

Ultraschallmethode nach Graf

-

Internationale Uneinigheiten: Ja oder Nein?

Eine systematische Literaturrecherche

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. med.)

der Medizinischen Fakultät

der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

Bonn

Cara Henrike Margit Flöer

aus Mainz

2025

Angefertigt mit der Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Richard Placzek
2. Gutachter: Prof. Dr. med. Wolf-Rüdiger Schäbitz

Tag der mündlichen Prüfung: 19.03.2025

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie

Inhaltsverzeichnis

	Abkürzungsverzeichnis	5
1.	Einleitung	7
1.1	Fragestellung	8
1.2	Ultraschallmethoden	8
1.2.1	Die Methode nach Graf	8
1.2.2	Untersuchung	9
1.2.3	Ausrichtung des Ultraschallbilds	9
1.2.4	Anatomische Identifizierung Checkliste 1	10
1.2.5	Brauchbarkeitsprüfung Checkliste 2	11
1.2.6	Hüfttypen	12
1.2.7	Deskription	15
1.2.8	Alpha- und Beta-Winkel	16
1.2.9	Häufige Fehler bei der Graf-Methode	19
1.2.10	Erfolge der Graf-Methode	20
1.2.11	Behandlung nach Graf	20
1.3	Andere Ultraschallmethoden	21
1.3.1	Beispiel einer Methode, die auf dem Femoral Head Coverage basiert	21
1.3.2	Beispiel einer Methode, die auf der Prüfung der Stabilität der Hüfte basiert	21
1.3.3	Beispiel einer Methode, die Morphologie und Stabilität untersucht	22
1.3.4	Beispiele von Methoden, die auf einem anteriorem Ultraschallbild basieren	22
1.4	Klinische Untersuchungsmethoden	23
1.5	Weitere Diagnosemöglichkeiten	24
1.5.1	Röntgen	24
1.5.2	Arthrographie	24
1.5.3	Computertomographie und Magnetresonanztomographie	25
2.	Materialien und Methoden	26
3.	Ergebnisse	31
3.1	Ultraschall- und Untersuchungsmethoden	31
3.2	Herkunftsländer	31

3.3	Ultraschallbilder	32
3.4	Graf-Methode	36
3.5	Kritikpunkte	36
3.6	PubMed-Recherche	37
3.7	Zusammenfassung der Ergebnisse	38
4.	Diskussion	39
4.1	Einleitung der Diskussion	39
4.2	Diskussion der Kritikpunkte an der Methode nach Graf	39
4.2.1	Komplizierte Untersuchungen	40
4.2.2	Kritik an der Diagnostik	43
4.2.3	Übertherapie	45
4.2.4	Kritik an der Belastung für Eltern und Kinder	50
4.2.5	Kritik an den Komplikationen	51
4.3	Diskussion der Ergebnisse der Bildanalyse	53
4.3.1	Beispiele der Ultraschallbilder	53
4.3.2	Beispielhafte Bilder der PubMed-Recherche	66
4.3.3	Eigene Quellen von Sackers und Pollet	69
4.3.4	Fazit der Bilderanalyse	70
4.4	Diskussion der Materialien und der Methode	71
4.5	Schlussfolgerung	72
4.6	Ausblick in die Zukunft	73
5.	Zusammenfassung	75
6.	Anhang	77
7.	Abbildungsverzeichnis	95
8.	Tabellenverzeichnis	101
9.	Literaturverzeichnis	102
10.	Danksagung	119

Abkürzungsverzeichnis

BRP	Bony Rim Percentage
BSCOS	British Society of Children's Orthopaedic Surgery
DDH	entwicklungsbedingte Hüftdysplasie
EPOS	European Paediatric Orthopaedic Society
ESPR	European Society of Paediatric Radiology
FHC	Femoral Head Coverage
KKG	Knorpelknochengrenze
PubMed	Public Medicine

Aufgrund der besseren Lesbarkeit wird im Text das generische Maskulinum verwendet. Gemeint sind jedoch immer alle Geschlechter.

1. Einleitung

Die Ultraschalluntersuchung der Säuglingshüfte mit der Methode nach Graf gilt im deutschsprachigen Raum als wesentlichster Bestandteil in der Diagnostik von Hüftdysplasien infolge von Hüftreifungsstörungen und ist Teil eines generellen Säuglingsscreening. Die behandlungsbedürftige Hüftdysplasie ist dabei größeren Studien zufolge zu einem Anteil von 50 % oder mehr klinisch und anamnestisch nicht erfassbar. (Bache et al., 2002; Falliner et al., 1999) Nur eine frühe Diagnostik ermöglicht eine frühe Therapie und ist so in der Lage, spätere und mit höherer Invasivität verbundene Therapieverfahren zu vermeiden.

Die zur Ultraschalluntersuchung obligate klinische Untersuchung beruht auf der Detektion einer Instabilität des Gelenkes.

Die Ultraschallmethode nach Graf beruht auf der Definition einer Standardebene und deren standardisierten Beurteilung anhand festgelegter Parameter (Kapitel 1.2.1) (Graf et al., 2013; Graf, 2017; von Kries et al., 2003).

In Deutschland (seit dem Jahr 1996) und in Österreich (seit dem Jahr 1991) ist die von Graf entwickelte Methode die am weitesten verbreitete und gesetzlich festgelegte Diagnostikmethode (Graf et al., 2013; Graf, 2017). International existieren mehrere sonographische Diagnostikmethoden, unter anderem die Methode nach Terjesen, Harcke, Rosendahl, Suzuki und van Douveren (Harcke et al., 1984; Rosendahl et al., 1996; Suzuki et al., 1991; Terjesen et al., 1989a; van Douveren et al., 2003).

Jede Methode vertritt einen anderen Ansatz, bezieht sich auf unterschiedliche Diagnostikpunkte und beschreibt eine andere Untersuchungsmethode. International herrscht Uneinigkeit darüber, welche Ultraschallmethode am geeignetsten ist. Insbesondere die Ultraschallmethode nach Graf wird stark diskutiert (O'Beirne et al., 2019; Williams et al., 2016).

1.1 Fragestellung

Mit der Frage, ob international Uneinigkeit bezüglich der Graf-Methode herrscht, beschäftigt sich diese Dissertation und nimmt dabei Bezug auf den Artikel von Sackers und Pollet „The natural history of abnormal ultrasound findings in hips of infants under six months of age” (2018). In diesem Artikel kritisieren die beiden Autoren die Ultraschalluntersuchung auf eine mögliche Hüftdysplasie und stellen ihre Aussagekraft in Frage. Insbesondere die Ultraschallmethode nach Graf wird von ihnen stark kritisiert. Dieser Kritik bezüglich der Ultraschalluntersuchung nach Graf wird in dieser Dissertation nachgegangen. Für die bessere Abbildung des internationalen Verständnis und der Kritik, erfolgte eine PubMed-Recherche und eine entsprechende Analyse der dort gefundenen Quellen. Die verschiedenen Quellen, welche sich mit der Methode nach Graf beschäftigen, wurden analysiert, um darzustellen, ob die Graf-Methode international richtig verstanden und angewendet wird. Insbesondere die angegebenen Ultraschallbilder wurden auf ihre Verwertbarkeit überprüft.

1.2 Ultraschallmethoden

1.2.1 Die Methode nach Graf

Die Ultraschallmethode der kindlichen Hüfte nach Graf wurde von Professor Dr. Reinhard Graf im Jahr 1980 veröffentlicht und basiert auf dem Ausmessen eines Alpha- und eines Beta-Winkels. Anhand dieser werden die Hüften in verschiedene Typen eingeteilt (Graf, 1980; Graf et al., 2006; Graf et al., 2010; Graf et al., 2012).

Die Graf-Methode beruht auf einer definierten Standardebene, welche jeweils durch zwei Checklisten überprüft wird.

Checkliste Nummer 1 ist ein Leitfaden für die anatomische Identifizierung der Hüfte im Ultraschallbild (Graf et al., 2006; Graf et al., 2010; Graf et al., 2012). Diese Checkliste beinhaltet acht Punkte, von denen alle dargestellt sein müssen. Mit Hilfe einer richtigen anatomischen Identifizierung können Kippfehler, z. B. durch eine nicht gut dargestellte Knorpel-Knochen-Grenze oder durch einen fehlenden Unterrand des Os iliums, schneller und besser erkannt werden (Graf et al., 2006; Graf et al., 2010; Graf et al., 2012).

Checkliste Nummer 2 beschreibt die Brauchbarkeitsprüfung. Der Methode nach Graf liegt eine definierte Standardebene zugrunde. Deren drei anatomische Punkte werden im Rahmen der Checkliste 2 abgearbeitet. Es ist immer zuerst die Checkliste 1 und anschließend die Checkliste 2 abzuarbeiten, nicht umgekehrt (Tschauener et al., 2018).

Die Standardebene nach Graf wird definiert durch den Unterrand des Os Iliums, die mittlere Ebene des Acetabulums und das Labrum acetabulare. Anhand dieser drei Landmarken werden die Grundlinie (Verlängerung des Acetabulums), die Pfannendachlinie (Verlängerung des Labrum acetabulare) und die Ausstelllinie (Verlängerung des Unterrand des Os Iliums) eingezeichnet. Anhand dieser drei Linien werden der Alpha- und der Beta-Winkel im Ultraschallbild bestimmt. Der Alpha-Winkel ist der Winkel zwischen Pfannendachlinie und Grundlinie. Grund- und Ausstelllinie bilden den Beta-Winkel (Kapitel 2.1.8).

1.2.2 Untersuchung

Graf legt in seinen Publikationen die genauen Untersuchungsumstände fest (Graf et al., 2006; Graf et al., 2010; Graf et al., 2012). Neben einer bestimmten Ausrichtung des Kindes mit Hilfe einer speziellen Lagerungsschale, ist auch die richtige Ausrichtung des Schallkopfs mit einer Schallkopfführung von Bedeutung (Graf et al., 2006). Entscheidend für die Untersuchung nach Graf ist die Verwendung eines Linearschallkopfs, welcher zwischen 5 und 7,5 Megahertz (MHz) produzieren sollte. Höher frequentierte Schallköpfe verbessern die Auflösung, jedoch nimmt die Eindringtiefe mit der Frequenz ab (Graf, 1983).

1.2.3 Ausrichtung des Ultraschallbilds

Graf empfiehlt, das Ultraschallbild wie ein Röntgenbild der rechten Hüfte auszurichten. Dies erleichtert das Verständnis des Bildes und die anatomische Zuordnung der wichtigsten Punkte (Graf et al., 2010).

Zudem könne gezeigt werden, dass bei der Auswertung von Ultraschallbildern, die wie eine rechte Hüfte im Röntgen dargestellt sind, eine 30 % geringere Wahrscheinlichkeit für Fehler vorliege (Graf et al., 2010).

Es kann dabei nach Graf zwischen verschiedenen Ausrichtungen unterschieden werden (Abbildung 1) (Graf et al., 2006).

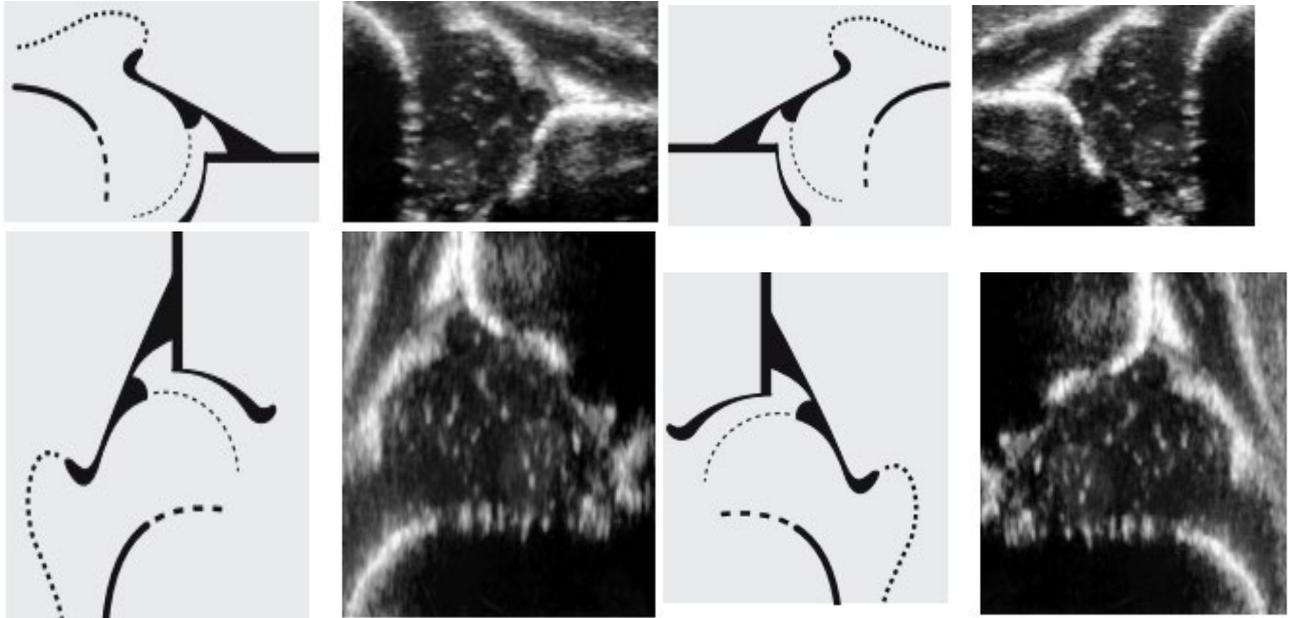


Abb. 1: Mögliche Ausrichtungen eines Hüftultraschallbildes:
(von links oben nach links unten im Uhrzeigersinn)

1. Unkonventionelle sonographische Ausrichtung,
2. Sonographische Ausrichtung,
3. Spiegelverkehrte Ausrichtung,
4. Radiologische Ausrichtung.

Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf et al. (2006) übernommen.

