmaschige Kontrollen, keine konservative/operative Behandlung
 - bei konservativer Behandlung: welche Orthesenbehandlung

- bei einer geschlossenen Einstellung: Datum der Reposition, MRT durchgeführt ja/nein

Zusätzlich wurden folgende Informationen erfasst:

- betroffenes Hüftgelenk beim ersten Termin
- Alter des Patienten/der Patientin bei Therapiebeginn und -ende
- gesamte Therapiedauer (Erstvorstellung, Therapieplanung- und -durchführung, Retentionstherapie inklusive Letztvorstellung im Säuglingsalter in der Ambulanz)
- Anzahl der Kontrolltermine
- Hüfttyp beim letzten Kontrolltermin

2.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Die initial erhobene Liste an Neugeborenen enthielt alle Patient*innen, die zwischen 2006 und 2018 eine sonographische Untersuchung an der Sektion Kinder- und Jugendorthopädie der Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie des LKH-Universitätsklinikums Graz erhalten hatten. Kinder, deren Hüfte bereits beim ersten Besuch als gesund (= Typ I Hüfte beidseits) beurteilt wurde, wurden nicht in die Auswertung für diese Studie miteinbezogen. Da das Einzugsgebiet der Sektion Kinder- und Jugendorthopädie der Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie des LKH-Universitätsklinikums Graz über die Bundesland- sowie Landesgrenze hinaus geht, gab es Kinder in der Studienpopulation, die sich anderwärtig versorgen ließen. Diese Kinder wurden ebenfalls nicht in die Auswertung einbezogen. Ein weiteres Ausschlusskriterium aus der Studie war das Vorliegen schwerer Grunderkrankungen (z.B. Achondroplasie). Nebendiagnosen unter anderem Tonusasymmetriesyndrom, kongenitaler Klumpfuß oder andere Fußdeformitäten galten nicht als Ausschlusskriterium.

2.2.2 Einteilung der verschiedenen Hüfttypen bei Erstvorstellung

Um die Verteilung der unterschiedlichen Hüfttypen bei Erstvorstellung genauer zu evaluieren, wurden die einzelnen Hüfttypen in drei verschiedenen Gruppen unterteilt und mit den Zahlen eins, zwei, drei codiert.

- *Gruppe 1 („1er Hüfte“)*

beinhaltete alle physiologisch unreifen Hüftgelenke (bei einem Neugeborenenalter < 6 Wochen IIa(+) und IIa(-)), die keine Behandlung beanspruchten und nur engmaschig kontrolliert wurden.

- *Gruppe 2 („2er Hüfte“)*

umfasste alle reifungsdefizitären Hüftgelenkstypen (IIb, IIc „stabil“, und bei einem Neugeborenenalter > 6 Wochen auch IIa(+) und IIa(-)).

- *Gruppe 3 („3er Hüften“)*

repräsentierte alle pathologischen Hüftgelenke (IIc „instabil“, D, III, IIIa, IIIb, IV). „2“ sowie „3“ beinhalten die Hüftgelenkstypen, die eine Therapie benötigten.

Weiter wurde dann im Detail unterschieden, ob bei einem Neugeborenen ein oder beide Hüftgelenke reifungsdefizitäre waren oder pathologisch verändert waren. Bei Einseitigkeit wurde zwischen rechts und links unterschieden und bei Beidseitigkeit wurde differenziert, ob bei beiden Hüftgelenken der gleiche Hüfttyp vorlag oder nicht.

3 Ergebnisse und Resultate

3.1 Primäre Studienpopulation

Die Suche aus MEDOCS ergab 781 Patient*innen, davon waren 596 ($\cong 76\%$) weiblich und 185 ($\cong 24\%$) männlich. Innerhalb dieser Gruppe wurde die Mehrheit der Neugeborenen (53% \cong 415) innerhalb der ersten sechs Lebenswochen an der Abteilung erstvorstellig, bei einem Minimum von 0 und Maximum von 50 Lebenswochen. Das Neugeborenen - Durchschnittsalter beim ersten Besuch betrug 44 Tage (Median = 40). 30% (\cong 238, davon 49 männlich, 189 weiblich) der Neugeborenen wiesen hingegen ein Alter jünger als zwei Wochen auf [Fig. 1].

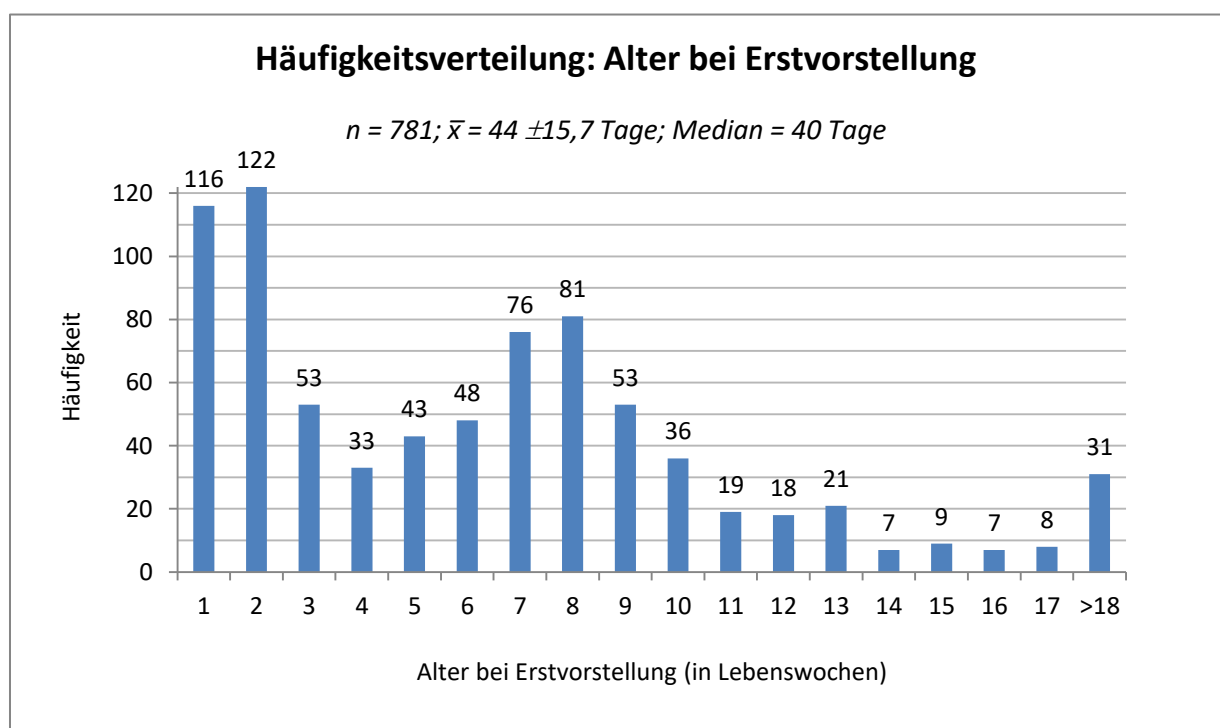


Fig. 1: Häufigkeitsverteilung: Alter (in Lebenswochen) bei Erstvorstellung
Alter (x-Achse) ist in ein 1-Wochen-Intervall gruppiert

Die primäre Studienpopulation umfasste auch jene Neugeborenen, die nur einmalig an der Klinischen Abteilung für Kinderorthopädie vorstellig waren, schwere Grunderkrankungen hatten oder beidseitig gesunde, physiologische und altersentsprechende Typ I Hüftgelenke vorwiesen. Diese Patient*innen wurden von der weiteren Datenverarbeitung exkludiert. Es handelte sich dabei um 278 ($\cong 36\%$), so dass 503 Neugeborene ($\cong 65\%$) die sekundäre Studienpopulation bildeten, mit dieser die weitere statistische Auswertung und Analyse vollzogen wurde.

3.2 Sekundäre Studienpopulation

Die sekundäre Studienpopulation umfasste 503 Teilnehmer*innen, davon 417 (\cong 83%) weibliche und 86 (\cong 17%) männliche Neugeborene. Bei Erstvorstellung zeigte sich, dass 54% aller Hüftgelenke physiologisch unreif waren, 28% ein Reifungsdefizit hatten und bei 18% wurde eine pathologische Hüftgelenksdysplasie diagnostiziert. Bei der klinischen Untersuchung präsentierten sich 58% klinisch unauffällig, die aber sonographisch ein pathologisches Hüftgelenk vorwiesen. 42% der Säuglinge waren einseitig und 58% beidseitig betroffen. 99% der Hüftgelenksdysplasien konnten innerhalb der ersten zwölf Lebensmonate erfolgreich zur Ausheilung gebracht werden. 99,6% wurden konservativ und 0,4% wurden operativ versorgt.

3.2.1 Therapiegesamtdauer

Im Durchschnitt betrug die Therapiedauer 3,2 Monate mit einer Standardabweichung von $\pm 0,92$ Monaten. Der Medianwert lag bei 2,5 Monate und beschreibt die Durchschnittstherapiedauer besser, da er robuster gegen Extremwerte ist. 3% (\cong 139) hatten eine Therapiedauer von 2 Wochen und ein Säugling war mit beidseitiger schwerwiegender Hüftgelenksluxation mit mangelnder elterlichen Compliance 11 Monate in therapeutischer Behandlung. Die meisten Neugeborenen, 18% (\cong 89) der Studienpopulation, hatten eine Behandlungsdauer von 2,5-3 Monate, gefolgt von jenen Patient*innen (14%), die 1,5-2 Monate therapeutisch versorgt wurden.

Innerhalb der sekundären Studienpopulation lag das durchschnittliche Säuglingsalter bei 35 ± 17 Tagen (entspricht 1,1 Monate) (Median = 27 Tage). Das durchschnittliche Alter eines Neugeborenen beim Abschlusstermin betrug $4,3 \pm 1,1$ Monate [siehe Fig. 2]. Folglich dauerte die Therapie (Erstvorstellung, Therapieplanung- und -durchführung, Retentionstherapie inklusive Letztvorstellung im Säuglingsalter in der Ambulanz) einer Hüftgelenksdysplasie in dieser Studie durchschnittlich $3,2 \pm 0,9$ Monate (Medianwert = 2,5 Monate).

