

Aus dem Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie
Sektion Kinder- und Neuroorthopädie
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Bizentrische Evaluation eines generellen klinischen und
sonografischen Hüftscreenings in der ersten Lebenswoche

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Sarah Antonia Biella

aus Berlin

Datum der Promotion: 17.09.2021

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	1
Tabellenverzeichnis.....	2
Abbildungsverzeichnis.....	3
Kurzfassung.....	4
Abstract	6
1 Einleitung	8
1.1 Definition der Hüfttreifungsstörung.....	8
1.2 Ätiologie und Pathogenese	8
1.3 Diagnostik der Hüfttreifungsstörung.....	10
1.4 Hüftscreening in Deutschland	12
1.5 Sonografische Ausbildung der Untersucher.....	13
1.6 Ziele der Arbeit.....	17
2 Patienten und Methoden	18
2.1 Patientenkollektiv	18
2.2 Datenerhebung	18
2.2.1 Anamnestische Daten.....	18
2.2.2 Klinische Untersuchung	19
2.2.3 Sonografische Untersuchung.....	20
2.2.4 Befunderhebung nach Graf.....	21
2.3 Untersucherkollektiv.....	26
2.4 Ethische Aspekte	26
2.5 Statistische Methoden.....	26
3 Ergebnisse	28
3.1 Patientenkollektiv	28
3.2 Ermittelte anamnestische Daten und Vorkommen der Risikofaktoren	29
3.3 Resultate der klinischen Untersuchung.....	34
3.4 Auswertung der sonografischen Untersuchung	35
3.5 Ermittelte Sensitivität und Spezifität des Hüftscreenings.....	40
3.6 Untersuchungsergebnisse der Expertin und des Fachteams.....	42

4	Diskussion.....	47
4.1	Vergleich des Untersucherkollektivs	47
4.2	Patientenkollektiv	51
4.3	Bewertung der anamnestischen Daten und Risikofaktoren.....	53
4.4	Klinische Untersuchung	55
4.5	Beurteilung der sonografischen Untersuchungen	58
4.6	Vergleich unterschiedlicher Screeningverfahren.....	60
5	Zusammenfassung.....	64
6	Literaturverzeichnis	66
7	Eidesstattliche Versicherung.....	74
8	Lebenslauf	76
9	Danksagung.....	79

Abkürzungsverzeichnis

a. p.	anterior posterior
CDH	Congenital dislocation of the hip
DDH	Developmental dysplasia of the hip
DEGUM	Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin e. V.
et al.	et alii
U 2	Vorsorgeuntersuchung 2
U 3	Vorsorgeuntersuchung 3

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Drei-Stufen-Konzept des Arbeitskreises Bewegungsorgane der DEGUM (40).....	14
Tabelle 2:	Einteilung der Hüfttypen nach Graf (9)	25
Tabelle 3:	Statistische Wertigkeit der untersuchten Risikofaktoren.....	32
Tabelle 4:	Vergleich der Risikofaktorverteilung in Berlin und Bielefeld	33
Tabelle 5:	Statistische Wertigkeit von Skelettdeformität und positiver klinischer Untersuchung.....	34
Tabelle 6:	Zusammenhang von Hüftreifungsstörungen und dem Vorliegen von Risikofaktoren, Skelettdeformitäten und positiver klinischer Untersuchung.....	35
Tabelle 7:	Vierfeldertafel der Risikofaktoren	40
Tabelle 8:	Vierfeldertafel der positiven klinischen Untersuchung.....	40
Tabelle 9:	Vierfeldertafel von Skelettdeformität, positiver klinischer Untersuchung und dem Vorhandensein von Risikofaktoren.....	41
Tabelle 10:	Statistische Wertigkeit der Unterschiede in der Hüfttypeneinteilung nach Graf (9) im Untersucherkollektiv	44
Tabelle 11:	Statistische Wertigkeit der Diagnoseunterschiede gesunder, physiologisch unreifer und pathologischer Hüften im Untersuchervergleich	45
Tabelle 12:	Fehlerquellen nach Tschauner (42).....	48
Tabelle 13:	Übersicht über die Sensitivität und Spezifität eines selektiven Screenings	61

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Abspreizhemmung der linken Hüfte im Vergleich zur rechten Hüfte, eigene Darstellung, in Anlehnung an Bracken (19)	19
Abb. 2: Anatomische Identifizierung nach Graf (9)	21
Abb. 3: Hüfttyp I.....	22
Abb. 4: Hüfttyp IIa.....	22
Abb. 5: Typ IIc (ohne Stress).....	22
Abb. 6: Typ IIc (mit Stress)	22
Abb. 7: Typ D	23
Abb. 8: Typ III	23
Abb. 9: Typ IV.....	23
Abb. 10: Knochenwinkel α und Knorpelwinkel β	24
Abb. 11: Zeitpunkt der Untersuchung in Bezug auf das Alter der Neugeborenen	28
Abb. 12: Verteilung der unterschiedlichen Risikofaktoren im gesamten Patientenkollektiv	30
Abb. 13: Vorkommen von Risikofaktoren bei Kindern mit mindestens einer pathologischen Hüfte	31
Abb. 14: Anteil an erkrankten Kindern im Hinblick auf die vorliegenden Risikofaktoren	32
Abb. 15: Verteilung physiologisch unreifer und pathologischer Hüften im Gesamtkollektiv	36
Abb. 16: Geschlechtsverteilung Neugeborener mit pathologischen Hüften, entsprechend einem Hüfttyp IIc nach Graf oder schlechter.....	37
Abb. 17: Inzidenz der Hüftreifungsstörungen bei weiblichen Neugeborenen	38
Abb. 18: Inzidenz der Hüftreifungsstörungen bei männlichen Neugeborenen.....	38
Abb. 19: Verteilung der Hüfttypen nach Graf (9) auf alle untersuchten Hüften im Patientenkollektiv	39
Abb. 20: Verteilung der Hüfttypen nach Graf (9), diagnostiziert durch die Expertin.....	42
Abb. 21: Verteilung der Hüfttypen nach Graf, diagnostiziert durch das Fachteam	43
Abb. 22: Vergleich der Hüfttypenverteilung nach Graf (9) in Abhängigkeit vom Ausbildungsgrad der Untersucher	46
Abb. 23: Hautfaltenasymmetrie beim Neugeborenen, eigene Darstellung, in Anlehnung an Bracken (19).....	56
Abb. 24: Hüftreifungskurve nach Tschauener (37, 54)	63

Kurzfassung

Hintergrund

Bei der Hüftreifungsstörung handelt es sich mit einer Inzidenz von 0,8 % bis 7,7 % um die häufigste angeborene Deformität des Halte- und Bewegungsapparates (1-6). Unbehandelt kann sie zu bleibenden Schäden des Hüftgelenkes bis hin zu Dezentrierung und frühzeitiger Arthrose führen (7). Bei rechtzeitiger Therapie können bis zu 98,9 % der Hüften geheilt werden (8). Aus diesen Gründen wird eine frühzeitige Diagnose, verbunden mit einem zeitigen Therapiebeginn angestrebt (9). Die Diagnostik erfolgt in Deutschland mittels eines zweigeteilten Ultraschallscreenings (10). Die diagnostische Sicherheit der Hüftsonografie nach Graf hängt neben zu erfüllenden apparativen Voraussetzungen von der Qualifikation des Untersuchers ab (11, 12).

In der vorliegenden Arbeit ist erstmalig analysiert worden, wie sich die Hüfttypenverteilung nach Graf in der Diagnostik von Hüftreifungsstörungen in Abhängigkeit vom Ausbildungsgrad des Untersuchers verhält.

Material und Methoden

Im Zeitraum vom 01.01.2011 bis 29.02.2012 sind alle in Berlin am Campus Charité Mitte und in Bielefeld am Franziskus Hospital geborenen Kinder klinisch und sonografisch untersucht worden. In Bielefeld sind die Neugeborenen von einem Fachteam mit einer DEGUM-Zertifizierung im Hüftultraschall nach Graf und in Berlin von einer DEGUM-Kursleiterin untersucht worden. An anamnestischen Daten ist das Vorliegen einer positiven Familienanamnese, eines Fruchtwassermangels und einer Geburt aus Beckenendlage erfasst worden.

Ergebnisse

In dem oben genannten Zeitraum sind 1868 Neugeborene innerhalb der ersten Lebenswoche untersucht worden. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen den untersuchten Risikofaktoren und dem Vorliegen einer Hüftreifungsstörung konnte nicht gezeigt werden. Bei über der Hälfte der pathologischen Hüften haben keine Risikofaktoren, Skelettanomalien oder klinische Auffälligkeiten vorgelegen. Die Inzidenz der Hüftreifungsstörungen liegt in der vorliegenden Arbeit bei 1,4 %. In dem untersuchten Patientenkollektiv sind Hüftreifungsstörungen signifikant häufiger ($p < 0,05$) bei

weiblichen Neugeborenen aufgetreten. Beim Vergleich der Verteilung der Hüfttypen nach Graf, diagnostiziert durch die unterschiedlichen Untersucher, haben sich statistisch signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) im Bereich der gesunden, der physiologisch unreifen und der pathologischen Hüften gezeigt. Dabei sind vermehrt gesunde Typ I Hüften von der Expertin und physiologisch unreife Typ IIa Hüften und pathologische Typ D Hüften vom Fachteam diagnostiziert worden.

Schlussfolgerung

In der vorliegenden Arbeit haben sich signifikante Unterschiede in der Diagnose der Hüfttypen nach Graf in Abhängigkeit vom Ausbildungsgrad der Untersucher gezeigt. Um eine Überbehandlung oder das Übersehen behandlungsbedürftiger Hüften zu vermeiden, ist eine umfassende Ausbildung der Untersucher mit regelmäßiger Rezertifizierung essentiell. Um auch stumme Hüftpathologien frühzeitig diagnostizieren und therapieren zu können, erscheint ein generelles Ultraschallscreening zu einem frühestmöglichen Zeitpunkt erforderlich.

Abstract

Background

Developmental dysplasia of the hip (DDH) is the most common congenital disorder of the locomotor system. The incidence ranges from 0,8 % to 7,7 % (1-6). If untreated, DDH can lead to severe long-term complications including dislocation and early onset osteoarthritis (7). For that reason early diagnosis and treatment are important (9). If treated early, more than 98,9 % of the affected newborns can be healed (8).

In Germany all infants are screened sonographically according to the Graf method when they are 4-5 weeks old (10). Those with risk factors or clinical instability are examined by ultrasound during the first week of life (10, 13). The quality of ultrasound using the Graf technique is dependent on appropriate equipment and the experience of the examiner (11, 12).

The aim of this study is to determine whether the diagnosis of severity of dysplasia using the Graf classification depends on the qualification of the examiner.

Patients and methods

Between 01.01.2011 and 29.02.2012 all infants born in Berlin at Campus Charité Mitte and in Bielefeld at Franziskus Hospital were screened clinically and sonographically. In Bielefeld the newborn children were examined by a team of clinicians who are certified in hip sonography. In Berlin an expert who is teaching hip sonography to other clinicians examined the children. Data was collected on the presence of the risk factors family history, oligohydramnios and breech presentation.

Results

A total of 1868 newborns were examined within their first week of life. The risk for DDH was not significantly higher in children with risk factors, skeletal deformities or clinical hip instability. In this study the incidence was 1,4 %. There was a significantly ($p < 0,05$) higher frequency of DDH in females. The team of clinicians, certified in hip sonography, diagnosed significantly ($p < 0,05$) more immature hips and pathological hips compared to the expert instructor. Graf's type I was more often diagnosed by the expert and Graf's type IIa and type D were more often diagnosed by the team of clinicians.

Conclusion

This study shows that clinicians with less ultrasound experience diagnose more immature Graf's type IIa and pathological hips, especially Graf's type D. To avoid over-treatment and failure of detecting cases with severe dysplasia, standardized training courses and accreditation courses are essential. To detect silent cases of DDH, a general ultrasound screening should be carried out as early as possible.

1 Einleitung

1.1 Definition der Hüftreifungsstörung

Bei der Hüftreifungsstörung handelt es sich um eine Fehlbildung beziehungsweise mangelhafte Entwicklung der kindlichen Hüftpfanne. Die Inzidenz der Hüftreifungsstörung im Säuglingsalter wird in der Literatur mit 0,8 % bis 7,7 % angegeben, womit sie bei Neugeborenen die häufigste Deformität des Halte- und Bewegungsapparates darstellt (1-6). Unbehandelt kann eine Hüftreifungsstörung zu bleibenden Schäden des Hüftgelenkes bis hin zu Dezentrierung und frühzeitiger Arthrose führen (9, 14). Bei 10 % - 15 % aller Patienten, die bei Erhalt einer Totalendoprothese des Hüftgelenkes jünger als 50 Jahre sind, ist eine Hüftreifungsstörung ursächlich für die Operation (7).

Im Deutschen wird der Begriff der Hüftreifungsstörung als Oberbegriff für die verschiedenen Dysplasiegrade bis hin zur Luxation verwendet. Er dient als Äquivalent der englischen Bezeichnung „Developmental dysplasia of the hip“ (DDH). Der früher gebräuchliche englische Begriff „Congenital dislocation of the hip“ (CDH; „Kongenitale Hüftgelenksdislokation“) ist durch den Begriff DDH abgelöst worden. Der Begriff CDH ist missverständlich, da in der Regel bei Geburt nur eine Dysplasie ohne Luxation besteht und postpartal auch nur in seltenen Fällen eine Dysplasie in eine Luxation übergeht, was dieser früher verwendete Begriff impliziert hat (15).

1.2 Ätiologie und Pathogenese

Es wird davon ausgegangen, dass die Entstehung einer Hüftreifungsstörung multifaktoriell bedingt ist, wobei endogene und exogene Faktoren eine Rolle spielen (16).

Hüftreifungsstörungen treten gehäuft familiär auf, was darauf hindeutet, dass ihre Entstehung genetisch mitbedingt sein könnte (17). Studien haben gezeigt, dass die Prävalenz für eine Hüftreifungsstörung bei monozygoten Zwillingen im Vergleich zu dizygoten Zwillingen erhöht ist (18). Außerdem treten bei Eltern und Geschwistern von betroffenen Patienten vermehrt Hüftreifungsstörungen auf (19). In der Literatur finden sich Angaben, dass 10 % - 30 % der von einer Hüftreifungsstörung betroffenen Kinder mit erblich bedingten Abnormitäten des Hüftgelenkes geboren werden (4, 20).

Laut Tönnis existieren zwei unabhängige Typen genetischer Prädisposition (21). Beim Typ 1 handelt es sich um eine angeborene Hüftdysplasie mit zu flacher Pfannenanlage. Beim Typ 2 liegt eine familiär vererbte, generalisierte Gelenkkapsel-Bänder-Schlaffheit vor, mit daraus resultierender vermehrter Dehnbarkeit des Kapsel-Bandapparates (21-23).

Hüftreifungsstörungen treten ebenfalls vermehrt in Verbindung mit anderen Skelettanomalien auf, wie zum Beispiel dem kongenitalen, muskulären Tortikollis oder kongenitalen, idiopathischen Klumpfüßen (20, 22, 24). Auch bei einigen Chromosomendefekten, beispielsweise der Trisomie 18, kann es zu einer unzureichenden Pfannenentwicklung kommen (9, 25).

Bei weiblichen Neugeborenen treten Hüftreifungsstörungen bis zu fünf Mal häufiger auf als bei männlichen (26-28). Im Rahmen von Untersuchungen ist hierzu bei weiblichen Neugeborenen ein verstärktes Auftreten von Relaxin nachgewiesen worden (22, 25). Dieses mütterliche, plazentagängige Hormon führt in der Schwangerschaft zu einem veränderten zellulären Zusammenhalt des Gewebes und demzufolge zu einer erhöhten Flexibilität. Diese Effekte sind zum einen wichtig, um das Wachstum während der Schwangerschaft zu vereinfachen. Zum anderen führen sie zu einer Erschlaffung der mütterlichen Bandstrukturen in Vorbereitung auf die Geburt. Es wird vermutet, dass Relaxin einen ähnlichen Effekt auf die Bandstrukturen und somit den Kapselbandapparat des Hüftgelenkes beim Fetus hat (24, 29).

Auf eine mechanisch bedingte Genese einer Hüftreifungsstörung lässt das vermehrte Auftreten bei Kindern schließen, die intrauterin einem Platzmangel ausgesetzt gewesen sind. So begünstigen ein Fruchtwassermangel, ein erhöhtes Geburtsgewicht und Mehrlingsschwangerschaften die Entstehung einer Hüftreifungsstörung (20, 24, 26, 28). Es ist ebenfalls ein vermehrtes Auftreten von Hüftreifungsstörungen bei Geburten aus Beckenendlage beobachtet worden (20, 24, 26-28). Des Weiteren scheinen Kinder von Erstgebärenden anfälliger für eine Hüftreifungsstörung zu sein, wofür am ehesten das straffe Gewebe der Mütter als Erklärung in Frage kommt (24, 28). Hüftreifungsstörungen können ein- oder beidseitig auftreten. Die linke Hüfte ist häufiger von Hüftreifungsstörungen betroffen als die rechte (24, 30). Hierfür wird ebenfalls eine mechanische Ursache als Erklärung in Betracht gezogen. Bei der Hinterhauptlage, der häufigsten Lage des Kindes im Mutterleib, liegt die linke Hüfte des Kindes an der

hinteren Uteruswand und somit der Wirbelsäule der Mutter an. Die linke Hüfte des Fetus ist somit größerem mechanischen Druck ausgesetzt als die rechte und wird so in eine Adduktionshaltung gedrängt (24, 29).

1.3 Diagnostik der Hüftreifungsstörung

Zur Diagnostik der Hüftreifungsstörung werden verschiedene Verfahren verwendet. Instabile- und luxierte Hüften können teilweise durch eine klinische Untersuchung diagnostiziert werden. Zur Diagnostik von Hüftreifungsstörungen, die nicht zu einer Luxierbarkeit der Hüfte führen, werden bildgebende Verfahren angewandt (29). Die gängigsten Verfahren sind der Ultraschall und die Röntgendiagnostik. Die Röntgendiagnostik hat in der Neugeborenenperiode den Nachteil, dass aufgrund der fehlenden Ossifizierung von Hüftkopf und Pfanne eine nur ungenügende Beurteilung des Gelenkes möglich ist (31). Ferner werden die Patienten bei der Röntgen-Untersuchung einer Strahlenbelastung ausgesetzt. In Deutschland sind im Säuglingsalter die Sonografie nach Graf und die klinische Untersuchung der Hüfte die Untersuchungstechniken der Wahl (9, 21).

Risikofaktoren

Nach den deutschen Kinder-Richtlinien zur hüftsonografischen Screeninguntersuchung gelten eine positive Familienanamnese, eine Geburt aus Beckenendlage sowie Stellungsanomalien oder Fehlbildungen, insbesondere der Füße, zu den Hauptrisikofaktoren (13). Das Vorliegen dieser Risikofaktoren erhöht die Wahrscheinlichkeit einer Hüftreifungsstörung, so dass empfohlen wird, Kinder mit diesen Risikofaktoren frühzeitig sonografisch zu untersuchen, um eine Hüftreifungsstörung zeitig zu erkennen und sie einer Therapie zuführen zu können (10).

Klinische Untersuchung

Als wichtigste klinische Zeichen, die mit einem erhöhten Risiko für ein Vorliegen von Hüftdysplasie und -luxation einhergehen, werden die Abspreizhemmung und eine klinische Instabilität des Hüftgelenkes angegeben (10). Die klinische Untersuchung eignet sich vor allen Dingen zur Diagnostik hochgradig instabiler oder luxierter Hüften, ermöglicht jedoch nicht das Erfassen von Dysplasien (32).

Hüftsonografie und ihre Entwicklung

Nach der Einführung von hochauflösenden Ultraschallgeräten, die es ermöglicht haben, den im Neugeborenenalter noch überwiegend knorpeligen Anteil des Hüftgelenkes darzustellen, hat der österreichische Arzt Dr. Reinhard Graf eine Methode entwickelt, die es ermöglicht, das Krankheitsbild der Hüftreifungsstörung bereits in den ersten Lebensstagen erkennen, klassifizieren und einer Therapie zuführen zu können (9, 19).

Darüber hinaus sind weitere Formen des Hüftultraschalls bekannt. Laut der Empfehlung internationaler Experten, welche die vier gängigsten Methoden verglichen haben, ist die Hüftsonografie nach Graf die Ultraschall-Methode der Wahl (32).

Die Sonografie der Säuglingshüfte nach Graf beruht auf der exakten Identifikation anatomischer Strukturen. Nach ergänzenden Vergleichen mit Leichenpräparaten, Röntgenbildern und Arthrogrammen ist eine präzise Klassifikation entwickelt worden (9). Bei dem Ultraschall nach Graf werden Hüftsonogramme in einer reproduzierbaren Standardebene erzeugt. Anhand der Sonogramme wird die Morphologie der kindlichen Hüfte im Verhältnis zum Alter des Säuglings beurteilt und einem Hüfttyp zugeteilt. Die Befunderhebung erfolgt mittels deskriptiver Befundung des Hüftsonogrammes und einer Winkelmessung, bei der knöcherner und knorpeliger Anteil der Hüftgelenkpfanne vermessen werden. Der Befund wird einem Hüfttyp nach Graf zugeordnet (Typ I bis IV) (9). Hierbei entspricht der Hüfttyp I einem reifen Gelenk (9). Der Hüfttyp IIa kommt per Definition nur bei Neugeborenen unter 12 Wochen vor und entspricht einer physiologisch unreifen Hüfte (9). Die Hüfttypen IIb bis IV repräsentieren pathologische Hüften (9). Eine detaillierte Beschreibung der Befunderhebung und der Hüfttypen nach Graf folgt im Kapitel 2.2.4.

Durch die sonografische Befundung ist das Krankheitsbild der Hüftluxation reformiert und der Begriff „Hüftreifungsstörung“ etabliert worden. Die Einführung der Hüftsonografie bei Neugeborenen und Säuglingen hat zum Wandel der Diagnostik und Therapie der Hüftreifungsstörung sowie zu einem neuen Verständnis der Pathophysiologie geführt (33). Herausragendes Merkmal der Hüftsonografie ist das Auskommen ohne ionisierende Strahlen, was regelmäßige Verlaufskontrollen vertretbar macht. Weitere Vorteile sind die Reproduzierbarkeit der Untersuchungsergebnisse und, da es sich um eine dynamische Methode handelt, die Möglichkeit, Bewegungen (wie die

Dezentrierung des Hüftkopfes unter axialem Druck in kraniale Richtung) darstellen und damit auch untersuchen zu können (9).

1.4 Hüftscreening in Deutschland

In der Literatur werden drei Arten von Screeningverfahren unterschieden: das klinische, das selektive und das generelle Ultraschallscreening (34). Bei dem rein klinischen Screeningverfahren wird kein Ultraschall zur Detektion von Hüftreifungsstörungen verwendet, die Untersuchung erfolgt nur klinisch. Bei dem selektiven Screening werden nur Neugeborene sonografisch untersucht, die anamnestische Risikofaktoren, Skelettdeformitäten oder klinisch einen pathologischen Befund aufweisen. Beim generellen Ultraschallscreening wird bei allen Neugeborenen zusätzlich zu einer klinischen Untersuchung ein Hüftultraschall durchgeführt (34).

Vor Einführung des Hüftultraschall hat in Deutschland bereits ein rein klinisches Neugeborenencreening stattgefunden. Ein rein klinisches Screening wird von verschiedenen Autoren als sinnvoll für die Früherkennung von schon bei Geburt luxierter Hüften gewertet, jedoch hat es nicht zu der erhofften Reduktion zu spät diagnostizierter Hüftluxationen geführt hat (14, 35, 36).

Tschauner hat anhand einer Reifungskurve die physiologische Entwicklung der Säuglingshüfte innerhalb des ersten Lebensjahres beschrieben (37). Die Hüftreifungskurve hat in den ersten drei Monaten einen steilen Verlauf und flacht dann ab. Bei einem frühzeitigen Therapiebeginn pathologischer Hüften kann dadurch eine Heilung unter Ausnutzung der physiologischen Nachreifung fast ausschließlich mit konservativen Behandlungsmöglichkeiten erreicht werden (4, 8).