1.2.4 Anatomische Identifizierung Checkliste 1

Graf legte acht verschiedene anatomische Punkte fest, die in einem Ultraschallbild dargestellt sein müssen. Diese werden im Rahmen der Checkliste 1 untersucht. Sind diese anatomischen Strukturen nur teilweise oder mangelhaft dargestellt, ist das Bild unbrauchbar. Der Untersucher kann zudem feststellen, ob der Schallkopf richtig positioniert wurde und das Ultraschallbild in der richtigen Ebene aufgenommen wurde. So kann eine Überdiagnose durch eine Fehlbeurteilungen vermieden werden (Graf et al., 2013).

Die acht anatomischen Identifizierungspunkte werden in der Abbildung 2 dargestellt (Graf et al., 2006).

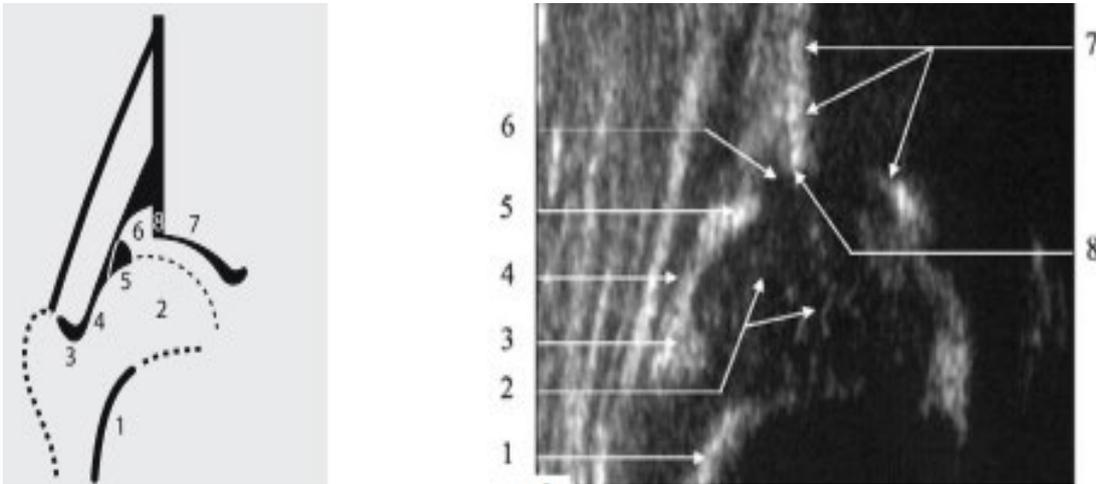


Abb. 2: Die anatomischen Identifizierungspunkte:

1. die Knorpelknochengrenze,
2. der Hüftkopf,
3. die Kapselumschlagfalte,
4. die Gelenkkapsel,
5. das Labrum,
6. der knorpelige Pfannenerker,
7. der Knochen,
8. der Umschlagpunkt.

Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf et al. (2006) übernommen.

1.2.5 Brauchbarkeitsprüfung Checkliste 2

Das Ziel der zweiten Checkliste ist die Überprüfung, ob das jeweilige Bild in der Standardebene aufgenommen wurde. Die Standardebene wird definiert durch die drei Landmarken, diese werden in Abbildung 3 dargestellt. Das Ultraschallbild darf nur verwendet werden, wenn alle drei Landmarken im Bild abgebildet sind (Graf, 1990; Graf et al., 2006). Die drei Landmarken werden in entsprechender Reihenfolge und Priorität abgearbeitet (Tschauer et al., 2018).

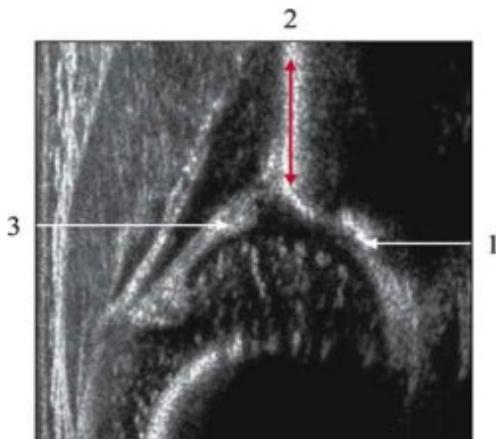


Abb. 3: Die drei Landmarken sind, der Unterrand des Os Iliums (1), die mittlere Ebene des Acetabulums (2), das Labrum acetabulare (3). Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf et al. (2006) übernommen.

1.2.5.1 Standardebene

Anhand der Standardebene ist ein Vergleich verschiedener Ultraschallbilder möglich, da sichergestellt werden kann, dass diese Ultraschallbild in der richtigen Ebene und Position aufgenommen wurden. Bei einem Bild, welches nicht in der Standardebene aufgenommen wurde, sind die Winkel größer oder kleiner (Graf et al., 2006).

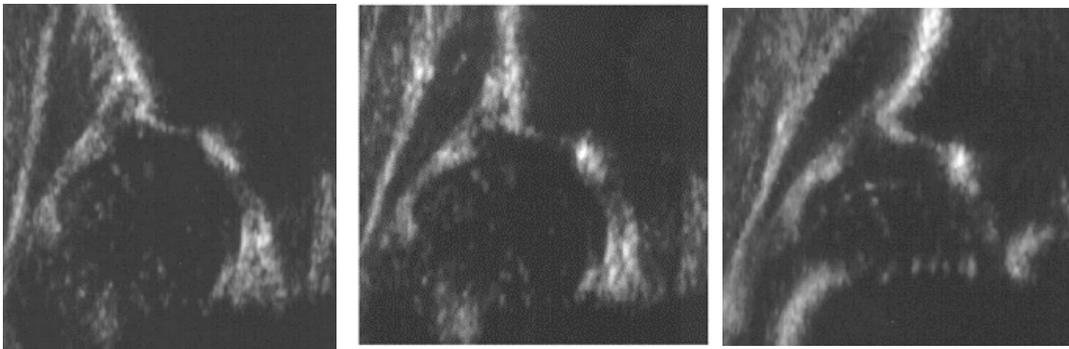


Abb. 4: (von links nach rechts) posteriore Ebene, Standardebene, anteriore Ebene. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf et al. (2006) übernommen.

1.2.6 Hüfttypen

Graf teilt nach dem entsprechenden Ultraschallbild die Hüften in vier verschiedene Typen ein. Die Typ 1, Typ 2, Typ 3 und Typ 4 Hüfte. Die einzelnen Hüfttypen werden entsprechend ihrer knöchernen und knorpeligen Pfanne im Bezug zum Alter eingeteilt und können dahingehend noch weiter unterteilt werden (Graf et al., 2006).

1.2.6.1 Die Typ 1-Hüfte

Die Typ 1-Hüfte ist eine ausgereifte Hüfte, wie sie nach dem 3. Lebensmonat vorhanden sein sollte. Der Hüftkopf wird vom knorpeligen Pfannendach überdeckt, die knöcherne Pfanne ist gut entwickelt und das Erkerareal ist stumpf oder eckig (Graf et al., 2006; Graf et al., 2010; Graf et al., 2012).

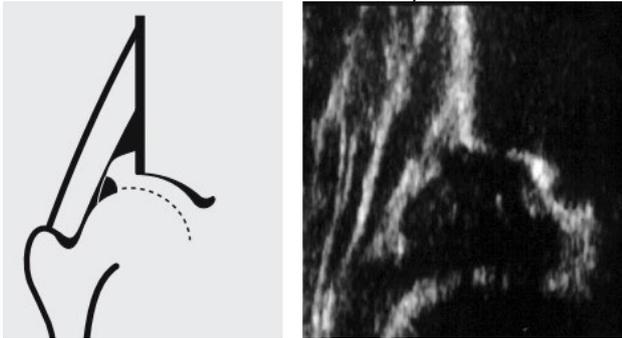


Abb. 5: Beispiel einer Typ 1-Hüfte. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf et al. (2006) übernommen.

1.2.6.2 Die Typ 2-Hüfte

Der Typ 2 beschreibt eine zentrierte Hüfte, jedoch ist das knöcherne Dach des Acetabulums nicht ausreichend entwickelt. Der Femurkopf ist durch das knöcherne und knorpelige Acetabulum überdacht, das Verhältnis liegt jedoch eher bei dem knorpeligen Pfannendach. Der knöcherne Erker erscheint rundlich und das knorpelige Pfannendach übergreift den Hüftkopf. Hüften des Typs 2 können je nach Größe des Alpha-Winkels in die Typen 2a (50-59°) und 2c (43-49°) unterschieden werden (Graf et al., 2006; Graf et al., 2010; Graf et al., 2012). Daneben definiert Graf den Typ 2b. Dieser unterscheidet sich vom Typ 2a dadurch, dass das Kind älter als drei Monate ist. Der Typ 2b beschreibt eine dysplastische Hüfte, der Typ 2a eine unreife Hüfte.



Abb. 6: Beispiel einer Typ 2c-Hüfte. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Kraus und Novak (2018) übernommen.

1.2.6.3 Die Typ 3-Hüfte

Der Hüfttyp 3 beschreibt ein dezentriertes Gelenk. Hier ist die knöcherne Pfanne unzureichend entwickelt und das Erkerareal ist flach. Der Hüftkopf ist luxiert und schiebt dadurch das knorpelige Pfannendach nach kranial, nur ein kleiner Teil zieht nach kaudal. Im Ultraschallbild lässt sich dieser Hüfttyp durch das nach kranial ziehende Perichondrium diagnostizieren (Graf et al., 2006; Graf et al., 2010; Graf et al., 2012).

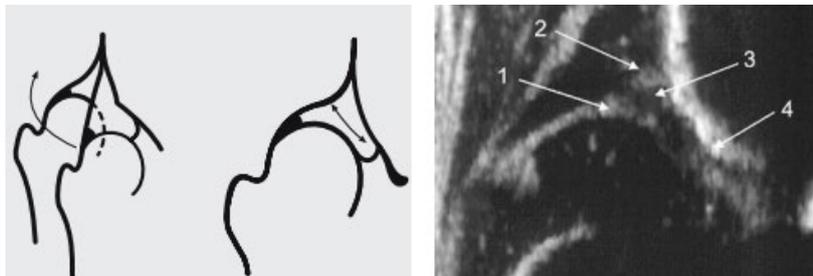


Abb. 7: Position des Hüftkopfs bei einer Typ-3 Hüfte (links). Ultraschallbild einer Typ 3a-Hüfte (rechts). Dieses Bild zeigt: Das Labrum (1), das proximale Perichondrium (2), nach kranial ziehender knorpeliger Pfannenerker (3) und flach verlaufender Knochen (4). Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf et al. (2006) übernommen.

1.2.6.4 Die Typ 4-Hüfte

Ein dezentriertes Hüftgelenk findet man auch beim Typ 4, hier zieht das knorpelige Pfannendach ganz nach kaudal. Im Ultraschallbild ist das Perichondrium bogenförmig oder horizontal abgebildet. Der Hüftkopf wird von keinem knorpeligen Teil mehr überdacht

(Graf et al., 2006; Graf et al., 2010; Graf et al., 2012). Das Perichondrium und sein Verlauf sind für die Diagnosestellung der Typ 3 und 4 Hüften ausschlaggebend, bei dem Typ 3 ist das Pfannendach eher Richtung kranial verdrängt, bei dem Typ 4 ist dieses eher nach kaudal verdrängt (Graf et al., 2006).

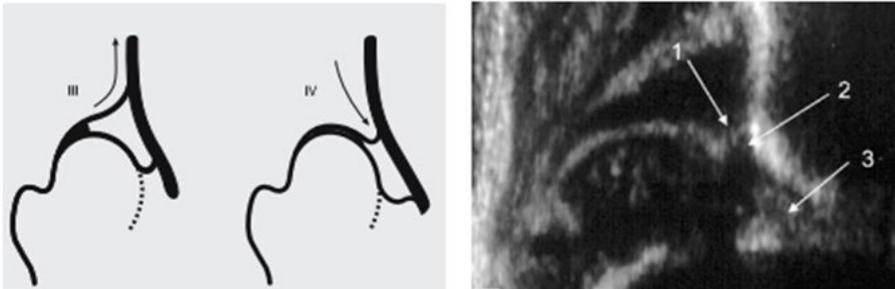


Abb. 8: Position des Hüftkopfs bei einer Typ 4 Hüfte im Vergleich zu einer Typ 3 Hüfte (links). Beispiel einer Typ 4 Hüfte (rechts). Dieses Bild zeigt: Das Perichondrium (1), nach unten ziehender knorpelige Pfannenerker (2) und das Fettgewebe (3). Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf et al. (2006) übernommen.

1.2.7 Deskription



Abb. 9: Markierung des knöchernen Erkers. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Schenker et al. (2018) übernommen.

Ein weiterer wichtiger Bestandteil der Graf-Methode ist die Deskription. Hierbei können Fehler bei der darauffolgenden Winkelmessung vermieden werden. Es erfolgt eine subjektive Beschreibung des knorpeligen Pfannendachs, der knöchernen Pfanne sowie des Erkerareales und dessen Form (Graf et al., 2006).

1.2.8 Alpha- und Beta-Winkel

Die genaue Einteilung in die verschiedenen Hüfttypen nach Graf erfolgt auf der Grundlage des Alpha-Winkels und des Beta-Winkels. Hierzu werden die Pfannendachlinie, Grundlinie und Ausstelllinie eingezeichnet (Abbildung 10) (Graf et al., 2006).

Die Pfannendachlinie (Abbildung 11) ist eine laterale Tangente, welche den Unterrand des Os Iliums mit der knöchernen Pfanne verbindet (Tschauner et al., 2018).

Für die Bestimmung der Grundlinie (Abbildung 11) wird der oberste Erkerpunkt aufgesucht und von dort eine Linie distal des Unterrandes des Os Iliums gezogen. Diese Linie trennt den Knorpel vom Knochen (Tschauner et al., 2018).

Die Ausstelllinie (Abbildung 11) zieht vom Umschlagpunkt, dort wo die Pfanne von konkav nach konvex übergeht, durch die Mitte des Labrums (Tschauner et al., 2018).