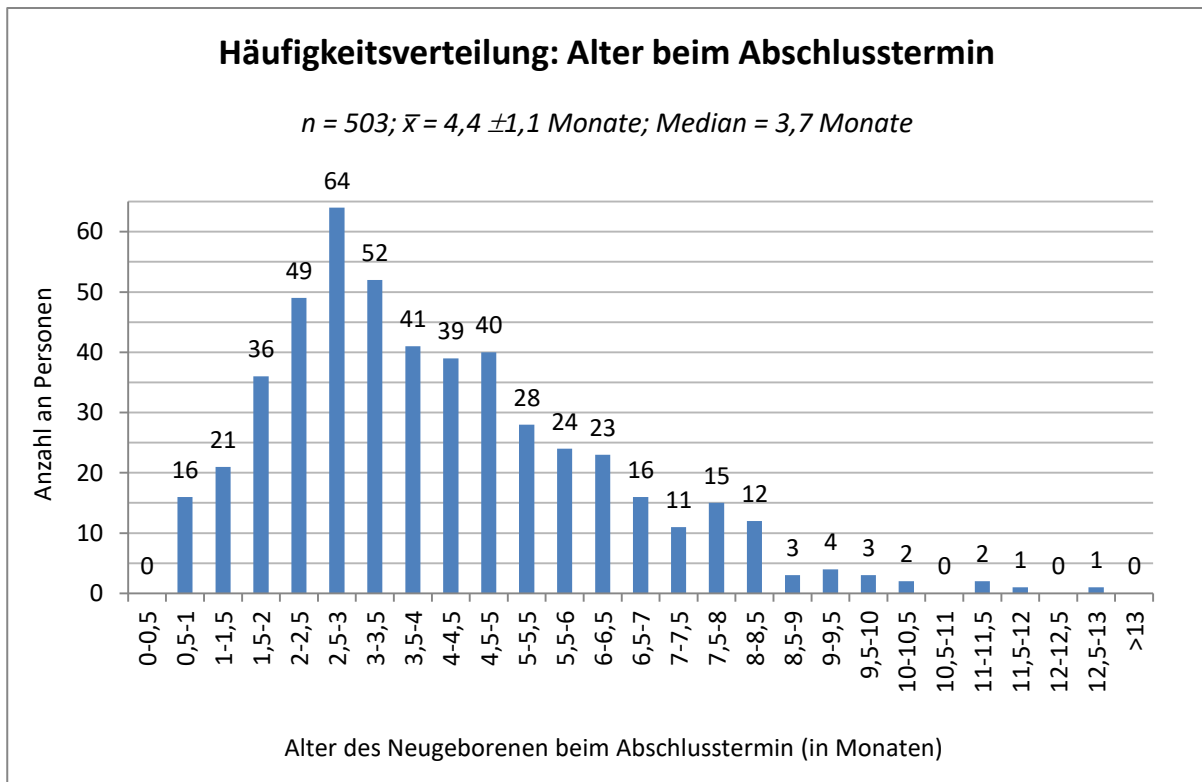


Fig. 2: Häufigkeitsverteilung: Alter in Monaten beim Abschlusstermin
Alter (x-Achse) ist in ein 0,5-Monats-Intervall gruppiert.

3.2.2 Therapiegesamtdauer in Abhängigkeit vom initialen Hüfttyp

Abhängig vom diagnostizierten Hüftgelenktyp bei Erstvorstellung wurde die durchschnittliche Behandlungsdauer ermittelt [siehe Fig. 3]. Primär wurde zwischen einseitig und beidseitig betroffenen Hüften unterschieden, um zu sehen, ob dies einen Einfluss sowie Auswirkung auf die Behandlungsdauer hatte. Die Hüftgelenke wurden in die drei Gruppen eingeteilt [siehe 2.2.2 Einteilung der verschiedenen Hüfttypen bei Erstvorstellung]. Waren beide Hüftgelenke nicht gleich stark betroffen, wurde die schlechtere Seite als Therapiereferenz hergenommen. Unabhängig ob ein oder beide Hüftgelenke betroffen waren, benötigten die „3er Hüften“ durchschnittlich fast zwei Monate (einseitig 1,7 und beidseitig 1,9 Monate) länger als die „2er Hüften“, um eine volle Ausreifung zu erzielen.

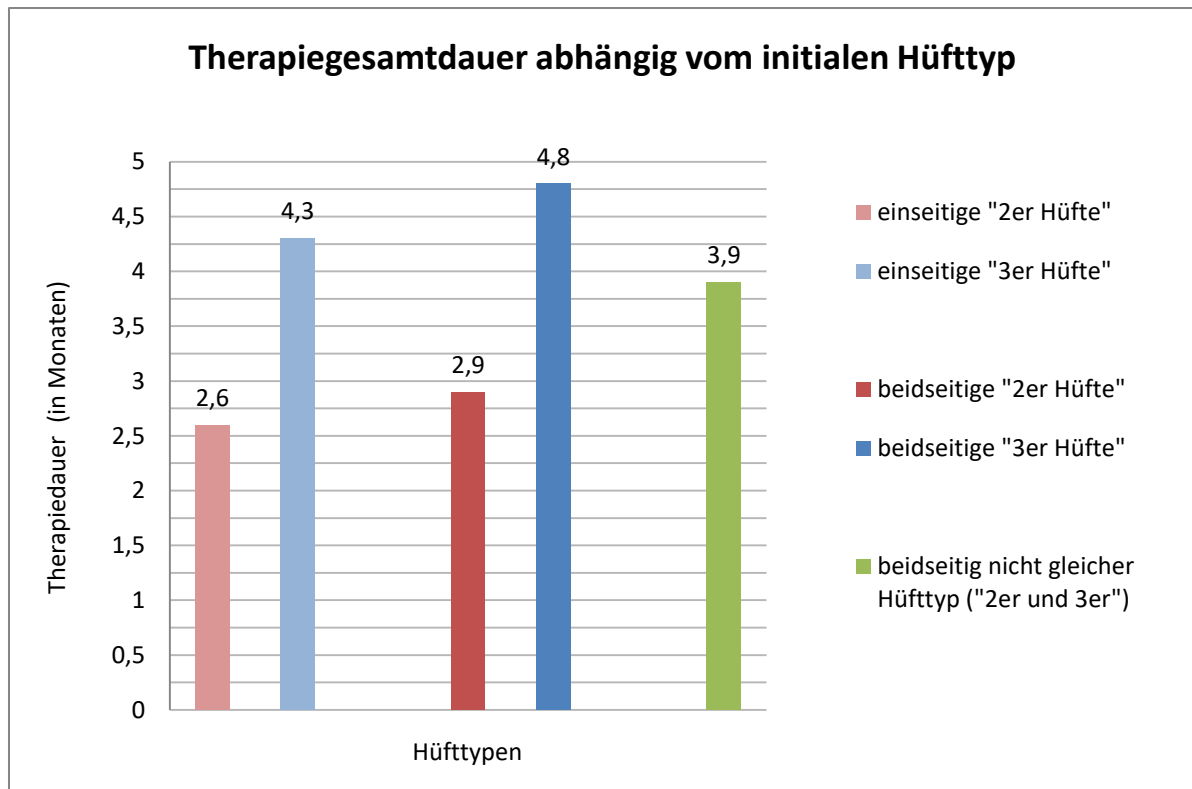


Fig. 3: Therapiegesamtdauer (in Monaten) in Abhängigkeit vom initial diagnostizierten Hüfttyp
 2er Hüfte: Schienenbehandlung, 3er Hüfte: geschlossene Reposition, Fettweiß-Gipsbehandlung,
 anschließende Schienenbehandlung

3.2.3 Verteilung der verschiedenen Hüfttypen

Ganz allgemein wurde zu Beginn analysiert, wie die verschiedenen Hüfttypen der 1006 Hüftgelenke innerhalb der 503 Säuglingen bei Erstvorstellung verteilt waren. Entsprechend der Einteilung [siehe 2.2.2 Einteilung der verschiedenen Hüfttypen bei Erstvorstellung] waren 54% aller Hüftgelenke physiologisch unreif, 28% zeigten ein Reifungsdefizit und bei 18% wurde eine pathologische Gelenkdysplasie diagnostiziert.

Im Detail zeigte sich, dass 42% ($\hat{=}$ 210) der Studienpopulation bei Erstvorstellung nur einseitig betroffen waren, darunter mit 57% ($\hat{=}$ 120) das linke und mit 43% ($\hat{=}$ 90) das rechte Hüftgelenk dysplastisch verändert. 58% ($\hat{=}$ 293) bekamen eine beidseitige Hüftpathologie diagnostiziert, wobei davon 95% ($\hat{=}$ 277) rechts sowie links den gleichen Hüfttyp hatten. Unabhängig davon, ob ein oder beide Hüftgelenke betroffen waren, wurde in beiden Fällen beim linken Hüftgelenk häufiger als beim rechten eine Hüftreifungsstörung diagnostiziert.

Gesondert wurde der Zusammenhang zwischen dem klinischen Statusbefund und dem Hüfttyp betrachtet, um den Anteil jener Neugeborenen herauszufinden, die klinisch unauffällig waren, aber sonographisch einen pathologischen Hüfttyp vorwiesen. Innerhalb dieser Subgruppe ($n = 347$), bei denen alle drei klinischen Tests negativ ausfielen, zeigte sich, dass 58% sonographisch ein

pathologisches Hüftgelenk hatten. Hingegen kamen sonographisch altersentsprechende gesunde Typ I Hüftgelenke ohne klinische Pathologie bei 42% der Neugeborenen in dieser Gruppe vor.

3.2.4 Anamnese und Klinik

Auch in der sekundären Studienpopulation ($n = 503$) überwog die Anzahl der weiblichen Neugeborenen [siehe Fig. 4]. Bei Erstvorstellung wurde die Familienanamnese erhoben, das heißt gefragt, ob bei einem Familienmitglied ersten Grades bereits eine Hüftgelenkdysplasie diagnostiziert wurde [siehe Fig. 5]. 40% der Säuglingseltern bejahten diese Frage. Darüber hinaus war die überwiegende Mehrheit der vorgestellten Neugeborenen (97%) „gesund“ und wurde daher mit dem reinen Verdacht auf eine mögliche Hüftgelenkdysplasie an der Sektion erstvorstellig. Bei Vorliegen einer Begleiterkrankung zeigte sich hierbei der kongenitale Klumpfuß als die häufigste Begleitdiagnose innerhalb der Studienpopulation. Die Auswertung der drei verschiedenen durchgeführten klinischen Tests - Ortolani/Barlow/Instabilitätstest, erkennbare Faltenasymmetrie, Galeazzi-Zeichen - zeigt, dass 69% der Neugeborenen beim ersten ambulanten Besuch klinisch unauffällig waren [siehe Fig. 6].