Um Neugeborene mit Hüftreifungsstörungen zeitig zu detektieren und sie einer Therapie zuführen zu können, ist in Deutschland seit dem 01.01.1996 ein zweigeteiltes Ultraschallscreening in den Kinder-Richtlinien gesetzlich verankert (13). Die Kinder-Richtlinien beschreiben Untersuchungen (U) zur Früherkennung von Krankheiten bei Kindern bis zur Vollendung des 6. Lebensjahres (13). Beim zweigeteilten Ultraschallscreening handelt es sich um ein generelles, sonografisches Screening, bei dem alle Kinder als Teil der U 3, die innerhalb der 4.-5. Lebenswoche (Toleranzgrenze 3.-8. Lebenswoche) stattfindet, eine Hüftsonografie erhalten. Darüber hinaus sollen Kinder mit anamnestischen Risikofaktoren (siehe 1.3), Fehlbildungen oder einem auffälligen

klinischen Befund (siehe 2.2.2) bereits bei der U 2 innerhalb des 3.-10. Lebensjahres (Toleranzgrenze 3.-14. Lebensjahr) zusätzlich sonografisch untersucht werden (13).

1.5 Sonografische Ausbildung der Untersucher

Das Ziel der Kinder-Richtlinien, Kinder mit einer Hüftreifungsstörung möglichst zeitig zu erfassen und einer geeigneten Therapie zuzuführen, hat zur Voraussetzung, dass die Untersucher laufend die hierfür erforderliche Aus- und Weiterbildung erhalten (10).

Die diagnostische Sicherheit der Hüftsonografie nach Graf hängt, neben zu erfüllenden apparativen und technischen Voraussetzungen (siehe 2.2.3) auch von der Qualifikation des Untersuchers ab (29, 38, 39). Von der deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin e. V. (DEGUM) werden Kurse zur Hüftsonografie der Säuglingshüfte nach Graf angeboten (40). Hierbei werden ein Grund- und Aufbaukurs sowie ein Abschlusskurs unterschieden, die, aufeinander aufbauend, weiterführende Kenntnisse im Bereich des Hüftultraschalls vermitteln. Zudem werden Refresher-Kurse zur Aktualisierung des Kenntnisstandes angeboten (40). Darüber hinaus hat die DEGUM einen Ausbildungskatalog zur sonografischen Ausbildung der Untersucher im Bereich der Bewegungsorgane, entsprechend einem Drei-Stufen-Konzept herausgegeben (siehe Tabelle 1) (40). Alle drei Stufen sehen eine optionale Mitzertifizierung der Säuglingshüfte vor. Für die Stufe I kann auch eine alleinige Zertifizierung der Sonografie der Säuglingshüfte stattfinden. Es müssen zunächst die Voraussetzungen in Form von erfolgten Weiterbildungen, durchgeführten Sonografien, apparativer Ausrüstung und Forschungsaktivität erfüllt werden, bevor eine Prüfung abgelegt werden kann, um ein Zertifikat für die entsprechende Ausbildungsstufe zu erhalten.

Zur Qualitätssicherung der sonografischen und diagnostischen Fertigkeiten der Untersucher werden regelmäßige Stichprobenprüfungen durch die kassenärztliche Vereinigung empfohlen (10). Eine Analyse von Fehldiagnosen, basierend auf einer Hüftultraschalluntersuchung, hat ergeben, dass viele Fehler durch falsche anatomische Identifizierung der verschiedenen Strukturen, die auf einem Sonogramm dargestellt werden, durch eine mangelhafte Brauchbarkeitsprüfung oder eine ungenügende technische Ausrüstung zustande kommen (41). Als Ursache für diese Fehler wird von einer unzureichenden Ausbildung der Untersucher ausgegangen (42).

Tabelle 1: Drei-Stufen-Konzept des Arbeitskreises Bewegungsorgane der DEGUM (40)

Ausbildungsstufen	Stufe I Nur Hüftsonografie der Säuglingshüfte	Stufe I (Wahlweise mit Mit-zertifizierung der Säuglingshüfte)	Stufe II Ausbilder (Wahlweise mit Mit-zertifizierung der Säuglingshüfte)	Stufe II Kursleiter (Wahlweise mit Mit-zertifizierung der Säuglingshüfte)	Stufe III Kursleiter (Wahlweise mit Mit-zertifizierung der Säuglingshüfte)
Ausbildungsgrad	Abgeschlossene Facharzt-ausbildung oder Bescheinigung über mind. 24 monatige Tätigkeit in der Orthopädie/ Unfallchirurgie	Abgeschlossene Facharzt-ausbildung oder Bescheinigung über mind. 24 monatige Tätigkeit in der Orthopädie/ Unfallchirurgie	Abgeschlossene Facharzt-ausbildung	Stufe II seit mindestens einem Jahr	Stufe II seit mindestens zwei Jahren
Ausbildungen und Kurse	Nachweis von Grund- und Aufbaukurs der Sonografie der Säuglingshüfte oder Ausbildung in einer Ausbildungsstätte mit mindestens einem Stufe II Ausbilder oder Kursleiter der Stufe II oder III	Bei Mit-zertifizierung der Säuglingshüfte Teilnahmebescheinigung an einem DEGUM-zertifizierten Hüftsonografie-Kurs	Ausbildung in einer Ausbildungsstätte mit mindestens einem Stufe II Ausbilder oder Kursleiter der Stufe II oder III oder Hospitation über einen Monat bei einem Stufe II Ausbilder oder Kursleiter der Stufe II oder III		
Anzahl durchgeführter Sonografien der Säuglingshüfte	200	200 (bei Mit-zertifizierung der Säuglingshüfte)	500 (bei Mit-zertifizierung der Säuglingshüfte)	1000 (bei Mit-zertifizierung der Säuglingshüfte)	1000 (bei Mit-zertifizierung der Säuglingshüfte)

Ausbildungsstufen	Stufe I Nur Hüftsonografie der Säuglingshüfte	Stufe I (Wahlweise mit Mit-zertifizierung der Säuglingshüfte)	Stufe II Ausbilder (Wahlweise mit Mit-zertifizierung der Säuglingshüfte)	Stufe II Kursleiter (Wahlweise mit Mit-zertifizierung der Säuglingshüfte)	Stufe III Kursleiter (Wahlweise mit Mit-zertifizierung der Säuglingshüfte)
Anzahl durchgeführter Sonografien im Bereich der Bewegungsorgane	0	800 (inklusive 200 Hüftsonografien der Säuglingshüfte bei Mit-zertifizierung der Säuglingshüfte)	Bescheinigung über mindestens 4-jährige aktive Ultraschall-diagnostik im Fachgebiet Bewegungsorgane UND Mindestens 2000 eigenverantwortlich durchgeführte Ultraschalluntersuchungen UND 500 Sonografien der Säuglingshüfte bei Mit-zertifizierung der Säuglingshüfte	Bescheinigung über mindestens 5-jährige aktive Ultraschall-diagnostik im Fachgebiet Bewegungsorgane UND Mindestens 5000 eigenverantwortlich durchgeführte oder supervidierte Ultraschalluntersuchungen UND 1000 Sonografien der Säuglingshüfte bei Mit-zertifizierung der Säuglingshüfte	Bescheinigung über mindestens 5-jährige aktive Ultraschall-diagnostik im Fachgebiet Bewegungsorgane UND Mindestens 5000 eigenverantwortlich durchgeführte oder supervidierte Ultraschalluntersuchungen UND 1000 Sonografien der Säuglingshüfte bei Mit-zertifizierung der Säuglingshüfte
Bürgerschaft	Schriftlich von einem Kursleiter (Stufe III) oder Ausbilder (Stufe II) des Arbeitskreises Bewegungsorgane der DEGUM	Schriftlich von einem Kursleiter (Stufe III) oder Ausbilder (Stufe II) des Arbeitskreises Bewegungsorgane der DEGUM	Schriftlich von zwei Kursleitern (Stufe III) des Arbeitskreises Bewegungsorgane der DEGUM	Schriftlich von einem Kursleiter (Stufe III) des Arbeitskreises Bewegungsorgane der DEGUM	Schriftlich von einem Kursleiter (Stufe III) des Arbeitskreises Bewegungsorgane der DEGUM

Ausbildungsstufen	Stufe I Nur Hüft- sonografie der Säuglings- hüfte	Stufe I (Wahlweise mit Mit- zertifizierung der Säuglings- hüfte)	Stufe II Ausbilder (Wahlweise mit Mit- zertifizierung der Säuglings- hüfte)	Stufe II Kursleiter (Wahlweise mit Mit- zertifizierung der Säuglings- hüfte)	Stufe III Kursleiter (Wahlweise mit Mit- zertifizierung der Säuglings- hüfte)
Forschungsaktivität					Mindestens 10 wissenschaftliche Beiträge, davon mindestens einer in einer peer-reviewed Zeitschrift als Erst- oder Letztautor
Apparative Voraussetzungen	Nachweis der apparativen Voraussetzungen	Nachweis der apparativen Voraussetzungen	Nachweis der apparativen Voraussetzungen	Nachweis der apparativen Voraussetzungen	Nachweis der apparativen Voraussetzungen
DEGUM-Mitgliedschaft			Seit mindestens einem Jahr		Seit mindestens drei Jahren

1.6 Ziele der Arbeit

Hüftreifungsstörungen stellen die häufigste angeborene Deformität des Halte- und Bewegungsapparates dar (1-6). Bei rechtzeitiger Diagnose und einem frühen Therapiebeginn können zwischen 95 % und 98,9 % der Neugeborenen mit konservativen Therapiemitteln geheilt werden (8, 43). Erfolgt eine Therapie verspätet, verlängert sich die Therapiedauer und oft reichen konservative Therapiemöglichkeiten dann nicht mehr aus (3, 27).

Mit Hilfe des Hüftultraschalls können Neugeborene schon innerhalb der ersten Lebenswoche untersucht werden (9). Experten empfehlen den Hüftultraschall nach Graf als Mittel der Wahl, um auch dysplastische Hüften frühzeitig erkennen und therapieren zu können (32). Um dabei eine Übertherapie oder das Übersehen pathologischer Hüften als Folge von Fehldiagnosen zu vermeiden, ist eine standardisierte Ausbildung der Untersucher nötig (32).

Mit der vorliegenden, bizenrischen Evaluation soll untersucht werden, ob ein direkter Zusammenhang zwischen der Erfahrung der Untersucher im Bereich der Hüftsonografie und der durch die Untersucher ermittelten Hüfttypenverteilung nach Graf besteht. Ferner sollen im Rahmen der Arbeit auch regionale Schwankungen der erhobenen epidemiologischen Daten analysiert werden.

Folgende Hypothesen sollen mit der vorliegenden Arbeit geklärt werden:

- Der Anteil der Typ Ila-Hüften beim postnatalen Ultraschallscreening in der ersten Lebenswoche ist bei erfahrenen Untersuchern geringer als bei weniger erfahrenen Untersuchern.
- Bei weniger erfahrenen Untersuchern werden mehr Typ D-Hüften diagnostiziert als bei erfahrenen Untersuchern.
- Die epidemiologischen Daten unterliegen regionalen Schwankungen und unterscheiden sich in Abhängigkeit des Standortes.

2 Patienten und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv umfasst alle Neugeborenen, die im Zeitraum vom 01.01.2011 bis 29.02.2012 in Berlin am Campus Charité Mitte auf der Station für Geburtshilfe sowie in Bielefeld am Franziskus Hospital auf der geburtshilflichen Station geboren worden sind. Die beiden Stationen sind aufgrund einer im Vorfeld beobachteten, vergleichbaren jährlichen Patientenzahl ausgewählt worden.

Einschluss- und Ausschlusskriterien

Eingeschlossen worden sind Neugeborene, unabhängig vom Gestationsalter, die postpartal auf einer der oben genannten Stationen betreut worden sind und die postnatal einen Hüftultraschall erhalten haben. Patienten, bei denen die Erhebung anamnestischer Daten nicht möglich gewesen ist, da die Angehörigen entweder kein Wissen über mögliche Risikofaktoren gehabt haben, die Angehörigen nicht ansprechbar gewesen sind oder aufgrund einer Sprachbarriere bei ausländischen Patienten eine Kommunikation nicht möglich gewesen ist, sind aus der Analyse der Risikofaktoren ausgeschlossen worden.

2.2 Datenerhebung

Nach einer einführenden Anamnese ist die Ultraschalluntersuchung (siehe 2.2.3) und im Anschluss die klinische Untersuchung (siehe 2.2.2) der Neugeborenen durchgeführt worden. Grundlage dieser Reihenfolge sind die in Kapitel 4.4 erläuterten Praxiserfahrungen gewesen.

2.2.1 Anamnestische Daten

Anamnestisch sind durch Befragung der Eltern eine positive Familienanamnese, ein in der Schwangerschaft aufgetretener Fruchtwassermangel und eine Geburt aus Beckenendlage erfasst worden. Ferner sind das Geschlecht des Kindes sowie das Alter als zusätzliche Daten erhoben worden. Aufgrund fehlender präpartaler Daten ist nicht dokumentiert worden, ob die Beine bei Beckenendlage gestreckt oder im Knie gebeugt gewesen sind.

2.2.2 Klinische Untersuchung

Bei der klinischen Untersuchung sind in der vorliegenden Studie zunächst eine Inspektion, gefolgt von der körperlichen Untersuchung und den klinischen Tests durchgeführt worden. Die Inspektion des entkleideten Neugeborenen spielt eine wichtige Rolle bei der Erkennung von Fehlbildungen und Anomalien und ist fester Bestandteil der Vorsorgeuntersuchung U 2 (24, 44). Es ist dabei in der vorliegenden Arbeit vor allen Dingen auch auf das Vorhandensein von Klumpfüßen geachtet worden.

Das Auftreten einer klinischen Instabilität ist dokumentiert worden, allerdings ist nicht mit Hilfe mechanischer Tests evaluiert worden, ob die Hüfte luxierbar gewesen ist.

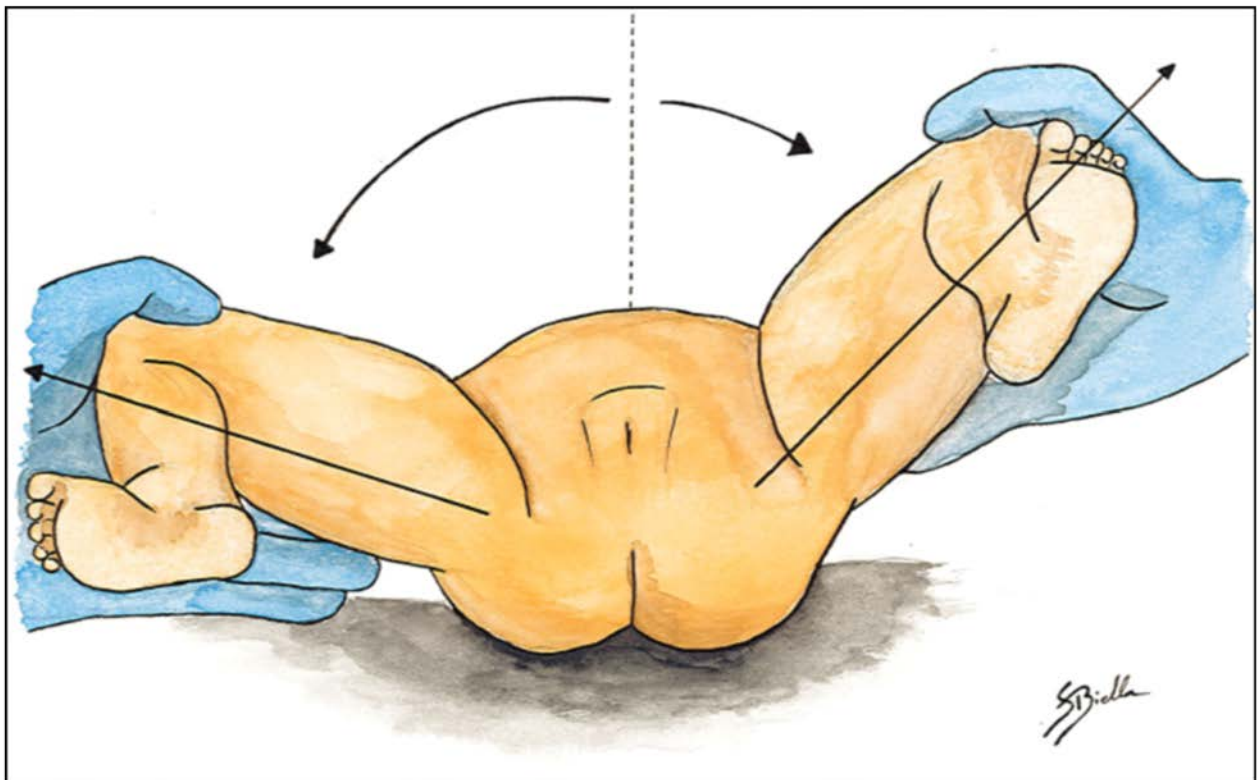


Abb. 1: Abspreizhemmung der linken Hüfte im Vergleich zur rechten Hüfte, eigene Darstellung, in Anlehnung an Bracken (19)

Als klinischer Test ist in der vorliegenden Arbeit die Abspreizhemmung untersucht worden. Eine Abspreizhemmung kann vorkommen, wenn der luxierte Hüftkopf bei Abduktion in der Hüfte am Becken gebremst wird und somit nur eingeschränkt beweglich ist (9). Um zu untersuchen, ob eine Abduktionseinschränkung vorliegt, werden die Beine des Neugeborenen in Knie- und Hüftgelenk um 90 ° flektiert und dann abduziert (siehe Abb. 1). Bei Neugeborenen sollte der Abduktionswinkel mehr als 80 °

betragen. Von einer Abduktionseinschränkung wird bei einer Differenz von mehr als 10° gegenüber der gesunden Seite gesprochen (45). Liegt eine beidseitige Abspreizhemmung vor, kann diese schwer zu erkennen sein (9).

2.2.3 Sonografische Untersuchung

Die Ultraschalluntersuchung ist bei allen Patienten nach der von Graf beschriebenen Methode durchgeführt worden (9): Die Neugeborenen sind in der von Graf empfohlenen Lagerungsschale in Seitenlage standardisiert erst rechts, dann links untersucht worden. In beiden Zentren ist ein 7,5 MHz Linearschallkopf zum Einsatz gekommen. Von jedem Hüftgelenk sind zwei Einstellungen in der Standardebene angefertigt worden. Für jedes der Bilder ist eine neue Einstellung des Schallkopfes erfolgt, so dass die Bilder zeitlich versetzt aufgenommen worden sind. Als Abbildungsmaßstab ist der von Graf empfohlene Mindestmaßstab von 1,7:1 gewählt worden (9). Es sind jeweils zwei Bilder ausgedruckt worden, wobei eines der Hüftsonogramme als Grundlage für den deskriptiven Befund gedient hat. Das andere Bild ist von Hand mit Hilfe eines Sonometers vermessen worden (9). Eine Schallkopfführung ist nur in Bielefeld vom Fachteam genutzt worden.

Die Abbildung der Hüftsonogramme wurde unabhängig davon, ob es sich um die rechte oder linke Hüfte gehandelt hat in aufrechter Rechtsprojektion durchgeführt, die der Darstellung eines rechten a. p.-Röntgenbildes entspricht. Bei der Beurteilung der Hüftsonogramme ist gemäß Graf mit der Identifizierung wichtiger anatomischer Strukturen begonnen worden, wie in Abbildung 2 dargestellt. Diese Identifizierung bezeichnet Graf als Checkliste 1 (9). Um eine möglichst kippfehlerfreie Darstellung zu dokumentieren, ist regelhaft die Knorpel-Knochen-Grenze mit abgebildet worden.

Es sind nur Hüftsonogramme zur Beurteilung verwendet worden, in denen die Standardebene mit dem Unterrand des Os ilium, der Schnittebene und dem Labrum acetabulare dargestellt worden ist, entsprechend der Checkliste 2 nach Graf (9). Mit diesen drei „Landmarken“ wird die Standardebene im Raum definiert und ermöglicht, vergleichbare Sonogramme beliebig oft zu reproduzieren. Wenn der Unterrand des Os ilium bei dezentrierten Gelenken gefehlt hat, so ist dies die einzige Ausnahme gewesen, bei der das Hüftsonogramm, ohne dass es der Standardebene entsprochen hat, beschreibend aber nicht messtechnisch befundet worden ist (9).

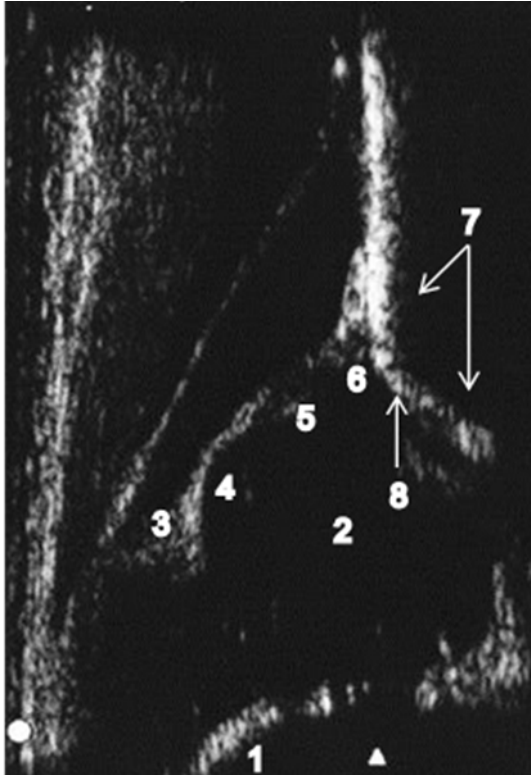


Abb. 2: Anatomische Identifizierung nach Graf (9)
(Sonografie; Franziskus Hospital Bielefeld)

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

2.2.4 Befunderhebung nach Graf

Da einer Hüftreifungsstörung eine Wachstumsstörung der Hüftgelenkpfanne zugrunde liegt, erfolgt eine Beurteilung des knöchernen und knorpeligen Anteils der Gelenkpfanne. Die Hüfttypisierung erfolgt primär durch die morphologische Beschreibung des knöchernen Pfannendaches, des knöchernen Erkerareals und des knorpeligen Anteils des Pfannendaches (siehe Abb. 2), in Relation zum Alter des Säuglings (9). Die für diese Arbeit verwendeten Hüftsonogramme sind zunächst deskriptiv bewertet und anhand der morphologischen Besonderheiten einem Hüfttyp zugeordnet worden. Nachfolgend sind sie vermessen worden und anhand der Winkelwerte ist der Hüfttyp bestätigt worden. Bei Vorliegen einer Diskrepanz zwischen dem deskriptiven und dem gemessenen Befund ist die Untersuchung auf Fehler kontrolliert und nachfolgend gegebenenfalls wiederholt worden.

Deskriptive Bewertung

Durch die Bewertungen des knöchernen Pfannendaches, des knöchernen Erkerareals und des knorpelig präformierten Pfannendaches in ihrer Kombination wird bereits ein Hüfttyp definiert, wie in den Abbildungen 3 bis 9 dargestellt. Dieser Hüfttyp ist nachfolgend durch das Messverfahren noch bestätigt worden.



Abb. 3: Hüfttyp I

(Sonografie; Franziskus Hospital Bielefeld)

Gute knöcherne Formgebung; stumpfes Erkerareal; übergreifendes, knorpelig präformiertes Pfannendach.



Abb. 4: Hüfttyp IIa

(Sonografie; Franziskus Hospital Bielefeld)

Ausreichende knöcherne Formgebung; rundes Erkerareal; übergreifendes knorpelig präformiertes Pfannendach. Typ IIa und Typ IIb unterscheiden sich hinsichtlich des Alters: Typ IIa <12 Wochen, Typ IIb >12 Wochen.



Abb. 5: Typ IIc (ohne Stress)

(Sonografie; Charité-Universitätsmedizin Berlin)

Hochgradig mangelhafte knöcherne Formgebung; rundes bis flaches Erkerareal und noch übergreifendes Knorpeldach.



Abb. 6: Typ IIc (mit Stress)

(Sonografie; Charité-Universitätsmedizin Berlin)

Die Hüfte entspricht ohne Stress einer Typ IIc-Hüfte. Durch axialen Druck in kaudokraniale Richtung kann sie in eine Hüfte überführt werden, die deskriptiv einer Typ D-Hüfte mit hochgradig mangelhafter knöcherner Formgebung, rundem bis flachem Erkerareal und verdrängtem, knorpelig präformiertem Pfannendach entspricht.



Abb. 7: Typ D

(Sonografie; Charité-Universitätsmedizin Berlin)

Hochgradig mangelhafte knöcherne Formgebung; rundes bis flaches Erkerareal; verdrängtes, knorpelig präformiertes Pfannendach; Gelenk am Dezentrieren.