Der Alpha-Winkel beschreibt die Ausprägung der knöchernen Pfanne und wird von der Grund-Pfannendachlinie gebildet. Der Beta-Winkel wird von der Grund- und Ausstelllinie gebildet und beschreibt die Größe bzw. die Ausformung des knorpeligen Pfannendachs (Abbildung 10) (Graf et al., 2006; Graf et al., 2010; Graf et al., 2012).

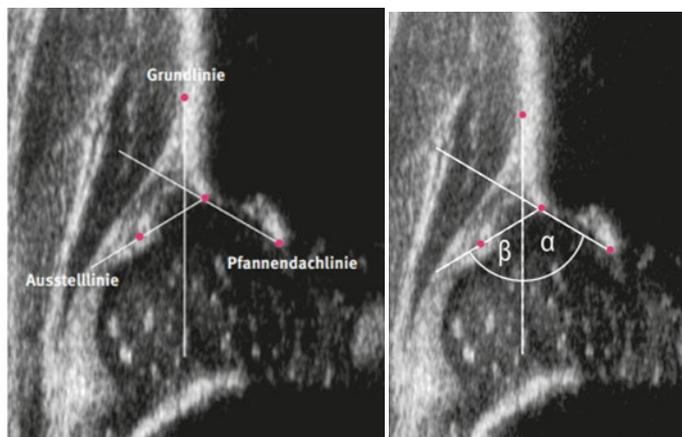


Abb. 10: Eingezeichnete Grund-, Ausstell- und Pfannendachlinie (links). Eingezeichneter Alpha und Beta Winkel (rechts). Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Schenker et al. (2018) übernommen.

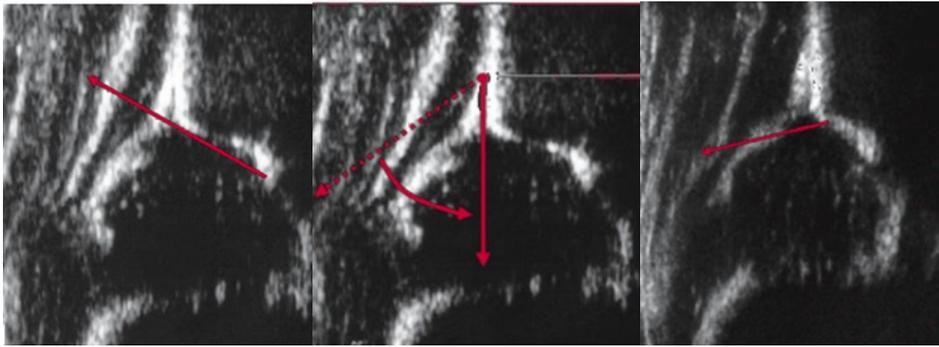


Abb. 11: (von links nach rechts) Eingezeichnete Pfannen-, Grund- und Ausstellinie. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf et al. (2006) übernommen.

1.2.8.1 Die Einteilung der Hüfttypen mit Hilfe des Alpha-Winkels

Im folgenden Bild ist ein sogenanntes Sonometer dargestellt, anhand dessen der Alpha- und Beta Winkel in einem Ultraschallbild bestimmt werden können. Zudem dient es als Hilfestellung zur Bestimmung des Hüfttyps nach Graf. Je nachdem, wie groß oder klein der Alpha-Winkel ist, handelt es sich um eine Typ 1-Hüfte (Alpha-Winkel $> 60^\circ$), eine Typ 2 a/b-Hüfte ($60-50^\circ$), eine Typ 2c ($49-43^\circ$) oder um eine Typ 3- oder 4-Hüfte (Alpha-Winkel $< 43^\circ$) (Graf et al., 2006).

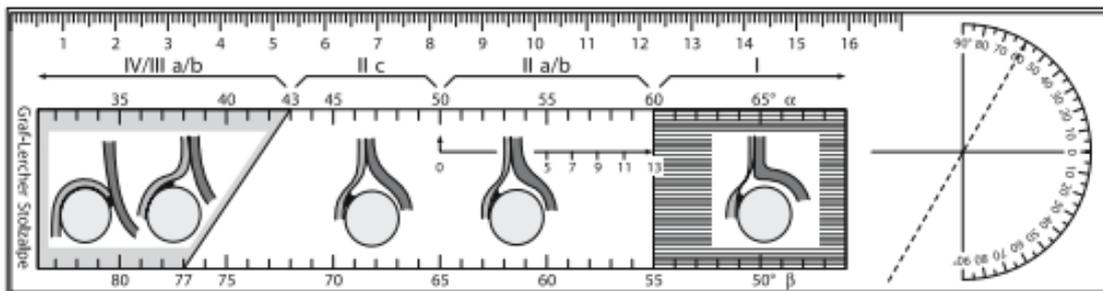


Abb. 12: Sonometer. Hilfsmittel zur Bestimmung des Alpha und des Beta Winkels im Ultraschallbild. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Graf et al. (2006) übernommen.

Insbesondere für die weitere Unterteilung des Hüfttypus 2 ist die Bestimmung des Alpha-Winkels von Bedeutung. Wie im oberen Abschnitt beschrieben, kann der Hüfttyp 2 weiter in einen Typ a oder c unterteilt werden. Der Typ 2a beschreibt Hüften, die physiologisch unreif sind. Die Hüften des Typus 2c weisen eine schwere dysplastische Pfanne mit einem zentrierten Hüftkopf auf (Graf et al., 2006).

1.2.8.2 Die Bedeutung des Beta-Winkels

Für die Beurteilung des knorpeligen Pfannendachs betrachtet man den Beta-Winkel. Der Beta-Winkel beschreibt die Ausbildung des knorpeligen Pfannendachs und das Aussehen des Hüftkopfs. Ist der Beta-Winkel klein, geht das knorpelige Pfannendach weit über den Hüftkopf hinaus. Bei einem größeren Beta-Winkel ist die knöcherne Überdachung nicht gut ausgebildet, hier kann der Hüftkopf aus der Pfanne gleiten. Das knorpelige Pfannendach wird verformt.

Das beschriebene Szenario wird an der Typ D-Hüfte erklärt. Bei der Typ D-Hüfte liegt, wie bei der Typ 2c-Hüfte, ein Alpha-Winkel von $49-43^\circ$ vor. Anders als bei dem Typ 2c (Beta-Winkel unter 77°) liegt hier ein Beta-Winkel von 77° oder darüber vor. Somit überdeckt das knorpelige Pfannendach den Hüftkopf nicht vollständig. Die Hüfte wird im weiteren Verlauf dezentrieren.

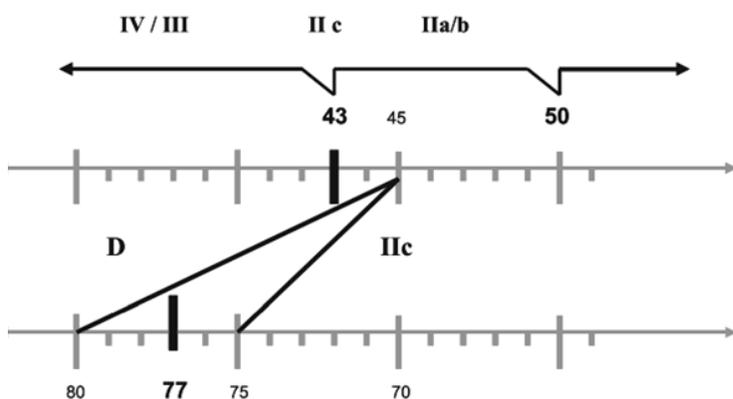


Abb. 13: Bestimmung einer Typ D-Hüfte anhand des Alpha Winkels (oben) und des Beta Winkels (unten). Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Graf et al. (2006) übernommen.

Bei der Typ 1-Hüfte wird zwischen einer Typ 1a- und 1b-Hüfte unterschieden. Wie bei der Typ D-Hüfte unterscheidet sich bei den beiden Hüfentypen einzig der Beta-Winkel. Bei der Typ 1a-Hüfte ist der Beta-Winkel unter 55° , bei der Typ 1b-Hüfte über 55° . Der Alpha-Winkel beträgt bei beiden Hüfentypen über 60° (Graf, 2002; Graf et al., 2006).

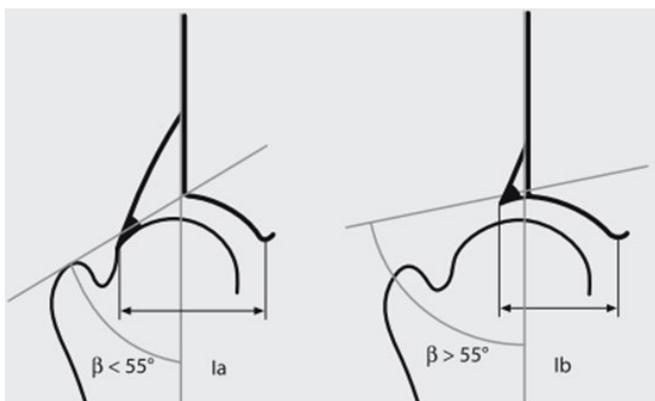


Abb. 14: Unterschied einer Typ 1a und 1b Hüfte aufgrund des Beta Winkels. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Graf et al. (2006) übernommen.

1.2.9 Häufige Fehler bei der Graf-Methode

In verschiedenen Quellen beschreibt Graf geläufige Fehler seiner Methode und deren therapeutische Konsequenzen. Häufige Fehler bei der Anwendung der Ultraschallmethode nach Graf sind eine fehlerhafte Abtastung der Säuglingshüfte, eine inkorrekte anatomische Identifizierung, eine mangelhafte Brauchbarkeitsprüfung und das falsche technische Equipment (Graf, 2002). Fehler und Verzögerungen bei der Untersuchung verlängern diese, dadurch wird das Kind unruhiger, was die Untersuchung erschwert. Eine fehlende Schallkopfführung erleichtert die Entstehung von Kippfehlern. Diese führen zu einer Bildverzerrung, welche eine Fehldiagnose zur Folge haben kann (Graf, 2002). Eine fehlerhafte anatomische Identifizierung und die Auswertung von Bildern ohne Standardebene führen dazu, dass eine dislozierte Hüfte als normal diagnostiziert werden kann (Graf, 2002). Ein weiterer häufiger Fehler ist die Anwendung nicht passender Ultraschallköpfe, wie der Sektorschallkopf oder der Trapezschallkopf. Dies führt zu einer Überdiagnostik, da der Schall in diesem Fall anders reflektiert wird (Graf, 2017). In Deutschland ist die Ultraschalluntersuchung nach Graf seit dem Jahr 1996 für die U3 (Kindervorsorgeuntersuchung im Alter von 4-5 Wochen) gesetzlich vorgeschrieben. Fehldiagnosen und deren therapeutische Folgen aufgrund einer nicht korrekten Anwendung der Methode nach Graf können zu möglichen Schadensersatzansprüchen führen (Graf, 2002).

1.2.10 Erfolge der Graf-Methode

Verschiedene Studien haben sich mit der Ultraschallmethode nach Graf beschäftigt und kamen zu den Ergebnissen, dass offene Operationen, Dysplasien des Acetabulums und Hüftkopfnekrosen reduziert werden konnten (Ömeroglu et al., 2014; Tschauer et al., 2011). Die Erfolgchancen der Behandlung sind umso besser, je früher mit der Behandlung begonnen wird, idealerweise vor der 6. Lebenswoche (Graf, 2002; Peterlein et al., 2014).

1.2.11 Behandlung nach Graf

Die Behandlung nach Graf kann in vier verschiedene Phasen eingeteilt werden, eine Vorbereitungs- und drei Behandlungsphasen.

Die einzelnen Phasen sind,

- die Vorbereitungsphase,
- die Repositionsphase,
- die Retentionsphase sowie
- die Nachreifungsphase.

Es ist wichtig, dass möglichst früh mit der Behandlung begonnen wird, da die Hüfte in den ersten sechs Lebenswochen besonders gut nachreifen kann. Dies lässt mit steigendem Alter nach und ist ab der 16. Woche weniger gut möglich. Deswegen empfiehlt Graf eine erste Ultraschalluntersuchung der Hüfte bis spätestens zur 6. Woche. (Graf et al., 2010; Niethard et al., 1997). Eine Spontanheilung kann durch eine Wickelung des Säuglings in Hüftbeugung oder eine Vermeidung einer Hüftstreckung präventiv unterstützt werden (Niethard et al., 1997). Ziel ist eine stabile und zentrierte Hüfte ohne Verknöcherungsstörungen (Graf et al., 2010).

Die Behandlung und deren Erfolg sind insbesondere vom Alter des Säuglings abhängig. Liegt bei einem unter drei Monate altem Kind der Behandlungserfolg bei ungefähr 100 %, liegt dieser bei einem 2-jährigen Kind lediglich bei ungefähr 25 % (Niethard et al., 1997,

S. 102). Auch die Dauer der Behandlung ist vom Alter des Säuglings abhängig. Die Behandlungsdauer kann ungefähr bestimmt werden, in dem man das Alter zu Beginn der Behandlung verdoppelt (Niethard et al., 1997, S. 102). Liegt eine dislozierte Hüfte vor, ist das Ziel der Behandlung die Reposition in die richtige Position und die Retention (Niethard et al., 1997). Umso später eine Dislokation diagnostiziert wird, desto schwieriger ist die Reposition (Niethard et al., 1997).

1.3 Andere Ultraschallmethoden

1.3.1 Beispiel einer Methode, die auf dem Femoral Head Coverage basiert

1.3.1.1 Methode nach Terjesen

Dr. Terje Terjesen beschreibt eine Ultraschallmethode, die auf der Ausmessung von zwei Abständen basiert. Mit Hilfe der beiden Abstände wird der „Bony Rim Percentage“ (BRP) berechnet, welcher ein Indiz über die Stabilität der Hüfte darstellt (Terjesen et al., 1989a; Terjesen et al., 1989b).