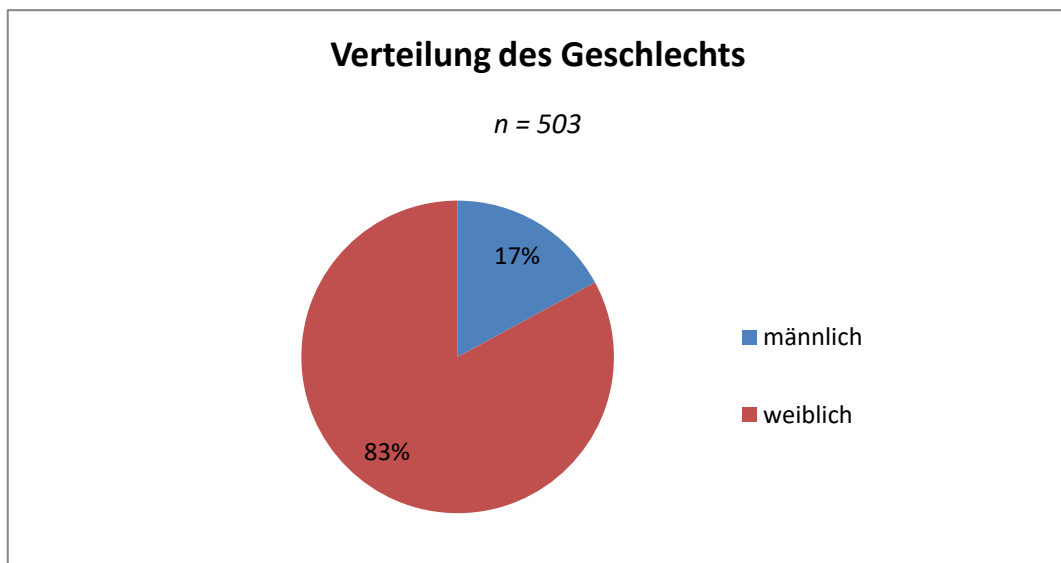


Fig. 4: Verteilung des Geschlechts innerhalb der sekundären Studienpopulation

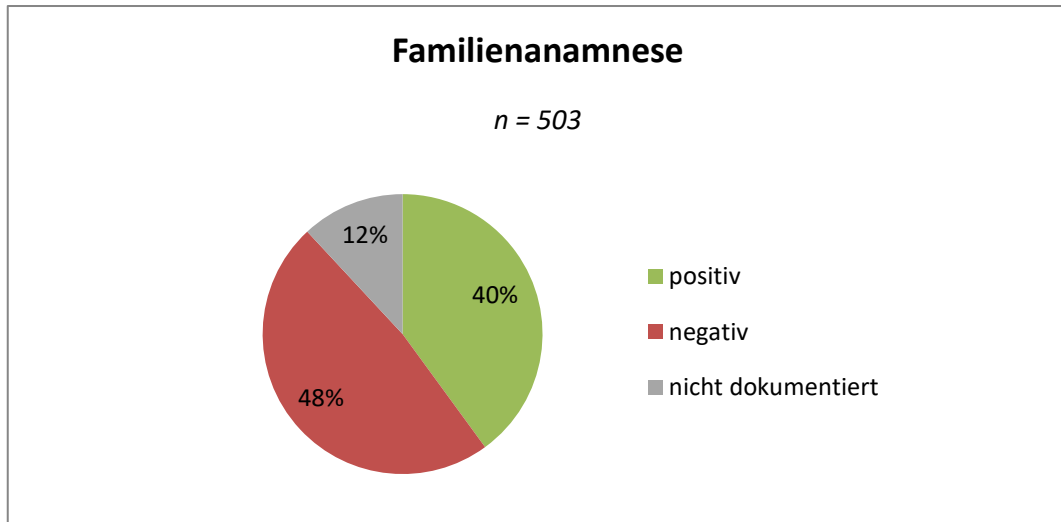


Fig. 5: Familienanamnese ersten Grades von Bedeutung

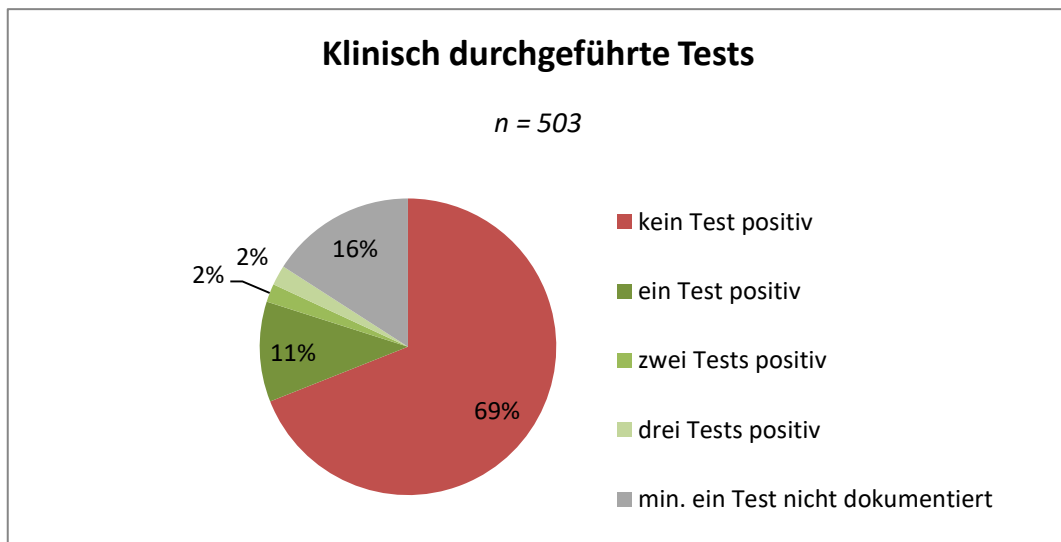


Fig. 6: Anzahl an klinisch durchgeführten positiven Tests

Drei durchgeführte Tests: Ortolani/Barlow/Instabilitätstest, erkennbare Faltenasymmetrie, Galeazzi-Zeichen. Bei der graphischen Auswertung wurde keine weitere Differenzierung zwischen den einzelnen Tests vollzogen. „Ein Test positiv“ bedeutet, dass einer der drei durchgeführten Tests, egal welcher, positiv war.

3.2.5 Studienverlauf

Regelmäßige Verlaufskontrollen während einer Therapie sind gerade in der pädiatrischen Orthopädie von großer Bedeutung, da während dieser Lebensphase der Bewegungs- und Stützapparat viel wächst und sich weiterentwickelt [siehe 1.6 Therapie]. Abhängig vom Hüfttyp, der Therapie und der elterlichen Compliance kamen die Säuglinge öfter oder seltener an die Klinik. Ein Neugeborenes besuchte unter Therapie vier Mal (= Medianwert) die kinderorthopädische Abteilung (Erstvorstellung und drei weitere Besuchstermine) [siehe Fig. 7].

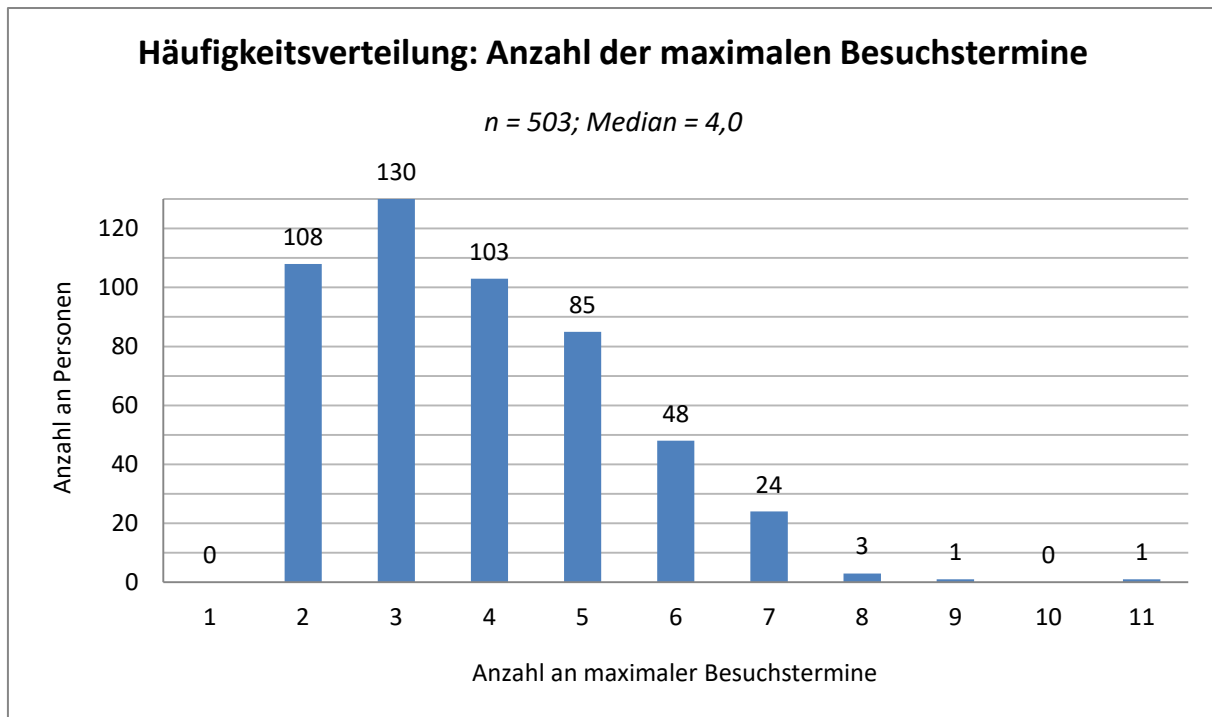


Fig. 7: Häufigkeitsverteilung: Anzahl der maximal beanspruchten Besuchstermine inklusive Erstvorstellung

3.2.6 Therapie

Die Therapie stellt neben der Diagnostik einen wichtigen Grundpfeiler in der Behandlung von Hüftgelenksdysplasien dar. Als Überblick wurden 96% (\cong 481) der Studienpopulation konservativ behandelt, 4% (\cong 19) wurden engmaschig kontrolliert, 0% gerundet (0,4% genau \cong 2) operativ versorgt und 1 Neugeborenes (\cong 0% gerundet, 0,2% genau) wurde primär konservativ therapiert jedoch mit später notwendiger operativer Versorgung. Wichtig hierbei zu erwähnen ist, dass „Breit Wickeln oder Spreizwindel“ keine belegte Therapieform darstellt. Die davon betroffenen 67 (\cong 13%) Säuglinge wurden entweder zu Beginn des Studienzeitraums (2006 und 2007) behandelt, da dies damals noch üblich war, oder sie wurden extern damit anbehandelt und im Verlauf an der Sektion vorstellig.

In Fig. 8 ist die Häufigkeitsverteilung der einzelnen konservativen Therapiemöglichkeiten sowie die operative Versorgung graphisch dargestellt. Die Balken sind horizontal so angeordnet, dass von links nach rechts das Maß an Behandlungsfähigkeit zunimmt. Könnte ein pathologisches Hüftgelenk konservativ nicht therapiert werden, würde nur mehr eine operative Versorgung in Frage kommen. Wird die konservative mit der operativen Versorgung anhand der Häufigkeiten verglichen, kann erkannt werden, dass an der Klinischen Abteilung für Kinderorthopädie des LKH-Universitätsklinikums Graz, fast alle (99,6% \cong 501) Hüftgelenksdysplasien von 2006-2018 konservativ behandelt wurden.

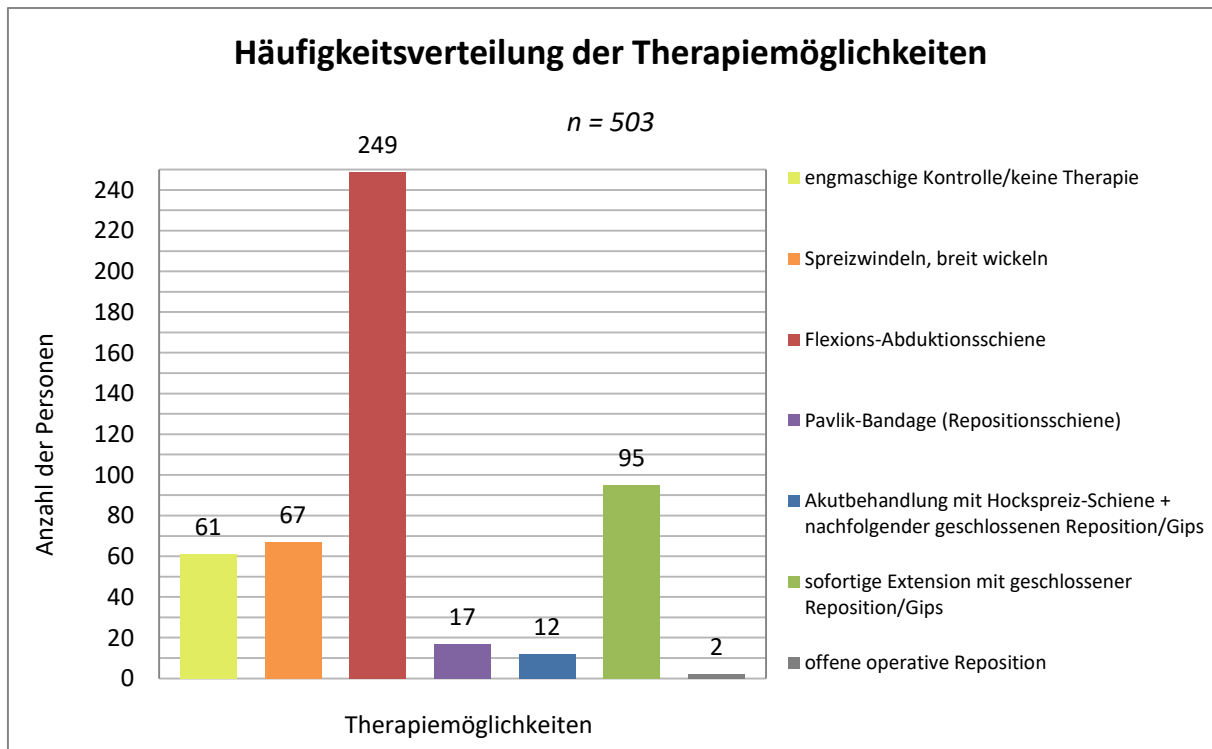


Fig. 8: Häufigkeitsverteilung der angewandten Therapien

Das Ziel einer Therapie ist immer die erfolgreiche Behandlung der Erkrankung. Bei 99% (\cong 490) aller Neugeborenen der Studienpopulation konnte eine beidseitige Typ I Hüfte nach Graf erreicht werden. 1% (\cong 5) hatten letztlich beidseitig nicht den gleichen Hüfttyp, auf der einen Seite eine Typ I Hüfte und auf der anderen Seite eine Typ II Hüfte. Zwei Säuglinge wurden mit einer Typ II Hüfte entlassen und nahmen keine weiteren Verlaufstermine in Anspruch. Drei Säuglinge kamen zu Gehbeginn zur röntgenologischen Kontrolluntersuchung. Dabei konnte ein altersentsprechender AC-Winkel ermittelt werden und sie sind somit nachgereifte Typ II Hüftgelenke. Fazit ist, dass unabhängig vom initialen pathologischen Hüftgelenktyp nahezu alle teilnehmenden Neugeborenen, die zwischen 2006 und 2018 an der Klinischen Abteilung für Kinderorthopädie des LKH-Universitätsklinikums Graz eine Therapie erhielten, durchschnittlich innerhalb von 3,3 Monaten erfolgreich konservativ behandelt wurden.