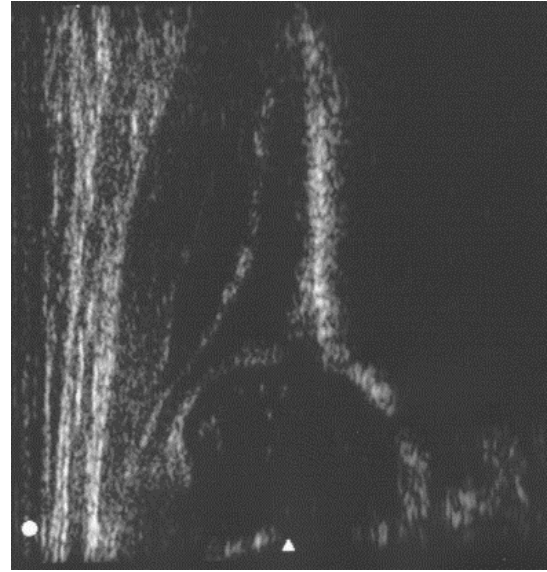


Abb. 8: Typ III

(Sonografie; Franziskus Hospital Bielefeld)

Schlechte knöcherne Formgebung; flaches Erkerareal; nach kranial verdrängtes, knorpeliges Pfannendach; dezentriertes Gelenk.



Abb. 9: Typ IV

(Sonografie; Charité-Universitätsmedizin Berlin)

Schlechte knöcherne Formgebung; flaches Erkerareal; knorpeliges Pfannendach nach kaudal verdrängt; dezentriertes Gelenk.

Winkelmessung am Hüftsonogramm

Ausschließlich Sonogramme in der Standardebene nach Graf (9) sind mit Hilfe von Knochenwinkel α und Knorpelwinkel β , die in der nachfolgenden Abbildung 10 dargestellt sind, zur Klassifizierung der unterschiedlichen Hüfttypen ausgemessen worden.

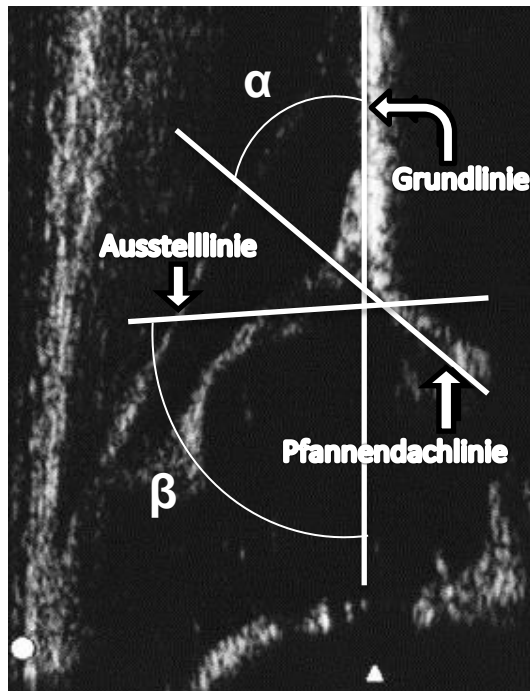


Abb. 10: Knochenwinkel α und Knorpelwinkel β
(Sonografie; Franziskus Hospital Bielefeld)

Knochenwinkel α

Der Knochenwinkel α ist definiert als Winkel zwischen Grund- und Pfannendachlinie. Die Grundlinie geht vom Z-Punkt aus, jenem Punkt, an dem das proximale Perichondrium an das Echo des Os ilium trifft, und wird an das Echo des Os ilium tangential nach distal angelegt. Die Pfannendachlinie ist definiert als eine vom Unterrand des Os ilium ausgehende, an die knöchernen Pfanne angelegte Tangente. Der Alpha-Winkel gilt als Maß für den knöchernen Anteil des Pfannendaches.

Knorpelwinkel β

Der Knorpelwinkel β liegt zwischen der Ausstell- und der Grundlinie, wobei die Ausstelllinie vom knöchernen Erker ausgeht und diesen mit der Mitte des Labrum acetabulare verbindet. Für die Bestimmung des knöchernen Erkers wird der Punkt gewählt, an dem die Konkavität des Acetabulums in die Konkavität des Os ilium übergeht. Der Knorpelwinkel β stellt ein Maß für die knorpeligen Pfannendachanteile dar (9).

Endgültiger Befund

Mit Hilfe der oben genannten Linien und Winkel sind alle in dieser Arbeit verwendeten Hüftsonogramme vermessen worden, um den bereits mittels Deskription zugeteilten Hüfttyp zu verifizieren. Einzig dezentrierte Gelenke, die nicht in der Standardebene dargestellt werden konnten, sind nur deskriptiv befundet und nicht vermessen worden. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die verschiedenen Hüfttypen nach Graf mit den zugehörigen Winkelwerten (9).

Tabelle 2: Einteilung der Hüfttypen nach Graf (9)

Hüfttyp	Knöcherner Knochenwinkel α	Knöcherner Erker	Knorpelig präformiertes Pfannendach Knorpelwinkel β
Typ I* reifes Hüftgelenk, jedes Alter	gut $\alpha \geq 60^\circ$	eckig/stumpf	übergreifend Ia $\rightarrow \beta \leq 55^\circ$ Ib $\rightarrow \beta > 55^\circ$
Typ IIa+* altersentsprechend < 12 Lebenswochen	ausreichend $\alpha = 50^\circ - 59^\circ$	rund	übergreifend
Typ IIa- mit Reifungsdefizit > 6 Lebenswochen < 12 Lebenswochen	mangelhaft $\alpha = 50^\circ - 59^\circ$	rund	übergreifend
Typ IIb Verknöcherungsverzögerung > 12 Lebenswochen	mangelhaft $\alpha = 50^\circ - 59^\circ$	rund	übergreifend
Typ IIc (stabil/ instabil)* gefährdetes Gelenk jedes Alter	hochgradig mangelhaft $\alpha = 43^\circ - 49^\circ$	rund bis flach	noch übergreifend $\beta \leq 77^\circ$
Typ D* am Dezentrieren jedes Alter	hochgradig mangelhaft $\alpha = 43^\circ - 49^\circ$	rund bis flach	verdrängt $\beta > 77^\circ$
Typ IIIa/b* dezentriertes Gelenk jedes Alter	schlecht $\alpha < 43^\circ$	flach	nach kranial verdrängt ohne Strukturstörung \rightarrow IIIa mit Strukturstörung \rightarrow IIIb
Typ IV* dezentriertes Gelenk jedes Alter	schlecht $\alpha < 43^\circ$	flach	nach mediokaudal verdrängt

* in der vorliegenden Arbeit werden aus dieser Tabelle nur die Hüfttypen I, IIa+, IIc, D, IIIa/b und IV entsprechend der untersuchten Altersgruppe betrachtet

2.3 Untersucherkollektiv

Die Neugeborenen sind in beiden Städten in der ersten Lebenswoche klinisch und sonografisch untersucht worden. In Berlin sind die Neugeborenen von einer Fachärztin für Orthopädie untersucht worden, die eine Stufe II-Qualifikation entsprechend des Drei-Stufen-Konzeptes der DEGUM aufweist (siehe Tabelle 1) und Kursleiterin im Bereich der Sonografie von Säuglingshüften ist. Bei den Untersuchern in Bielefeld handelt es sich um zwei Fachärzte für Orthopädie und Unfallchirurgie und zwei Assistenzärzte desselben Fachbereiches. Von ihnen haben alle den Grund- und Aufbaukurs besucht und ein Facharzt sowie ein Assistenzarzt haben zusätzlich den Abschlusskurs zur Sonografie der Säuglingshüfte nach Graf absolviert. In der vorliegenden Arbeit werden demzufolge eine sehr erfahrene Stufe II -Kursleiterin und eine Gruppe an Untersuchern, die DEGUM zertifizierte Kurse absolviert haben, miteinander verglichen.

2.4 Ethische Aspekte

Die hier verwendeten Daten sind im Rahmen einer Therapiestudie zum Thema Breitwickeln erhoben worden, für die ein Ethikvotum (EA2/098/10) vorliegt. Die teilnehmenden Eltern haben in Form einer schriftlichen Einverständniserklärung in die anonymisierte Datenanalyse eingewilligt. Die während der Studie ermittelten Daten sind für die weitere Auswertung anonymisiert mit laufender Nummer in eine Excel-Tabelle übertragen worden, so dass keinerlei Rückschlüsse auf individuelle, personenbezogene Daten möglich sind.

2.5 Statistische Methoden

Die Daten sind mit Hilfe von Excel 2010 sowie des Statistikprogrammes SPSS Statistics 24 analysiert worden. Signifikante Zusammenhänge sind mithilfe von Kreuztabellen sowie dem X^2 -Test und dem exakten Test nach Fisher ermittelt worden. Das Signifikanzniveau wurde mit $p < 0,05$ festgelegt.

Als Voraussetzung für die Anwendung des X^2 -Testes, damit durch diesen valide Ergebnisse erzielt werden konnten, ist eine erwartete Häufigkeit (expected frequency) größer 5 statistisch ermittelt worden.

Die Sensitivität als Anteil der richtig erfassten Kranken ist als Quotient aus der Anzahl richtig positiver Ergebnisse und der Summe richtig positiver und falsch negativer Ergebnisse berechnet worden.

Die Spezifität als Anteil der richtig erfassten Gesunden ist als Quotient aus der Anzahl richtig negativer Testergebnisse und der Summe aus falsch positiven und richtig negativen Ergebnissen berechnet worden.

3 Ergebnisse

Die epidemiologischen Unterschiede der beiden in der vorliegenden Arbeit untersuchten Standorte werden im folgenden Kapitel in den Unterpunkten 3.1 bis 3.4 beschrieben und analysiert. Die Ergebnisse zu den untersucherabhängigen Unterschieden bei der Diagnose der verschiedenen Hüfttypen nach Graf werden unter 3.6 erläutert.

3.1 Patientenkollektiv

In der Zeit von Januar 2011 bis einschließlich Februar 2012 sind insgesamt 1868 Neugeborene, entsprechend 3736 Hüften, klinisch und sonografisch innerhalb der ersten 13 Lebenstage untersucht worden. In Berlin sind es 944 und in Bielefeld 924 Neugeborene gewesen.

99,5 % der Patienten sind innerhalb der ersten Lebenswoche untersucht worden. Die Untersuchung hat für den Großteil der Patienten am zweiten und dritten Lebenstag stattgefunden, wie die Grafik in Abbildung 11 zeigt.

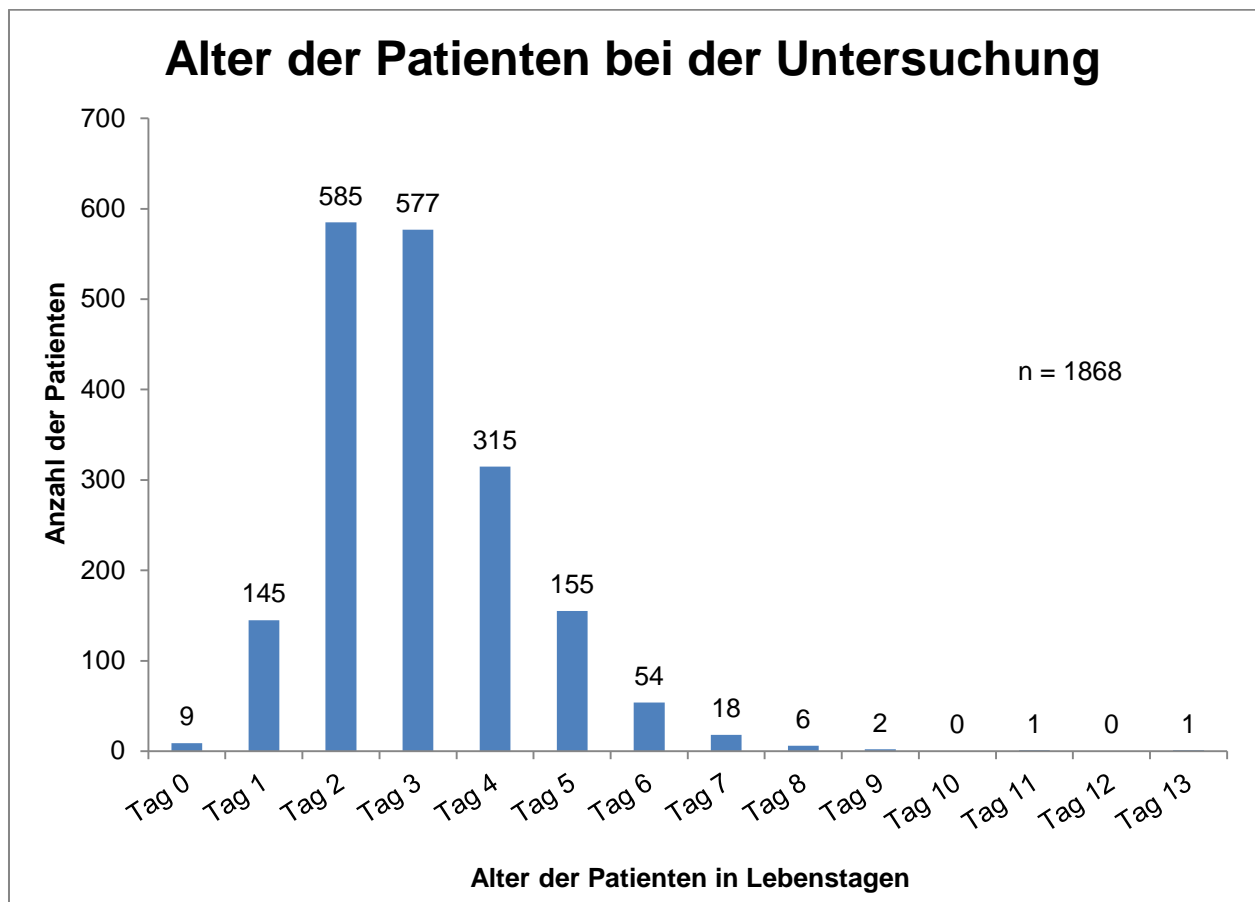


Abb. 11: Zeitpunkt der Untersuchung in Bezug auf das Alter der Neugeborenen

50,5 % der Neugeborenen sind in Berlin und 49,5 % in Bielefeld untersucht worden. Insgesamt sind 50,7 % der untersuchten Kinder männlich und 49,3 % weiblich gewesen. Standortbezogen sind davon in Berlin 50,4 % der Neugeborenen männlich und 49,6 % weiblich gewesen. Von den in Bielefeld untersuchten Neugeborenen sind 50,9 % männlich und 49,1 % weiblich gewesen.

3.2 Ermittelte anamnestische Daten und Vorkommen der Risikofaktoren

Von den 1868 untersuchten Neugeborenen sind insgesamt 52 ausgeschlossen worden, bei denen keine Informationen zu den Risikofaktoren vorgelegen haben, so dass das Gesamtkollektiv für die Beurteilung der Risikofaktoren 1816 beträgt.

Bei 77,8 % der 1816 berücksichtigten Neugeborenen, für die anamnestische Daten erfasst werden konnten, haben keine der gemäß Kapitel 2.2.1 betrachteten Risikofaktoren (Geburt aus Beckenendlage, Fruchtwassermangel, positive Familienanamnese) vorgelegen. Bei 14,1 % der 1816 Neugeborenen hat eine Hüftreifungsstörung in der Herkunftsfamilie vorgelegen. Insgesamt sind 6,5 % aus Beckenendlage geboren worden und bei 3,7 % hat unter der Schwangerschaft ein Fruchtwassermangel vorgelegen.

Von den insgesamt 441 Neugeborenen mit mindestens einem Risikofaktor haben 36 Neugeborene mehr als einen Risikofaktor aufgewiesen. Von ihnen hat bei 28 eine positive Familienanamnese vorgelegen, bei 17 bestand ein Fruchtwassermangel unter der Schwangerschaft und bei 28 hat eine Geburt aus Beckenendlage stattgefunden. Abbildung 12 verdeutlicht die ermittelte Verteilung von Risikofaktoren, Mehrfachbetroffene sind als zentrale Schnittmenge dargestellt.

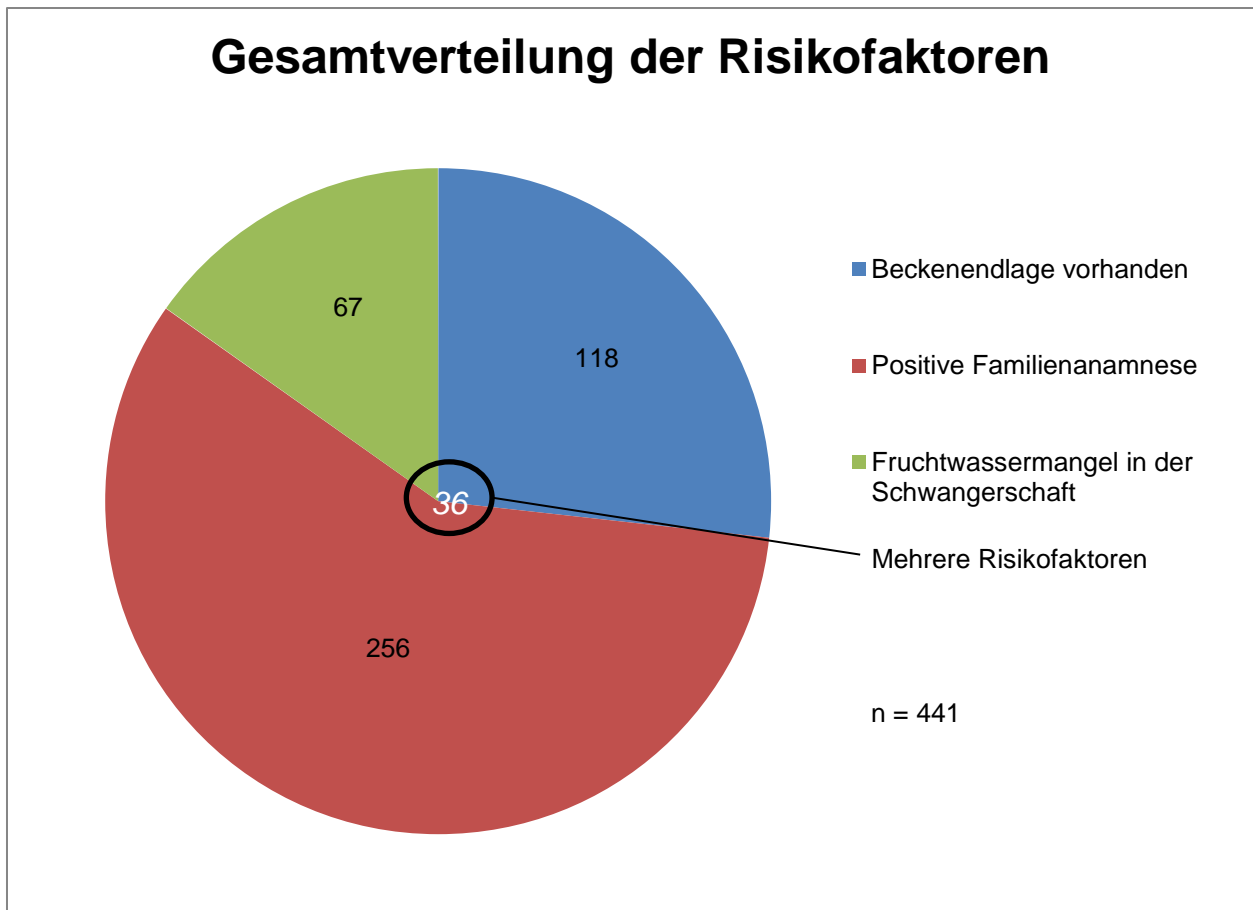


Abb. 12: Verteilung der unterschiedlichen Risikofaktoren im gesamten Patientenkollektiv

Bei der nachfolgend in Kapitel 3.4 beschriebenen sonografischen Untersuchung ist bei 26 Neugeborenen aus dem vorliegenden Patientenkollektiv eine Hüftreifungsstörung entsprechend einem Hüfttyp IIc stabil nach Graf oder schlechter festgestellt worden. Eine Analyse der in der vorliegenden Studie untersuchten Risikofaktoren hat gezeigt, dass bei 10 dieser 26 erkrankten Kinder mindestens ein Risikofaktor vorgelegen hat. Drei dieser Kinder haben mehr als einen Risikofaktor aufgewiesen. Bei 16 der sonografisch als krank erfassten Kinder hat kein Risikofaktor vorgelegen (siehe Abb. 13).

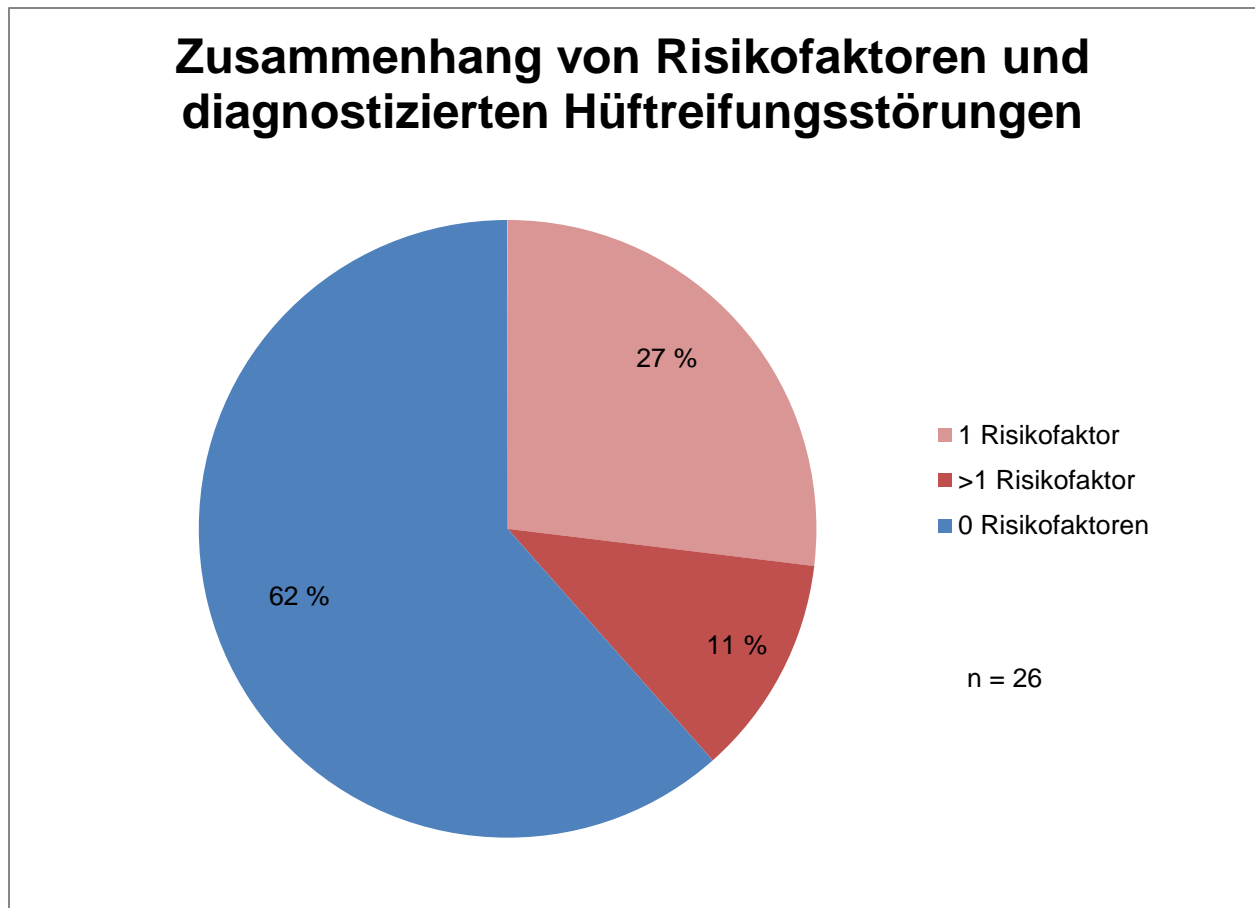


Abb. 13: Vorkommen von Risikofaktoren bei Kindern mit mindestens einer pathologischen Hüfte

Von 67 Kindern, die unter der Schwangerschaft einem Fruchtwassermangel ausgesetzt waren, haben 3 Kinder an einer Hüftreifungsstörung gelitten. Bei 256 Neugeborenen hat eine positive Familienanamnese vorgelegen, wovon 7 Kinder mindestens eine pathologische Hüfte aufgewiesen haben. Es sind 118 Kinder aus Beckenendlage geboren worden. Bei 3 dieser Neugeborenen ist eine Hüftreifungsstörung diagnostiziert worden. Die folgende Abbildung 14 verdeutlicht die ermittelten Anteile erkrankter Kinder in den Gruppen mit vorliegenden Risikofaktoren.