1.3.2 Beispiel einer Methode, die auf der Prüfung der Stabilität der Hüfte basiert

1.3.2.1 Methode nach Harcke

Bei der Ultraschallmethode nach Theodor Harcke wird mit Hilfe von zwei Ultraschallköpfen ein dynamisches Ultraschallbild angefertigt. Dies wird auch als Real-Time-Sonographie bezeichnet. Anhand des sogenannten „Femoral Head Coverage Index“ wird die Überdachung des Femurkopfes in Prozent bestimmt (Harcke et al., 1984).

1.3.3 Beispiel einer Methode, die Morphologie und Stabilität untersucht

1.3.3.1 Methode nach Rosendahl

Die Methode nach Rosendahl beschreibt eine modifizierte Graf-Methode, welche auf einem Stabilitätstest mit einer morphologischen Untersuchung basiert. Bei dieser Methode konnte eine Korrelation zwischen der Morphologie des Acetabulums und der Hüftinstabilität gezeigt werden (Graf et al., 2012; Rosendahl et al., 1996).

1.3.4 Beispiele von Methoden, die auf einem anteriorem Ultraschallbild basieren

1.3.4.1 Methode nach van Douveren

Van Douveren suchte nach der geeignetsten Methode für die Kontrolle einer erfolgreichen Reposition einer dislozierten Hüfte (Beek et al., 2010; van Douveren et al., 2003).

Dafür wird ein transinguinaler Ultraschall von ventral angefertigt. Der Vorteil dabei ist, dass der Ramus superior des Os pubis, die Hüftpfanne, der Hüftkopf und der Schenkelhals in einer Ebene liegen. Eine Linie wird parallel zum anterioren Teil des Os pubis eingezeichnet und sollte den antero-medialen Anteil der Femurmetaphyse kreuzen. Diese Linie dient zur Bestimmung des Femurkopfes (van Douveren et al., 2003).

1.3.4.2 Methode nach Suzuki

Suzuki entwickelte eine Methode, bei der beide Hüften gleichzeitig in einem Ultraschallbild dargestellt werden. Dazu wird der Schallkopf von anterior-horizontal auf Höhe des Os pubis auf die Hüfte des Kindes gelegt und die Diagnose anhand der P-Linie und der E-Linie gestellt. Die P-Linie verläuft von der Vorderseite der beiden Osis pubis. Senkrecht zu dieser steht die E-Linie, die die seitliche Begrenzung der beiden Osis pubis darstellt (Suzuki et al., 1991).

1.4 Klinische Untersuchungsmethoden

Es gibt verschiedene Methoden, die Hüftdysplasie und -luxation klinisch zu diagnostizieren. Im folgenden Abschnitt werden die Prinzipien der klinischen Untersuchung der Hüfte und die einzelnen Untersuchungsmethoden dargestellt.

Der Barlow- und der Ortolani-Test zählen zu den frühen klinischen Untersuchungsmethoden, die die Stabilität der Hüfte untersuchen. Mit Hilfe dieser klinischen Tests kann innerhalb der ersten Lebensstage ein dysplastisches Gelenk, eine lockere Gelenkkapsel, eine Luxation oder eine Subluxation durch ein Schnappgeräusch festgestellt werden. Bei den Untersuchungen nach Ortolani und nach Barlow liegt der Säugling auf dem Rücken und seine Beine werden angewinkelt. Beim Ortolani-Zeichen wird vorsichtig versucht, ein Bein mit Druck von oben zu luxieren, dies hört man an einem Klick- Geräusch. Beim Barlow-Zeichen werden die Beine in angewinkelter Position nach außen gedrückt und mit einem Finger an der Rückseite des Beins eine Gegenbewegung ausgeübt. Dies soll eine Luxation provozieren.

Beim Galeazzi-Zeichen werden die Beine des Säuglings angewinkelt und nebeneinander gehalten. Ist ein Bein kürzer als das andere, ist dies ein pathologischer Befund und spricht für eine dislozierte oder luxierte Hüfte (Niethard et al., 1997).

Bei der Untersuchung der Abspreizhemmung wird die Abduktion des Hüftgelenks untersucht. Eine dysplastische Hüfte kann klinisch durch eine ein- oder beidseitige Abduktionshemmung festgestellt werden. Bei einer beidseitigen Dysplasie oder Luxation ist es schwer zwischen normaler und pathologischer Abduktion zu unterscheiden (Graf et al., 2010; Niethard et al., 1997).

Das Ludloff-Luxationszeichen untersucht die ischiocrurale Muskulatur und ist positiv, wenn das Kniegelenk bei einer über 90° flexierten Hüfte gestreckt werden kann. In diesem Fall liegt wahrscheinlich eine Hüftluxation vor. Bei einer gesunden Hüfte lässt sich das Kniegelenk nicht strecken, da die ischiocrurale Muskulatur angespannt ist und dies verhindert (Buckup et al., 2001).

Neben den oben aufgelisteten klinischen Tests gibt es noch weitere Untersuchungsmethoden der kindlichen Hüfte. Beispielsweise die Glutealfaltendifferenz, bei der untersucht wird, ob eine fehlende Symmetrie der Glutealfalten vorliegt. Die Faltendifferenz ist eines

der unsicheren klinischen Zeichen. Ungefähr 40 % der normalen Hüften zeigen eine Faltenasymmetrie (Niethard et al., 1997). Daneben wurde das Phänomen des „Dry hip click“ von Sommer im Jahr 1971 beschrieben. Hierbei erzeugen luxierte Hüften bei passiven Bewegungen ein leichtes Klicken (Sommer, 1971; Tönnis, 1984, S. 235).

1.5 Weitere Diagnosemöglichkeiten

1.5.1 Röntgen

Eine Röntgenuntersuchung der Säuglingshüfte ist aufgrund der noch nicht oder wenig vorhandenen Ossifikation erst ab dem 3.- oder 4.-Lebensmonat sinnvoll. Ein Röntgenbild eignet sich als Erfolgskontrolle einer abgeschlossenen Therapie und findet dafür nach dem 1.-Lebensjahr Anwendung. Hier können eventuelle Komplikationen, wie eine Hüftkopfnekrose, erkannt werden (Buckup et al., 2001; Niethard et al., 1997). Anders als beim Ultraschall besteht eine Strahlenbelastung, die bei häufiger Diagnostik nicht unerheblich ist. Zudem können Lagerungsfehler, wie leichte Drehungen oder Kippungen der Hüfte, Messfehler verursachen. Auf dem späteren Röntgenbild sind diese schwer zu erkennen (Graf et al., 2010).

1.5.2 Arthrographie

Die Arthrographie spielt insbesondere bei dislozierten Hüften eine wichtige Rolle. Hier können Repositionshindernisse beispielsweise durch Weichteile erkannt und damit die Therapieoptionen beurteilt werden. Erfolgt eine Reposition ohne vorherige Kontrolle auf etwaige Weichteilhindernisse, wird z. B. eine Hüftkopfnekrose riskiert. Nachteil der Arthrographie ist, dass es sich hierbei um eine invasive Methode mit Strahlenbelastung handelt (Buckup et al., 2001; Graf et al., 2010; Niethard et al., 1997).

1.5.3 Computertomographie und Magnetresonanztomographie

Mit Hilfe der Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT) können die knorpeligen Anteile des Acetabulums gut dargestellt werden. Nachteil dieser Methode ist, dass für eine gute Bilddarstellung eine ruhige Lage des Kindes notwendig ist. Insbesondere beim MRT ist die notwendige Untersuchungsdauer relativ lang mit lauten Geräuschen des Geräts. Zudem besteht bei der Untersuchung mit dem CT eine Strahlenbelastung. Bei beiden Untersuchungen ist häufig eine medikamentöse Ruhigstellung der Kinder notwendig. Diese Untersuchungsmethoden spielen besonders im späteren Alter eine Rolle, z. B. bei Fragestellungen bezüglich einer Hüftgelenkrekonstruktion, bei denen ein dreidimensionales Bild notwendig ist (Buckup et al., 2001; Graf et al., 2010; Niethard et al., 1997).

2. Materialien und Methoden

Im folgenden Abschnitt wird die dieser Arbeit zugrunde liegende methodische Arbeitsweise beschrieben. Da es sich hierbei um eine systematische Literaturrecherche handelt, wurde entsprechend den Empfehlungen des PRISMA-Statements (<https://www.prisma-statement.org>) vorgegangen.

In dieser Arbeit, wird die internationale Meinung bezüglich der Ultraschallmethode nach Graf analysiert und herausgearbeitet, ob Uneinigkeit diesbezüglich herrscht. Hierzu wurde der Artikel von Sakkers und Pollet „The natural history of abnormal ultrasound findings in hips of infants under six months of age“ und dessen Quellen analysiert. Der Artikel von Sakkers und Pollet stellt das Ergebnis einer PubMed-Recherche dar, bei der der Fragestellung nach der natürlichen Entwicklung von pathologischen Hüften bei Kindern im Alter von unter 6 Monaten nachgegangen wurde. Hierzu wurden Fälle von pathologischen Hüften analysiert, welche nicht behandelt wurden. Insgesamt sammelten die Autoren die Daten von 13.561 pathologischen Hüften mit 16.991 Nachuntersuchungen. 14.876 Nachuntersuchungen fanden nach der Methode nach Graf statt, 2.115 nach der Methode von Terjesen. Die Daten wurden nach dem Untersuchungszeitpunkt, der Klassifikation der pathologischen Ultraschallergebnisse, den Veränderungen in der Nachuntersuchungszeit ohne Behandlung und der Dauer der Nachuntersuchungszeit eingeteilt.

Laut den von Sakkers und Pollet analysierten Daten heilten von den pathologischen Hüften ohne Behandlung innerhalb von 6 Monaten:

- 89 %-98 % der Graf Typ 2a-Hüften,
- 80 %-100 % der Graf Typ 2c-Hüften,
- mehr als 50 % der Graf Typ 3-Hüften,
- unter 50 % der Graf Typ 4-Hüften.

Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass insbesondere zentrierte und stabile pathologische Hüften ohne Behandlung ausheilen können. Zudem würden auch instabile Hüften eine Tendenz zur spontanen Heilung zeigen, Studien zu diesem Thema seien unterbewertet.

Im vorstehenden Kapitel 1 wurden zunächst die wichtigsten Punkte der Ultraschallmethode nach Graf dargestellt und zusammengefasst. Hierbei diente die Quelle Graf (2002), sowie die Lehrbücher von Buckup et al. (2001), Graf et al. (2006), Graf et al. (2010), Graf et al. (2012) und Niethard et al. (1997), in denen die Anwendung der Methode eingehend beschrieben wird, als Grundlage. Mit der ausführlichen Beschreibung der Methode nach Graf soll in das Thema eingeführt und so die die Einordnung der Ergebnisse aus der Literaturanalyse ermöglicht werden. Im Rahmen dieser Analyse wurden die von Sackers und Pollet verwendeten Quellen ausgewertet und nach Ordnungskriterien (mit/ohne Ultraschallbilder, Methode nach Graf/andere, Bilder verwertbar/nicht verwertbar) in Gruppen unterteilt.

Folgendes Diagramm gibt einen Überblick über die entsprechende Aufteilung.

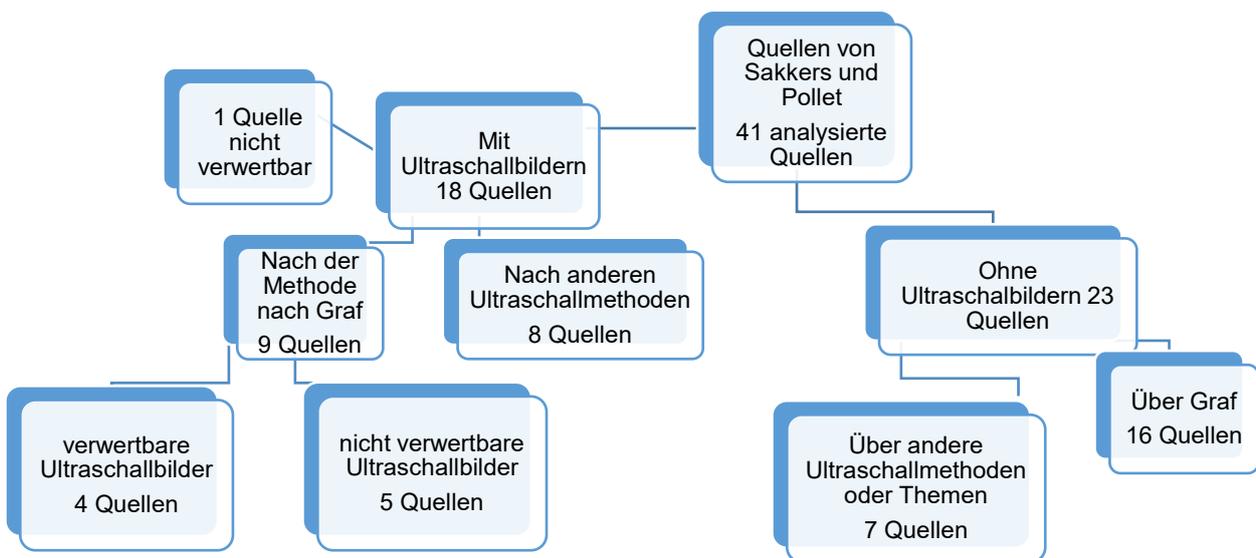


Abb. 15: Aufteilung der von Sackers und Pollet (2018) verwendeten Quellen.

Die Quelle von Ortolani „Un segno poco noto e sua importanza per la diagnosi precoce di prelussazione con-genita dell’anca“ (1937), sowie die Quelle von Barlow „Early Diagnosis and Treatment of Congenital Dislocation of the Hip“ (1962) wurden aufgrund fehlender Relevanz für die Fragestellung nicht in die Analyse miteinbezogen. Anschließend wurden die Quellen inhaltlich kurz zusammengefasst und die Kernaussagen gesammelt.