4 Diskussion

Das Hüftgelenk beim Neugeborenen unterliegt prä- und vor allem postnatal einem großen Umbau- und Wachstumsprozess von Knorpelgewebe in ein stabiles, belastbares sowie festes Knochengewebe. Sowohl endogene also auch exogene Faktoren können diese Phase beeinflussen und folglich die Entwicklung des Hüftgelenks stören. Werden Hüftreifungsstörungen zu spät erkannt oder falsch therapiert, steigt die Wahrscheinlichkeit einer notwendigen chirurgischen Operation. Daher ist es umso mehr von großem Interesse veränderte pathologische Säuglingshüftgelenke zum frühestmöglichen Zeitpunkt zu erkennen, um eine sofortige adäquate konservative Therapie einzuleiten. Einerseits können klinische Untersuchungstests, die jedoch gering sensitiv sowie kaum spezifisch sind, andererseits kann eine sonographische Bildgebung durchgeführt werden. Die sonographische Untersuchung etablierte sich im zeitlichen Verlauf besonders im deutschsprachigen Raum zum Goldstandard zur Diagnose von Hüftgelenksreifungsstörungen bei Säuglingen und zur Verlaufsuntersuchung unter therapeutischer Behandlung.

4.1 Das sonographische Hüftscreening

Hüftreifungsstörungen gehören zu den häufigsten angeborenen Erkrankungen des Bewegungs- und Skelettsapparats im Neugeborenenalter und es ist daher wichtig diese rechtzeitig und richtig zu behandeln, um spätere notwendige operative Interventionen zu verhindern. Für das Erreichen eines optimalen Genesungserfolgs ist ein frühzeitiger therapeutischer Beginn absolut ausschlaggebend, worüber klare Einigkeit herrscht. Divergente internationale Meinungsverschiedenheiten sowie Unstimmigkeiten existieren jedoch über die richtige Screening-Vorgehensweise von Hüftgelenksdysplasien. Während die eine Hälfte die klinische Untersuchung als das richtige Diagnostiktool ansieht, ist die andere Hälfte von der sonographischen Untersuchung als flächendeckendes oder selektives Screening überzeugt.

1. Zeitpunkt

Das kindliche Hüftgelenk zeigt physiologisch in den ersten sechs Lebenswochen ein sehr starkes Reifungspotenzial, das bis zum Ende des dritten Lebensmonats abflacht (1,7). Folglich liegt es auf der Hand, dieses Wachstumspotenzial bestmöglich und optimal auszunützen, um pathologische Hüftgelenke schonend und konservativ therapieren zu können und die damit einhergehende anatomische Ausheilung zu erzielen. Der frühzeitige Beginn mit der empfohlenen adäquaten Therapie setzt eine korrekte Diagnosestellung zum ehestmöglichen Zeitpunkt voraus.

In vielen medizinischen Bereichen präsentiert sich eine konservative Therapie als eine nachhaltige und besonders präventive Lösung in Hinblick auf spätere chirurgische Interventionen. Die richtige und frühzeitig beginnende Therapie stellt einen vitalen prognostischen Faktor bei Hüftreifungsstörungen im Säuglingsalter dar. Der entscheidende Parameter „Alter bei

Therapiebeginn“ sollte so gering wie möglich sein, um das volle Reifungspotenzial einer Neugeborenenhüfte zu nutzen. Anhand der von Tschauner et al. (7) erstellten Reifungskurve ist ersichtlich, dass bei einem Therapiebeginn vor der sechsten Lebenswoche eine vollständige anatomische Ausheilung eines pathologischen Hüftgelenks erreicht werden kann. In der Studienpopulation konnte ein medianes Alter von 27 Tagen zu Behandlungsbeginn vorgelegt werden. Mehr als die Hälfte aller Neugeborenen (80%) wurden in den ersten acht Lebenswochen an der Sektion Kinder- und Jugendorthopädie vorgestellt. Innerhalb dieser Gruppe kam fast die Hälfte (41%) in den ersten beiden Lebenswochen.

99,6% der Studienpopulation wurden anschließend konservativ therapiert, davon wurden 19% mittels sofortiger Overhead-Extension mit folgender geschlossener Reposition im Gips behandelt. Tschauner et al. zeigten in zwei Studien ähnliche Ergebnisse: Bei einem Durchschnittsalter von 2,1 Monate bei Therapiebeginn betrug die Rate an konservativen Behandlungen 95,6% (15) bzw. 98,9% (28). Bei 4,4% kam eine Overhead-Extension zur Anwendung. Im Gegensatz dazu, war die Anzahl an operativ versorgten pathologischen Hüftgelenken sowohl in dieser Studie (0,4%) also auch bei Tschauner et al. (15,28) (4,4%) sowie bei Thallinger et al. (52) (0,16 pro 1.000 Lebendgeburten) sehr gering. Bei den wenigen Säuglingen, die sich einer Operation unterzogen, zeigte sich bei genauerer Betrachtung, dass sie in einem anderen Land geboren wurden, in dem kein flächendeckendes sonographisches Screening Standard war. Diese hatten keine zeitnahe Hüftsonographieuntersuchung, wurden falsch therapiert oder kamen explizit für die Intervention nach Graz.

Ob die durchgeführte Therapie den Erfolg bringt, den sich der behandelnde Arzt/die behandelnde Ärztin wünscht, erkennt man unter anderem am Ergebnis bei Therapieende. Die Verteilung der diversen Hüfttypen zeigt, dass 99% gesunde physiologische Typ I Hüftgelenke beim letzten Kontrolltermin hatten. Bei jenen 1% (\cong 5 Neugeborene), umfassend einseitige nachgereifte Typ II Gelenke, zeigten sich bei drei Neugeborenen im Röntgen zu Gehbeginn nachgereifte gesunde Hüftgelenke. Die anderen zwei Neugeborenen wurden mit einer Typ II Hüfte entlassen und nahmen keine weiteren Kontrolltermine in Anspruch implizierend eine mangelnde Compliance in Bezug auf Therapie sowie Kontrolltermine.

Mittels der sonographischen Untersuchung kann unmittelbar nach der Geburt innerhalb der ersten sieben Lebenstage bereits ein diagnostischer Befund erhoben werden. Damit können alle pathologischen Hüftgelenke erfasst werden und haben mit der zum frühestmöglichen Zeitpunkt begonnenen Therapie die besten Chancen auf vollständige Genesung. Aufgrund des schnellen und starken Wachstums- sowie Reifungspotenzials dauert die Gesamtbehandlungszeit kürzer, was in diversen Studien unter anderem durch Woolacott et al. (53) bestätigt werden konnte. In dieser wurde gezeigt, dass eine pathologische Hüfte mit Therapiebeginn innerhalb der ersten Lebenswoche

die Ausheilung etwa 1,16 Monate dauert, mit einem Behandlungsbeginn im dritten oder vierten Lebensmonat braucht sie bereits 2,9 Monate.

Eine frühzeitige Diagnose bringt das Risiko von Überdiagnose und die daraus folgende Übertherapie mit sich, die vermehrt Kosten entstehen lässt. Bei der sonographischen Untersuchung in der ersten Lebenswoche werden auch physiologisch unreife Hüftgelenkstypen (Typ IIa) detektiert, die im Laufe des ersten Lebensmonats spontan ausheilen und keine Therapie benötigen (46). Jedoch sollte nicht vergessen werden, dass sich ein kleiner Anteil der Hüftgelenke im Verlauf der ersten Lebenswochen verschlechtert, der sehr wohl einer Behandlung in weiterer Folge benötigt (54). In der von Tschauer et al. (7) erstellten Reifungskurve wird das Wachstumspotenzial des Hüftgelenks eines Neugeborenen innerhalb der ersten zwölf Lebensmonate anhand des Alpha-Winkels gemessen und verglichen. Mit dieser Kurve kann der Rückschluss gezogen werden, dass bei einem Therapiebeginn vor der sechsten Lebenswoche eine vollständige anatomische Ausheilung eines pathologischen Hüftgelenks erreicht werden kann, was auch mit dieser Studie bestätigt werden konnten. Erfolgt die Diagnosestellung sowie die Therapieeinleitung erst zu einem späteren Zeitpunkt nach der sechsten Lebenswoche, steigt die Wahrscheinlichkeit einer bleibenden Restdysplasie mit folgender notwendiger Operation und die damit verbundenen Kosten wie unter anderem Farr et al. (46) und Grill et al. (51) in Studien bestätigen konnten. (1,3,52).

Wird das Sonographiescreening zwischen der vierten und sechsten Lebenswoche durchgeführt, sinkt das Risiko der Überdiagnose sowie Überbehandlung und die damit verbundenen Kosten, da der Anteil an unreifen Hüftgelenken deutlich weniger als im Vergleich zur ersten Lebenswoche ist (3,46). Hinsichtlich einer vollständigen anatomischen Ausreifung erfolgt der Therapiebeginn bei pathologischen Hüftgelenken früh genug, um sie vollständig zu genesen (46). In dieser Studie wurden 63% der Neugeborenen innerhalb der ersten sechs Lebenswochen erstvorstellig, davon 19% zwischen der vierten und sechsten Lebenswoche. Durch den späteren Zeitpunkt werden auch jene Säuglinge erfasst und untersucht, die unmittelbar postnatal keinen Zugang zu einem sonographischen Screening haben (z.B. bei Hausgeburten).

In der Literatur gibt es jedoch keinen einheitlichen Konsensus darüber, ob es besser ist, ein generelles Screening nur zwischen der vierten und der sechsten Lebenswoche durchzuführen oder zusätzlich auch in der ersten Lebenswoche zu sonographieren. Einige Studien konnten Ergebnisse liefern, die ein zweizeitiges Screening bevorzugen und befürworten. Tönnis et al. (42) zeigten, dass ein hoher Anteil an Typ IIc und III Hüftgelenken keine klinischen Instabilitätszeichen vorwies. Laut einer Studie von Schilt et al. (55) verschlechtert sich mit zunehmenden Alter des Säuglings die Chance, ein luxiertes Hüftgelenk manuell zu reponieren. Farr et al. (46) fassen zusammen, dass ein zweimaliges sonographisches Screening sinnvoll ist, um alle pathologischen Hüftgelenke, die

schlechter als Hüftgelenk Typ IIa sind, zu detektieren und die sofortige notwendige konservative Therapie einleiten zu können.