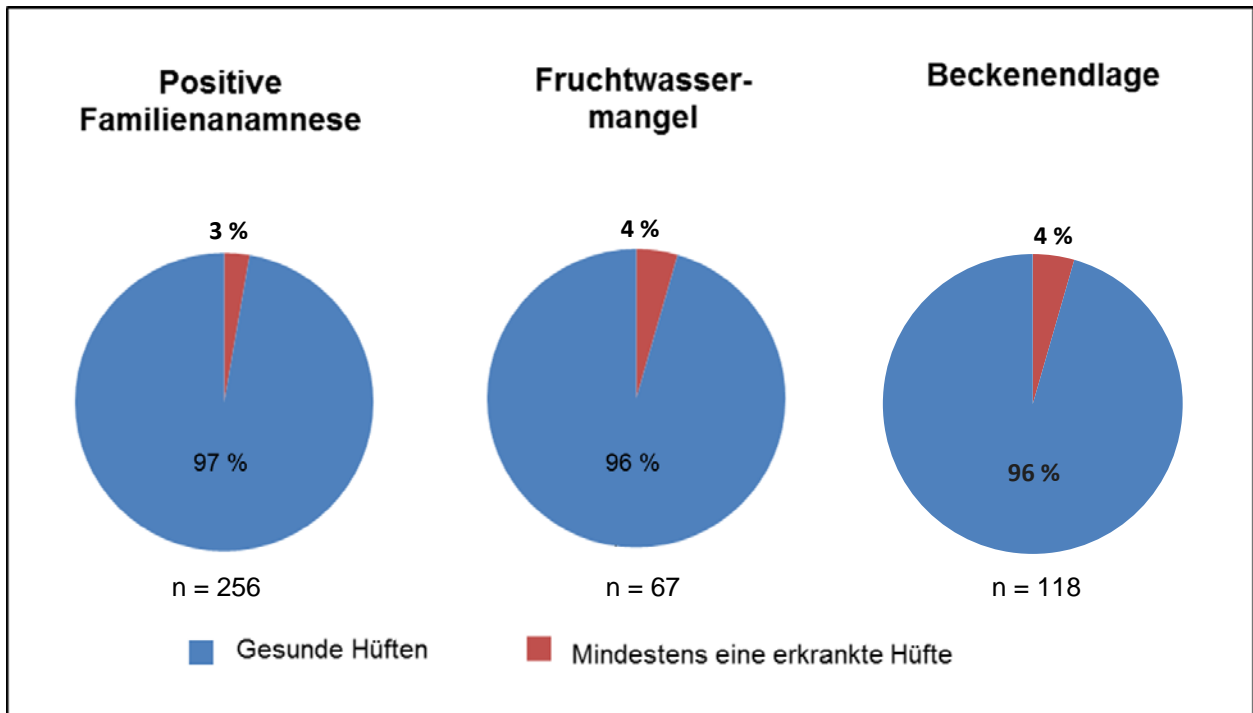


Abb. 14: Anteil an erkrankten Kindern im Hinblick auf die vorliegenden Risikofaktoren

In dem untersuchten Patientenkollektiv konnte kein signifikant erhöhtes Risiko für das Vorliegen einer Hüftreifungsstörung bei Neugeborenen mit anamnestischen Risikofaktoren festgestellt werden, wie die ermittelten p-Werte in Tabelle 3 zeigen.

Tabelle 3: Statistische Wertigkeit der untersuchten Risikofaktoren

Risikofaktor	Anzahl Patienten ohne Hüftreifungsstörung	Anzahl Patienten mit Hüftreifungsstörung	p-Wert
Positive Familienanamnese	249	7	p = 0,133
Fruchtwassermangel	64	3	p = 0,076
Beckenendlage	115	3	p = 0,412

Mit 56 % hat eine positive Familienanamnese häufiger bei Neugeborenen aus Bielefeld als aus Berlin (44 %) vorgelegen. Ein Fruchtwassermangel hat unter der Schwangerschaft bei 46 % der Neugeborenen aus Berlin und bei 54 % der Neugeborenen aus Bielefeld vorgelegen. 63 % der Kinder mit Geburt aus Beckenendlage sind in Berlin zur

Welt gekommen, 37 % sind in Bielefeld geboren worden. Beim Vergleich der beiden Städte Berlin und Bielefeld hat sich gezeigt, dass von den 52 Neugeborenen, die für die Berechnung der Risikofaktoren aufgrund von fehlenden anamnestischen Daten ausgeschlossen worden sind, 79 % in Berlin untersucht worden sind (siehe Tabelle 4).

Von den 7 Kindern mit Hüftreifungsstörungen und positiver Familienanamnese wurden 6 Kinder in Bielefeld diagnostiziert. Die drei Kinder, bei denen neben mindestens einer pathologischen Hüfte noch ein Fruchtwassermangel unter der Schwangerschaft vorgelegen hat, sind in Bielefeld zur Welt gekommen. Zwei der drei Kinder mit mindestens einer pathologischen Hüfte und Geburt aus Beckenendlage wurden ebenfalls in Bielefeld diagnostiziert.

Tabelle 4: Vergleich der Risikofaktorverteilung in Berlin und Bielefeld

Risikofaktor	Anzahl Patienten in Berlin	Anzahl Patienten in Bielefeld	Gesamtanzahl
Positive Familienanamnese	100	128	228
Fruchtwassermangel	23	27	50
Beckenendlage	57	33	90
Mehr als 1 Risikofaktor	14	22	36
Keine Risikofaktoren	709	703	1412
Keine Angaben	41	11	52
Gesamtanzahl	944	924	1868

3.3 Resultate der klinischen Untersuchung

Bei 17 der untersuchten Neugeborenen hat eine Skelettdeformität in Form von Klumpfüßen vorgelegen, verteilt auf 9 Neugeborene in Berlin und 8 in Bielefeld. Keines dieser Kinder hat eine Hüftreifungsstörung gehabt. In dem untersuchten Patientenkollektiv hat sich somit nicht gezeigt, dass beim Vorliegen einer Skelettdeformität signifikant häufiger Hüftreifungsstörungen auftreten, wie aus Tabelle 5 ersichtlich wird.

Zwei der 1868 untersuchten Kinder haben bei der klinischen Untersuchung eine Abspreizhemmung aufgewiesen. Bei ebenfalls zwei Neugeborenen hat klinisch eine Instabilität der Hüften vorgelegen. Die Hälfte der Kinder mit einer positiven klinischen Untersuchung hat mindestens eine reifungsgestörte Hüfte gehabt. Dies ist statistisch signifikant, wie Tabelle 5 zeigt. Aufgrund der geringen Patientenzahl wird jedoch die erwartete Häufigkeit nicht erfüllt, so dass die Berechnung mittels X²-Test ungenau sein kann.

Tabelle 5: Statistische Wertigkeit von Skelettdeformität und positiver klinischer Untersuchung

Risikofaktor	Anzahl Patienten ohne Hüftreifungsstörung	Anzahl Patienten mit Hüftreifungsstörung	p-Wert
Skelettdeformität vorhanden	17	0	p = 0,616
Positive klinische Untersuchung	2	2	p = 0,001

Tabelle 6 zeigt, dass knapp die Hälfte aller pathologischen Hüften mit einer positiven klinischen Untersuchung, einer Skelettdeformität oder einem anamnestischen Risikofaktor einhergegangen sind. Bei 17 % der untersuchten Hüften, die einem Hüfttyp I oder IIa entsprechen haben, hat eine positive klinische Untersuchung, eine Skelettdeformität oder ein anamnestischer Risikofaktor vorgelegen.

Tabelle 6: Zusammenhang von Hüftreifungsstörungen und dem Vorliegen von Risikofaktoren, Skelettdeformitäten und positiver klinischer Untersuchung

Hüfttyp	Risikofaktor und/oder Skelettdeformität und/oder positive klinische Untersuchung	Kein Risikofaktor, keine Skelettdeformität, keine positive klinische Untersuchung	Anamnestische Daten konnten nicht erhoben werden	Gesamtanzahl Hüften
Gesunde Hüften (Typ I)	546	2722	97	3365
Physiologisch unreife Hüften (Typ IIa)	76	255	7	338
Pathologische Hüften (\geq IIc stabil)	16	17	0	33
Gesamtanzahl Hüften	638	2994	104	3736

Dokumentiert ist hier die Anzahl an Hüften, nicht Patienten

3.4 Auswertung der sonografischen Untersuchung

Bei 26 betroffenen Neugeborenen haben 33 der untersuchten Hüften einem Hüfttyp IIc nach Graf (9) oder schlechter entsprochen, so dass die Inzidenz von Hüftreifungsstörungen in dem untersuchten Patientenkollektiv bei 1,4 % liegt (siehe Abb. 15). In Berlin liegt sie bei 0,5 % und in Bielefeld bei 2,3 %. Bei 7 Kindern haben beidseitig Hüftreifungsstörungen vorgelegen, davon sind 2 in Berlin und 5 in Bielefeld untersucht worden. Im gesamten Kollektiv ist etwa jede zehnte Hüfte physiologisch unreif gewesen und etwa 90 % der Hüften sind als reif diagnostiziert worden.

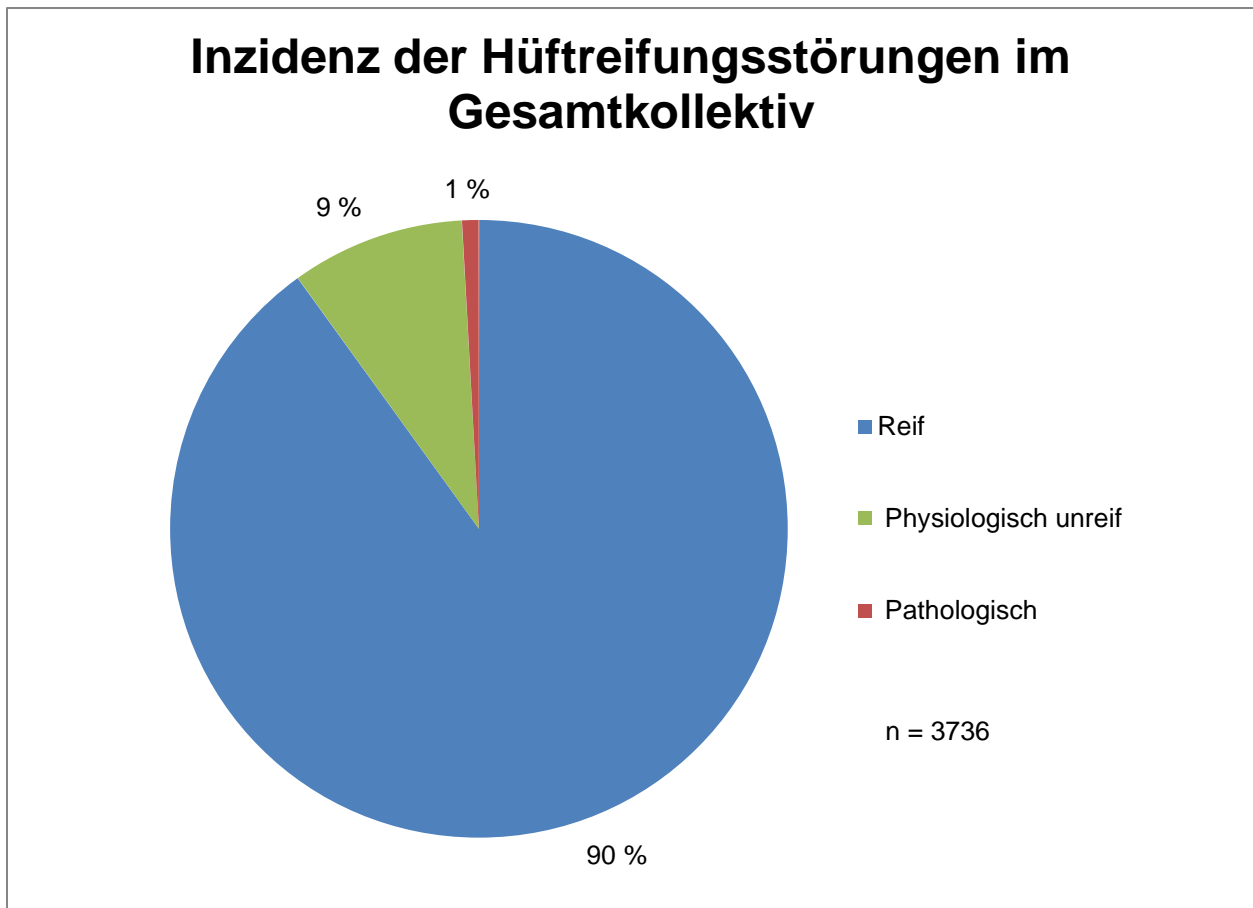


Abb. 15: Verteilung physiologisch unreifer und pathologischer Hüften im Gesamtkollektiv

Von den untersuchten Hüften, bei denen eine Hüftreifungsstörung entsprechend einem Typ IIc nach Graf oder schlechter vorgelegen hat, ist im Gesamtkollektiv die linke Seite mit 57,6 % häufiger betroffen gewesen als die rechte Seite mit 42,4 %. Es haben sich Unterschiede in der Seitenverteilung pathologischer Hüften beim Vergleich der beiden Standorte gezeigt. In Berlin ist bei 57,1 % der von Hüftreifungsstörungen betroffenen Hüften die rechte Seite pathologisch gewesen und bei 42,9 % die linke Seite. In Bielefeld sind mit 61,5 % vermehrt Hüftreifungsstörungen links im Vergleich zu 38,5 % rechts aufgetreten.

Physiologisch unreife Hüften entsprechend einem Typ IIa nach Graf sind im Gesamtkollektiv mit 52 % vermehrt auf der rechten Seite, verglichen mit 48 % auf der linken Seite aller untersuchten Hüften aufgetreten.

Bei 24 weiblichen Neugeborenen sind Hüftreifungsstörungen entsprechend einem Hüfttyp IIc nach Graf (9) oder schlechter an mindestens einer Hüfte aufgetreten, wohingegen nur zwei männliche Neugeborene im gesamten Patientenkollektiv betroffen

gewesen sind. Abbildung 16 zeigt hierzu die prozentuale Aufteilung. Im vorliegenden Patientenkollektiv entspricht die Geschlechtsverteilung von weiblichen zu männlichen Neugeborenen mit Hüftreifungsstörungen somit einem Verhältnis von 12:1. Auch hier haben sich regionale Unterschiede gezeigt. In dem in Bielefeld untersuchten Kollektiv ist ein Verhältnis von 9:1 ermittelt worden und in Berlin sind nur bei weiblichen Neugeborenen Hüftreifungsstörungen diagnostiziert worden.

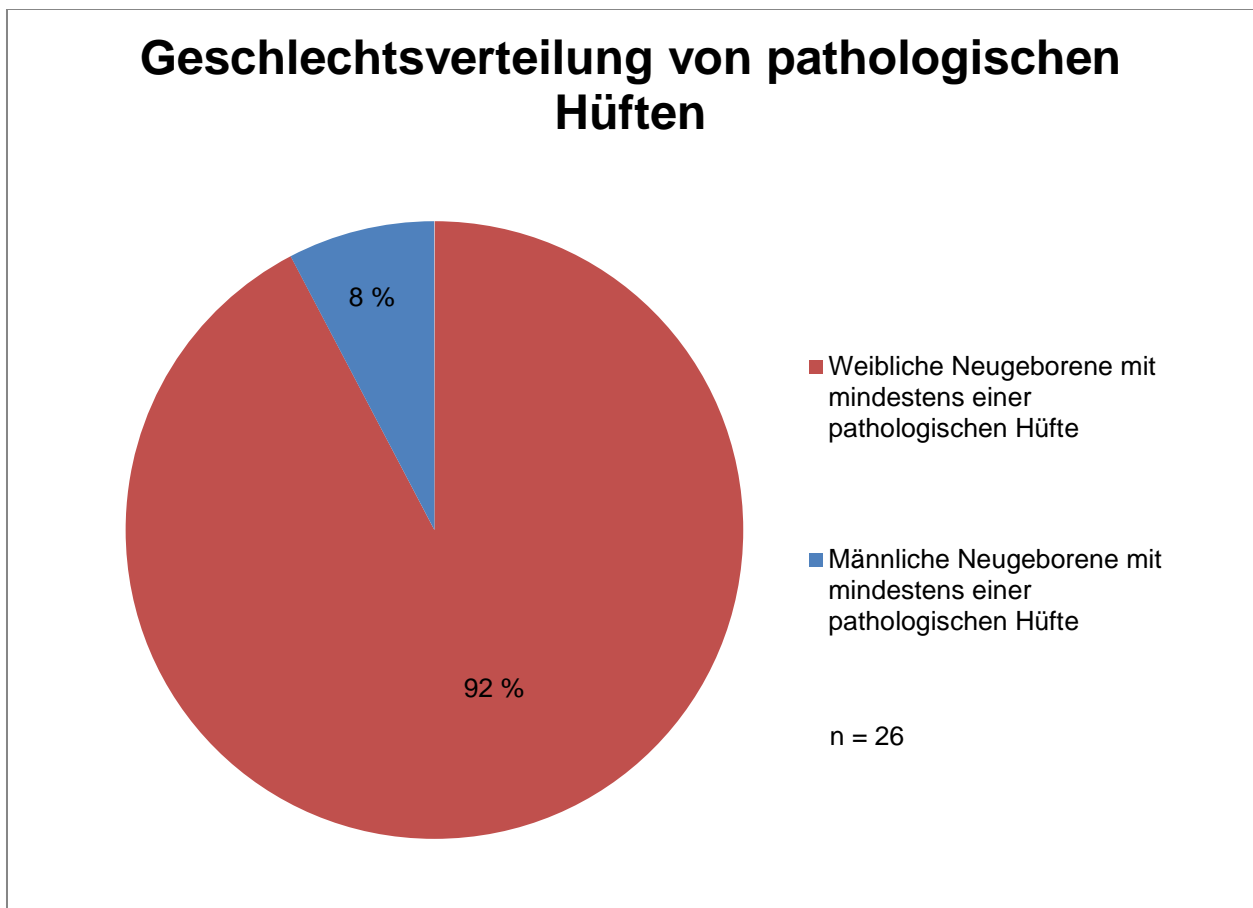


Abb. 16: Geschlechtsverteilung Neugeborener mit pathologischen Hüften, entsprechend einem Hüfttyp IIc nach Graf oder schlechter

Reifungsstörungen der Hüften treten bei unserem Patientenkollektiv somit signifikant häufiger bei weiblichen Neugeborenen auf ($p < 0,05$). Auch physiologisch unreife Hüften, entsprechend einem Typ IIa nach Graf, sind bei weiblichen Neugeborenen signifikant häufiger ($p < 0,05$) vorgekommen als bei männlichen Neugeborenen, wie nachfolgend in den Abbildungen 17 und 18 veranschaulicht wird.

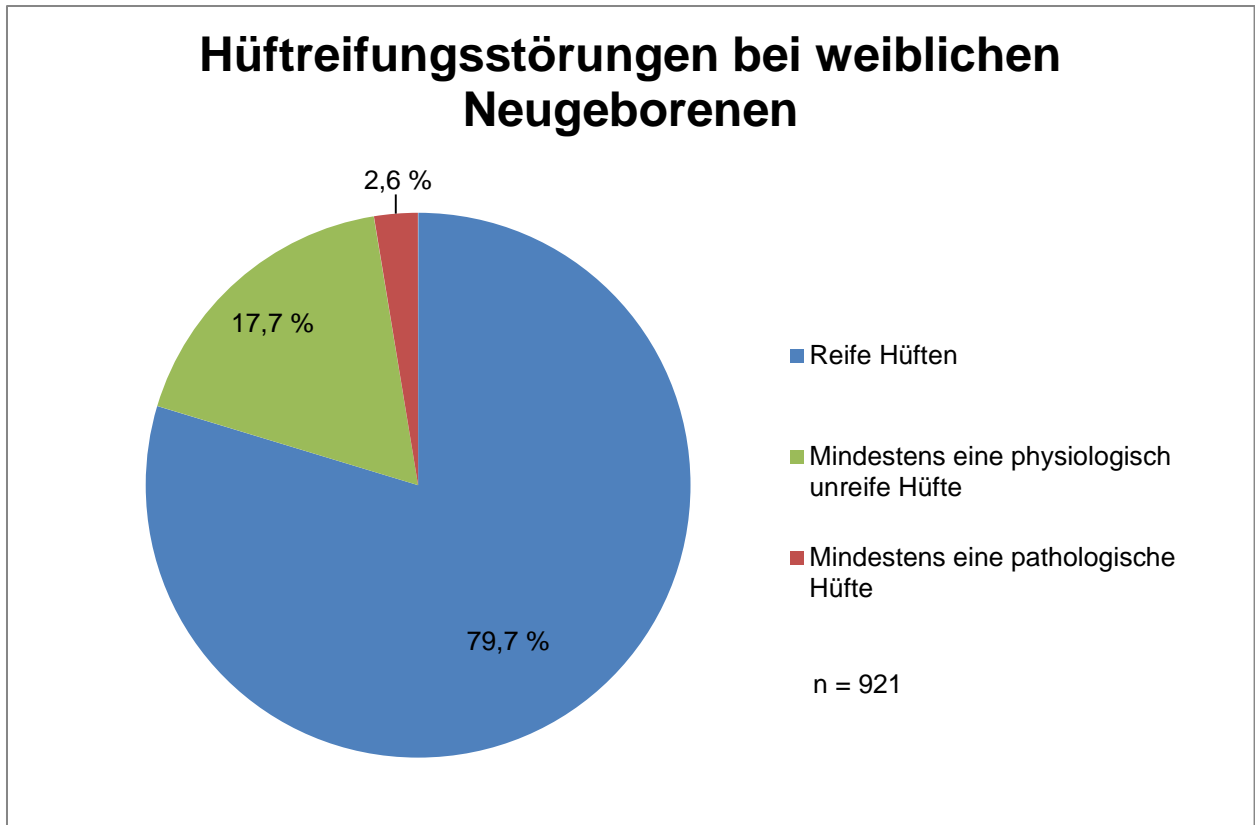


Abb. 17: Inzidenz der Hüftreifungsstörungen bei weiblichen Neugeborenen

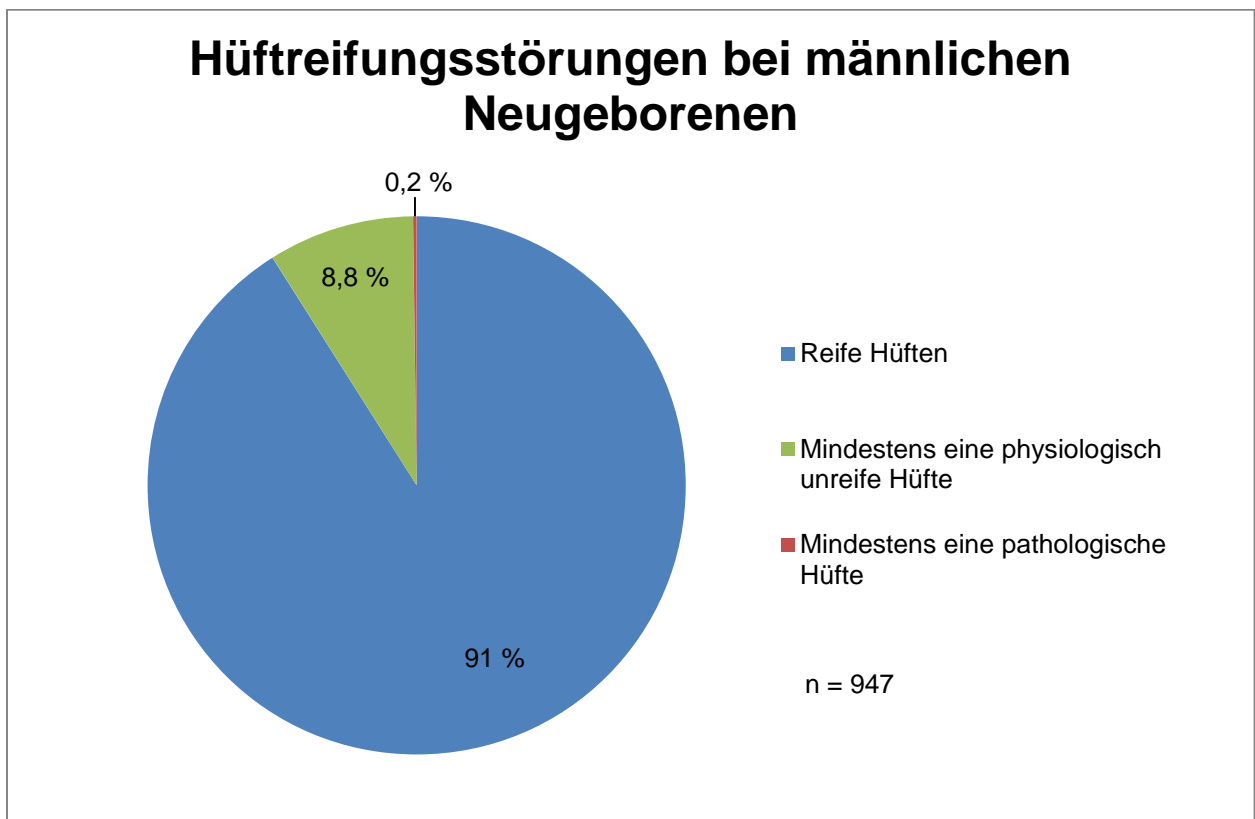


Abb. 18: Inzidenz der Hüftreifungsstörungen bei männlichen Neugeborenen

Abbildung 19 zeigt eine Zusammenfassung der Hüfttypenverteilung nach Graf (9) im untersuchten Patientenkollektiv, diagnostiziert durch die Untersucher in Berlin und Bielefeld. Die Detaildarstellung im rechten Teil von Abbildung 19 verdeutlicht die Verteilung der erfassten Hüftreifungsstörungen. Bei 85,4 % der untersuchten Neugeborenen haben beidseits reife Hüften vorgelegen. Physiologisch unreife Hüften sind bei 13,2 % der Patienten für mindestens eine Seite diagnostiziert worden. Im gesamten Patientenkollektiv hat für mindestens eine Seite bei 0,05 % der Typ IIc stabil vorgelegen. Bei 0,2 % der Neugeborenen ist ein Hüfttyp IIc instabil diagnostiziert worden. Hüfttyp D ist bei 1,1 % und Hüfttyp III bei 0,05 % der Neugeborenen vorgekommen. Bei keinem der untersuchten Kinder ist eine Hüfte entsprechend einem Hüfttyp IV nach Graf diagnostiziert worden.