Um die gesammelten Daten besser einordnen zu können und weitere Informationen über die internationale Meinung bezüglich der Methode nach Graf zu sammeln, erfolgte am 16.07.2022 eine Online-Recherche in der Datenbank Public Medicine (PubMed). Hierzu wurde eine Suche mit den Suchbegriffen „Ultrasound AND Hip AND Graf“ für den Zeitraum von 01.01.1996 bis zum 16.07.2022 vorgenommen. Dabei wurden 342 Artikel gefunden, wovon 109 frei zugänglich waren. Daneben erfolgte eine weitere Suche in PubMed mit den Suchbegriffen „Ultrasound AND Graf AND DDH“. Hierbei wurden für den Zeitraum 01.01.1996 bis zum 16.07.2022 178 Artikel gefunden, von diesen waren 77 Artikel frei zugänglich. Eine letzte Suche am 16.7.2022 erfolgte mit den Suchbegriffen „Ultrasound AND Graf AND Dysplasia“. Dadurch konnten 276 Artikel, von denen 101 frei zugänglich waren, für den entsprechenden Zeitraum gefunden werden. Da einige Artikel bei allen drei Suchanfragen erschienen, konnten insgesamt 84 Artikel gefunden werden, von denen 43 Artikel Ultraschallbilder beinhalteten.

Die Quellen wurden erneut in zwei Gruppen unterteilt, die Aufteilung ist im folgenden Diagramm dargestellt.

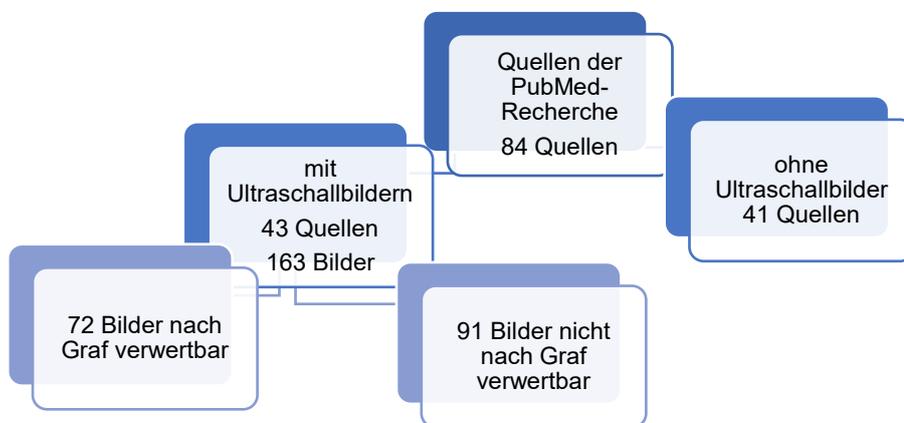


Abb. 16: Aufteilung der Quellen der PubMed-Recherche.

Bei den bei der PubMed-Recherche gefundenen Ultraschallbildern nach Graf wurden ebenfalls die Checklisten 1 und 2 angewendet und die Bilder so auf ihre Verwertbarkeit geprüft. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 dargestellt. Zudem wurden die Quellen inhaltlich kurz zusammengefasst und die Kernaussagen gesammelt. Diese Ergebnisse finden sich in Tabelle 5 und 6. Weitere Materialien, wie Tabellen, Diagramme und Röntgenbilder, wurden hinsichtlich ihrer Relevanz für die Fragestellung analysiert.

Anhand der Analyse der einzelnen Quellen und der vorhandenen Ultraschallbildern wurde der Risk of Bias bewertet. Einen Überblick über die Einschätzungen des Risk of Bias für die einzelnen Quellen geben die Tabellen 1 bis 6 im Anhang dieser Arbeit.

Bei der Analyse der Quellen von Sackers und Pollet kristallisierten sich sechs Kritikpunkte heraus:

- Komplizierte Untersuchung
- Überdiagnostik
- Behandlungskomplikationen aufgrund unnötiger Behandlung
- Übertherapie
- Zu hohe Kosten
- Belastung für Kinder und Eltern

Der Kritikpunkt über zu hohe Kosten durch ein Ultraschallscreening nach Graf wurde aufgrund der internationalen Unterschiede und der daraus folgenden Komplexität dieses Themas nicht weiter analysiert. Dies hätte den Rahmen dieser Arbeit überschritten.

Die Verteilung der Kritikpunkte wurde in einer Tabelle (Tabelle 2) zusammengefasst.

Mit Hilfe der oben genannten Lehrbücher wurden die wichtigsten Punkte der Graf-Methode zusammengefasst und als einzelne Punkte tabellarisch aufgenommen. Dazu gehörten die apparativen Anforderungen, die richtige Definition und Beschreibung der Methode und deren Durchführung. Weiterhin wurden die Quellen von Sackers und Pollet, welche sich mit der Graf-Methode befassten, hinsichtlich der korrekten Anwendung der Graf-Methode analysiert und die Ergebnisse in Tabelle 3 zusammengefasst. Daneben wurden allgemeine Informationen über die Quellen wie Herkunftsland, Veröffentlichungsjahr, beschriebene Ultraschallmethoden und Quellenart gesammelt. Ein besonderer Fokus wurde auf die Ultraschallbilder gelegt. Die Ultraschallbilder wurden nach den Methoden sortiert und die Ultraschallbilder, welche nach der Methode nach Graf erstellt wurden, auf ihre Verwertbarkeit geprüft. Hierzu wurde an den Bildern die Checklisten 1 und 2 abgearbeitet (Tabelle 3). Die Ergebnisse der Analyse wurden entweder als ganze Zahlen angegeben oder zur besseren Einordnung in den Gesamtkontext als Prozentzahlen angegeben. Es wurden alle angegebenen Zahlen auf ganze Zahlen gerundet.

Im Diskussionsteil dieser Arbeit erfolgte eine ausführliche Analyse der gesammelten Kritikpunkte. Hier wurden zuerst die entsprechenden Quellen kurz dargestellt und anschließend versucht, die Kritikpunkte zu widerlegen. Hierbei wurden Quellen von Sackers und Pollet sowie Quellen der PubMed-Recherche verwendet. Nach der Diskussion der Kritikpunkte erfolgte eine ausführliche Analyse der Ultraschallbilder nach der Methode nach Graf von den von Sackers und Pollet verwendeten Quellen. Hier wurden die entsprechenden Bilder zur besseren Veranschaulichung angegeben und die vorhandenen Fehler erklärt. Anschließend erfolgte eine Analyse von einem Teil der Ultraschallbilder nach der Methode nach Graf von der PubMed-Recherche. Die verwendeten Ultraschallbilder der einzelnen Quellen wurden hinsichtlich ihrer Aussagekraft bewertet und in die Beantwortung der Fragestellung dieser Arbeit miteinbezogen. Die von Sackers und Pollet vertretene Meinung wurde im Diskussionsteil kritisch hinterfragt. Zudem wurde im Diskussionsteil die in dieser Dissertation verwendete Methodik bewertet und hinterfragt. Nach der Diskussion der Ergebnisse erfolgte eine Vorstellung von einzelnen Möglichkeiten, wie die Handhabung der Graf-Methode verbessert und vertieft werden könnte.

3. Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Ergebnisse der Quellenanalyse und Literaturrecherche wiedergegeben. Insgesamt wurden 41 von den 43 Quellen mit Ultraschallbildern von Sakkers und Pollet mit Hilfe der oben beschriebenen Tabelle analysiert. Zwei Quellen konnten in der Quellenanalyse nicht berücksichtigt werden (siehe oben Kapitel 2.).

3.1 Ultraschall- und Untersuchungsmethoden

Die 41 analysierten Quellen befassten sich mit den verschiedenen Ultraschallmethoden. Eine Übersicht über die Verteilung der einzelnen Methoden gibt die Tabelle 1 (siehe Anhang).

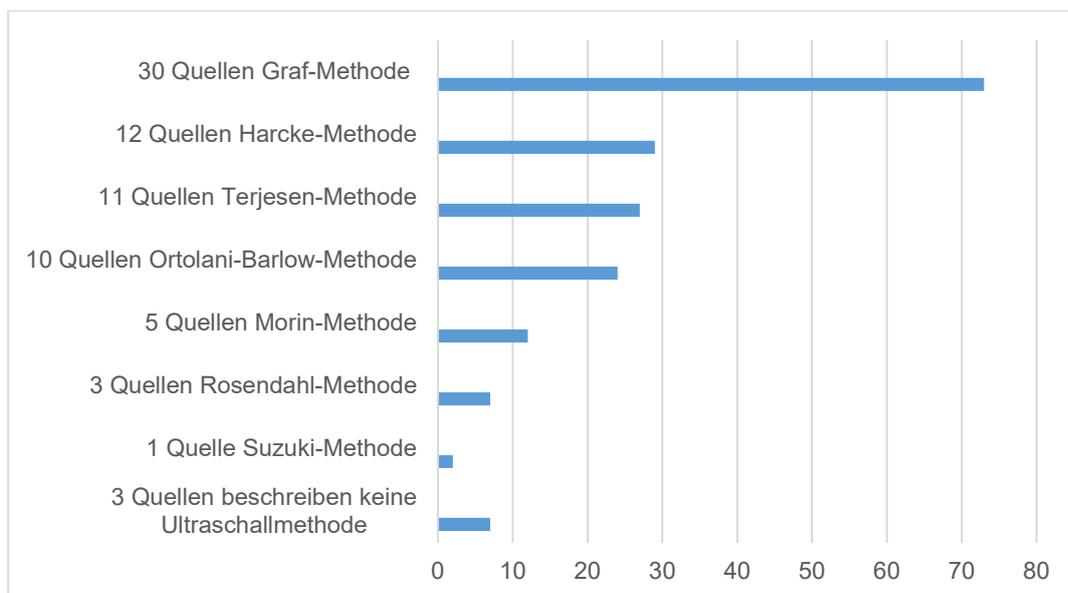


Abb. 17: Angewandte Ultraschallmethoden in den von Sakkers und Pollet (2018) verwendeten Quellen. (Y-Achse: Anzahl der Quellen in ganzen Zahlen. X-Achse: Anteil der Quellen an den gesamten Quellen in Prozent.)

3.2 Herkunftsländer

Abbildung 18 gibt eine Übersicht über die Herkunft der verschiedenen Quellen.

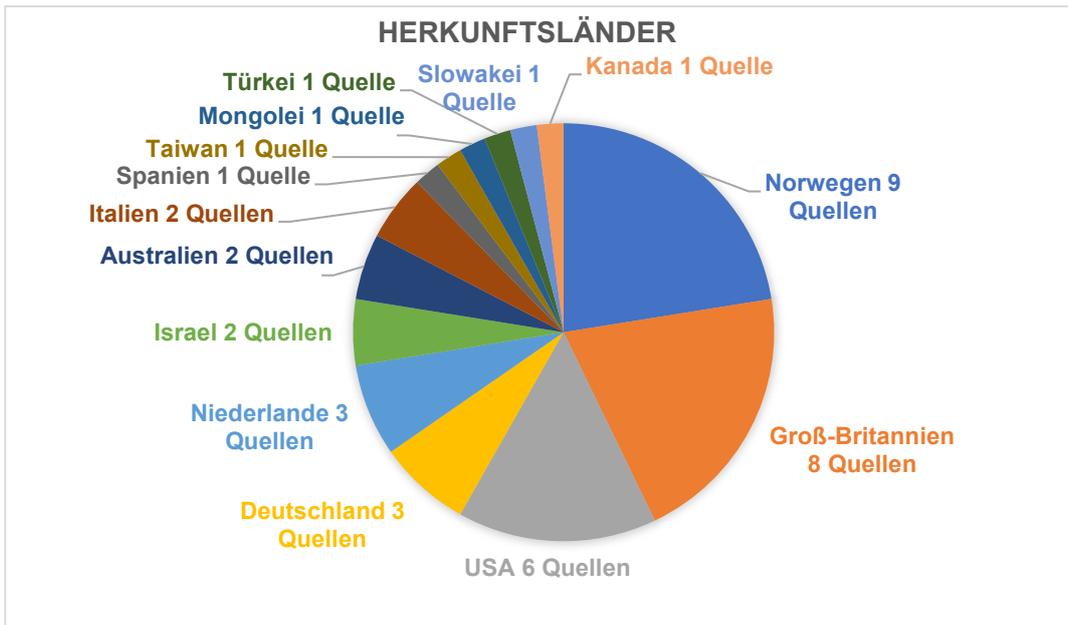


Abb. 18: Das Kreisdiagramm gibt einen Überblick über die Herkunftsländer der verwendeten Quellen von Sakkers und Pollet (2018). Angaben in ganzen Zahlen und für die Verhältnisdarstellung darunter in Prozent. Rechts neben dem Kreisdiagramm Übersicht mit Angaben in ganzen Zahlen.

Die sich mit der Graf-Methode befassenden Quellen stammen größtenteils aus Norwegen, in dieser Arbeit sind es 6 von 9 Quellen (67 %). Darauf folgen England mit 5 von 8 Quellen (63 %) und die Niederlande mit 3 von 3 Quellen (100 %).

3.3 Ultraschallbilder

18 Quellen (43 %) haben ihre Ergebnisse mit insgesamt **168 Bildern** belegt. **14** dieser Quellen (77 %) befassen sich mit der Graf-Methode und insgesamt **10** dieser **14** Quellen (71 %) geben **98 Bilder** an, welche nach der Graf-Methode erstellt wurden. **67** Bilder stammen aus einer Quelle, welche von Graf veröffentlicht wurde. Diese Bilder wurden nicht mit dem Ziel erstellt, die Kriterien der Graf-Methode zu erfüllen, sondern zeigen den Beginn der Ultraschalluntersuchung der Hüfte.

Aus diesem Grund werden diese 67 Bilder in den Berechnungen und in der Analyse nicht berücksichtigt.

Insgesamt wurden folglich **31 Ultraschallbilder** aus **9 Quellen** hinsichtlich der Kriterien nach Graf analysiert. Tabelle 3 (siehe Anhang) gibt eine Übersicht über die Bilderanalyse. Von den **9** analysierten **Quellen** haben **4 Quellen** (44 %) verwertbare Bilder nach Graf.