Der entscheidende prognostische Faktor ist die möglichst frühzeitige definitive pathomorphologische Diagnosestellung, um einerseits vor allem das volle Reifungspotenzial der Säuglingshüfte zu nutzen und andererseits ehest möglichst die notwendige Therapie einleiten zu können. Dies kann durch ein zweizeitiges Screening - unmittelbar nach der Geburt und zwischen der vierten und sechsten Lebenswoche – wodurch das gesamte Spektrum von physiologisch unreifen bis pathologischen Hüftgelenken erfasst werden kann, ermöglicht und erreicht werden.

2. Unterschiedliche Vorgehensweisen beim Screening

Im zeitlichen Verlauf entwickelten sich mehrere verschiedene sonographische Screening-Vorgehensweisen der Säuglingshüfte, wobei die Methode nach Graf [siehe 1.4.2.5 Hüftgelenkstypisierung nach Graf] im europäischen Raum am verbreitetsten ist. Weitere Techniken nach Harke (USA), Terjesen (Skandinavien) und Suzuki (Japan) werden im Folgenden kurz erläutert.

Die Methode nach Harke untersucht die Säuglingshüfte dynamisch sowie mittels Stress-Manövern unter sonographischer Bildgebung, daher wird sie auch als Realtime-Sonographie bezeichnet. Das Neugeborene liegt am Rücken und der Schallkopf wird entweder seitlich im Bereich des Trochanter major oder medial auf das Hüftgelenk, beide im anterior-posterior Strahlengang, platziert. Dabei entstehen zwei Grundschnittebenen, einerseits der Transversal-Neutralschnitt (\triangleq Längsschnitt durch das Gelenk) bei Neutralstellung des Hüftgelenks, welche die Zentrierung bzw. Dezentrierung des Femurkopfs darstellt, andererseits der Longitudinalschnitt (\triangleq Querschnitt bei 90° gedrehtem Schallkopf), auch Koronar-Flexionsschnitt bezeichnet, der das 90° flektierte Hüftgelenk während klinischer Untersuchungsmanöver zeigt. Diese Darstellung beurteilt die Hüftgelenksstabilität während des durchführenden Barlow/Ortolani Tests. Anhand des „femoral head coverage index“ beurteilt der/die Untersucher*in den Gelenksüberdachungszustand resultierend aus zwei gemessenen Strecken, eine durch die Fossa acetabuli und eine durch den lateralen Femurkopf, parallel zur Geraden des Os ilium im Verhältnis zueinander. Ist der Index und somit die Überdachung größer als 50%, liegt ein gesundes ausgereiftes Hüftgelenk vor (56).

Terjesen nimmt als Grundlage die Technik von Harke und anstelle des lateralen Femurkopfs wird die Gerade durch die laterale Gelenkkapsel gelegt. Als „Bony Rim Percentage“ (BRP) wird die Überdachung des Hüftgelenkskopfes bei Terjesen bezeichnet, die im Durchschnitt bei 54,8% (männliche Säuglinge) bzw. 53,5% (weibliche Säuglinge) liegt (56).

Bei der Technik nach Suzuki liegt das Neugeborene in Rückenlage mit 35° abduzierten Hüftgelenken und der Schallkopf wird horizontal im ventrodorsaler Strahlengang so gelegt, dass beide Femurköpfe im Sonogramm abgebildet sind. Mithilfe zweier Geraden wird ein Dislokationsindex berechnet, welcher bei dezentrierten Hüftgelenken kleiner als null ist (56).

An den sonographischen Untersuchungsmethoden nach Harke, Terjesen sowie Suzuki kritisiert Graf, dass nur zwischen luxierten und nicht luxierten Hüftgelenken differenziert werden kann, da eine streng definierte Standardebene fehlt, wodurch keine weitere Feindifferenzierung ermöglicht wird. «Die im deutschsprachigen Raum geübte sonographische Untersuchungstechnik nach Graf führt eine Reifungsbestimmung und altersentsprechende Zuordnung der Hüftgelenke durch. Knöcherne und knorpelig vorgebildete Pfannen werden quantifiziert und in Relation zum Alter beurteilt, sowie die Deformierungen der Pfanne bei luxierten Gelenken hinsichtlich ihrer Form analysiert» (57). Die verschiedenen sonographischen Methoden wurden in einigen Studien im direkten Vergleich untersucht und diese konnten zeigen, dass die Technik nach Graf die zuverlässigste, reproduzierbarste und sensitivste sowie spezifischste aller ist (58,59,60,61). Während im deutschsprachigen die Methode nach Graf einheitlich und flächendeckend verwendet wird, vermischen und kombinieren andere Ländern vor allem im angloamerikanischen Raum mehrere Methoden miteinander. Folglich erklärt sich die geringe Sensitivität sowie Spezifität der sonographischen Untersuchung und die Sonogrammbefunde verlieren an Aussagekraft in diesen Nationen.

Anhand des generellen Hüftsonographiescreenings bei Neugeborenen nach Graf werden alle Neugeborene unabhängig vom Vorliegen möglicher Risikofaktoren zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten sonographiert (1). Die erste sonographische Untersuchung soll unmittelbar postnatal in der ersten Lebenswoche stattfinden, die zweite zwischen der vierten und sechsten Lebenswoche des Säuglings (62). Über die optimale Vorgehensweise herrscht eine generelle Meinungsverschiedenheit. Diese Uneinigkeiten kommen unter anderem zustande, dass gering dysplastische Hüften spontan ausreifen können und nicht jedes Land über die notwendigen ökonomischen Mittel für die Umsetzung eines generellen Screenings verfügt (46). In der Literatur werden drei Vorgehensweisen diskutiert (46):

1. das rein klinische Screening
2. das selektive Screening bei pathologischer Klinik (z.B. Instabilität, Abspreizhemmung) oder bei anamnestischen Risikofaktoren (z.B. Beckenendlage, familiäre Disposition)
3. das generelle Sonographiescreening kombiniert mit einer klinischen Untersuchung

In Zentraleuropa vor allem in Österreich, Deutschland und in der Tschechischen Republik trifft das generelle Neugeborenen Hüftsonographiescreening auf viel Zustimmung. Im deutschsprachigen Raum (Österreich, Deutschland) gilt das flächendeckende Screening als Teil des Mutter-Kind-Vorsorgeprogramms, wo alle Neugeborenen unabhängig von Klinik und Anamnese zwei Mal sonographisch untersucht werden, seit der Einführung in den 90er Jahren als Goldstandard.

Hingegen wird dies im angloamerikanischen Raum vor allem in England und in den USA ungeachtet der guten evidenz-basierten Studienlage sehr kritisch angesehen und nicht

implementiert. Dort herrscht der allgemeine Konsensus alle Neugeborenen bei Geburt klinisch zu untersuchen (Ortolani/Barlow-Stabilitätstest, Beinlängendifferenz, Faltenasymmetrie) und nur selektiv in der zweiten Lebenswoche bei pathologischer Klinik oder in der sechsten Lebenswoche bei vorhandenen Risikofaktoren (z.B. positive Familienanamnese) zu sonographieren (20). Hier ist man der Ansicht, dass Hüftgelenkdysplasien eine starke Selbstheilungstendenz vorweisen und daher gilt die rein klinische Untersuchung nach wie vor als „Goldstandard“ für die Diagnostik von Hüftreifungsstörungen (63). Die Meinung wird weiter damit begründet, dass die sonographische Untersuchung mit seiner niedrigen Spezifität zu Überdiagnostik und im weiteren Schritt zu Übertherapie führt, die nicht notwendig, aber kostspielig sei (10,46,63). Dies liegt vor allem der Tatsache zu Grunde, dass die verschiedenen sonographischen Untersuchungsmethoden nach Graf, Harke, Terjesen sowie Suzuki oftmals miteinander kombiniert und vermischt werden. Daher legen sie ihren Fokus auf die klinische Untersuchung und lassen ihr auch den Vortritt. Während in den USA ein klinisch fokussiertes Screening durchgeführt wird, wird in England (ausgenommen Coventry) landesweit das selektive Screening praktiziert, bei dem alle Neugeborenen, die klinisch oder anamnestisch auffällig sind, sonographisch untersucht werden (46,64).

Ob ein generelles oder ein selektives sonographisches Screening vollzogen werden soll, ist nicht immer einfach zu entscheiden, da es laut Grill et al. (51) wichtige Faktoren unter anderem regionale Rahmenbedingungen (z.B. ärztliche Versorgung) und Unterschiede in den Inzidenzen sowie in der Sozialstaatlichkeit gibt, die bei der Umsetzung einen Einfluss spielen. Beide Screening-Vorgehensweisen sind stark vom/von der Untersucher*in und von der fachärztlichen Expertise und Erfahrung abhängig, dennoch liefert die sonographische Untersuchung in Hinblick auf die Spezifität und Sensitivität bei Hüftpathologien präzisere Ergebnisse.

Mit ihrer Studie konnten Clegg et al. (65) im direkten Vergleich aller drei Screening-Vorgehensweisen zeigen, dass das generelle Sonographiescreening mit Abstand die besten Ergebnisse liefert. Wirth et al. (47) sowie Von Kries et al. (48) bestätigten die Überlegenheit des sonographischen Screenings gegenüber den anderen Vorgehensweisen, bei denen die Rate an operativen Eingriffen weitaus höher ist. Die Sonographie als diagnostische Bildgebung zur Erkennung von Hüftreifungsstörungen unmittelbar postnatal bestätigt ihren Stellenwert als generelles Screeningverfahren von Hüftgelenkdysplasien (46). Sie überliegt einerseits der alleinigen klinischen Untersuchung, die nur einen Teil der dysplastischen Hüftgelenken erfasst, und andererseits anderen bildgebenden Verfahren vor allem dem strahlenbelastenden Röntgen, welches erst nach ausreichender Verknöcherung frühestens nach dem zweiten Lebensmonat aussagekräftig wird (1).

In einer publizierten Studie von Harper et al. (20) wurde die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der klinischen Untersuchung bei dislozierten Hüftgelenke thematisiert und der Sonographie gegenübergestellt. Dabei untersuchten kinderorthopädische Fachärzt*innen 515 Hüftgelenke zuerst

klinisch und im Anschluss sonographisch. Ihre Ergebnisse zeigten, dass rund 14% der luxierten Gelenke von Expert*innen klinisch nicht erkannt wurden und folglich falsch negativ diagnostiziert worden wären. In der Praxis führen auch Ärzt*innen mit geringerer fachlicher Expertise und Erfahrung die Untersuchungen durch, womit der Anteil an falsch positiv erfassten Hüftgelenksdysplasien steigt. Eine im vergangenen Jahr dargelegte Umfrage (66), an der 432 ärztliche Mitglieder der POSNA (Pediatric Orthopaedic Society of Northern America) teilgenommen haben, zeigt, dass 68% in einer Klinik arbeiten, wo innerhalb dieser keine klaren standardisierten Richtlinien in Bezug auf Diagnostik und Behandlung von Hüftgelenksdysplasien empfohlen werden, obwohl zwei nordamerikanische Fachgesellschaften (67,68) vor längerem Leitlinien veröffentlicht und nahe gelegt haben. Beachtlich ist es ebenso, dass fast alle der Befragten (94%) von der Implementierung eines flächendeckendes Sonographiescreenings in den Vereinten Staaten nicht überzeugt waren.