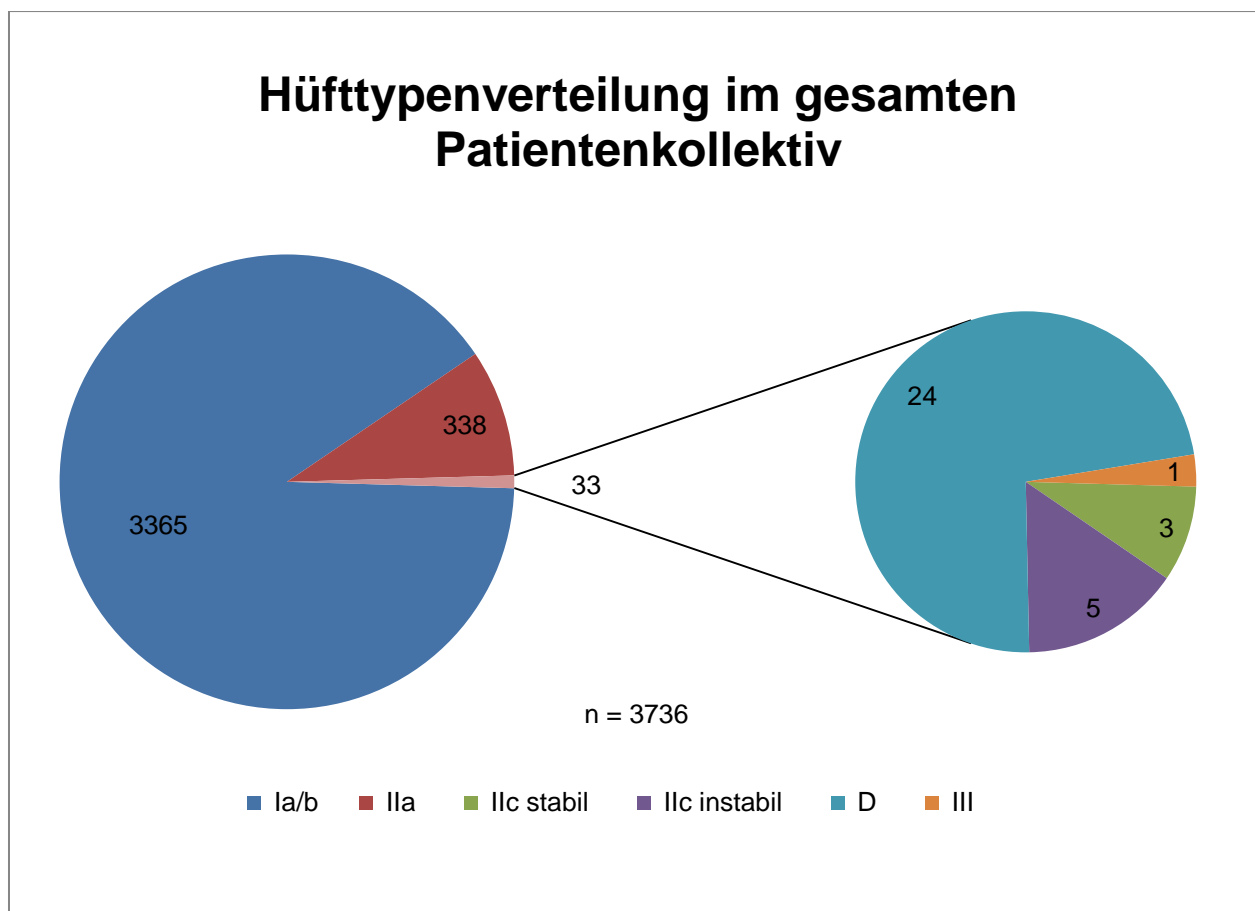


Abb. 19: Verteilung der Hüfttypen nach Graf (9) auf alle untersuchten Hüften im Patientenkollektiv

3.5 Ermittelte Sensitivität und Spezifität des Hüftscreenings

Mithilfe der Vierfeldertafel in Tabelle 7 ist die Sensitivität und Spezifität für ein Hüftscreening berechnet worden, bei dem nur Neugeborene mit vorhandenen Risikofaktoren sonografisch untersucht worden wären. Die resultierende Sensitivität liegt bei 38,5 % und die Spezifität bei 77,9 %. Die 52 Neugeborenen, bei denen keine anamnestischen Daten erfasst werden konnten, sind aus dieser Berechnung ausgeschlossen worden.

Tabelle 7: Vierfeldertafel der Risikofaktoren

	Mindestens eine Hüfte krank (IIc-IV)	Beide Hüften gesund (I und IIa)	Gesamt
Mindestens ein Risikofaktor	10	394	404
Keine Risikofaktoren	16	1396	1412
Gesamt	26	1790	1816

Die angegebenen Werte entsprechen der Anzahl Neugeborener

Anhand der Vierfeldertafel in Tabelle 8 sind die Sensitivität und Spezifität eines Hüftscreenings berechnet worden, bei dem nur Neugeborene mit einer positiven klinischen Untersuchung sonografisch untersucht worden wären. Es hat sich eine Sensitivität von 7,7 % und eine Spezifität von 99,9 % ergeben.

Tabelle 8: Vierfeldertafel der positiven klinischen Untersuchung

	Mindestens eine Hüfte krank (IIc-IV)	Beide Hüften gesund (I und IIa)	Gesamt
Klinische Untersuchung auffällig	2	2	4
Klinische Untersuchung unauffällig	24	1840	1864
Gesamt	26	1842	1868

Die angegebenen Werte entsprechen der Anzahl Neugeborener

Da bei keinem der 17 Neugeborenen mit Skelettdeformitäten eine Hüftreifungsstörung vorgelegen hat, sind die Sensitivität und Spezifität für diese Patientengruppe nicht einzeln berechnet worden. Die Sensitivität und Spezifität eines Risikoscreenings, bei dem alle Neugeborenen mit anamnestischen Risikofaktoren, Skelettdeformitäten und positiver klinischer Untersuchung sonografisch untersucht worden wären, ist für das untersuchte Patientenkollektiv anhand der Vierfeldertafel in Tabelle 9 berechnet worden. Die resultierende Sensitivität liegt bei 46,2 % und die Spezifität bei 77,9 %. Auch aus dieser Berechnung sind die Neugeborenen ausgeschlossen worden, bei denen keine anamnestischen Daten erfasst werden konnten.

Tabelle 9: Vierfeldertafel von Skelettdeformität, positiver klinischer Untersuchung und dem Vorhandensein von Risikofaktoren

	Mindestens eine Hüfte krank (IIc-IV)	Beide Hüften gesund (I und IIa)	Gesamt
Risikofaktor und/oder Skelettdeformität und/oder positive klinische Untersuchung	12	394	406
Kein Risikofaktor, keine Skelettdeformität, keine positive klinische Untersuchung	14	1396	1410
Gesamt	26	1790	1816

Die angegebenen Werte entsprechen der Anzahl Neugeborener

3.6 Untersuchungsergebnisse der Expertin und des Fachteams

Die Neugeborenen sind in Berlin und Bielefeld von Ärzten mit unterschiedlichen Ausbildungsgraden klinisch und sonografisch untersucht worden. Ausgehend von ihrem Ausbildungsgrad (siehe 2.3) ist das in Bielefeld tätige Ärzteteam als „Fachteam“ und die in Berlin tätige Ärztin als „Expertin“ betitelt worden. Die Hüftsonogramme sind, wie im Kapitel 2.2.4 beschrieben, ausgewertet und einem Hüfttyp entsprechend der Klassifikation nach Graf (9) zugeordnet worden.

Bei dem von der Expertin untersuchten Patientenkollektiv von 944 Neugeborenen haben 93,9 % der Kinder reife Hüften, 5,6 % physiologisch unreife Hüften und 0,5 % der Patienten mindestens eine pathologische Hüfte gehabt, wie aus Abbildung 20 hervorgeht, basierend auf der Anzahl untersuchter Hüften.

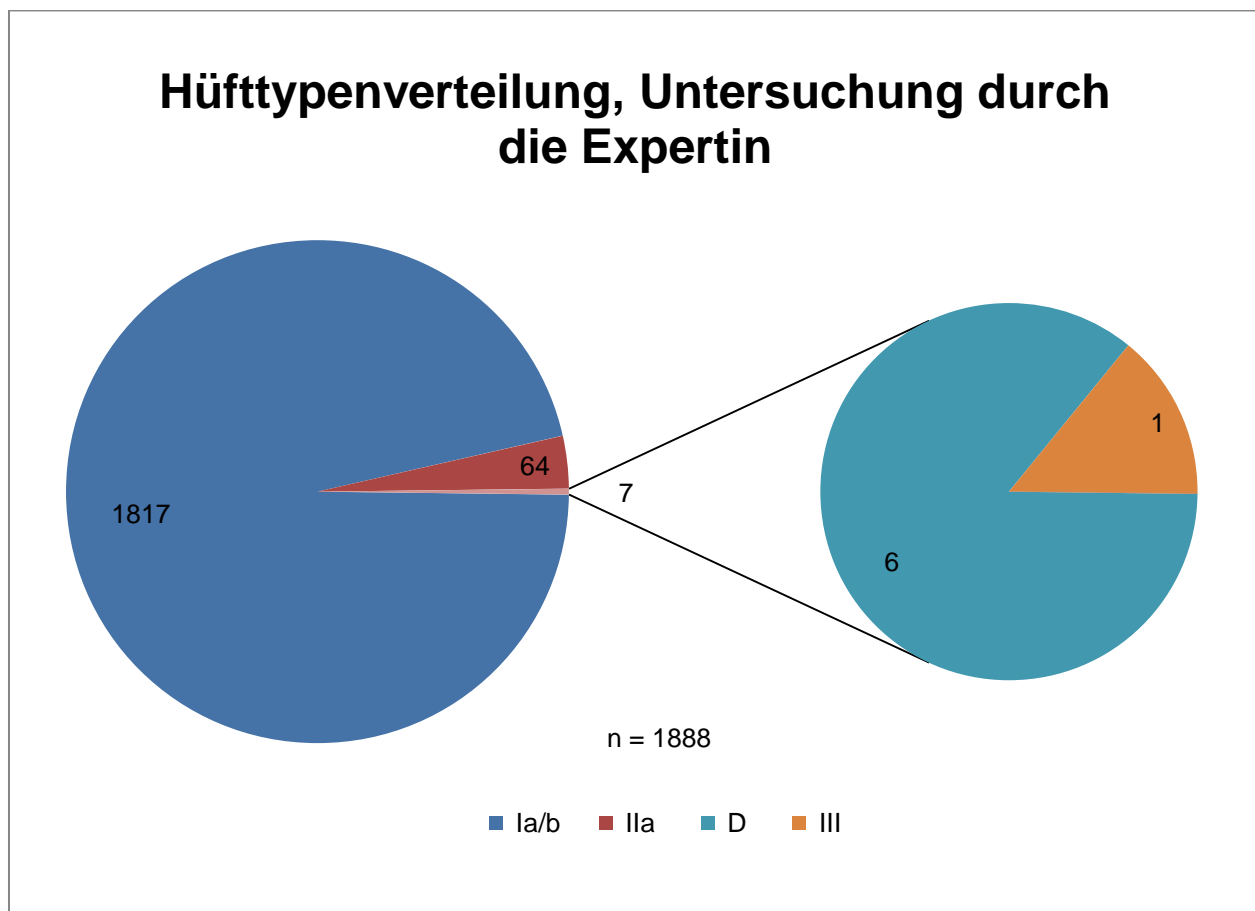


Abb. 20: Verteilung der Hüfttypen nach Graf (9), diagnostiziert durch die Expertin

Von den 924 vom Fachteam untersuchten Neugeborenen haben 76,8 % der Patienten gesunde Hüften und 20,9 % physiologisch unreife Hüften gehabt. Bei 2,3 % der Neugeborenen ist eine Pathologie aufgetreten, entsprechend einem Hüfttyp IIc stabil oder schlechter für mindestens eine Seite. Diese Untersuchungsergebnisse verdeutlicht Abbildung 21, wieder basierend auf der Anzahl untersuchter Hüften.

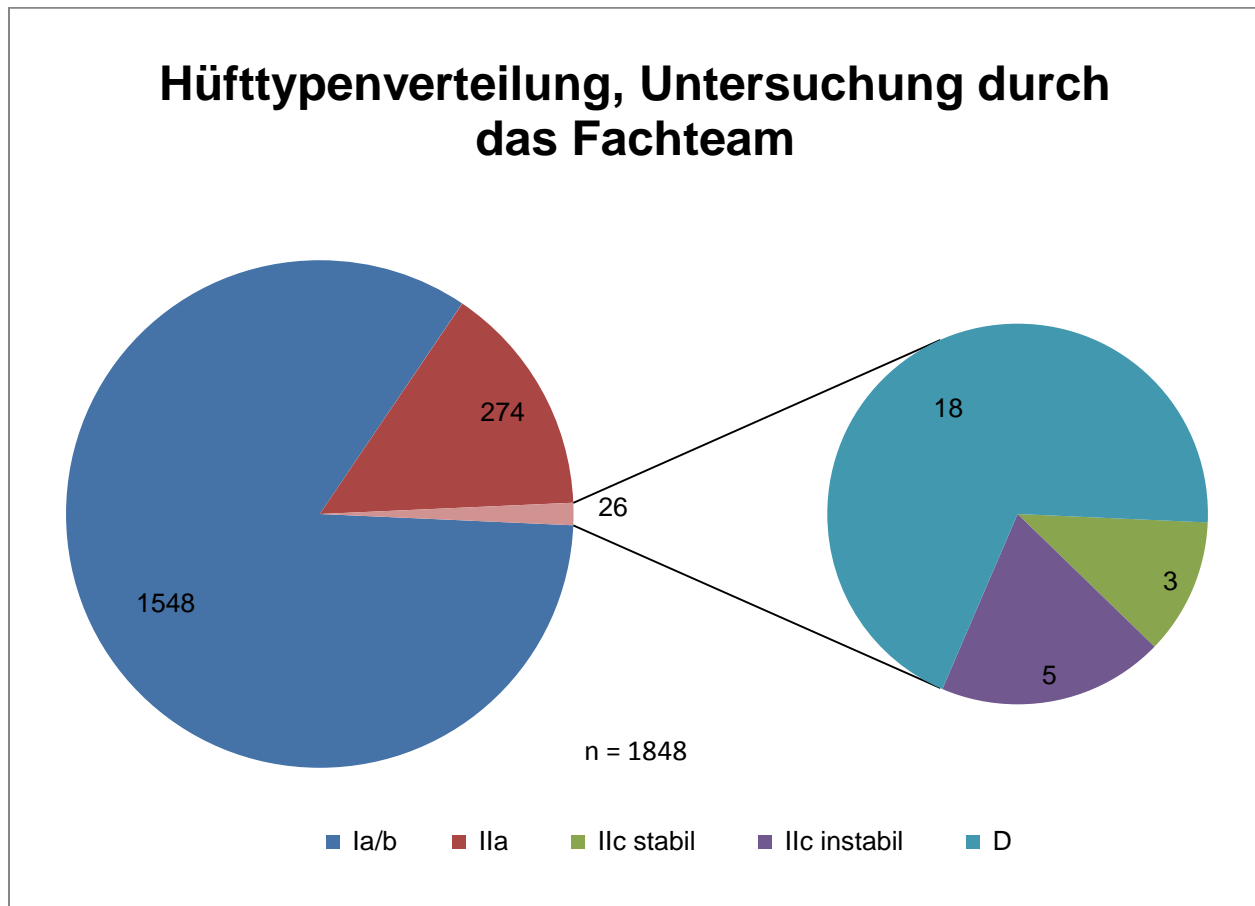


Abb. 21: Verteilung der Hüfttypen nach Graf, diagnostiziert durch das Fachteam

Die Unterschiede sind für die Hüfttypen I, IIa, IIc instabil und D mit $p < 0,05$ signifikant gewesen, wie den Analyseergebnissen zur statistischen Wertigkeit in Tabelle 10 zu entnehmen ist. Entsprechend der Testvariablen ist zur Berechnung der Signifikanz entweder der X^2 -Test nach Pearson oder der exakte Test nach Fisher zur Anwendung gekommen.

Tabelle 10: Statistische Wertigkeit der Unterschiede in der Hüfttypeneinteilung nach Graf (9) im Untersucherkollektiv

Hüfttyp	Anzahl Hüften diagnostiziert durch Fachteam	Anzahl Hüften diagnostiziert durch Expertin	p-Wert
I	1548	1817	$p < 0,001$
IIa	274	64	$p < 0,001$
IIc stabil	3	0	$p = 0,080$
IIc instabil	5	0	$p = 0,024$
D	18	6	$p = 0,012$
III	0	1	$p = 0,322$
IV	0	0	-

Von den gesunden Hüften sind 46 % durch das Fachteam und 54 % durch die Expertin diagnostiziert worden. Das Fachteam hat in der vorliegenden Untersuchung mehr als viermal so viele unreife Typ IIa-Hüften diagnostiziert wie die Expertin. Im vorliegenden Patientenkollektiv ist der Hüfttyp D mit 73 % aller pathologischen Hüften die am häufigsten auftretende Hüftreifungsstörung. Der Hüfttyp D nach Graf ist dreimal so häufig vom Fachteam in Bielefeld wie von der Expertin in Berlin diagnostiziert worden.

Wie Tabelle 10 zeigt, sind die erwarteten Häufigkeiten in drei der untersuchten Zellen kleiner als oder gleich 5 gewesen (IIc stabil, IIc instabil und III). Um Verfälschungen der Ergebnisse bei Anwendung des χ^2 -Testes zu vermeiden, sind daraufhin die Ergebnisse in die Kategorien „gesunde Hüfte“, „physiologisch unreife Hüfte“ und „pathologische Hüfte“ zusammengefasst worden. Dadurch ist die erwartete Häufigkeit in allen Zellen größer 5 gewesen und der χ^2 -Test konnte für alle Variablen angewandt werden. Es haben sich signifikante Unterschiede zwischen den Untersuchern mit $p < 0,05$ für gesunde Hüften, physiologisch unreife Hüften und pathologische Hüften ergeben, wie nachfolgend in Tabelle 11 dokumentiert.

Tabelle 11: Statistische Wertigkeit der Diagnoseunterschiede gesunder, physiologisch unreifer und pathologischer Hüften im Untersuchervergleich

Hüfttyp	Anzahl Hüften diagnostiziert durch das Fachteam	Anzahl Hüften diagnostiziert durch die Expertin	p-Wert
Gesund (Typ I)	1548	1817	$p < 0,001$
Physiologisch unreif (Typ IIa)	274	64	$p < 0,001$
Pathologisch (IIc stabil oder schlechter)	26	7	$p = 0,001$

Im Bereich der gesunden und physiologisch unreifen Hüften, entsprechend Hüfttyp I und IIa, sind damit bei der Expertin signifikant mehr gesunde Hüften diagnostiziert worden, wohingegen im Bereich der physiologisch unreifen Hüften und der dezentrierenden Typ D Hüften signifikant mehr Hüften von den Untersuchern mit geringerer Expertise diagnostiziert worden sind, wie nachfolgend auch im Diagramm in Abbildung 22 veranschaulicht wird, markiert durch die roten Ellipsen.

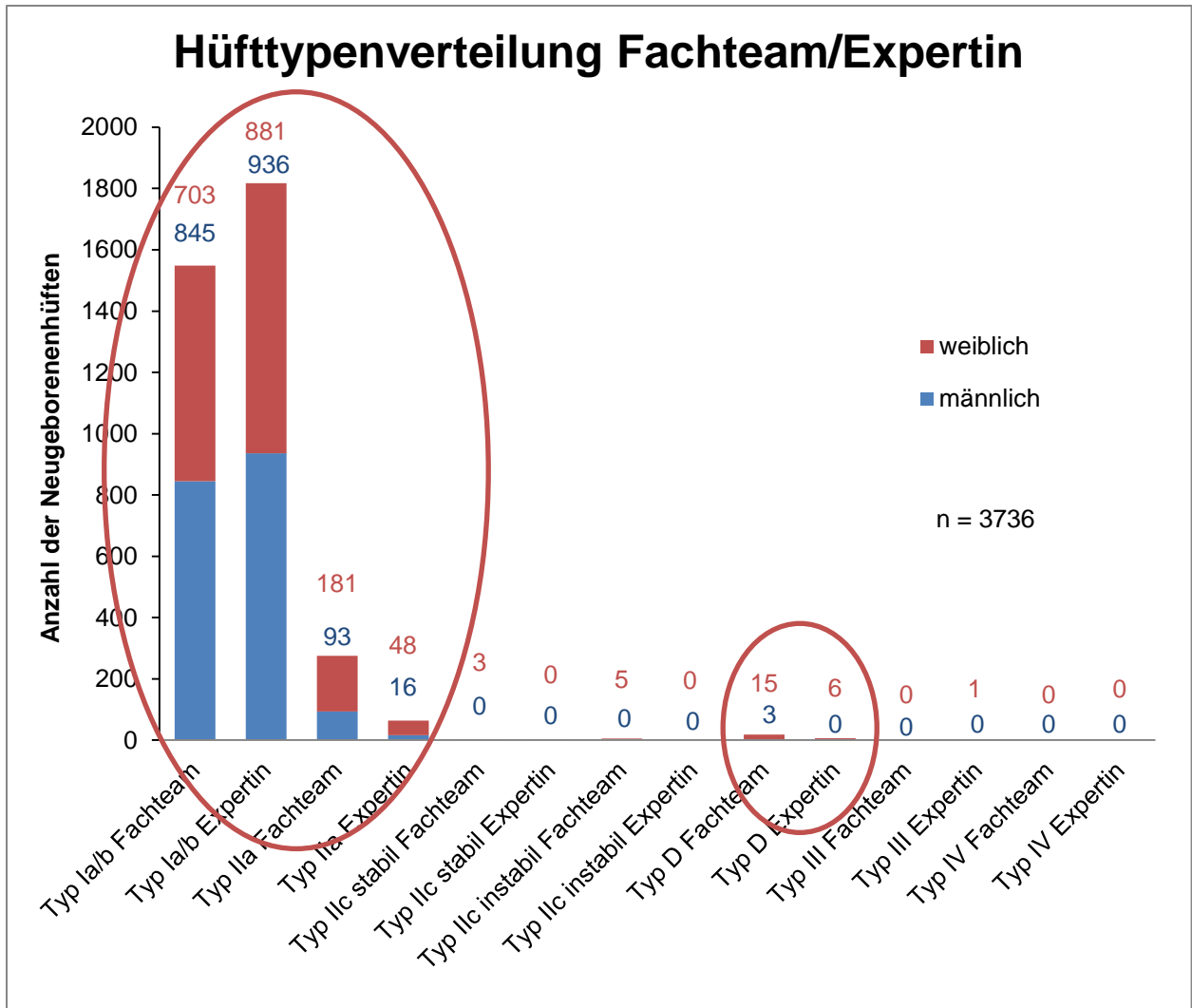


Abb. 22: Vergleich der Hüfttypenverteilung nach Graf (9) in Abhängigkeit vom Ausbildungsgrad der Untersucher

4 Diskussion

4.1 Vergleich des Untersucherkollektivs

In der vorliegenden Arbeit ist untersucht worden, ob der Ausbildungsgrad des Untersuchers direkten Einfluss auf die Diagnostik der unterschiedlichen Hüfttypen nach Graf (9) hat. Dazu sind erstmalig die Untersuchungsbefunde einer Expertin und Ausbilderin im Bereich der Hüftsonografie mit denen eines Fachteams mit weniger Erfahrung im Bereich des Hüftultraschalls verglichen worden. Es haben sich signifikante Unterschiede im Bereich der Diagnostik der reifen, der unreifen und der pathologischen Hüften ergeben. Besonders markant sind die Unterschiede im Bereich der unreifen Typ IIa-Hüften und der dezentrierenden Typ D-Hüften gewesen. Es sind mehr als viermal so viele unreife Typ IIa-Hüften durch das Fachteam diagnostiziert worden im Vergleich zu den von der Expertin diagnostizierten Hüften. Für die Typ D-Hüften hat sich ein Verhältnis von 1:3 für Hüften diagnostiziert durch die Expertin zu Hüften diagnostiziert durch das Fachteam ergeben.