Insgesamt sind dies **7 Bilder** (23 %). Im folgenden Diagramm ist die Verteilung der Ultraschallbilder nach ihrer Untersuchungsmethode dargestellt.

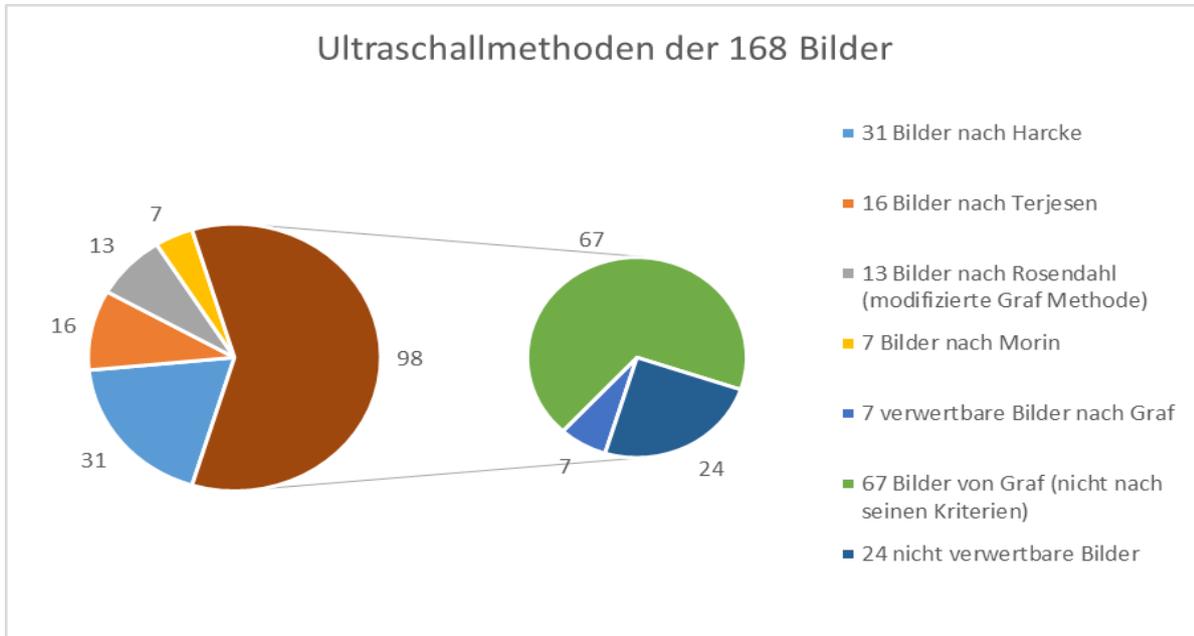


Abb. 19: Aufteilung der Ultraschallbilder entsprechend den Ultraschallmethoden in den von Sakkers und Pollet (2018) verwendeten Quellen. Das linke Kreisdiagramm gibt einen Überblick über die Anzahl an Ultraschallbildern entsprechend der angewandten Ultraschallmethode. Das rechte Kreisdiagramm unterteilt die Ultraschallbilder nach der Graf Methode in verwertbar, nicht verwertbar und nach Graf erstellt, jedoch nicht für Winkelbestimmungen erstellt.

Die häufigsten Fehler bei der Erstellung der Ultraschallbilder sind:

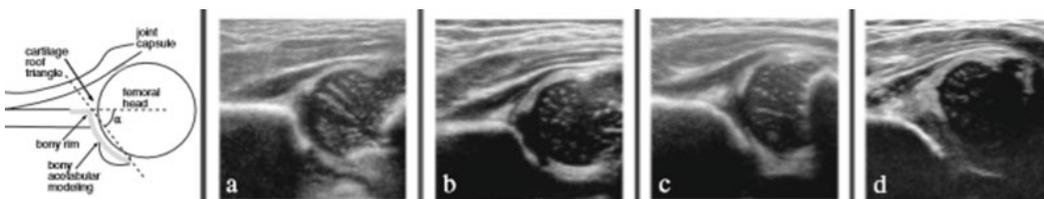


Abb. 20: (von links nach rechts) Skizze, normale Hüfte, unreife Hüfte, milde dysplastische Hüfte, schwere dysplastische Hüfte. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Laborie et al. (2014) übernommen.

- Keine oder nur teilweise Darstellung der anatomischen Identifizierungspunkte (17 von 31 Bildern (55 %)), wie z. B. eine fehlende Knorpel-Knochen-Grenze.

In Abbildung 20 ist zum einen die sonographische Projektion abgebildet. Zum anderen ist die Knorpel-Knochen-Grenze nicht richtig erkennbar. Bei Bild b und c sind Kippfehler vorhanden.

- Falsche Bildprojektion (20 von 31 Bildern (65 %)), beispielsweise die sonographische Ausrichtung bei 17 Bildern (55 %) (siehe Abb. 2) Von diesen 17 Bildern zeigen 5 Bilder (29 %) alle anatomischen Identifizierungspunkte.

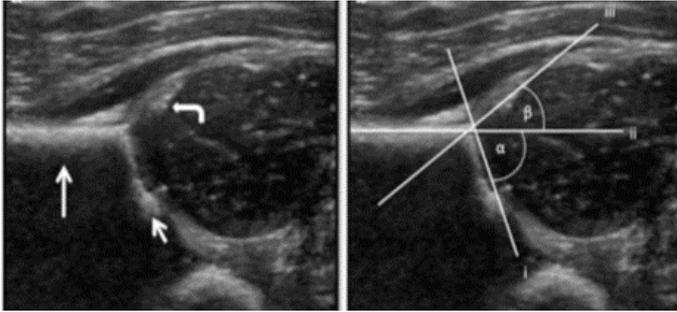


Abb. 21: Beispiel für ein Ultraschallbild, welches die sonographische Ausrichtung zeigt. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Bracken und Ditchfield (2012) übernommen.

- Bei den von Sakkers und Pollet verwendeten Quellen werden insgesamt 11 Ultraschallbilder (35 %) angegeben, die entsprechend eines Röntgenbildes ausgerichtet sind. Hier wurden bei 7 von 11 Bildern (64 %) alle anatomischen Identifizierungspunkte abgebildet.

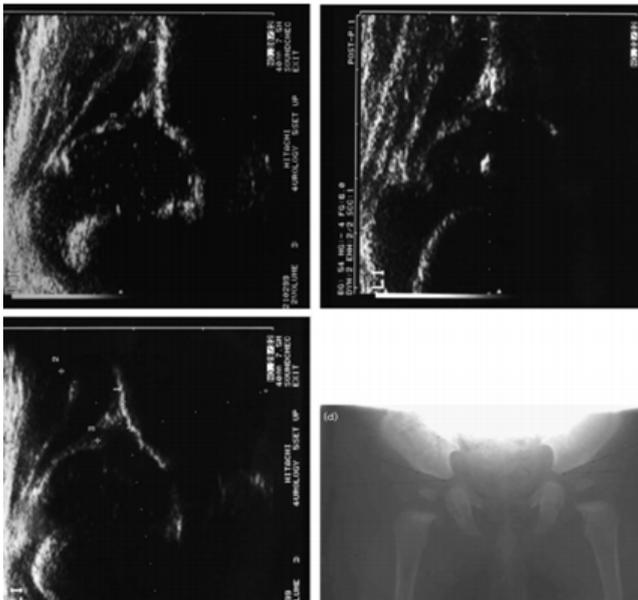


Abb. 22: Beispiele für Ultraschallbilder, welche entsprechend eines Röntgenbildes ausgerichtet wurden. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Roovers et al. (2005) entnommen.

- Keine Aufnahme in der Standardebene (15 von 31 Bildern (48 %))
(beispielsweise wurde das untere Bild nicht in der Standardebene, sondern in der anterioren Ebene aufgenommen.)
- Keine oder nur teilweise Darstellung der Landmarken (3 von 31 Bildern (10 %))

Bei 15 von 31 Bildern (48 %) fiel ein Kippfehler auf.

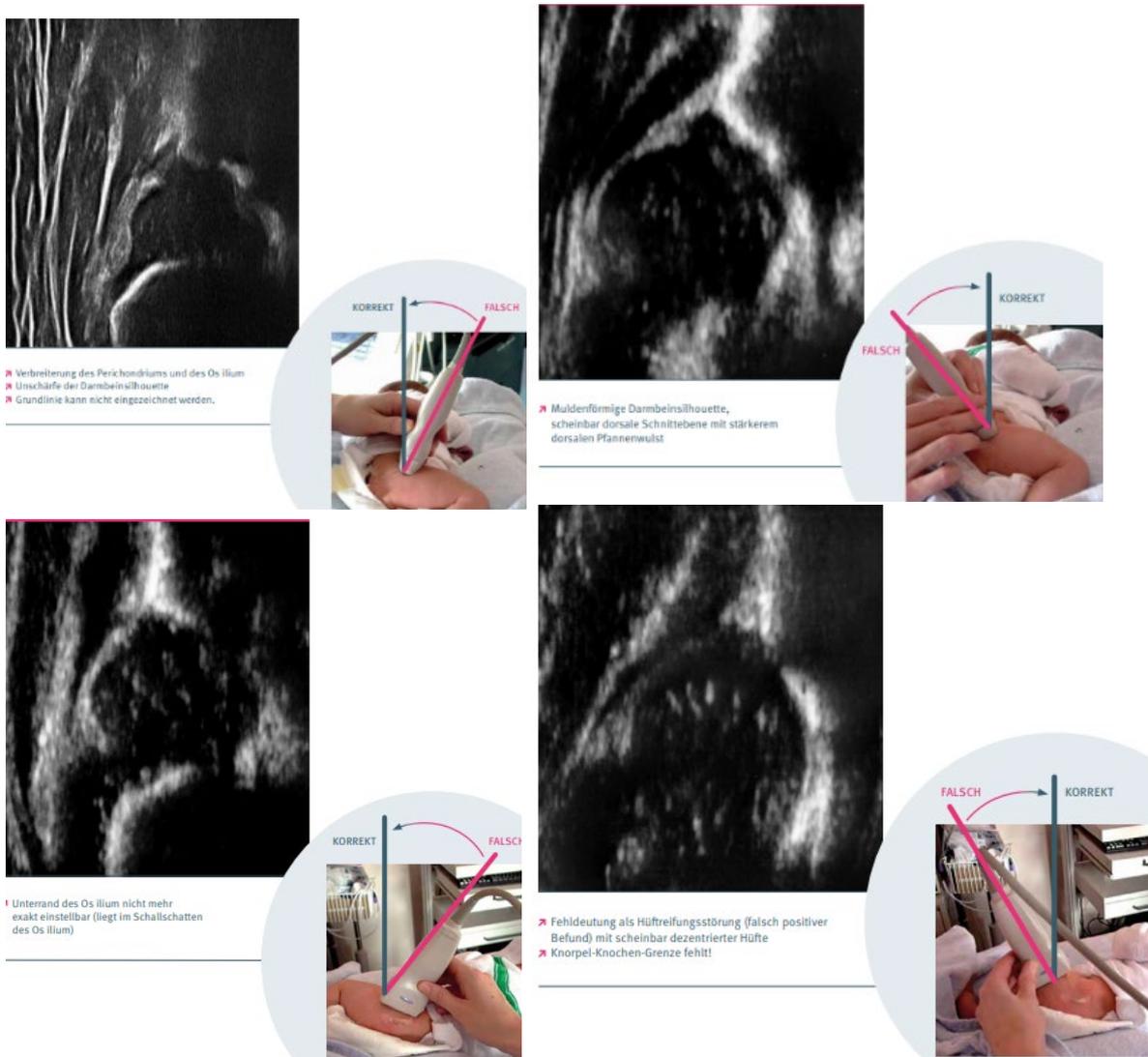


Abb. 23: (Von links oben nach links unten im Uhrzeigersinn) Ventrodorsaler Kippfehler, Dorsoventraler Kippfehler, Kaudokranialer Kippfehler, Kraniokaudaler Kippfehler. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Schenker et al. (2018) entnommen.

3.4 Graf-Methode

Die 30 Quellen, welche sich mit der Graf-Methode befassen, wurden zudem hinsichtlich ihres Inhalts analysiert.

- In 5 Quellen (17 %) wird die Methode anhand von ausreichenden Informationen definiert.
- Die einzelnen Klassifikationen der Hüfte werden in 9 Quellen (31 %) ausreichend und in 3 Quellen (10 %) grob skizziert.
- 6 Quellen (21 %) erfüllten die apparativen Anforderungen eines Linearschallkopfes von 5 MHz bei kleinen und einem 7,5 MHz bei größeren Kindern.
 - Weitere 6 Quellen (21 %) erfüllten die apparativen Anforderungen nur teilweise.
- 27 Quellen (93 %) bestimmten den Alpha- und den Beta-Winkel.
 - 23 Quellen (79 %) erwähnten die Winkel.
 - 7 Quellen (24 %) haben die Winkel in die Bilder eingetragen.
 - 5 Quellen (11 %) bestimmten nur den Alpha-Winkel.

3.5 Kritikpunkte

Die 30 Quellen, welche sich mit der Graf-Methode beschäftigen, üben an verschiedenen Punkten Kritik an der Methode. Einen Überblick über die Verteilung der einzelnen Kritikpunkte gibt die Tabelle 2. (siehe Anhang)

Die häufigsten Kritikpunkte in absteigender Reihenfolge sind:

1. Übertherapie (24 Quellen, 80 %)
2. Überdiagnostik (21 Quellen, 70 %)
3. Komplizierte Untersuchung (9 Quellen, 31 %)
4. Behandlungskomplikationen (7 Quellen, 24 %)
5. Zu hohe Kosten (5 Quellen, 11 %)
6. Belastung der Kinder/Eltern (5 Quellen, 11 %)

3.6 PubMed-Recherche

Bei der PubMed-Recherche am 16.07.2022 konnten insgesamt 84 weitere Quellen, welche frei zugänglich waren, gefunden werden. Eine Übersicht über die Analyse der 84 Quellen geben die Tabellen 4-6 (siehe Anhang). Gesondert wurden die Quellen betrachtet, welche Ultraschallbilder angegeben hatten. Dies waren insgesamt 43 Quellen (51 %) mit insgesamt 163 Ultraschallbildern, welche nach der Methode von Graf erstellt wurden. Von diesen 163 Bildern waren 72 Bilder nach den Kriterien von Graf verwertbar (44 %). Die 91 anderen Bilder (56 %) waren nicht verwertbar, da

- die Bilder falsch ausgerichtet waren (58 Bilder/36 %),
- die Checkliste 1 nicht erfüllt wurde,
 - da nicht alle anatomischen Identifizierungspunkte erkennbar waren (49 Bilder/30 %),
- die Checkliste 2 nicht erfüllt wurde,
 - da nicht alle Landmarks vollständig abgebildet wurden (36 Bilder/26 %) und
 - die Bilder nicht in der Standardebene abgebildet wurden (44 Bilder/27 %).