In dieser Studie wurde die Sonographie als primäres Diagnostikum sowie Therapieverlaufstool verwendet und es konnte bestätigt werden, dass sie sich bestens für die Früherkennung von Hüftreifungsstörungen eignet. Mit einem rein klinischen Befund wäre die Mehrheit der klinisch unauffälligen Hüftgelenksdysplasien (58% falsch negativ) unentdeckt geblieben. Mittels der Sonographie konnten sowohl luxierte also auch reifungsdefizitäre, klinisch stumme Hüftgelenke erfasst werden und im Verlauf reiften sie bei einer medianen 2,5-monatigen Behandlungsdauer vollständig zu gesunden Typ I Gelenken aus.

In Anbetracht der Literatur, der durchgeführten Studien sowie der klinischen Erfahrung und Expertise von erfahrenen Fachärzt*innen, die sich mit der Diagnose und Behandlung von Hüftreifungsstörungen beschäftigen, konnte bei einem internationalen Treffen von hochkarätigen Expert*innen in der Sonographie der Säuglingshüfte in Ungarn 2019 eine klare Zustimmung für das generelle Sonographiehüftscreening nach Graf vollzogen werden (13). Begründet wurde ihre Entscheidung damit, dass es sich bei der Hüftsonographie um ein sehr kosteneffektives Verfahren handelt, welches bei richtiger Praktizierung zu keiner Überdiagnose sowie –therapie führt, und die Spätfolgen und Komplikationen dadurch vermindert werden können (13).

3. Kosten-Nutzen der unterschiedliche Screening Vorgehensweisen

Ein kosteneffektives und nachhaltiges Management in Bezug auf Hüftgelenksdysplasien im Säuglingsalter kann einerseits, anhand der Rate an falsch positiven sowie falsch negativen Diagnosen gemessen werden. Andererseits, wird auch die Rate an notwendigen operativen Eingriffen herangezogen. Wird eine Hüftgelenksdysplasie zu spät erkannt oder nicht therapiert, steigt das Risiko einer späteren chirurgischen Intervention. Tschauer et al. (28) zeigten im direkten Vergleich, wie hoch die Rate an offenen Repositionen und ihre Folgen bei zwei verschiedenen praktizierten Screening-Vorgehensweisen (rein klinisch oder sonographisch) ist. Wurde die Diagnose rein klinisch gestellt (Prä-Sonographie-Ära) wurden 11,3% der teilnehmenden Säuglingen offen reponiert, 75%

mittels Overhead extendiert, 66,3% unterzogen sich einer Adduktorenentomie und 9,2% entwickelten im Verlauf eine Hüftkopfnekrose sowie 7,5% benötigten sekundär eine chirurgische Pfannendachkorrektur. Nach Einführung des Sonographiescreeningprogramms stieg die Anzahl an konservativ behandelten Hüftgelenksdysplasien von 88,7% auf 98,9% stark an und die Rate an notwendigen therapeutischen chirurgischen Interventionen fiel ab (1,1% offene Reposition, 8,8% Overhead-Extension, keine Adduktorenentomie, keine Hüftkopfnekrose und keine Sekundärkorrekturen). Thallinger et al. (52) unterstrichen die Wichtigkeit der sonographischen Untersuchung mit dem deutlichen Rückgang von 46% an operativen Eingriffen. Milligan et al. (69) bestätigten mit ihrer Studie ebenso die effektive Wirksamkeit einer sinnvollen Screening-Vorgehensweise. Diese Studie verglich innerhalb Nordirlands die Auswirkungen ohne und mit sonographischer Diagnostik und die Anzahl an geschlossenen Repositionen sank von 1,2 auf 0,27 pro 1.000 Lebendgeburten, so auch bei David et al. (70) (von 1,13 auf 0,54 pro Lebendgeburten).

Hingegen in Ländern besonders in Nordamerika, wo die rein klinische Untersuchung als Goldstandard angesehen wird und die Sonographie nur in bestimmten Fällen zur Anwendung kommt, zeigt sich eine höhere Anzahl an offen chirurgischen Interventionen, da der Anteil an zu spät erkannten Hüftgelenksdysplasien deutlich höher ist. Wichtig hierbei präsentiert sich die Tatsache, dass das Anstellungsverhältnis der Ärzt*innen in den USA anders als im europäischen Raum ist, da ihr Gehalt primär anhand der von ihnen durchgeführten Operationen gemessen wird. Somit zeigt sich ein gutes sonographisches Screening, welches die Zahl der späteren notwendigen operativen Eingriffe durch eine frühzeitige konservative Therapie senkt, für die Untersucher*innen von geringerem Interesse unterstützend durch den Gedanken mit dem daraus resultierendem geringen Einkommen. Die Studie von Nelson et al. (71) bestätigte über einen Studienzeitraum von über 16 Jahren die höheren Interventionsraten. Innerhalb der Population gab es aufgrund von den verschiedenen Einkommensschichten und Ethnien starke Unterschiede in Hinblick auf die Operationszahlen. Gesamt wurden 73,3% offen reponiert, obwohl sowohl die offenen (Abnahme um 5,6%) als auch die geschlossenen (Abnahme um 53,4%) Repositionen über die Zeit abnahmen.

Darüber hinaus wird der Wert eines Screenings vor allem auch an den wirtschaftlichen Faktoren und der Nachhaltigkeit gemessen. Ohne rechtzeitiger und korrekter therapeutischer Intervention enden Hüftreifungsstörungen meist in einer frühzeitigen Coxarthrose (10,12,16,19). Vor den Betroffenen liegt ein langer Leidensweg begleitet von vielen Medikamenten, zahlreichen Arztbesuchen, Kuraufenthalten, Operationen und möglicher Frühpensionierung (46). Aufgrund des Früherkennungsprogramms kann unmittelbar postnatal nach korrekter Diagnosestellung bereits mit einer adäquaten Therapie begonnen werden. Thaler et al. (72) zeigten mit ihrer Studie die Behandlungskostenunterschiede in Bezug auf die Notwendigkeit eines operativen Eingriffes mit und ohne Hüftsonographiescreening in Österreich auf. Bei einem rein klinischen Screening im Zeitraum

von 1978 bis 1982 beliefen sich die Kosten auf 410.000€, im Vergleich dazu sanken sie beim sonographischen Screening im Zeitraum von 1993 bis 1997 um mehr als die Hälfte (117.000€) (72).

Viele Studien präsentieren die Vorteile eines frühzeitigen postnatalen sonographischen Screenings aller Neugeborenen hinsichtlich Hüftreifeungsstörungen klar und eindeutig. Gerade im amerikanischen Raum trifft dies nicht auf viel Resonanz, begründet durch die Tatsache, dass gerade milde Dysplasien und auch unreife Gelenke innerhalb von sechs Wochen spontan ausreifen. Weiter wird argumentiert, dass es zu einer Übertherapie führe und somit wirtschaftlich unnötig viele Kosten entstehen. Starke subjektive Beurteilung, geringe volkswirtschaftliche Vereinbarkeit und eine zu hohe Rate an falsch positiven Diagnosen stellen weitere Gründe dar, warum kein flächendeckendes Sonographiescreening implementiert wird (67). Thaler et al. (72) widerlegten die Annahme, dass mittels einem flächendeckenden Screening die wirtschaftlichen Kosten explodieren und nicht tragbar sein würden. Kosten könnten effizient eingespart werden und vielen Familien würden die psychischen Belastungen einer Operation erspart bleiben. Tschauner et al. (28) begründeten die Lage in Nordamerika damit, dass sie auf zwei ausschlaggebende Faktoren beruht: «Erstens fehlt dort vielfach die methodische Kohärenz der Graf'schen Klassifizierung und konsequente Standardisierung mit der daraus resultierenden Fehleinschätzung „not reliable“; und zweitens lassen die privatwirtschaftlich kalkulierten Tarife für Ultraschalluntersuchungen in den USA ein Screening als „too expensive“ erscheinen».

Die Sonographie bestätigt in vieler Hinsicht ihren Goldstandardstellenwert als sinnvollste und zielführendste Methode in Bezug auf Hüftpathologien bei Säuglingen. Neben den allseits allgemeinen Vorteilen der Sonographie (kostengünstig, jederzeit anwendbar und reproduzierbar, nebenwirkungs- und strahlenfrei, statische sowie dynamische Echtzeituntersuchungen) stellt sie die aktuelle pathomorphologische Situation des Hüftgelenks bildgebend dar. Es kommt zu keinen zeitlichen Verzögerungen im Vergleich zum Röntgen und der Arzt/die Ärztin kann sofort die korrekte Therapie einleiten. Jedoch erweist sich die Sonographie als stark untersucherabhängig und ohne entsprechende Ausbildungen sowie regelmäßige streng geregelte Qualitätssicherungen schleichen sich schnell unerwünschte methodische Fehler vor allem Kipp-, Mess- und Identifikationsfehler ein. Der Einsatz der Sonographie ist durch das Auftreten und den folgenden Größenzuwachs des ossifizierenden Hüftkopfkerns zeitlich begrenzt und rechtfertigt somit umso mehr den Einsatz in der Frühdiagnostik von Hüftgelenkdysplasien.

Die Studienlage, so auch diese, bestätigt den zentralen Stellenwert der Sonographie in der Diagnostik und Behandlung von Hüftpathologien im Säuglingsalter. Sie bietet ein zuverlässiges, jederzeit reproduzierbares und nachhaltiges Untersuchungstool, das sowohl statische als auch dynamische Echtzeituntersuchungen ermöglicht. Eine rein klinische Untersuchung hinsichtlich

kindlicher Hüftgelenksdysplasien ist nicht suffizient und sie sollte nur ergänzend zu einem flächendeckenden Hüftsonographiescreening aller Neugeborenen angewendet werden.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

In den Studienpopulationen sowohl in der primären (781 Neugeborene) als auch in der daraus abgeleiteten sekundären (503 Neugeborene) ist klar eine weibliche Dominanz erkennbar. In der Literatur ist beschrieben, dass Mädchen häufiger als Buben betroffen sind, was auch in dieser Studie bestätigt werden konnte (1,3,10,12,13,15). Hierbei betrug das Verhältnis in etwa 1:8 mit einem weiblichen Anteil von 76% in der primären bzw. von 83% in der sekundären Population. Harper et al. (20) hatten in ihrer Studie ebenso eine weibliche Quote von 84%. Gründe für diese Geschlechterverteilung liegen im hormonellen Kreislauf, da besonders die weiblichen Hormone Östrogen und Relaxin das Gewebe prä- und perinatal bei der Mutter auflockern. Diese Botenstoffe spielen auch für das Neugeborene eine wichtige Rolle, da sie die Elastizität der Gelenkbänder und -kapsel einhergehend mit einer vermehrten Kapsel-Band-Laxizität erhöhen (10,12). Somit wird das Heraustreten des Hüftkopfes aus der Hüftpfanne begünstigt.

Bei Erstvorstellung zeigte sich die Mehrheit mit 69% (\cong 347) klinisch völlig unauffällig und keiner der durchgeführten Tests hatte einen pathologischen Krankheitswert. Innerhalb dieser Gruppe wurde in der folgenden Hüftsonographie bei 58% (\cong 200) eine pathologische Hüftreifungsstörung diagnostiziert. Der relativ hohe Anteil (58%) an rein klinisch falsch negativ diagnostizierten Säuglingshüften wird sowohl in der Literatur als auch in Studien, wie in dieser, bestätigt (1,17,20,65). Tönnis et al. (42) zeigten ähnliche Ergebnisse, dass innerhalb der klinisch untersuchten Neugeborenen 52,2% keine Instabilitätszeichen vorwiesen, jedoch konnte sonographisch ein pathologisches Hüftgelenk nachgewiesen werden. Ebenso präsentierten Clegg et al. (65) eine ähnliche Rate von 50% an klinisch falsch negativ diagnostizierten Säuglingshüften. Bache et al. (44) unterstrichen mit ihren Studienresultaten die geringe Sensitivität klinischer Instabilitätstests, da innerhalb der Studienpopulation nur 20% der sonographisch pathologischen Hüftgelenke auch klinisch instabile positive Zeichen hatten. Seidl et al. (73) bestätigten die Bedeutung und Wichtigkeit der Hüftsonographie, da sich in ihrer Studie mehr als die Hälfte (51,4%) der pathologischen Hüften klinisch stumm präsentierten. In Folge dessen zeigt sich, dass der angloamerikanische Ansatz alle Säuglinge nur rein klinisch zu untersuchen wenig Sinn hat, da hierbei ein großer Anteil an pathologischen Hüftgelenken, die einer Therapie bedürfen, unentdeckt bleiben. Die rein klinische Untersuchung bei Hüftreifungsstörungen kann als ergänzendes, diagnostisches Tool unterstützen, soll aber in keinem Fall aufgrund ihrer geringen Sensitivität sowie Spezifität ausschließlich angewandt werden.