Innerhalb der pathologischen Hüften sind besonders viele Typ IIc instabil und Typ D-Hüften vom Fachteam diagnostiziert worden. Der Anteil an Hüften vom Typ IIc instabil entspricht vergleichbaren Werten in der Literatur (4). Dahingegen fällt der Anteil an Typ D Hüften in dem vom Fachteam diagnostizierten Patientenkollektiv im Vergleich zu Angaben in der Literatur hoch aus (4, 6, 14).

Wie Schüle et al. und Graf in ihren Arbeiten beschreiben, können Neugeborenenhüften in Abhängigkeit von der Erfahrung des Untersuchers schlechter, aber nicht besser geschallt werden, als sie tatsächlich sind (9, 46). Dies wäre eine mögliche Erklärung für das vermehrte Auftreten von Typ IIa Hüften und pathologischen Hüften in dem vom Fachteam untersuchten Patientenkollektiv.

Nachdem bei Rezertifizierungskursen zur Hüftsonografie nur 21 % der Teilnehmer, die aktiv Hüftsonografie betreiben, vier Hüftsonogramme fehlerfrei beurteilen konnten, hat Tschauner in seiner Arbeit mögliche Fehlerquellen in der Diagnose und Therapie von Hüftreifungsstörungen erarbeitet, die in Tabelle 12 aufgeführt sind (42).

Tabelle 12: Fehlerquellen nach Tschauener (42)

<ul style="list-style-type: none">• <i>Nicht ausreichende Lagerungs- und Abtasttechnik</i>
<ul style="list-style-type: none">• <i>Keine/unvollständige anatomische Identifizierung</i>
<ul style="list-style-type: none">• <i>Fehlende Brauchbarkeitsprüfung/Kippfehlercheck</i>
<ul style="list-style-type: none">• <i>Mangelhafte Messtechnik</i>
<ul style="list-style-type: none">• <i>Fehlende Plausibilitätsprüfung</i>
<ul style="list-style-type: none">• <i>Nicht phasengerechte therapeutische Konsequenzen</i>

Fehler können zum einen durch unzureichende Ausrüstung, zum anderen durch eine nicht sachgemäß durchgeführte sonografische Untersuchung und Bildinterpretation hervorgerufen werden. Altenhofen beschreibt in seiner Arbeit eine eingeschränkte Reliabilität des Hüftultraschalls, verursacht durch messtechnische Handhabung beziehungsweise inkorrekte Bildinterpretation durch die Untersucher (38).

Als „State-of-the-art-Ausstattung“ beschreibt Graf das Vorhandensein eines 7,5 MHz Linearschallkopfes, eines Fußschalters, einer Lagerungsschale, einer Schallkopfführung und der Möglichkeit einer stehenden Bildprojektion (9). In der vorliegenden Arbeit ist, bis auf die Schallkopfführung, die von Graf geforderte Ausrüstung an beiden Standorten verwendet worden. Die Schallkopfführung ist nur in Bielefeld vom Fachteam angewandt worden.

Seidl et al. haben anhand von Fragebögen in einem Kollektiv von deutschsprachigen, kinderorthopädischen Experten den Kenntnisstand zur Diagnose und Therapie der Hüftreifungsstörungen und die technische Ausstattung zur sachgemäßen Durchführung eines Hüftultraschalls evaluiert (47). Dabei hat sich gezeigt, dass nur etwa 20 % der Befragten die von Graf geforderte „State-of-the-art-Ausstattung“ zur Verfügung gestanden hat. Alle Untersucher haben einen 7,5 MHz Schallkopf angewandt und 90 % haben eine Lagerungsschale und einen Fußschalter verwendet. Etwa 31 % der Befragten haben eine Schallkopfführung und 59 % eine stehende Bildprojektion zur Verfügung gehabt (47). Fischer hat in seiner Arbeit beschrieben, dass die stehende Bildprojektion, die der

Darstellung eines rechten a. p.-Röntgenbildes entspricht, zur leichteren Interpretation und Erfassung durch den Untersucher führt, was neurophysiologische Ursachen hat (48). Dadurch, dass der Untersucher durch die immer vorliegende Rechtsprojektion durchgehend den gleichen Bildeindruck gewinnt, kann er sensibler auf Veränderungen der Überdachungsverhältnisse und Stellungsänderungen des Hüftkopfes reagieren, was laut Graf zu einer um ein Drittel reduzierten Fehleranfälligkeit führt (9).

In der Arbeit von Seidl et al. haben sich große Unsicherheiten der Kinderorthopäden bei der Beurteilung von Hüftsonogrammen ergeben (47). Besonders bei der Beurteilung physiologisch unreifer Hüften entsprechend einem Typ IIa nach Graf und Hüften am Dezentrieren, entsprechend einem Hüfttyp D, sind schwerwiegende Fehler bei der Beurteilung von vorgelegten Hüftsonogrammen aufgetreten (47). Bei diesen beiden Hüfttypen sind auch bei dem in der vorliegenden Studie betrachteten Untersucherkollektiv signifikante Unterschiede zwischen dem Fachteam und der Expertin aufgetreten. In der Untersuchung von Seidl et al. ist jedoch nur die Beurteilung von korrekten Sonogrammen evaluiert worden, wohingegen das Untersucherkollektiv in der vorliegenden Arbeit die Sonogramme sowohl selbst erstellt als auch beurteilt hat.

Dorn hat in seiner Arbeit einzelne Untersucher untereinander und mit sich selbst im zeitlichen Verlauf verglichen und statistisch signifikante Unterschiede herausgefunden (14). Er ist zu dem Ergebnis gekommen, dass pathologische Hüften, entsprechend einem Typ IIc nach Graf oder schlechter, konstanter diagnostiziert werden als reife und unreife Hüften. Dies könnte, wie Dorn in seiner Arbeit bereits vermutet hat, daran liegen, dass in dem Bereich der reifen und physiologisch unreifen Hüften leichter Beurteilungsschwankungen normgrenzwertiger Hüften möglich sind (14). Dorns Ergebnisse sind vergleichbar mit den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung, wobei in der vorliegenden Arbeit selbst bei pathologischen Hüften statistisch signifikante Unterschiede beobachtet werden konnten. Die wahrscheinlichsten Ursachen sind eine fehlerhafte anatomische Identifizierung und Brauchbarkeitsprüfung sowie Kippfehler, die in der Literatur häufig für Fehldiagnosen verantwortlich gemacht werden (9, 49).

Graf erläutert, dass die Fehlinterpretation von sonografischen Artefakten am knöchernen Erker zu fehlerhafter Ausmessung des α -Winkels führen kann (9). Auch Weitzel beschreibt messtechnische Probleme als Ursache für die häufige Diagnose von Typ IIa Hüften (50). Laut Graf ergibt sich durch die Kippung des Schallkopfes eine schräge

Einstrahlrichtung des Ultraschalls mit daraus resultierenden, unterschiedlichen Laufgeschwindigkeiten der Ultraschallwellen im Gewebe und der möglichen Gefahr einer Verzerrung des entstehenden Bildes (9). Diese, durch die Schallkopfkippung verursachten Sonogrammveränderungen, können dann die Ursache dafür sein, dass fälschlich Pfannendysplasien diagnostiziert werden (9, 51, 52). Wenn keine korrekte Standardschnittebene dargestellt wird, kann dies auf einem Kippfehler beruhen (9). Die einzige Situation, in der Sonogramme trotz fehlender Standardschnittebene beurteilt werden dürfen, sind eindeutig dezentrierte Gelenke (9, 33).

Bei dem Vorliegen eines kaudo-kranialen Kippfehlers besteht zudem die Gefahr, durch die resultierende Bildverzerrung eine scheinbar dezentrierte Hüfte darzustellen, die in der Literatur auch als „Pseudo-D Hüfte“ beschrieben wird, obwohl das Gelenk völlig gesund sein kann (41, 52, 53). Der kaudo-kraniale Kippfehler macht sich bei der anatomischen Identifizierung durch das Fehlen der Knorpel-Knochen-Grenze bemerkbar (53). Für den großen Anteil an Typ D Hüften in dem vom Fachteam untersuchten Patientenkollektiv ist eine mögliche Erklärung, dass bei einem Teil dieser Hüften eine Pseudo-Dezentrierung vorliegt, die durch unvollständige anatomische Identifizierung, Brauchbarkeitsprüfung oder eventuelle Kippfehler diagnostiziert worden ist.

Gestärkt wird diese Vermutung, wie unter 4.3 erläutert, durch eine ältere Studie, die einige Jahre vor der hier betrachteten aktuellen Studie im Klinikum des Fachteams durchgeführt worden ist. Dabei ist in einem vergleichbaren Patientenkollektiv damals von der Expertin ein geringerer Anteil an Typ IIa und D Hüften bei vergleichbarem Anteil an Typ IIc Hüften diagnostiziert worden (54). Um diese Theorie zu bestätigen, wären weiterführende Untersuchungen wünschenswert, in denen sämtliche vom Fachteam erstellten Sonogramme von einem Experten der Hüftsonografie nochmals beurteilt und auf mögliche Interpretationsfehler kontrolliert werden würden.

Auch wenn das Fachteam mehr physiologisch unreife Hüften diagnostiziert hat, dürfte dies nicht zwangsläufig zu der von einigen Autoren erwarteten Übertherapie geführt haben (55, 56), da die Therapieempfehlungen von Graf für diesen Hüfttyp keine Behandlung vorsehen (9). In der Arbeit von Seidl et al. hat sich allerdings gezeigt, dass etwa ein Viertel der befragten deutschsprachigen, kinderorthopädischen Experten eine Typ IIa Hüfte übertherapiert hätte (47). Wenn die sonografiegesteuerten Therapieempfehlungen von Graf befolgt würden, wäre eine Sorge vor Übertherapie unbegründet,

vorausgesetzt Bilderstellung und -analyse würde ebenso nach dem von Graf empfohlenen Goldstandard durchgeführt (9).

Es besteht ein Konsens darüber, dass die Hüftsonografie der Neugeborenenhüfte stark abhängig von der Qualifikation und der Erfahrung des Untersuchers ist, weshalb eine standardisierte Ausbildung sowie regelmäßige Weiterbildungen der Ärzte zur Qualitätssicherung wichtig sind und von vielen Autoren als Voraussetzung für ein effektives Screening gefordert werden (12, 29, 32, 34, 42).

Als mögliche Einschränkung der vorliegenden Arbeit könnte gesehen werden, dass das Fachteam in Bielefeld noch in die unterschiedlichen Ausbildungsgrade hätte aufgeteilt werden können, um zu sehen, ob es auch innerhalb dieser Gruppe Unterschiede gibt. Mithilfe einer Schwachstellenanalyse hat Graf jedoch gezeigt, dass Anfänger im Bereich der Hüftsonografie nach einem Grund- und Aufbaukurs nur wenig schlechter abgeschnitten haben als Ärzte, die zusätzlich den Abschlusskurs absolviert haben. Teilnehmer der Refresherkurse haben laut Graf ungefähr das gleiche Niveau gehabt wie Absolventen der Abschlusskurse (41). Daher ist in dieser Arbeit das Zusammenwirken des gesamten Fachteams betrachtet worden.

4.2 Patientenkollektiv

Die Anzahl der Patienten in der vorliegenden bizentrischen Studie ist an beiden Standorten vergleichbar. Sowohl in Berlin als auch in Bielefeld hat sich eine gut vergleichbare Geschlechtsverteilung gezeigt. Mit 99,5 % ist ein Großteil der Neugeborenen innerhalb der ersten Lebenswoche untersucht worden. Dies entspricht den aktuellen Forderungen internationaler Experten auf dem Gebiet der Hüftreifungsstörungen, dass der Hüftultraschall so zeitig wie möglich durchgeführt werden sollte (32).

In Deutschland wird größtenteils ein zweigeteiltes Risikoscreening durchgeführt, bei dem Neugeborene mit Risikofaktoren wie positiver Familienanamnese, Geburt aus Beckenendlage, Skelettanomalien und/oder einem pathologischen klinischen Befund schon zur U 2, innerhalb des 3.-14. Lebensstages, sonografisch untersucht werden (13). Alle anderen Neugeborenen werden zur U 3 zwischen der 4. und 5. Lebenswoche sonografisch untersucht (13). Mehrere Studien haben gezeigt, dass mit dem zweigeteilten Risikoscreening nur etwa die Hälfte der Kinder mit pathologischen Hüften bereits in der ersten Lebenswoche detektiert und einer frühzeitigen Therapie zugeführt

werden kann, weshalb ein generelles Screening in den ersten Lebenstagen gefordert wird (4, 54, 57).

Bei zu spät diagnostizierten Luxationen oder nicht erkannten Dysplasien kann es bei den Betroffenen zu langen Krankheitsverläufen, aufwändige Therapieverfahren, Schmerzen und Schonhinken kommen und es entstehen hohe Kosten für das Gesundheitssystem (11, 58, 59).

Dorn und Clegg et al. haben außerdem darauf hingewiesen, dass eine sonografische Untersuchung im Rahmen des Wochenbettaufenthaltes eine lückenlose Erfassung aller im Krankenhaus geborenen Kinder ermöglicht und somit einen frühest möglichen Behandlungsbeginn garantiert (14, 60).

Streng genommen ist in der vorliegenden Studie ein Teil der Neugeborenen schon vor der U 2 untersucht worden, was organisatorische Gründe gehabt hat. Viele Patienten sind schon nach ein bis zwei Tagen von der Entbindungsstation entlassen worden, weshalb die Untersuchung vorgezogen worden ist.

Als Schwäche der vorliegenden Arbeit könnte aufgeführt werden, dass das Gestationsalter nicht erfasst worden ist. In einer Studie von Partenheimer et al. wurde bei frühgeborenen Patienten das Alter korrigiert, indem die Untersuchung später erfolgt ist (61). Dies ist bei dem in der vorliegenden Arbeit untersuchten Patientenkollektiv nicht erfolgt. Dorn hat jedoch in seiner Arbeit gezeigt, dass entgegen der Erwartung vermehrter Hüftreifungsstörungen bei Frühgeborenen, dort signifikant mehr reife Hüften diagnostiziert worden sind (14). Als Erklärung dafür sind von ihm mechanische und hormonelle Veränderungen angeführt worden, die in den letzten Schwangerschaftswochen auftreten und die Hüftreifung in dieser Zeit negativ beeinflussen können (14).

4.3 Bewertung der anamnestischen Daten und Risikofaktoren

Internationale Experten sind sich einig, dass eine positive Familienanamnese, das weibliche Geschlecht und eine Geburt aus Beckenendlage die wichtigsten Risikofaktoren für mögliche Hüftreifungsstörungen darstellen (32). In einer systematischen Übersichtsarbeit haben Shipman et al. neben den oben genannten Risikofaktoren ein hohes Geburtsgewicht, Erstgebärende, einen Fruchtwassermangel während der Schwangerschaft und Skelettanomalien als weitere, wichtige Risikofaktoren beschrieben (62). Nach den deutschen Leitlinien zur hüftsonografischen Screeninguntersuchung gelten eine positive Familienanamnese, eine Geburt aus Beckenendlage sowie vorhandene Stellungsanomalien oder Fehlbildungen, insbesondere der Füße, als Hauptrisikofaktoren (10, 13). Die Signifikanz der einzelnen Risikofaktoren variiert in verschiedenen Studien stark, wobei ein maßgeblich erhöhtes Risiko für das Vorliegen von Hüftreifungsstörungen bei Neugeborenen mit den oben genannten Hauptrisikofaktoren mehrfach gezeigt werden konnte (1, 14, 19, 20, 26-28, 61, 63-67).

In der vorliegenden Studie konnte keine signifikante Häufung von Hüftreifungsstörungen bei Neugeborenen mit den Risikofaktoren positive Familienanamnese, Fruchtwassermangel und Geburt aus Beckenendlage ermittelt werden. Bracken et al. und Shipman et al. haben ebenfalls beobachtet, dass der Großteil der Kinder mit Hüftreifungsstörungen keine Risikofaktoren aufgewiesen hat und geschlussfolgert, dass ein Screening, basierend auf Risikofaktoren unzureichend ist (19, 62). Auch Partenheimer et al. konnten kein signifikant erhöhtes Vorkommen von Hüftreifungsstörungen bei Kindern mit Geburt aus Beckenendlage und Neugeborenen mit einer positiven Familienanamnese feststellen (61). Dogruel et al. haben einen Fruchtwassermangel als möglichen Risikofaktor als nicht signifikant beschrieben (63). In beiden Arbeiten ist anstelle einer positiven Familienanamnese eine mütterliche Prädisposition für Hüftreifungsstörungen als Risikofaktor beschrieben worden (61, 63). Daten zu der Art der Familienanamnese haben in der vorliegenden Studie nicht für beide Standorte vorgelegen, so dass keine Rückschlüsse auf eine mütterliche Prädisposition als möglichen Risikofaktor gezogen werden können. Von den 52 Patienten, für die keine anamnestischen Daten vorliegen, hat kein Neugeborenes Hüftreifungsstörungen aufgewiesen, so dass diese Patienten auch keine Erklärung für die fehlende statistische Signifikanz des Zusammenhanges zwischen Hüftreifungsstörungen und dem Vorliegen von Risikofaktoren sind.

Am Campus Charité Mitte in Berlin werden viele Patienten mit Migrationshintergrund behandelt. Knapp 80 % der Patienten, bei denen keine anamnestischen Daten erhoben werden konnten, sind in Berlin untersucht worden. Eine Sprachbarriere könnte eine mögliche Erklärung dafür sein.

Beim Vergleich des Vorkommens von Risikofaktoren im untersuchten Patientenkollektiv fällt auf, dass standortabhängige Unterschiede vorliegen. In Bielefeld hat mit 56 % gehäuft eine positive Familienanamnese vorgelegen, im Vergleich zu 44 % in Berlin. Eine mögliche Erklärung liegt darin, dass knapp 80 % der in der vorliegenden Studie untersuchten Patienten, zu denen keine anamnestischen Daten erfasst worden sind, aus dem Patientenkollektiv in Berlin stammen. Es ist daher möglich, dass dort das Vorliegen einer positiven Familienanamnese bei einem nicht unerheblichen Anteil der Patienten nicht erfasst werden konnte. Das häufigere Vorliegen einer positiven Familienanamnese in dem Patientenkollektiv aus Bielefeld könnte jedoch auch darauf hindeuten, dass es sich hierbei eventuell um das Vorliegen eines „Dysplasienestes“ handelt. In Deutschland konnten regionale Unterschiede bei der Inzidenz von Hüftreifungsstörungen in bestimmten Gebieten beobachtet werden. Als „Dysplasienester“ werden zum Beispiel Regionen wie Sachsen und Teile Bayerns bezeichnet, in denen ein gehäuftes Auftreten von Hüftreifungsstörungen beobachtet werden konnte, was auf einen genetischen Hintergrund hindeutet (68). Im Norden Deutschlands ist die Inzidenz von Hüftreifungsstörungen laut Seidl et al. und Falliner eher gering (4, 54).

Im Zeitraum von Januar 2006 bis Juni 2009 hat die Expertin, die in dieser Studie das Patientenkollektiv in Berlin untersucht hat, gemeinsam mit einem erfahrenen Kollegen alle im Franziskus Hospital in Bielefeld geborenen Kinder hüftsonografisch untersucht. Dabei sind in diesem Zeitraum mehr gesunde, weniger unreife und weniger pathologische Hüften diagnostiziert worden als in der vorliegenden Untersuchung, was das Vorliegen eines regionalen Dysplasienestes als Ursache für den höheren Anteil pathologischer Hüften unwahrscheinlich macht (54).

Über 60 % der aus Beckenendlage geborenen Kinder dieser Untersuchung sind in Berlin zur Welt gekommen. Es ist naheliegend, dass die höhere Rate an Geburten aus Beckenendlage darauf zurückzuführen ist, dass es sich bei der Klinik in Berlin um ein Universitätsklinikum handelt. Bei einer Geburt aus Beckenendlage kann es leichter zu Komplikationen kommen (69). Es ist deshalb denkbar, dass solche Risikogeburten eher

in Universitätskliniken mit umfassenden medizinischen Versorgungsmöglichkeiten durchgeführt werden.

In einer Arbeit von Chan et al. konnte gezeigt werden, dass vaginal aus Beckenendlage entbundene Neugeborene ein höheres Risiko für das Auftreten von Hüfttreifungsstörungen haben als Kinder in Beckenendlage, die mit einem Kaiserschnitt auf die Welt gebracht worden sind (70). De Pellegrin hat in seiner Studie gezeigt, dass Kinder, die intrauterin in Beckenendlage gelegen und extendierte Knie gehabt haben, ein höheres Risiko für Hüfttreifungsstörungen aufgewiesen haben als Kinder mit flektierten Knien (71). In der vorliegenden Studie sind Daten, ob die Neugeborenen mit pathologischen Hüften und einer Geburt aus Beckenendlage intrauterin extendierte oder flektierte Knie gehabt haben und welcher Geburtsmodus vorgelegen hat, nicht erhoben worden. Somit ist eine detaillierte Analyse der Geburten aus Beckenendlage leider nicht möglich gewesen.

4.4 Klinische Untersuchung

In dieser Arbeit sind die Neugeborenen erst sonografisch und dann klinisch untersucht worden. Diese Reihenfolge ist ausgewählt worden, da die Neugeborenen zu Anfang der Untersuchung noch weitestgehend ruhig gewesen sind und somit die sonografische Untersuchung nur minimal durch Bewegungen der Neugeborenen erschwert worden ist.

Bei der Inspektion des entkleideten Neugeborenen ist bei dem untersuchten Patientenkollektiv auf das Vorliegen von Skelettanomalien geachtet worden. Perry et al. haben in ihrer Studie von 2010 gezeigt, dass etwa eines von 17 Kindern mit Klumpfüßen zusätzlich eine pathologische Hüfte hat (72). In dem in dieser Arbeit untersuchten Patientenkollektiv sind bei genau 17 Neugeborenen Klumpfüße aufgetreten, jedoch hatte keines dieser Kinder zusätzlich eine pathologische Hüfte. Es ist davon auszugehen, dass die Anzahl der Patienten mit Klumpfüßen in unserem Kollektiv zu gering ist, um einen möglichen Zusammenhang zwischen Klumpfüßen und Hüfttreifungsstörungen beurteilen zu können.

Eine Hautfaltenasymmetrie wird als Kriterium zur Frühdiagnostik einer Hüftluxation verwendet. Hierbei werden ein Höherstehen der Glutealfalten, eine Verziehung der Inguinal-, Vulva- oder Analfalten oder eine Vermehrung der Adduktorenfalten als mögliche Indikatoren einer Hüftluxation herangezogen (siehe Abb. 23) (73). Die

Signifikanz dieser klinischen Untersuchung ist jedoch von vielen Autoren angezweifelt (21, 74, 75) und die Untersuchung letztlich als ungeeignet erachtet worden, nachdem Studien ergeben haben, dass eine Hautfaltendifferenz auch bei völlig gesunden Kindern in 26-56 % der Fälle auftreten kann (76, 77). Aufgrund der oben angeführten Aspekte sind Hautfaltenasymmetrien in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt worden.