Die 43 Quellen mit Ultraschallbildern, welche bei der PubMed-Recherche gefundenen wurden, wurden von Autoren aus verschiedenen Ländern veröffentlicht. Eine Übersicht gibt Abbildung 24.

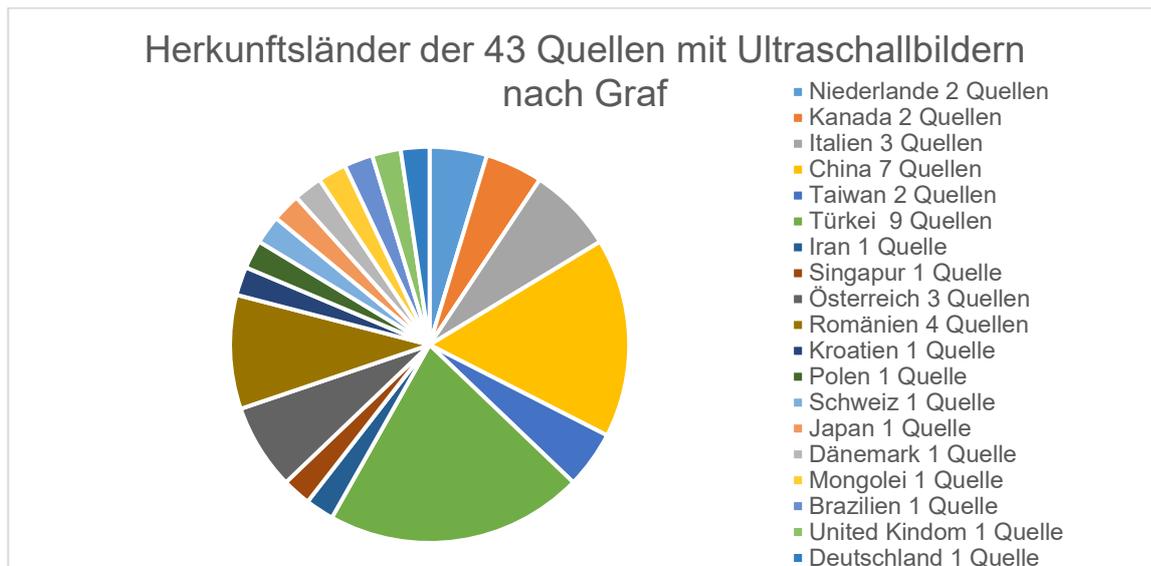


Abb. 24: Herkunftsländer der bei der PubMed-Recherche gefundenen Quellen

3.7 Zusammenfassung der Ergebnisse

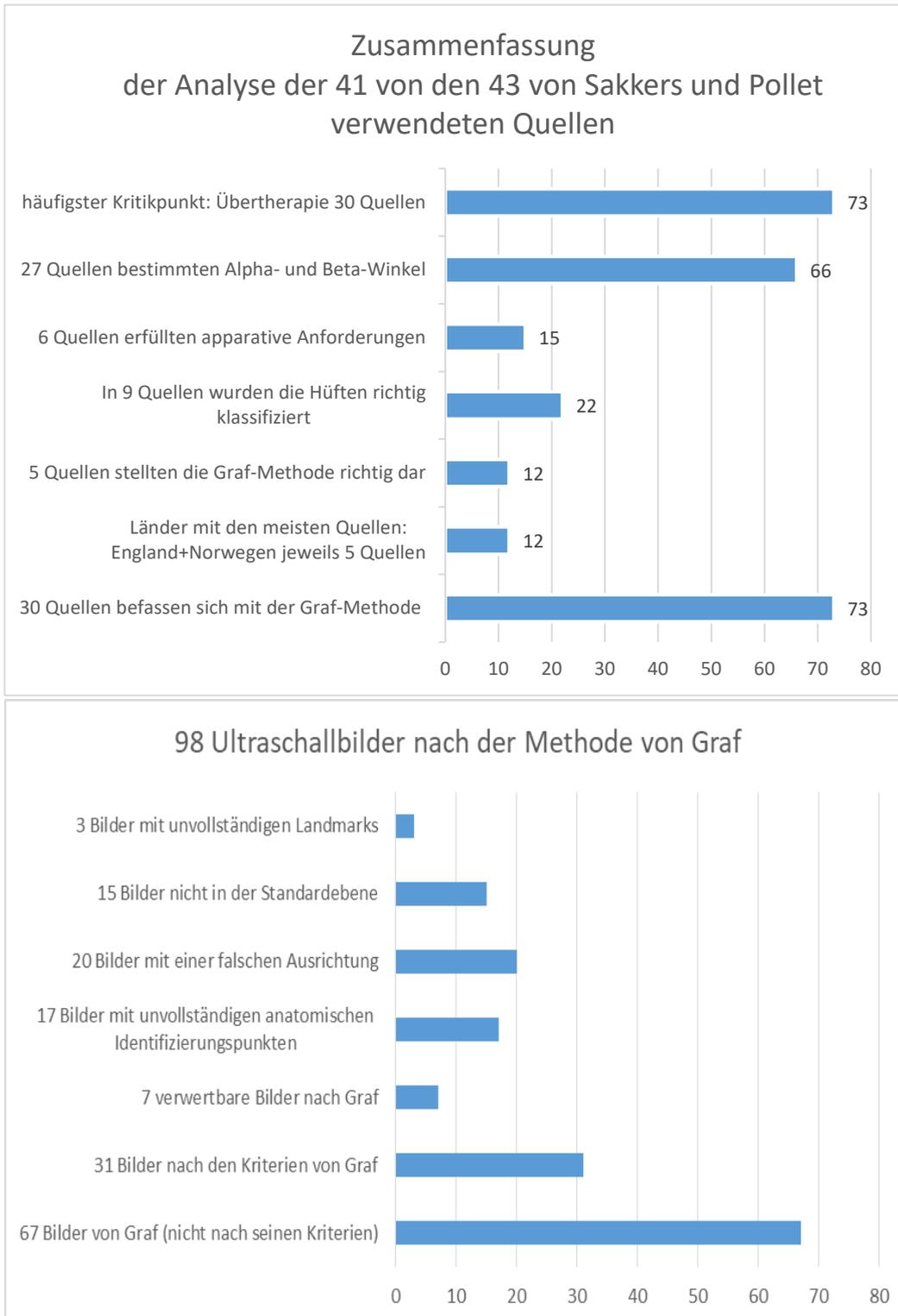


Abb. 25: Zusammenfassung der Quellenanalyse (oben) und der Ultraschallbildanalyse (unten) von den Quellen von (Sakkers und Pollet, 2018). Y-Achse (oben und unten): Einzelne Kategorien. X-Achse (oben): Anzahl in Prozent. X-Achse (unten): Anzahl in ganzen Zahlen

4. Diskussion

4.1 Einleitung der Diskussion

Bezüglich der geeignetsten Ultraschallmethode für die Diagnostik der DDH und der entsprechenden Behandlungen herrscht in der Literatur keine einheitliche Meinung. Die favorisierte Ultraschallmethode der behandelnden Ärzte ist größtenteils abhängig von ihrem Herkunftsland, aber auch innerhalb eines Landes gibt es große Unterschiede (Roposch et al., 2013; Williams et al., 2016).

In einigen Quellen wird die Graf-Methode als eine geeignete Methode beschrieben, um DDH zu diagnostizieren (Dessi et al., 2009; Liu D et al., 2021; Munkhuu et al., 2013; O'Beirne et al., 2019; Ulziibat et al., 2020). In anderen Quellen wiederum werden angeblich vorzuziehende Alternativen genannt (Harcke und Pruszczyński, 2017; Terjesen et al., 1989a; Terjesen et al., 1996). Umfragen wie die von Roposch et al. und Williams et al. zeigen, dass insbesondere bezüglich des Ultraschallscreenings die größte Uneinigkeit herrscht (Roposch et al., 2013; Williams et al., 2016).

Bei der Beurteilung der Ergebnisse von Sakkers und Pollet muss beachtet werden, dass die beiden Autoren größtenteils Quellen aus Ländern verwenden, in denen andere Ultraschallmethoden bevorzugt angewendet werden. Beispielsweise stammen neun Quellen aus Großbritannien und acht Quellen aus Norwegen. In Großbritannien ist die Methode nach Harcke und in Norwegen die Methode nach Terjesen die am häufigsten angewendete Methode. Dadurch existiert in diesen Ländern keine ausreichende Schulung bezüglich der Methode nach Graf (Harcke und Grissom, 1990; Terjesen et al., 1989a).

4.2 Diskussion der Kritikpunkte an der Methode nach Graf

Die von Sakkers und Pollet verwendeten Quellen äußern an verschiedenen Stellen Kritik an der Methode nach Graf. Die häufigsten Kritikpunkte sind:

- Komplizierte Untersuchung
- Überdiagnostik

- Behandlungskomplikationen aufgrund unnötiger Behandlung
- Übertherapie
- Belastung für Kinder und Eltern

Im Folgenden werden die einzelnen Kritikpunkte inhaltlich dargestellt und wertend diskutiert.

4.2.1 Komplizierte Untersuchungen

Graf hat die Untersuchung der Säuglingshüfte und die anschließende sonographische Untersuchung Schritt für Schritt beschrieben. Werden diese Schritte genau befolgt, so erfasst der Untersucher sämtliche wichtige Punkte, welche die anschließende Erstellung des Bildes erleichtern (Kassenärztliche Bundesvereinigung, 2008). Von den 30 Arbeiten, welche sich mit der Graf-Methode beschäftigten, übten neun (31 %) Kritik an der aufwendigen Untersuchung. Im Folgenden wird beispielhaft ein Auszug dieser kritischen Meinungen dargestellt.

4.2.1.1 Darstellung der anatomischen Identifizierungspunkte und Landmarks

Holen et al. sahen bei der Anwendung der Methode nach Graf eine Schwierigkeit darin, alle anatomischen Punkte und Landmarken abzubilden (Holen et al., 1994). Andere empfinden es als kompliziert, die beiden Winkel exakt einzutragen. (Morin et al., 1985) Terjesen et al. kamen zu dem Ergebnis, dass die gemessenen Winkel aufgrund von Abweichungen von bis zu $\pm 10^\circ$ häufig ungenau seien. Besonders bei Kindern unter drei Monaten seien die Landmarken schwer zu identifizieren. In diesem Fall sei die Bestimmung des FHC besser, da hier eher die Entfernung gemessen wird (Terjesen et al., 1989a). Die Schwierigkeit, alle anatomischen Punkte und die Landmarken zu identifizieren, ist einer der häufigsten geäußerten Kritikpunkte (Gardiner und Dunn, 1990; Holen et al., 1994; Morin et al., 1985; Terjesen et al., 1989a).

Bei der Analyse der Ultraschallbilder konnte gezeigt werden, dass das Verständnis und die Anwendung der Graf-Methode verbessert werden können, wenn das Ultraschallbild entsprechend nach Graf ausgerichtet wird. Aus diesem Grund wird die Ausrichtung wie für ein Röntgenbild von Graf empfohlen (Graf et al., 2006) (siehe Abbildung 26).

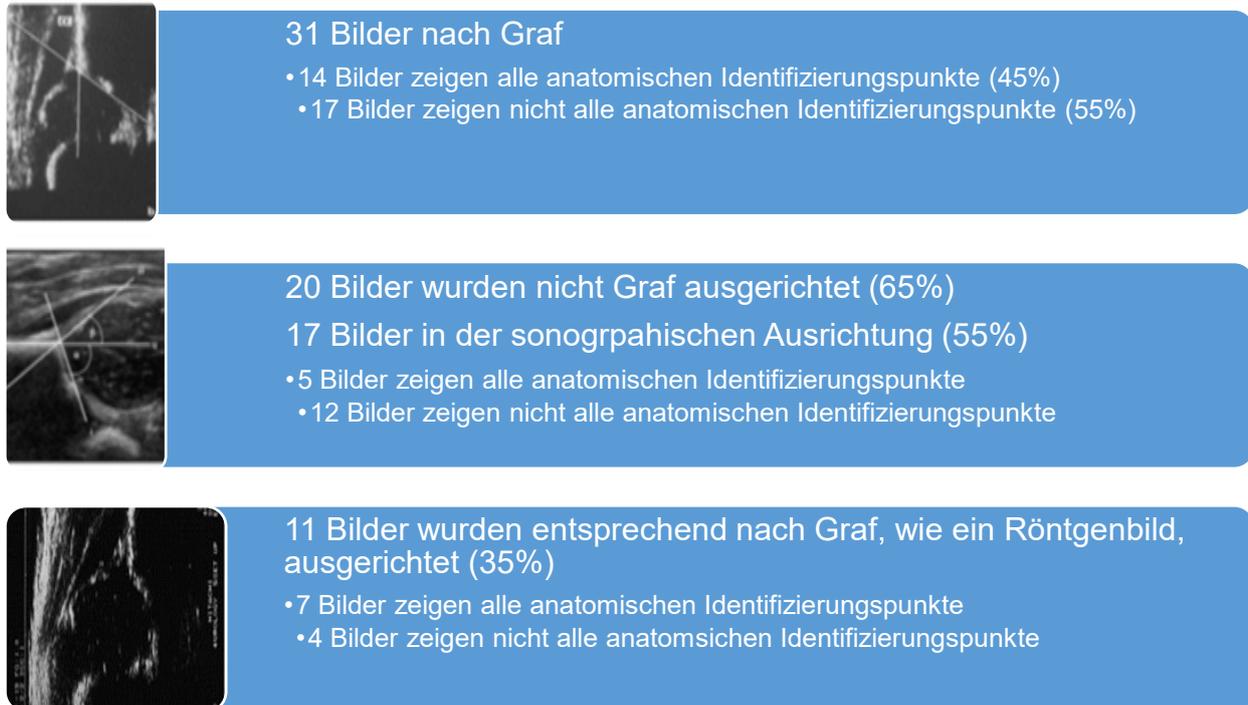


Abb. 26: Mögliche Ausrichtungen der Ultraschallbilder (von oben nach unten): Ausrichtung wie ein Röntgenbild (Rosendahl et al., 1996), sonographische Ausrichtung (Bracken und Ditchfield, 2012), Ausrichtung wie ein Röntgenbild (Roovers et al., 2005). Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus den oben genannten Quellen übernommen.