In dieser Studie zeigten bei Erstvorstellung 54% der 1006 Hüftgelenke einen physiologisch unreifen Hüftsonographiebefund umfassend die Hüfttypen IIa(+) und IIa(-) (Alter <6 Lebenswochen) nach Graf. Dies ist deutlich geringer als bei Seidl et al. (73) mit 84,1% oder bei Schilt et al. (55) mit 80,7%. 28% präsentierten sich mit einem Reifungsdefizit (IIb, IIc "stabil" und Alter >6 Wochen: IIa(+)/(-)) und bei 18% wurde ein pathologisches Hüftgelenk (IIc "instabil", D, III, III, IV) diagnostiziert. Im Studienvergleich betrug bei Schilt et al. (55) der Anteil von Typ IIa 17,7% und IIc bis IIIa 1,6%. Seidl et al. (73) kamen auf ähnliche Ergebnisse mit Typ IIa 14,4% und IIc bis IV 1,42%. Lussier et al. (74) verglichen zwei Gruppen miteinander, bei denen zu einem unterschiedlichen Zeitpunkt die Erstuntersuchung durchgeführt wurde. Innerhalb jener Subgruppe, die nach dem 28. Lebenstag erstuntersucht wurde, zeigte sich eine Häufigkeitsverteilung der Hüfttypen von 97,3% Typ I und 2,7% Typ IIa oder schlechter. Gründe, warum die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Hüfttypen in der Literatur sowie in Studien divergiert, schildern Schilt et al. (55) sehr nachvollziehbar: «unterschiedliche Bevölkerungen und epidemiologische Faktoren, geringe Fallzahlen, sonographische Kipp- und Messfehler und vor allem eine andere Definition des Hüfttyps IIa als in der Ursprungsmethode nach Graf». In dieser Studie ist der Anteil an reifungsdefizitären sowie pathologischen Hüftgelenken im Vergleich mit anderen Studien recht hoch, da neben den bereits genannten möglichen Ursachen bereits primär eine Vorselektion der Neugeborenen durch die niedergelassenen Kinderärzt*innen erfolgte. Folglich war die Wahrscheinlichkeit, dass ein vorstelliger Säugling eine Hüftreifungsstörung hatte, höher als vergleichsweise bei einer flächendeckenden Studie, die alle ungefiltert miteinbezieht.

Neben der Verteilung der verschiedenen Hüfttypen zeigte sich, dass bei Einseitigkeit das linke Hüftgelenk mit 57% häufiger als das rechte betroffen war. Bei Harper et al. (20) bestätigte sich die linksseitige Dominanz (47%) bei einseitig betroffenen Säuglingen. Niethard et al. (10) beschreiben sogar eine 75%ige Bevorzugung der linken Seite. Bei beidseitiger Hüftreifungsstörung wurde ebenso die linke Seite mit 65% öfter mit einem schwerwiegenderen Hüfttyp im Vergleich zur rechten Seite diagnostiziert. Durch die häufige erste Hinterhauptslage wird bei Geburt das linke knorpelige Säuglingshüftgelenk gegen das mütterliche knöcherne Promontorium gedrückt und wird so aus seiner physiologische Lage verdrängt (1,10,12).

4.3 Limitationen der Methode

Die primäre Studienpopulation umfasste 781 Neugeborene, davon bildeten 503 Personen, welche die Einschlusskriterien erfüllten, die sekundäre. Aufgrund der Struktur des österreichischen Gesundheitssystems werden fast alle neugeborenen Kinder bei niedergelassenen Kinderärzt*innen anhand des Mutter-Kind-Passes in der ersten und zwischen der sechsten und achten Lebenswoche sonographisch untersucht. Folglich fand bereits eine externe Vorselektion aller Säuglinge statt, da an

der Sektion Kinder- und Jugendorthopädie nur jene mit einer ärztlich begründeten Überweisung kamen. In Anbetracht dessen ist die gesamte Personenanzahl für diese Studie beachtlich groß. Der häufigste Anlass der Erstvorstellung war das Einholen sowie die Notwendigkeit einer fachärztlichen Zweitmeinung. Somit wiesen die Studienteilnehmer*innen bei Erstvorstellung durch den Selektionsbias eine erhöhte Wahrscheinlichkeit eines pathologischen Hüftgelenks auf.

Eine positive Familienanamnese, die Geburtslage, das weibliche Geschlecht stellen Risikofaktoren für die Hüftgelenkdysplasie dar und es ist vorgesehen und auch gängige Praxis diese im Zuge des Elterngesprächs zu erfragen (73). Die Anamnese ist einer der wichtigen Grundpfeiler in der Krankheitsdiagnostik, jedoch liefert sie nur bedingt zuverlässige Informationen unter anderem aufgrund von sprachlichen Barrieren und Hürden, daher ist kritische Vorsicht geboten. In einigen Ländern wirkt die Anamnese mitentscheidend, ob eine weiterführende sonographische Diagnostik durchgeführt wird (46,64). In dieser retrospektiven Studie konnte bei 88% der Neugeborenen auf Vorliegen einer familiären Prädisposition eine Information erhoben werden.

4.4 Schlussfolgerung

In dieser durchgeführten Studie wurde mehr als die Hälfte aller Säuglinge (80%) trotz Selektionsbias in den ersten acht Lebenswochen erstvorstellig, davon fast die Hälfte (41%) in den ersten 14 Lebenstagen. Anhand des sonographischen Hüftscreenings konnten auch jene 69% klinisch unauffälligen erfasst werden, bei denen 58% im Sonogramm pathologische Hüftgelenkstypen nach Graf vorwiesen. 99,6% wurden innerhalb von 2,5 Monaten (Medianwert) erfolgreich konservativ therapiert und zu 50% präsentierte sich die Flexion-Abduktionsschiene als der am häufigsten verwendete Therapiebehelf innerhalb der Studienpopulation, hingegen wurden nur 0,4% operativ versorgt. Bei Therapieende zeigten 99% der Neugeborenen beidseitige gesunde und altersentsprechende Typ I Hüftgelenke nach Graf. Demzufolge konnte bewiesen werden, dass sich die sonographische Untersuchungsmethode nach Graf als diagnostisches Mittel zur frühzeitigen Erkennung von Hüftreifungsstörungen bestmöglich eignet und sie präsentiert sich als sehr zuverlässiges reproduzierbares Tool mit hoher Genauigkeit. Durch die frühe Einleitung der richtigen konservativen Therapie kann folglich die Zahl an später notwendigen operativen Interventionen sehr gering halten werden.

Um weiterhin die entsprechenden Ergebnisse zeigen zu können und die Qualität aufrecht zu halten, sind zwei Aspekte unausweichlich erforderlich. Einerseits sollen die angehenden Eltern über die möglichen Folgen einer Hüftreifungsstörung beim Säugling ausreichend informiert werden und damit zum terminlichen Einhalten der sonographischen Untersuchungen motiviert werden (46). Andererseits ist die Diagnostik sowie die Therapie nur so gut wie der behandelnde Arzt/die

behandelnde Ärztin selbst. Mittels regelmäßigen interaktiven praxisfokussierten Auffrischkursen auf Basis einer fundierten allumfassenden Ausbildung kann die Qualität der sonographischen Methode nach Graf sowie der Behandlung weiterhin erfüllt werden. Ziehen sowohl die Eltern als auch die behandelnden Ärzt*innen am gemeinsamen Strang, kann der große gemeinschaftliche und wirtschaftliche Nutzen eines generellen Hüftsonographiescreenings weiterhin flächendeckend aufrecht erhalten bleiben. Abschließend liegt es, einerseits im Interesse der Eltern, der Kliniken und der Wirtschaft, andererseits auch am individuellen Engagement, das sonographische Handling zu beherrschen und den hohen nachhaltigen sowie qualitativen Standard im Sinne der „kleinen Patienten und Patientinnen“ weiterhin zu gewährleisten und lange aufrecht zu halten.

5 Literaturverzeichnis

- 01 Graf R. Sonographie der Säuglingshüfte und therapeutische Konsequenzen. 6th ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2010.
- 02 Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. Prometheus LernAtlas der Anatomie - Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4th ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2014.
- 03 Hefti F. Kinderorthopädie in der Praxis. 3rd ed. Berlin: Springer-Verlag; 2015.
- 04 Waldeyer A, Anderhuber F, Pera F, Streicher J. Waldeyer-Anatomie des Menschen. 19th ed. Berlin: De Gruyter; 2012.
- 05 Aumüller G. Duale Reihe Anatomie. 4th ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2017.
- 06 Niethard FU, Pfeil J, Biberthaler P. Duale Reihe Orthopädie und Unfallchirurgie. 8th ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2017.
- 07 Tschauner C, Klapsch W, Baumgartner A, Graf R. „Reifungskurve“ des sonographischen Alpha-Winkels nach GRAF unbehandelter Hüftgelenke im ersten Lebensjahr. Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete. 1994 November-Dezember: p. 502-504.
- 08 Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Thieme eRef. [Online].; 2020 [cited 2021 Jänner 05]. Available from: <https://eref.thieme.de/cockpits/clAna0001/0/coAna00007/4-1846>.
- 09 Ziegler M. SpringerLink. [Online].; 1996 [cited 2021 Jänner 05. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-79959-4_23.
- 10 Niethard FU. Kinderorthopädie. 2nd ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2010.
- 11 Gortner L, Meyer S, Bartmann P. Duale Reihe Pädiatrie. 5th ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2018.
- 12 Kraus T, Novak M. Kindliche Hüftreifungsstörungen. Pädiatrie & Pädologie. 2018 September: p. 216-220.
- 13 O'Beirne JG, et al.. International Interdisciplinary Consensus Meeting on the Evaluation of Developmental Dysplasia of the Hip. In ; 2019 August; Csolyospalos, Hungary. p. 454-464.
- 14 Matussek J, Dingeldey E, Grifka J. Patienteninformation Hüftdysplasie-Behandlung vom Säugling bis zum Jugendlichen. 2019..
- 15 Tschauner C, Fürntrath F, Saba Y, Bergold A, Radl R. Developmental dysplasia of the hip: impact of sonographic newborn hip screening on the outcome of early treated decentered hip joints-a single center retrospective comparative cohort study based on Graf's method of hip