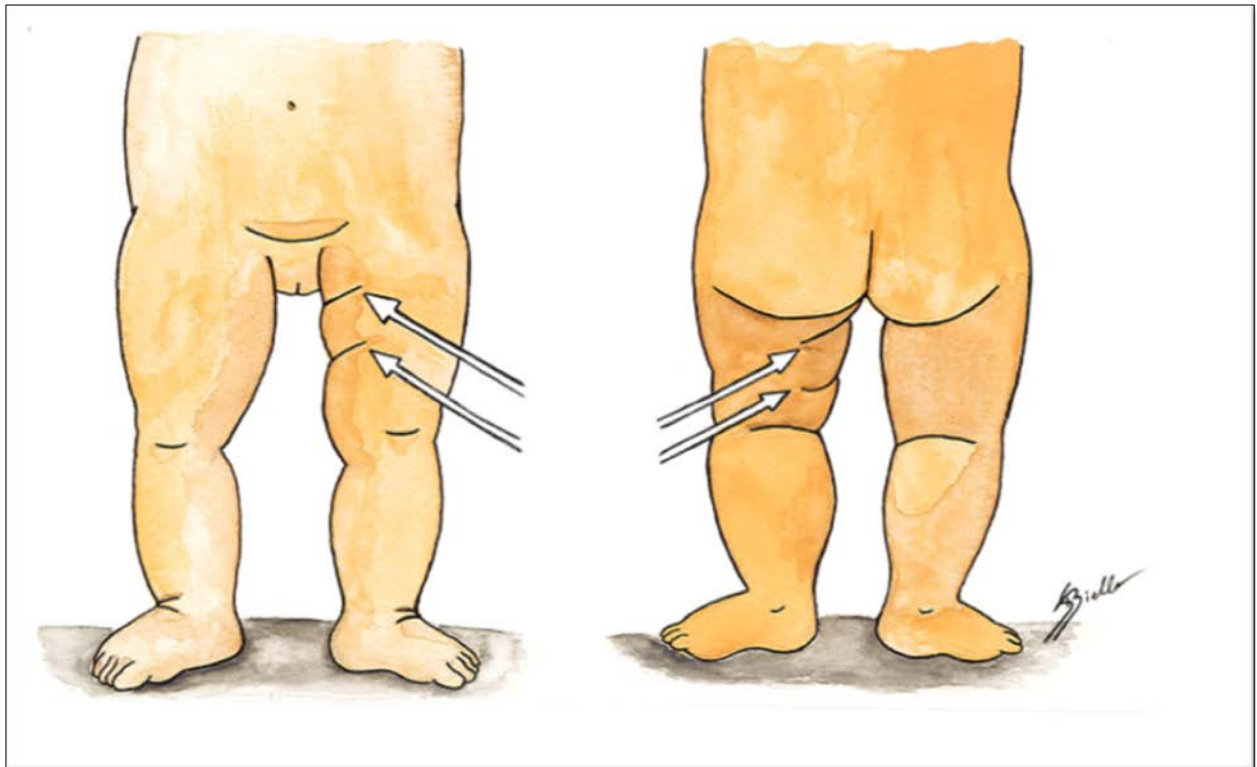


Abb. 23: Hautfaltenasymmetrie beim Neugeborenen, eigene Darstellung, in Anlehnung an Bracken (19)
Die Pfeile deuten auf eine unterschiedliche Ausprägung der Adduktorenfalten im Seitenvergleich hin.

Als mögliche Schwäche der vorliegenden Untersuchungen könnte gewertet werden, dass eine mechanische Stabilitätsprüfung nach Ortolani oder Barlow nicht durchgeführt worden ist. Ein positives Ortolani-Zeichen liegt vor, wenn sich der Hüftkopf durch dorsalen Druck und gleichzeitige Adduktion über den acetabulären Rand hinauschieben und durch lateralen Druck und gleichzeitige Abduktion wieder reponieren lässt (78, 79). Bei dem 1962 erstmals beschriebenen Barlow-Zeichen handelt es sich um eine ähnliche Stabilitätsprüfung. Dabei wird der Hüftkopf zunächst dezentriert und springt anschließend durch eine Abduktion im Hüftgelenk mit einem hör- und fühlbaren Schnappen wieder in die Pfanne zurück (80). Das Barlow-Zeichen tritt überwiegend innerhalb der ersten Lebensstage und -wochen auf (80).

Laut Altenhofen ist die Durchführung der oben genannten Manöver im Zusammenhang mit der klinischen Untersuchung der Neugeborenenhüfte obligat (10), jedoch konnten Rosenberg et al. in ihrer Studie zeigen, dass die Sensitivität dieser klinischen Tests maximal 54 % beträgt (81). In einer norwegischen Studie von Engesaeter et al. wird beschrieben, dass nur 8 % der 12- bis 36-Jährigen, die aufgrund einer dysplastischen Hüfte mit einer Totalendoprothese versorgt werden mussten, positive Instabilitätszeichen bei ihrer Geburt hatten (82). Es ist gezeigt worden, dass bei den oben genannten Manövern eventuell die Gefahr besteht, bei initial stabilen Hüften durch wiederholte Anwendung dieser Manöver eine Instabilität und Schädigung der Hüften zu verursachen (59, 83). Zudem haben Tönnis et al. in ihrer Arbeit gezeigt, dass 52,2 % der pathologischen Hüften, die durch die Sonografie nach Graf detektiert worden sind, klinisch keine Instabilitätszeichen aufgewiesen haben (64). Um eine iatrogen verursachte Instabilität mit eventuell gravierenden Folgen für die untersuchten Patienten zu vermeiden, ist in der vorliegenden Studie ganz bewusst keine mechanische Stabilitätsprüfung nach Ortolani oder Barlow durchgeführt worden.

Atypische Hüftgeräusche, die in der Literatur als „Dry hip click“-Phänomen beschrieben sind, werden von verschiedenen Autoren als nicht pathologisch gewertet und sind in der vorliegenden Studie daher ebenfalls nicht berücksichtigt worden (84, 85).

Die Beurteilung der Abspreizhemmung, die in der vorliegenden Arbeit untersucht worden ist, kann schwierig sein, wenn beidseits eine Hüftluxation vorliegt (siehe 2.2.2). Dennoch wird sie von einigen Autoren als ein wichtiger Teil der klinischen Untersuchung gewertet (59, 75). Andere Autoren zweifeln die generelle Wertigkeit der Abspreizhemmung an, wobei Choudry et al. und Graf von der Möglichkeit ausgehen, dass der Abduktionseinschränkung erst nach der Neugeborenenperiode eine Bedeutung zukommt (9, 77, 86, 87).

Als Galeazzi-Zeichen wird eine Untersuchung der Beinlängendifferenz bei Säuglingen beschrieben. Die Untersuchung wird bei einem auf dem Rücken auf einer möglichst wenig gepolsterten Unterlage liegenden Kind in 90 ° Hüft- und Knieflexion durchgeführt. Eine Beinlängendifferenz kann einen Hinweis auf einen luxierten Hüftkopf geben (21). Noordin et al. und Anderton et al. bewerten diese Untersuchung als geeignetes Mittel für die klinische Diagnose einer Hüftreifungsstörung (59, 75). Da in dem in der vorliegenden Arbeit untersuchten Patientenkollektiv jedoch nur Daten dieser Untersuchung

für die Neugeborenen aus Berlin vorliegen, wurde die Beinlängendifferenz nicht in die weitere Analyse einbezogen.

Ein weiterer Indikator möglicher Hüftreifungsstörungen ist das Ludloff-Zeichen. Ein positives Ludloff-Zeichen liegt vor, wenn bei maximaler Flexion und Abduktion der Hüfte eine passive Kniestreckung bei dem liegenden Neugeborenen möglich ist. Bei einer zentrierten Hüfte wird diese Extension im Kniegelenk durch die ischiokurale Muskulatur verhindert (21). Da diese Daten nur in Berlin erhoben worden sind, wurden sie in dieser Arbeit nicht weiterführend betrachtet.

In der vorliegenden Studie hat bei der Hälfte der Patienten mit einer positiven klinischen Untersuchung eine Hüftreifungsstörung vorgelegen. Dies ist statistisch signifikant, jedoch wird aufgrund der geringen Fallzahl die erwartete Häufigkeit nicht erfüllt, so dass der X^2 -Test nicht verwendet werden sollte.

Die klinische Untersuchung als sicheres diagnostisches Mittel zur Erkennung von Hüftreifungsstörungen ist schon vor Einführung der Hüftsonografie von Weickert angezweifelt worden (88). Mit Hilfe der Hüftsonografie ist das Phänomen der „stummen Hüftdysplasie“ beobachtet worden. Dabei handelt es sich um im Hüftsonogramm pathologisch auffällige Hüften, die jedoch weder klinische Auffälligkeiten noch anamnestische Risikofaktoren aufweisen (4, 14, 89). Die alleinige klinische Untersuchung ist daher zum Erkennen von Hüftreifungsstörungen nicht ausreichend (9).

4.5 Beurteilung der sonografischen Untersuchungen

Die Inzidenz gibt die Anzahl neu aufgetretener Krankheitsfälle innerhalb einer definierten Population in einem bestimmten Zeitraum an (90). Die Inzidenz der Hüftreifungsstörungen variiert in der Literatur zwischen 0,8 % und 7,7 % (1-6). Sie liegt in der vorliegenden Arbeit bei 1,4 %. Dies entspricht den aus der Literatur bekannten Angaben, wobei sie mit 0,5 % in dem Patientenkollektiv in Berlin als sehr gering anzusehen ist. Die große Varianz der Inzidenz wird durch verschiedene Faktoren hervorgerufen. Neben kulturellen und regionalen Unterschieden scheint auch die Erfahrung der Untersucher ein wichtiger Faktor zu sein (46), was die ermittelte Inzidenz von 0,5 % in Berlin und 2,3 % in Bielefeld erklären könnte (siehe 4.1).

In dem untersuchten Patientenkollektiv ist im Seitenvergleich eine pathologische Hüfte entsprechend einem Typ IIc nach Graf oder schlechter häufiger links aufgetreten, was mit der meisten Literatur übereinstimmt (9, 19, 30). In Bielefeld haben 61,5 % der Hüftreifungsstörungen die linke Hüfte betroffen wohingegen in Berlin mit 57,1 % vermehrt die rechte Hüfte betroffen gewesen ist. Partenheimer et al. und Peterlein et al. haben keine signifikanten Unterschiede im Seitenvergleich festgestellt (61, 91). In einer Arbeit von Falliner sind mehr pathologische Hüften auf der rechten Seite aufgetreten, was unseren Ergebnissen entspricht, wenn das Patientenkollektiv in Berlin gesondert betrachtet wird (4).

Die in der vorliegenden Arbeit gezeigten Geschlechtsunterschiede beim Auftreten einer Hüftreifungsstörung entsprechen ebenfalls den Angaben in der Literatur (26, 32, 61, 67). Weibliche Neugeborene haben in dem untersuchten Patientenkollektiv signifikant mehr pathologische Hüften, entsprechend einem Hüfttyp IIc nach Graf oder schlechter, gehabt (9). Darüber hinaus sind mit 18 % doppelt so viele IIa Hüften bei weiblichen Neugeborenen aufgetreten, im Vergleich zu 9 % bei männlichen Neugeborenen. Ein vermehrtes Auftreten von IIa Hüften bei weiblichen Neugeborenen wird ebenfalls in der Literatur beschrieben (61, 63, 91).

Der Anteil an Typ IIa- Hüften schwankt in der Literatur zwischen 9 % und 83,1 % (1, 4, 6, 14, 54, 63-65, 91). Es ist davon auszugehen, dass der Anteil dieser reifungsverzögerten Hüften umso größer ist, je früher die Neugeborenen untersucht werden. Die Typ D Hüften kommen mit 1,1 % in der vorliegenden Arbeit relativ häufig vor. Partenheimer et al. haben in ihrer Arbeit einen ähnlich hohen Prozentsatz an Typ D Hüften in ihrem weiblichen Patientenkollektiv beschrieben (61). Wie auch bei Partenheimer et al. und Falliner, sind in dem in der vorliegenden Arbeit untersuchten Patientenkollektiv keine Typ IV Hüften nach Graf aufgetreten (4, 61). Von den 8221 von Dorn untersuchten Neugeborenen hat nur eines eine Typ IV Hüfte gehabt, wobei es sich dabei um eine teratologische Luxation bei einem Patienten mit Dysmeliesyndrom gehandelt hat (14). Eine mögliche Erklärung für das seltene Auftreten von Typ IV Hüften bei Neugeborenen ist, dass sich dieser Hüfttyp erst in zunehmendem Alter bei unbehandelten Hüftreifungsstörungen entwickelt.

4.6 Vergleich unterschiedlicher Screeningverfahren

Altenhofen diskutiert in seiner Arbeit den fehlenden Goldstandard, anhand dessen die Validität des Hüftscreenings auch auf statistischer Grundlage überprüft werden könnte (38). Andere bildgebende Verfahren haben sich hierfür in der Vergangenheit als nicht geeignet erwiesen (38).

Einige Experten befürworten ein selektives Screening, bei dem alle Neugeborenen klinisch untersucht werden, jedoch nur solche mit Risikofaktoren oder klinischen Auffälligkeiten zusätzlich einen Hüftultraschall erhalten (6, 92, 93). Das Problem dieses Vorgehens besteht darin, dass Neugeborene mit sogenannten „stummen“ Hüfttreifungsstörungen klinisch ein unauffälliges Bild zeigen, jedoch sonografisch einen positiven Befund aufweisen (4, 14). Sie werden bei dieser Form des Screenings daher häufig nicht erfasst und erhalten keine Ultraschalluntersuchung. Studien haben gezeigt, dass über die Hälfte der sonografisch auffälligen Hüften klinisch ohne Befund gewesen sind (4, 14). Ein selektives Screening ist daher nicht ausreichend.

In der vorliegenden Arbeit ist untersucht worden, welche Sensitivität und Spezifität ein sonografisches Screening, basierend auf dem Vorliegen von Risikofaktoren, Skelettanomalien oder dem Vorliegen einer positiven klinischen Untersuchung in dem untersuchten Patientenkollektiv gehabt hätte. Das Vorliegen von Skelettanomalien ist im Rahmen der klinischen Untersuchung beurteilt worden, weshalb es in der vorliegenden Arbeit nicht, wie sonst häufig in der Literatur beschrieben, zu den Risikofaktoren gezählt, sondern als ein Teil der klinischen Beurteilung angesehen wird. In Tabelle 13 ist zusammengefasst, welche Sensitivität und Spezifität ein Ultraschallscreening basierend auf den einzelnen Patientengruppen gehabt hätte.

In der Arbeit von Dogruel et al. wird gezeigt, dass ein rein klinisches Screening nicht ausreicht, um Hüfttreifungsstörungen verlässlich zu diagnostizieren (63). Dies spiegelt sich auch in der im Rahmen der vorliegenden Arbeit berechneten Sensitivität von 7,7 % und Spezifität von 99,9 % für ein rein klinisches Screening wieder, wie in Tabelle 13 aufgeführt.

Tabelle 13: Übersicht über die Sensitivität und Spezifität eines selektiven Screenings

	Sensitivität	Spezifität
Sonografie bei vorhandenen Risikofaktoren	38,5 %	77,9 %
Sonografie bei Vorliegen einer auffälligen klinischen Untersuchung	7,7 %	99,9 %
Sonografie bei vorhandenen Risikofaktoren und/oder auffälliger klinischer Untersuchung und/oder dem Vorliegen von Skelettanomalien	46,2 %	77,9 %

Bei Falliner ist eine Sensitivität von 52 % und eine Spezifität von 73 % bei einem Screening, welches auf dem Vorliegen von Risikofaktoren, Skelettanomalien oder einer positiven klinischen Untersuchung basiert, angegeben worden (4). Mit 46,2 % ist die Sensitivität in der vorliegenden Arbeit ein wenig niedriger, mit einer Spezifität von 77,9 % ergeben sich jedoch vergleichbare Werte. Bei solch einem selektiven Screening wären damit über 50 % der Neugeborenen mit pathologischen Hüften in der vorliegenden Studie nicht erfasst worden.

Einige Autoren kritisieren die hohe Rate an falsch positiven Ergebnissen bei einem generellen Ultraschallscreening und äußern Bedenken, dass dies zu einer Überbehandlung mit möglicherweise vermeidbaren Komplikationen wie Hüftkopfnekrosen führen könnte (16, 94). Es konnte gezeigt werden, dass es seit Einführung des generellen Hüftscreenings zu einem deutlichen Rückgang verspätet diagnostizierter Hüftluxationen gekommen ist (95). Außerdem ist die Inzidenz der operativen Behandlung der Hüftreifungsstörungen von etwa 1/1000 Lebendgeburten während des ausschließlich klinischen Screenings auf 0,26/1000 Lebendgeburten beim generellen

Hüftscreening gesunken (11, 96). Darüber hinaus hat sich entgegen anfänglicher Bedenken auch die Kosteneffizienz eines Ultraschallscreenings gezeigt (8, 32, 60, 97).

Obwohl die Meinungen in der Literatur bezüglich der Art des Screenings auseinandergehen, sind insbesondere im europäischen Raum zunehmend mehr internationale Experten auf dem Gebiet der Hüftreifungsstörungen der Überzeugung, dass ein generelles Ultraschallscreening die zu favorisierende Alternative darstellt (32, 58, 98, 99).

Die sonografische Untersuchung der Neugeborenenhüfte ermöglicht eine frühzeitige Diagnosestellung, wodurch Patienten mit Hüftreifungsstörungen eher einer Therapie zugeführt werden können und es schneller zu einer Ausheilung kommen kann. Es hat sich herausgestellt, dass durch einen möglichst frühen Therapiebeginn die Behandlungszeit verkürzt wird und sich die Aussichten auf eine komplette Ausheilung deutlich erhöhen (3). Weinstein und Tschauener et al. geben an, dass es bei einer Diagnosestellung und anschließender konservativer Therapie von Hüftreifungsstörungen in der Neugeborenenperiode zwischen 95 % und 98,9 % der Patienten zu einer völligen Ausheilung kommt (8, 43). Haben die Kinder bei Diagnosestellung bereits ein Alter über 6 Monate erreicht, ist das Ergebnis wesentlich schlechter (100). Dies ist zurückzuführen auf den Verlauf der in Abbildung 24 dargestellten Hüftreifungskurve der kindlichen Hüfte, der in den ersten 3 Lebensmonaten steil und danach deutlich abflachend ausfällt, womit der Behandlungserfolg mit einem frühen Therapiebeginn korreliert (37).

Oft genügen bei einer frühzeitigen Behandlung von Hüftreifungsstörungen mildere Therapiemittel, wie zum Beispiel Hüftbeugeschienen anstelle von Retentionsgipsen, was wiederum zu weniger sekundären Komplikationen wie beispielsweise Hüftkopfnekrosen führt (58, 101).

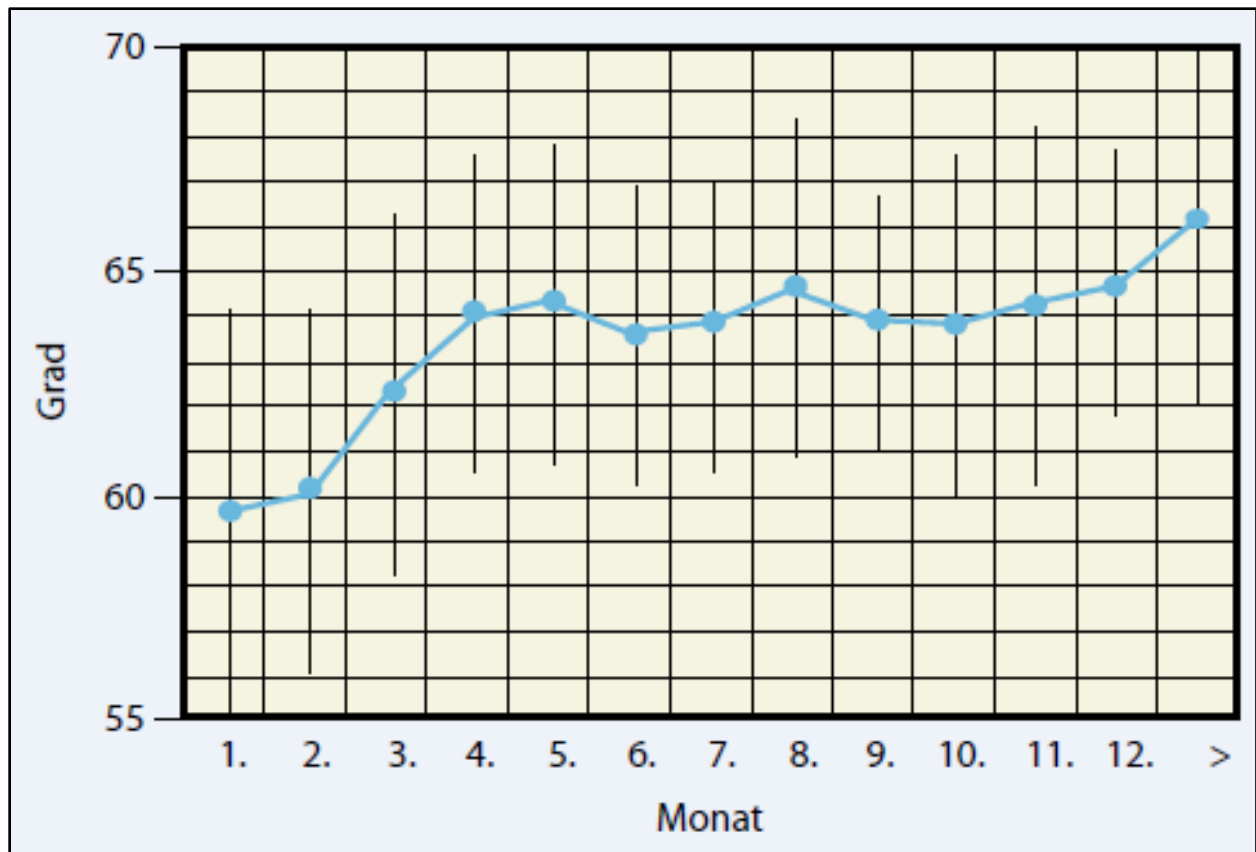


Abb. 24: Hüftreifungskurve nach Tschauer (37, 54)

Auf der x-Achse ist das Säuglingsalter in Monaten, auf der y-Achse der α -Winkel in Grad angegeben.

Das Behandlungsziel liegt in der Wiederherstellung einer physiologischen Hüftkopfüberdachung nach Einstellung des Kopfes in die Pfanne. Dies dient dem Erhalt der Funktionsfähigkeit des Hüftgelenkes und der Vermeidung präarthrotischer Deformitäten. Werden Hüftreifungsstörungen nicht rechtzeitig diagnostiziert, kann dies gravierende Folgen für den betroffenen Patienten und die Gesellschaft haben. Neben Schmerzen, Luxationen und Schonhinken kann es zu einem frühzeitigen Auftreten degenerativer Veränderungen kommen (27, 59, 96), mit nachfolgenden umfangreichen und kostenintensiven Behandlungen.

5 Zusammenfassung

Um Neugeborene mit Hüftreifungsstörungen früh zu detektieren und sie möglichst zeitig einer Therapie zuführen zu können, gilt im deutschsprachigen Raum der Hüftultraschall nach Graf für alle Neugeborenen als Methode der Wahl und ist bei der U 3 vorgeschrieben. Neben einer guten technischen Ausstattung ist die leitliniengetreue Durchführung des Hüftultraschalls maßgeblich für die Qualität der Ultraschalluntersuchung.

Bis heute ist keine Methode als Goldstandard gefunden worden, mit der die Validität des Hüftscreenings in den ersten Lebenswochen überprüft werden kann. Andere bildgebende Verfahren haben sich in der Vergangenheit hierfür als nicht geeignet erwiesen. Von den Kursleitern der DEGUM-Kurse wird das höchste Maß an fachlicher Kompetenz im Bereich der Hüftsonografie und -befundung mit leitliniengetreuer Anwendung und regelmäßigen Fortbildungen erwartet. In dieser Arbeit werden erstmalig die Untersuchungsergebnisse einer Ausbilderin und Kursleiterin in der Hüftsonografie mit denen eines Fachteams an Ärzten verglichen, die eine DEGUM-zertifizierte Ausbildung im Hüftultraschall, jedoch weniger Erfahrung damit aufweisen.