- ultrasonography. *Journal of Children's Orthopaedics*. 2011 September; 5(6): p. 415-424.
- 16 Tschauner C. *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie - Becken, Hüfte* Stuttgart: Georg Thieme . Verlag KG; 2004.
- 17 Drogruel H, Atalar H, Yavuz OY, Sayli U. Clinical examination versus ultrasonography. *International Orthopaedics*. 2008 Juni; 32(3): p. 415-419.
- 18 Dunn PM. Perinatal observations on the etiology of congenital dislocation of the hip. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1976 September: p. 11-22.
- 19 Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie; Berufsverband der Ärzte für Orthopäden. Leitlinien Hüftdysplasie. In ; 2002; Köln.
- 20 Harper P, et al.. Even Experts Can Be Fooled: Reliability of Clinical. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2020 September: p. 408-412.
- 21 Placzek R, Funk JF, Druschel C. Kongenitale Hüftluxation bei Neugeborenen. *Operative Orthopädie und Traumatologie*. 2013 September: p. 417-429.
- 22 Placzek , Funk , Druschel. SpringerLink. [Online].; 2013 [cited 2021 Jänner 05. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00064-013-0237-4/figures/2>.
- 23 Placzek , Funk , Druschel. SpringerLink. [Online].; 2013 [cited 2021 Jänner 05. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00064-013-0237-4/figures/3>.
- 24 Jackson L, McSween K. GG&C Paediatric Guidelines. [Online].; 2020 [cited 2021 Jänner 06. Available from: <https://www.clinicalguidelines.scot.nhs.uk/nhsggc-paediatric-guidelines/nhsggc-guidelines/neonatology/postnatal-handbook/postnatal-handbook-qeuh/hip-examination-and-referrals/>.
- 25 Siebert CH, Heller KD, Birnbaum K. *Tipps & Tricks für den Orthopäden und Unfallchirurgen*. 2nd ed. Berlin: Springer-Verlag; 2011.
- 26 Kassenärztliche Bundesvereinigung. *Kassenärztliche Bundesvereinigung*. [Online].; 2014 [cited 2020 September 03. Available from: https://www.kbv.de/media/sp/KBV_PraxisWissenSpezial_SonografieSaeugling.pdf.
- 27 Paton RW. Screening in Developmental Dysplasia of the Hip (DDH). *The Surgeon*. 2017 Oktober: p. 290-296.
- 28 Tschauner C, Fürntrath F, Radl R, Berghold A, Schwantzer G. Behandlungsfortschritte . dezentrierter Hüftgelenke durch die sonografische Frühvorsorge – Ergebnisse einer retrospektiven monozentrischen Kohortenstudie 1978–2007. *OUP - Orthopädische und Unfallchirurgische Praxis*. 2012 Oktober: p. 390-393.
- 29 Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Thieme eRef. [Online].; 2011 [cited 2021 Jänner 05.

- . Available from: <https://eref.thieme.de/cockpits/clsport0001clAna0001/0/coAna00017/4-3785>.
- 30 Matthiessen HD. Orthopaedie Matthiessen. [Online].; 2018 [cited 2021 Jänner 06. Available from: <https://www.orthopaedie-matthiessen.de/index.php/sonographiekurse>.
- 31 Graf R, Baumgartner F, Lercher K. Ultraschalldiagnostik der Säuglingshüfte. 2nd ed. Berlin: Springer-Verlag; 2012.
- 32 Graf R, Lercher K, Scott S, Spieß T. Essentials of infant hip sonography according to GRAF. Sonocenter Stolzalpe, editor. Stolzalpe; 2017.
- 33 Deeg KH, Hofmann V, Hoyer PF. Ultraschalldiagnostik in Pädiatrie und Kinderchirurgie. 5th ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2018.
- 34 Harcke HT. Imaging in congenital dislocation and dysplasia of the hip. Clinical Orthopaedics and Related Research. 1992 August: p. 22-28.
- 35 Jung J, Dienst M. Familienhandbuch. [Online].; 2004 [cited 2020 November 22. Available from: <https://www.familienhandbuch.de/gesundheit/krankheiten/hueftdysplasieundangeborenehueftluxation.php>.
- 36 Klinikum Dortmund. [Online]. [cited 2021 Jänner 06. Available from: <https://www.klinikumdo.de/kliniken-zentren/kliniken-abteilungen-m-z/orthopaedie/leistungsspektrum/kinderorthopaedie/hueftdysplasiehueftluxation>.
- 37 Matussek J. Die Kranke Säuglingshüfte Bandage, Hips oder OP.? Der Allgemeinarzt. 2015 November: p. 56-60.
- 38 Ortho Team AG. Ortho Team. [Online]. [cited 2021 Jänner 06. Available from: <https://produkte.ortho-team.ch/de-de/Category/Index/pk-Spreizhosen-Graf-Mittelmeier?path=Produktewelt%2Forthosen%2Fh-bandagenundorthosen-kinder%2Fgk-orthosen-hueft>.
- 39 Schilt M. Hüfte. [Online]. [cited 2020 November 22. Available from: <https://www.huefte.ch/>.
- 40 Kolb A, Windhager R, Chiari C. Kongenitale Hüftdysplasie, Screening und Therapie. Der Orthopäde. 2015 Oktober: p. 917-926.
- 41 Katthagen BD, Mittelmeier H, Becker D. Häufigkeit und stationärer Behandlungsbeginn kindlicher Hüftgelenkluxationen in der BR Deutschland. Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete. 1988: p. 475-483.
- 42 Tönnis D, Storch K, Ulbrich H. Results of newborn screening for CDH with and without sonography and correlation of risk factors. Journal of Pediatric Orthopaedics. 1990 März-April: p. 145-152.
- 43 Berman L, Klenerman L. Ultrasound screening for hip abnormalities: preliminary findings in 1001

- . neonates. *British Medical Journal*. 1986 September: p. 719-722.
- 44 Bache CE, Clergg J, Herron M. Risk factors for developemental dysplasia of the hip: . ultrasonographic findings in the neonatal period. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2002: p. 212-218.
- 45 De Pellegrin M, Tessari L. Early ultrasound diagnosis of developmental dysplasia of the hip. . *Bulletin Hospital for Joint Diseases*. 1996: p. 222-225.
- 46 Farr S, Grill F, Müller D. Wann ist der optimale Zeitpunkt für ein sonographisches Hüftscreening? . *Der Orthopäde*. 2008 Mai: p. 532-540.
- 47 Wirth T, Hinrichs F, Stratmann L. Verlaufsbeobachtungen der Inzidenz der Hüftdysplasie nach 14-jähriger Anwendung eines sonographischen Neugeborenen Screenings. In Steinkopff H, editor. *Langzeitergebnisse in der Kinderorthopädie*. Heidelberg: Springer Verlag Berlin Heidelberg; 2003. p. 111-122.
- 48 von Kries R, et al.. Effect of ultrasound screening on the rate of first operative procedures for . developmental hip dysplasia in Germany. *The Lancet*. 2003 Dezember: p. 1883-1887.
- 49 Angliss R, et al.. Surgical treatment of late developmental displacement of the hip. Results after . 33 years. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2005: p. 384-394.
- 50 Ihme N, Altenhofer L, von Kries R, et al.. Sonographische Hüftscreening in Deutschland. *Der Orthopäde*. 2008 Mai: p. 541-549.
- 51 Grill F, Müller D. Ergebnisse des Hüftultraschallscreenings in Österreich. *Der Orthopäde*. 1997 . Jänner: p. 25-32.
- 52 Thallinger C, Pospischill R, Ganger R, Radler C, Krall C, Grill F. Long-term results of a nationwide . general ultrasound screening system for developmental disorders of the hip: the Austrian hip screening program. *Journal of Children's Orthopaedics*. 2014 Februar: p. 3-10.
- 53 Wollacott NF, Puhan MA, Steurer J, Kleijnen J. Ultrasonography in screening for developmental . dysplasia of the hip in newborns: systemic review. *British Medical Journal (Clinical Research Edition)*. 2005 Juni: p. 1413-1419.
- 54 Roovers EA, et al.. The natural history of developmental dysplasia of the hip: sonographic findings . in infants of 1-3 months of age. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2005 September: p. 325-330.
- 55 Schilt M. Optimaler Zeitpunkt des Hüftsonographie-Screenings. *Ultraschall in der Medizin*. 2001 . Februar: p. 39-47.
- 56 Graf R, Tschauer C, Farkas P, Lecher K. Sonographie der Säuglingshüfte und therapeutische . Konsequenzen - Ein Kompendium. 5th ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2000.
- 57 Graf R. Hüftsonographie - Grundsätze und aktuelle Aspekte. *Der Orthopäde*. 1997 Jänner: p. 14-

- . 24.
- 58 Diaz A, Cuervo M, Epeldegui T. Simultaneous Ultrasound Studies of Developmental Dysplasia of the Hip Using the Graf, Harcke, and Suzuki Approaches. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 1994; p. 185-189.
- 59 Falliner A, Schwitzer D, Hahne H, Hedderich J, Hassenpflug J. Comparing ultrasound measurements of neonatal hips using the methods of Graf and Terjesen. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2006 Jänner: p. 104-106.
- 60 Pacheco EMD, et al.. Electronic Presentation Online System. [Online].; 2012 [cited 2021 März 05]. Available from: <https://epos.myesr.org/poster/esr/ecr2012/C-2049>.
- 61 Kotlarsky P, Haber R, Bialik V, Eidelman M. Developmental dysplasia of the hip: What has changed in the last 20 years? *World Journal of Orthopedics*. 2015 Dezember: p. 886-901.
- 62 Graf R. New possibilities for the diagnosis of congenital hip joint dislocation by ultrasonography. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 1983 Juli: p. 354-359.
- 63 Shipman SA, et al.. Screening for Developmental Dysplasia of the Hip: A Systematic Literature Review for the US Preventive Services Task Force. *Official Journal Of The American Academy Of Pediatrics*. 2006 März: p. 557-576.
- 64 Eastwood DM. Neonatal hip screening. *The Lancet*. 2003 Februar: p. 595-597.
- 65 Clegg J, Bache CE, Raut VV. Financial justification for routine ultrasound screening of the neonatal hip. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 1999 September: p. 852-857.
- 66 Taylor IK, Burlile JF, Schaeffer EK. Developmental Dysplasia of the Hip: An Examination of Care Practices of Pediatric Orthopaedic Surgeons in North America. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2020 April: p. 248-255.
- 67 Shaw B, Segal L, Secion on orthopaedics. Evaluation and Referral for Developmental Dysplasia of the Hip in Infants. *Pediatrics*. 2016 Dezember.
- 68 Mulpuri K, Song K, Goldberg M, Sevarino K. Detection and Nonoperative Management of Pediatric Developmental Dysplasia of the Hip in Infants up to Six Months of Age: Evidence-Based Clinical Practice Guideline. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2015 März: p. 202-205.
- 69 Milligan DJ, Cosgrove AP. Monitoring of a hip surveillance programme protects infants from radiation and surgical intervention. *The Bone and Joint Journal*. 2020 April: p. 495-500.
- 70 McAllister DA, Morling JR, Fischbacher CM, Reidy M, Murray A, Wood R. Enhanced detection services for developmental dysplasia of the hip in Scottish children, 1997-2013. *Archives of disease in childhood*. 2018 November: p. 1021-1026.

71 Neslon SE, DeFrancesco CJ, Sankar WN. Operative Reduction for Developmental Dysplasia of the Hip: Epidemiology Over 16 Years. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2019 April: p. 272-277.

72 Thaler M, et al.. Cost-effectiveness of universal ultrasound screening compared with clinical examination alone in the diagnosis and treatment of neonatal hip dysplasia in Austria. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2011 August: p. 1126-1130.

73 Seidl T, Lohmaier J, Trouillier HH. Früherkennung der Hüftdysplasie - Ist das zweigeteilte Risikoscreening effektiv? *Zeitschrift für Kinder- und Jugendmedizin*. 2011 August.

74 Lussier EC, Sun YT, Chen HW, Chang TY, Chang CH. Ultrasound screening for the developmental dysplasia of the hip after 4 weeks increases exam accuracy and decreases follow-up visits. *Pediatrics and Neonatology*. 2019 Juni: p. 270-277.