Mit der vorliegenden, bizenrischen Studie ist untersucht worden, ob ein direkter Zusammenhang zwischen dem Ausbildungsgrad des Untersuchers im Bereich der Hüftsonografie und der Hüfttypenverteilung nach Graf besteht. Die Analyse hat ergeben, dass durch höhere Qualifikation des Schallenden der Anteil von IIa Hüften an der Gesamtpopulation bei der sonografischen Untersuchung in der ersten Lebenswoche abnimmt. Bei dem Untersucherkollektiv mit weniger Erfahrung sind signifikant mehr physiologisch unreife Hüften entsprechend einem Hüfttyp IIa nach Graf diagnostiziert worden. Innerhalb der pathologischen Hüften sind besonders viele Typ D Hüften nach Graf vom Fachteam diagnostiziert worden, die einer Hüfte entsprechen, die am Dezentrieren ist.

Bei der Analyse epidemiologischer Faktoren in dem untersuchten Patientenkollektiv hat sich gezeigt, dass Hüftreifungsstörungen signifikant häufiger bei weiblichen Neugeborenen aufgetreten sind. Die linke Seite ist signifikant häufiger von Hüftreifungsstörungen betroffen gewesen als die rechte. Es sind standortabhängige Unterschiede beim Vergleich des Vorkommens von Risikofaktoren aufgetreten. In Bielefeld ist ein gehäuftes Vorkommen einer positiven Familienanamnese und eines Fruchtwassermangels dokumentiert worden. In Berlin sind dagegen mehr Kinder aus Beckenendlage

entbunden worden. Bei der Analyse der Risikofaktoren positive Familienanamnese, Fruchtwassermangel und Geburt aus Beckenendlage konnte kein signifikanter Zusammenhang zum gleichzeitigen Auftreten von Hüftreifungsstörungen festgestellt werden. Von den 26 Neugeborenen, bei denen pathologische Hüften diagnostiziert worden sind, haben bei nur 12 Neugeborenen eine positive klinische Untersuchung, eine Skelettanomalie oder anamnestische Risikofaktoren vorgelegen. Somit handelt es sich bei über der Hälfte der pathologischen Hüften um sogenannte „stumme“ Hüftdysplasien, welche bei einem selektiven Ultraschallscreening übersehen worden wären.

Die Wichtigkeit einer umfassenden hüftsonografischen Ausbildung der Untersucher, um Fehldiagnosen und damit verbundene Übertherapien zu vermeiden, konnte in der vorliegenden Arbeit gezeigt werden.

Zudem konnte die Wichtigkeit des generellen Ultraschallscreenings, wie es in Deutschland bereits etabliert ist, anhand der erzielten Ergebnisse untermauert werden. Das Auftreten von über 50 % stummer Hüftpathologien deutet stark darauf hin, dass ein generelles sonografisches Hüftscreening bereits in der ersten Lebenswoche sinnvoll wäre, um die Therapie der Neugeborenen mit Hüftreifungsstörungen frühzeitig und nicht erst im Alter von 4 bis 5 Wochen einzuleiten. Eine Übertherapie wäre bei entsprechender Ausbildung und regelmäßigen Fortbildungen der Untersucher nicht zu erwarten.

6 Literaturverzeichnis

1. Exner GU, Mieth D. Sonographic screening for hip dysplasia in newborn infants. *Schweiz Med Wochenschr.* 1987;117(27-28):1015-20.
2. Exner GU, Schreiber A. Hip diseases in children. *Schweiz Rundsch Med Prax.* 1992;81(18):586-91.
3. Schilt M. Optimal age for hip sonography screening. *Ultraschall Med.* 2001;22(1):39-47.
4. Falliner A HH, Hassenpflug J. Sonographisches Hüftscreening bei Neugeborenen. *Monatsschr Kinderheilkd;* 1996, 144:1223-9.
5. Stöver B, Brägelmann R, Walther A, Ball F. Development of late congenital hip dysplasia: significance of ultrasound screening. *Pediatr Radiol.* 1993;23(1):19-22.
6. Langer R. Ultrasonic investigation of the hip in newborns in the diagnosis of congenital hip dislocation: classification and results of a screening program. *Skeletal Radiol.* 1987;16(4):275-9.
7. Graf R. Hip sonography: background; technique and common mistakes; results; debate and politics; challenges. *Hip Int.* 2017;27(3):215-9.
8. Tschauner C, Fürntrath F, Saba Y, Berghold 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. *J Child Orthop.* 2011;5(6):415-24.
9. Graf R. Sonographie der Säuglingshüfte und therapeutische Konsequenzen ein Kompendium. 6., vollst. überarb. Aufl. ed. Stuttgart: Thieme; 2010. 203 S. p.
10. Altenhofen L. Leitlinie für das hüftsonographische Screening im Rahmen des Programms „Krankheitsfrüherkennung im Kindesalter“. In: Hutzler D, editor.: *Deutsches Ärzteblatt;* 1996.
11. von Kries R, Ihme N, Oberle D, Lorani A, Stark R, Altenhofen L, Niethard FU. Effect of ultrasound screening on the rate of first operative procedures for developmental hip dysplasia in Germany. *Lancet.* 2003;362(9399):1883-7.
12. Ihme N, Altenhofen L, von Kries R, Niethard FU. Hip ultrasound screening in Germany. Results and comparison with other screening procedures. *Orthopade.* 2008;37(6):541-6, 8-9.
13. Krankenkassen GBdÄu. Richtlinien über die Früherkennung von Krankheiten bei Kindern bis zur Vollendung des 6. Lebensjahres. *Bundesanzeiger* 2019; Stand: 19.12.2019.

14. Dorn U. Hip screening in newborn infants. Clinical and ultrasound results. *Wien Klin Wochenschr Suppl.* 1990;181:3-22.
15. Klisic PJ. Congenital dislocation of the hip-a misleading term: brief report. *J Bone Joint Surg Br.* 1989;71(1):136.
16. Gharedaghi M, Mohammadzadeh A, Zandi B. Comparison of clinical and sonographic prevalence of developmental dysplasia of the hip. *Acta Med Iran.* 2011;49(1):25-7.
17. Stevenson DA, Mineau G, Kerber RA, Viskochil DH, Schaefer C, Roach JW. Familial predisposition to developmental dysplasia of the hip. *J Pediatr Orthop.* 2009;29(5):463-6.
18. Idelberger K. Die Erbpathologie der sogenannten angeborenen Hüftverrenkung Untersuchungen an einer unausgelesenen Zwillingsserie von 138 lebenden Paaren. München . Urban und Schwarzenberg; 1951. VI, 80 S. p.
19. Bracken J, Tran T, Ditchfield M. Developmental dysplasia of the hip: controversies and current concepts. *J Paediatr Child Health.* 2012;48(11):963-72; quiz 72-3.
20. Omeroğlu H, Koparal S. The role of clinical examination and risk factors in the diagnosis of developmental dysplasia of the hip: a prospective study in 188 referred young infants. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2001;121(1-2):7-11.
21. Tönnis D, Legal H. Die angeborene Hüftdysplasie und Hüftluxation im Kindes- und Erwachsenenalter. Grundlagen, Diagnostik, konservative und operative Behandlung. Berlin . Springer-Verlag; 1984. 464 S. p.
22. Tachdjian MO. *Pediatric orthopedics.* 2nd ed. Philadelphia . Saunders; 1990. 4 Bd. 3373 S. p.
23. Wynne-Davies R. Familial joint laxity. *Proc R Soc Med.* 1971;64(6):689-90.
24. Dunn PM. Perinatal observations on the etiology of congenital dislocation of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 1976(119):11-22.
25. Zippel H. Etiologic problems of congenital hip dislocation with special regard to cytogenetic findings. *Beitr Orthop Traumatol.* 1971;18(9):485-503.
26. Bache CE, Clegg J, Herron M. Risk factors for developmental dysplasia of the hip: ultrasonographic findings in the neonatal period. *J Pediatr Orthop B.* 2002;11(3):212-8.
27. Stein-Zamir C, Volovik I, Rishpon S, Sabi R. Developmental dysplasia of the hip: risk markers, clinical screening and outcome. *Pediatr Int.* 2008;50(3):341-5.

28. Yiv BC, Saidin R, Cundy PJ, Tgetgel JD, Aguilar J, McCaul KA, Keane RJ, Chan A, Scott H. Developmental dysplasia of the hip in South Australia in 1991: prevalence and risk factors. *J Paediatr Child Health*. 1997;33(2):151-6.
29. Aronsson DD, Goldberg MJ, Kling TF, Roy DR. Developmental dysplasia of the hip. *Pediatrics*. 1994;94(2 Pt 1):201-8.
30. Rosendahl K, Markestad T, Lie RT. Developmental dysplasia of the hip: prevalence based on ultrasound diagnosis. *Pediatr Radiol*. 1996;26(9):635-9.
31. Stewart RJ, Patterson CC, Mollan RA. Ossification of the normal femoral capital epiphysis. *J Bone Joint Surg Br*. 1986;68(4):653.
32. O'Beirne JG, Chlapoutakis K, Alshryda S, Aydingoz U, Baumann T, Casini C, de Pellegrin M, Domos G, Dubs B, Hemmadi S, Karantanas A, Kolovos S, Kraus T, Zhao L, Maizen C, Mehdizadeh M, Molitorisz D, Persaud T, Petratos D, Placzek R, Placzek S, Scott S, Schmid R, Tarrant A, Voulgaris K. International Interdisciplinary Consensus Meeting on the Evaluation of Developmental Dysplasia of the Hip. *Ultraschall Med*. 2019;40(4):454-64.
33. Graf R, Tschauner C. Sonography of the infant hip. Sources of error, progress and current clinical relevance. *Radiologe*. 1994;34(1):30-8.
34. Farr S, Grill F, Müller D. When is the optimal time for hip ultrasound screening? *Orthopäde*. 2008;37(6):532, 4-6, 8-40.
35. Mau H, Michaelis H. Incidence and development of noticeable hip findings (a dysplasia complex) in newborn and young infants. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 1983;121(5):601-7.
36. Clarke NM. Diagnosing congenital dislocation of the hip. *BMJ*. 1992;305(6851):435-6.
37. Tschauner C, Klapsch W, Baumgartner A, Graf R. Maturation curve of the ultrasonographic alpha angle according to Graf's untreated hip joint in the first year of life. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 1994;132(6):502-4.
38. Altenhofen L. Sozialmedizinische Überlegungen zur Hüftsonographie bei Säuglingen als Screening-Verfahren. *Sozialpädiatrie und kinderärztliche Praxis*; 1995. p. 296-9.
39. Graf, R. Warum ein Ausbildungskatalog für die Hüftsonographie? : *Orthopädische Praxis*; 2009; 45(2):67-73.
40. Drei-Stufen-Konzept Arbeitskreis Bewegungsorgane der DEGUM [Internet]. 2020. Available from: <https://www.degum.de/arbeitskreise/bewegungsorgane/mehrstufenkonzept-zertifizierungen.html> (Stand 03.02.2020).
41. Graf R. Ultrasound examination of the hip. An update. *Orthopäde*. 2002;31(2):181-9.

42. Tschauner, C. Hüftsonografie bei Säuglingen: Checklisten helfen, Fehler zu vermeiden. In: Metthiessen, D. H, editors.: Orthopädie und Rheuma; 2012.
43. Weinstein SL. Natural history and treatment outcomes of childhood hip disorders. Clin Orthop Relat Res. 1997(344):227-42.
44. Bernbeck R, Dahmen G. Kinder-Orthopädie. 3. überarb. und erw. Aufl. ed. Stuttgart: Georg Thieme; 1983. 587 S. p.
45. Tönnis D, Brunken D. Differentiation of normal and pathological acetabular roof angle in the diagnosis of hip dysplasia. Evaluation of 2294 acetabular roof angles of hip joints in children. Arch Orthop Unfallchir. 1968;64(3):197-228.
46. Schüle B, Wissel H, Neumann W, Merk H. Follow-up control of ultrasonographic neonatal screening of the hip. Ultraschall Med. 1999;20(4):161-4.
47. Seidl T, Placzek R, Funk JF. Do German-speaking paediatric orthopaedic surgeons agree on diagnostics and treatment of the neonatal hip? Z Orthop Unfall. 2012;150(2):170-6.
48. Fischer E. Die Welt im Kopf: Faude; 1985.
49. Melzer C, Wülker N. Potential mistakes in hip-joint sonography. Arch Orthop Trauma Surg. 1990;109(3):126-30.
50. Weitzel D. Ultrasound screening of the infant hip. Radiologe. 2002;42(8):637-45.
51. Graf R, Baumgartner F, Lercher K. Ultraschalldiagnostik der Säuglingshüfte, ein Atlas. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2012.
52. Wirth C, Zichner L, Tschauner C, Aigner R, Anderhuber F, Beck M. Orthopädie und orthopädische Chirurgie : das Standardwerk für Klinik und Praxis. Becken, Hüfte : 114 Tabellen: Georg Thieme Verlag; 2004.
53. Tschauner C, Matthiessen H, Graf R. Methodische Eckpunkte der Hüftsonografie nach GRAF. State of the art 2018. Deutscher Ärzteverlag, Orthopädische und Unfallchirurgische Praxis; 2018; 07:010–3.
54. Seidl T LJ, Trouillier H-H. Früherkennung der Hüftdysplasie. Monatsschr Kinderheilkd; 2011; 159:758-61.
55. Elbourne D, Dezateux C. Hip dysplasia and ultrasound imaging of whole populations: the precautionary principle revisited. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed. 2005;90(1):F2-3.
56. Roovers EA, Boere-Boonekamp MM, Mostert AK, Castelein RM, Zielhuis GA, Kerkhoff TH. The natural history of developmental dysplasia of the hip: sonographic findings in infants of 1-3 months of age. J Pediatr Orthop B. 2005;14(5):325-30.

57. Lange A, Lange J, Thyrian R, Haas JP, Ekkernkamp A, Merk H, Hoffmann W, Lode HN. Incidence and duration of therapy of pathological hip findings in U2 and U3 examinations (SNiP study). *Orthopade*. 2014;43(2):129-35.
58. Wirth T, Stratmann L, Hinrichs F. Evolution of late presenting developmental dysplasia of the hip and associated surgical procedures after 14 years of neonatal ultrasound screening. *J Bone Joint Surg Br*. 2004;86(4):585-9.
59. Noordin S, Umer M, Hafeez K, Nawaz H. Developmental dysplasia of the hip. *Orthop Rev (Pavia)*. 2010;2(2):e19.
60. Clegg J, Bache CE, Raut VV. Financial justification for routine ultrasound screening of the neonatal hip. *J Bone Joint Surg Br*. 1999;81(5):852-7.
61. Partenheimer A, Scheler-Hofmann M, Lange J, Kühl R, Follak N, Ebner A, Fusch C, Stenger R, Merk H, Haas JP. Correlation between sex, intrauterine position and familial predisposition and neonatal hip ultrasound results. *Ultraschall Med*. 2006;27(4):364-7.
62. Shipman SA, Helfand M, Moyer VA, Yawn BP. Screening for developmental dysplasia of the hip: a systematic literature review for the US Preventive Services Task Force. *Pediatrics*. 2006;117(3):e557-76.
63. Dogruel H, Atalar H, Yavuz OY, Sayli U. Clinical examination versus ultrasonography in detecting developmental dysplasia of the hip. *Int Orthop*. 2008;32(3):415-9.
64. Tönnis D, Storch K, Ulbrich H. Results of newborn screening for CDH with and without sonography and correlation of risk factors. *J Pediatr Orthop*. 1990;10(2):145-52.
65. Stein V, Merk H, Weickert H. Neonatal hip screening using sonography. *Beitr Orthop Traumatol*. 1988;35(4):137-43.
66. Langer R, Kaufmann HJ. Ultrasound screening of the hip in newborns for the diagnosis of congenital hip dysplasia. *J Belge Radiol*. 1987;70(5):411-7.
67. Ortiz-Neira CL, Paolucci EO, Donnon T. A meta-analysis of common risk factors associated with the diagnosis of developmental dysplasia of the hip in newborns. *Eur J Radiol*. 2012;81(3):e344-51.
68. Nagura S. Spontaneous healing of congenital hip luxation in children (author's transl). *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 1973;111(6):951-3.
69. Parissenti TK, Hebisch G, Sell W, Staedele PE, Viereck V, Fehr MK. Risk factors for emergency caesarean section in planned vaginal breech delivery. *Arch Gynecol Obstet*. 2017;295(1):51-8.
70. Chan A, McCaul KA, Cundy PJ, Haan E, Byron-Scott R. Perinatal risk factors for developmental dysplasia of the hip. *Arch Dis Child*. 1997;76(2):F94-F100.

71. De Pellegrin M, Moharamzadeh D. Developmental dysplasia of the hip in twins: the importance of mechanical factors in the etiology of DDH. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(8):774-8.
72. Perry DC, Tawfiq SM, Roche A, Shariff R, Garg NK, James LA, Sampath J, Bruce CE. The association between clubfoot and developmental dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Br*. 2010;92(11):1586-8.
73. Schneider WH. Asymmetry of femoral and gluteal folds and their diagnostic significance. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 1960;93:508-14.
74. Dörr WM. On the earliest and early diagnosis of so-called congenital hip dislocation. *Dtsch Med Wochenschr*. 1966;91(4):168-73.
75. Anderton MJ, Hastie GR, Paton RW. The positive predictive value of asymmetrical skin creases in the diagnosis of pathological developmental dysplasia of the hip. *Bone Joint J*. 2018;100-B(5):675-9.
76. Ryder CT, Mellin GW, Caffey J. The infant's hip normal or dysplastic? *Clin Orthop*. 1962;22:7-15.
77. Komprda J. Diagnosis of acetabular dysplasia in infancy. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 1984;122(6):754-9.
78. Mubarak SJ. In search of Ortolani: the man and the method. *J Pediatr Orthop*. 2015;35(2):210-6.
79. Ortolani M. The Classic: Congenital Hip Dysplasia in the Light of Early and Very Early Diagnosis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1976;119:6-10.
80. Barlow TG. Congenital hip dysplasia in the light of early and very early diagnosis. *Proc R Soc Med*. 1963;56:804-6.
81. Rosenberg N, Bialik V, Norman D, Blazer S. The importance of combined clinical and sonographic examination of instability of the neonatal hip. *Int Orthop*. 1998;22(3):185-8.
82. Engesaeter I, Lie SA, Lehmann TG, Furnes O, Vollset SE, Engesaeter LB. Neonatal hip instability and risk of total hip replacement in young adulthood: follow-up of 2,218,596 newborns from the Medical Birth Registry of Norway in the Norwegian Arthroplasty Register. *Acta Orthop*. 2008;79(3):321-6.
83. Jones DA. Neonatal hip stability and the Barlow test. A study in stillborn babies. *J Bone Joint Surg Br*. 1991;73(2):216-8.
84. Ackermann HJ, Kupper H. Diagnostic significance of the atypical dry click of the hip in newborn infants. *Beitr Orthop Traumatol*. 1984;31(3):105-7.
85. Nie K, Rymaruk S, Paton RW. Clicky hip alone is not a true risk factor for developmental dysplasia of the hip. *Bone Joint J*. 2017;99-B(11):1533-6.

86. Ackermann HJ, Hoferichter U. Follow up studies on inhibited hip joint abduction in the newborn. *Beitr Orthop Traumatol.* 1979;26(12):693-8.
87. Choudry Q, Goyal R, Paton RW. Is limitation of hip abduction a useful clinical sign in the diagnosis of developmental dysplasia of the hip? *Arch Dis Child.* 2013.
88. Weickert H. Progress in the diagnosis and treatment of the hip dislocation. *Padiatr Grenzgeb.* 1975;14(2):63-9.
89. Breninek A. Silent cases of dysplasia of the hip (author's transl). *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1979;117(5):821-3.
90. Pschyrembel W, Pschyrembel-Redaktion des Verlages. *Pschyrembel Klinisches Wörterbuch* (2015). 266., neu bearb. Aufl. ed. Berlin: De Gruyter; 2014. 2354 p.
91. Peterlein CD, Penner T, Schmitt J, Fuchs-Winkelmann S, Fölsch C. Sonographic screening of the newborn hip at the university hospital Marburg-a long-run analysis. *Z Orthop Unfall.* 2014;152(3):234-40.
92. Holen KJ, Tegnander A, Bredland T, Johansen OJ, Saether OD, Eik-Nes SH, Terjesen T. Universal or selective screening of the neonatal hip using ultrasound? A prospective, randomised trial of 15,529 newborn infants. *J Bone Joint Surg Br.* 2002;84(6):886-90.
93. Geitung JT, Rosendahl K, Sudmann E. Cost-effectiveness of ultrasonographic screening for congenital hip dysplasia in new-borns. *Skeletal Radiol.* 1996;25(3):251-4.
94. Roovers EA, Boere-Boonekamp MM, Castelein RM, Zielhuis GA, Kerkhoff TH. Effectiveness of ultrasound screening for developmental dysplasia of the hip. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2005;90(1):F25-30.
95. Grill F, Müller D. Results of hip ultrasonographic screening in Austria. *Orthopade.* 1997;26(1):25-32.
96. Katthagen BD, Mittelmeier H, Becker D. Incidence and start of inpatient treatment of pediatric hip dislocations in West Germany. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1988;126(5):475-83.
97. Thaler M, Biedermann R, Lair J, Krismer M, Landauer F. Cost-effectiveness of universal ultrasound screening compared with clinical examination alone in the diagnosis and treatment of neonatal hip dysplasia in Austria. *J Bone Joint Surg Br.* 2011;93(8):1126-30.
98. Sink EL, Ricciardi BF, Torre KD, Price CT. Selective ultrasound screening is inadequate to identify patients who present with symptomatic adult acetabular dysplasia. *J Child Orthop.* 2014;8(6):451-5.

99. 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. *J Child Orthop.* 2014;8(1):3-10.
100. Ziegler J, Thielemann F, Mayer-Athenstaedt C, Günther KP. The natural history of developmental dysplasia of the hip. A meta-analysis of the published literature. *Orthopade.* 2008;37(6):515-6, 8-24.
101. Ganger R, Grill F, Leodolter S, Vitek M. Ultrasound screening of the neonatal hip: results and experiences. *Ultraschall Med.* 1991;12(1):25-30.

7 Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Sarah Biella, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Bizentrische Evaluation eines generellen klinischen und sonografischen Hüftscreenings in der ersten Lebenswoche“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Ich versichere ferner, dass ich die in Zusammenarbeit mit anderen Personen generierten Daten, Datenauswertungen und Schlussfolgerungen korrekt gekennzeichnet und meinen eigenen Beitrag sowie die Beiträge anderer Personen korrekt kenntlich gemacht habe (siehe Anteilserklärung). Texte oder Textteile, die gemeinsam mit anderen erstellt oder verwendet wurden, habe ich korrekt kenntlich gemacht.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; www.icmje.org) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass mir die Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis bekannt ist und ich mich zur Einhaltung dieser Satzung verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

Eidesstattliche Versicherung

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Ort, Datum

Unterschrift

8 Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

9 Danksagung

Ich möchte mich herzlich bei meiner Doktormutter, PD Dr. med. Julia Funk, für ihre kompetente Betreuung meiner Doktorarbeit bedanken. Mit ihrer konstruktiven Kritik, ihren hilfreichen Anregungen und ihrer ansteckenden Freude an statistischen Analysen hat sie mich maßgeblich unterstützt.

Mein besonderer Dank gilt meiner Betreuerin, Dr. med. Tamara Seidl, die mir die Hüftsonografie nach Graf gelehrt und mich mit ihrer Begeisterung für das Thema angesteckt hat.

Auch möchte ich meinen schwedischen Kollegen danken, die mich durch ihr kritisches Hinterfragen des deutschen Screeningprogrammes angeregt haben, das Erlernte zu hinterfragen und die dazu beigetragen haben, dass ich meine Überzeugungen festigen konnte.

Ich möchte mich bei meiner gesamten Familie für ihre kontinuierliche Unterstützung während und vor der Erstellung der vorliegenden Arbeit bedanken. Mein besonderer Dank gilt meinem Partner Christoph, der mir den Rücken frei gehalten und immer wieder die richtigen, motivierenden Worte gefunden hat.

Ich möchte diese Arbeit gerne meiner Tochter widmen. Durch sie habe ich noch einmal mehr verstanden, was es für Eltern bedeutet ein gesundes Kind zu haben. Aus diesem Grund möchte ich mich auch weiterhin in meinem Arbeitsalltag für einen motivierenden, verständnisvollen Umgang mit Patienten mit Hüftreifungsstörungen und deren Angehörigen einsetzen.