4.2.1.2 Bedeutung des Alpha- und des Beta-Winkels

Für eine korrekte Einteilung der Hüften in die verschiedenen Hüfttypen ist eine ausreichende Schulung über die Anwendung der Graf-Methode und Kenntnisse über die Ausmessung der Hüfte notwendig. Von den 30 Quellen, welche sich mit der Methode nach Graf befassten, bestimmten 8 Quellen (36 %) den Alpha- und 5 Quellen (23 %) den Beta-Winkel. Sari und Karakus konnten zeigen, dass die Diagnose einer Hüftdysplasie nicht ohne die Bestimmung der Winkel erfolgen kann. Erfahrung sei für die Diagnostik wichtig, aber nicht allein ausreichend (Sari und Karakus, 2020).

Peterlein et al. und Falliner et al. stellten fest, dass unabhängig vom Untersucher die Reliabilität für den Alpha-Winkel im Vergleich zum Beta-Winkel und dem FHC am größten ist (Falliner et al., 2006; Peterlein et al., 2010).

4.2.1.3 Die klinische und die dynamische Untersuchungsmethode als die geeigneteren Untersuchungsmethoden

Die klinischen Untersuchungsmethoden nach Barlow und Ortolani sind international anerkannte Screening-Methoden (Sakkers und Pollet, 2018). In Deutschland haben diese aufgrund ihrer Ungenauigkeit an Bedeutung verloren. Beide Methoden sind von subjektiven Faktoren abhängig und dadurch in ihrer Aussagekraft reduziert. Es treten sogenannte „stumme Fälle“ auf, die nicht früh genug diagnostiziert werden (Graf et al., 2010). Bei der Durchführung der beiden klinischen Tests kann zudem das empfindliche Knorpeldach der Säuglingshüfte beschädigt werden (Buckup et al., 2001). Graf betont, dass durch eine alleinige klinische Untersuchung eine Instabilität festgestellt werden kann, jedoch keine Hüftdysplasie (Graf et al., 2010).

Beispiel einer dynamischen Ultraschallmethode ist die Methode nach Harcke. Hier liegt der Fokus auf der Untersuchung der Instabilität der Hüfte. Ömeroglu et al. stellten bezüglich der Methode nach Harcke fest, dass diese aufgrund der leichten Manipulation BRP ungenauer sei als die Graf-Methode (Ömeroglu et al., 2014). Kyung et al. stellten in ihrer Studie fest, dass durch eine alleinige dynamische Untersuchung eine zu große Anzahl an Hüften falsch pathologisch diagnostiziert würden (Kyung et al., 2016). Irha et al. beschreiben eine höhere Sensitivität für die Graf-Methode (Irha et al., 2004).

4.2.1.4 Fazit

Graf macht präzise Vorgaben zur Durchführung der Ultraschalluntersuchung mit obligatorischer Bestimmung sowohl des Alpha- als auch des Beta-Winkels. Kritiker beschreiben dies als zu aufwendig und häufig nicht möglich (Gardiner und Dunn, 1990; Holen et al., 1994; Morin et al., 1985; Terjesen et al., 1989a).

Andere Autoren hingegen stellen fest, dass die Erfüllung der Durchführungsvorgaben zu reproduzierbaren und vergleichbaren Ergebnissen führt und anderen Methoden überlegen ist (Falliner et al., 2006; Kyung et al., 2016; O'Beirne et al., 2019). Eine ausreichende und gute Schulung der Untersucher führe laut Studien dazu, dass die Aussagekraft der Ultraschalluntersuchung nach Graf und die Übereinstimmung der Ergebnisse der einzelnen Untersucher verbessert werden kann (Simon et al., 2004; Thallinger et al., 2014).

4.2.2 Kritik an der Diagnostik

21 der von Sakkers verwendeten Quellen (70 %) üben Kritik an einer möglichen Überdiagnostik. Einige Quellen kamen zu dem Ergebnis, dass ein selektives Ultraschallscreening für die Diagnostik der Hüftdysplasie besser sei als ein generelles Screening (Bracken und Ditchfield, 2012; Gardiner und Dunn, 1990; Holen et al., 1994; Kokavec und Bialik, 2007; Laborie et al., 2014; Lorente Moltó et al., 2002; Patel und die Canadian Task Force on Preventive Health Care, 2001).

Das selektive Screening bedeutet, dass nur die Kinder untersucht werden, die ein erhöhtes Risiko für eine Hüftdysplasie haben oder eine instabile Hüfte in der klinischen Untersuchung aufweisen (Bracken und Ditchfield, 2012).

Beim generellen Screening werden alle Kinder zu einem bestimmten Zeitpunkt untersucht (Kosar et al., 2011; Marks et al., 1994; Ziegler et al., 2022). Ein Kritikpunkt am generellen Screening ist, dass aufgrund dieser Screening-Methode zu viele Kinder unnötig untersucht würden. Dies wäre mit vermehrten Kosten, Komplikationen und teilweise unnötigen Behandlungen verbunden (Bracken und Ditchfield, 2012; Gardiner und Dunn, 1990; Holen et al., 1994; Kokavec und Bialik, 2007; Laborie et al., 2014; Patel und die Canadian Task Force on Preventive Health Care, 2001).

4.2.2.1 Ultraschall als geeignete Diagnostikmethode

Gardiner und Dunn beschreiben die Ultraschalluntersuchung als zuverlässige Methode um Hüftpathologien darzustellen; sie nennen eine Korrelation von 78 % zwischen dislozierbaren Hüften und sonographischen Auffälligkeiten. Ein abwartendes Verhalten von ungefähr zwei Wochen sei gerechtfertigt. Die Autoren empfehlen das selektive Screening, da dieses Ressourcen einsparen würde (Gardiner und Dunn, 1990).

Kyung et al. stellten eine geringe Übereinstimmung zwischen der klinischen Untersuchung und der Ultraschalluntersuchung fest, sowie eine höhere Übereinstimmung zwischen der statischen und dynamischen Ultraschalluntersuchung. Bei der dynamischen Untersuchung traten mehr falsch positive Fälle auf. Eine klinische Untersuchung vor der Ultraschalluntersuchung führe zu einer Beeinflussung der Untersucher. Sie empfehlen eine Kombination der klinischen und der sonographischen Untersuchung nach Graf, dadurch könnten falsch positive Fälle reduziert werden (Kyung et al., 2016). Portinaro et al. stellten fest, dass die klinische Untersuchung häufiger als die Ultraschalluntersuchung insbesondere bei beidseitiger DDH falsch negativ sei (Portinaro et al., 2007).

Thallinger et al. empfehlen ein generelles Ultraschallscreening kombiniert mit einer klinischen Untersuchung. Dadurch würde die Behandlungsrate und die Operationsrate im Vergleich zu einem alleinigen selektiven klinischen Screening reduziert werden (Thallinger et al., 2014).

4.2.2.2 Die Bedeutung von Risikofaktoren

Kosar et al. untersuchten in ihrer Studie die Prävalenz der DDH bei Jungen. Diese haben normalerweise kein erhöhtes Risiko an DDH zu erkranken und wären deswegen vom selektiven Screening ausgeschlossen. Kosar et al. stellten für die Methode nach Graf eine Spezifität von ungefähr 96-98 % und für die klinische Untersuchung eine Spezifität von 76,4 % fest. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass Jungen auch auf DDH untersucht werden sollten. In ihrer Studie wären 28 % der pathologischen Hüften bei einem selektiven Screening nicht untersucht worden. Risikofaktoren würden die männlichen

Säuglinge mit instabilen, jedoch nicht mit dysplastischen Hüften identifizieren (Kosar et al., 2011).

4.2.2.3 Fazit

Die Ergebnisse der Studie von Kosar et al. legen die Bedeutung des universellen Screenings dar. Ultraschallmethoden, die auf der Untersuchung der Stabilität der Hüfte beruhen, eignen sich nicht als alleinige Methode für die Diagnostik der DDH, da die Instabilität sich relativ schnell verwächst (Graf et al., 2010; Niethard et al., 1997). Die pathologischen Veränderungen würden bestehen bleiben (Niethard et al., 1997). Die Graf-Methode konzentriert sich auf die Morphologie und sei deswegen präziser (Graf et al., 2012). Kosar et al. zeigen, dass pathologische Hüften häufig keine der bekannten Risikofaktoren für eine Hüftdysplasie aufweisen und deswegen bei einem selektiven Screening-Programm nur klinisch untersucht worden wären (Kosar et al., 2011). Kyung et al. stellten jedoch fest, dass ein alleiniges klinisches Screening nicht sinnvoll wäre (Kyung et al., 2016). 54 % der Dislokationen würden zudem weder klinisch noch durch eventuelle Risikofaktoren auffällig werden (Graf, 2017). Eine alleinige klinische Untersuchung ist auch laut Graf nicht geeignet, um eine Hüftdysplasie zu diagnostizieren (Graf et al., 2010).

4.2.3 Übertherapie

Ein häufig geäußerter Kritikpunkt an der Graf-Methode und der allgemeinen Ultraschalluntersuchung ist, dass zu viele Hüften behandelt würden. Pathologische Hüften würden von selbst heilen und keine Behandlung benötigen (Barlow, 1962; Bialik et al., 1998; Castelain et al., 1992; Chen et al., 2010; Gardiner und Dunn, 1990; Holen et al., 1994; Koka-vec und Bialik, 2007; Kosar et al., 2011; Laborie et al., 2014; Lorente Moltó et al., 2002). Eine zu frühe Behandlung sei zudem nicht förderlich, da einige pathologische Hüften nachreifen müssten (Chen et al., 2010; Wood et al., 2000). Andere sehen die Behandlung mit einer Schiene als förderlich für die Entwicklung der Säuglingshüfte an (Gahleitner et al., 2022).

4.2.3.1 Quellen von Sakkers und Pollet

Sakkers und Pollet verweisen in ihrem Artikel auf einige Quellen, die sich gegen ein generelles Ultraschallscreening aussprechen. Folgende drei Quellen sollen als Beleg dafür gelten, dass zu viele Hüften behandelt würden:

- Bialik et al. und Rosenberg und Bialik berichten in ihren Artikeln darüber, dass Typ D-Hüften größtenteils von selbst heilen würden (Bialik et al., 1998; Rosenberg und Bialik, 2002). Keine der Quellen beinhaltet Ultraschallbilder, die ihre Aussagen belegen.
- Chen et al. berichten über 4 Typ 3-Hüften, von denen 3 nach einem Monat ohne Behandlung ausheilten (Chen et al., 2010). Die Bilder von Chen et al. sind nicht verwertbar.

Es gibt nur wenige Daten über selbstheilende Typ 3- oder Typ 4-Hüften (Sakkers und Pollet, 2018). Es stellt sich die Frage, wie gut die Datenlage zu diesem Thema ist, da die verwendeten Quellen größtenteils dieselben Quellen nutzen.

4.2.3.2 Quellen von Sakkers und Pollet und der PubMed-Recherche

4.2.3.2.1 Quellen für ein abwartendes Verhalten

Wood et al. untersuchten in ihrer Studie den Effekt, den keine Behandlung gegenüber einer Behandlung mit einer Abduktionsschiene hat. Die Überdachung des Acetabulums verbesserte sich in der Behandlungsgruppe von ca. 32,8 % auf 54,3 %, in der Kontrollgruppe von ca. 36,7 % auf 48,6 %. Die Autoren beschreiben diese Veränderungen als statistisch signifikant, sehen jedoch eine Behandlung als nicht notwendig an. Stabile dysplastische Hüften sollten in den ersten sechs Wochen beobachtet und nicht direkt behandelt werden. Die geringen Vorteile einer Behandlung würden nicht die damit verbundenen Nachteile und Komplikationen rechtfertigen. Von den behandelten Kindern zeigte kein Kind Komplikationen einer Behandlung (Wood et al., 2000). Deshalb ist der geäußerte

Kritikpunkt zu hinterfragen. Die Ergebnisse der Nachuntersuchungen werden als gleichwertig interpretiert, obwohl nur ein Drittel der nicht behandelten Kindern teilnahm. Daneben sind die Ergebnisse aufgrund fehlender Bilder schlecht nachzuvollziehen (Wood et al., 2000). Holen et al. zeigten, dass 20-30 % der Kinder, welche nach Graf untersucht wurden, nachuntersucht werden müssen. Im Vergleich dazu müssten bei der Methode von Terjesen nur 2,5 % der Kinder nachuntersucht werden. Laut Holen et al. sollte die Methode nach Terjesen favorisiert werden (Holen et al., 1994).

4.2.3.2.2 Der optimale Behandlungszeitpunkt

Neben der Frage, welche Hüften behandelt werden sollten, besteht die Frage nach dem optimalen Zeitpunkt. Nach Wood et al. könne bei einer gesicherten dysplastischen Hüfte mindestens sechs Wochen abgewartet werden (Wood et al., 2000). Zu beachten ist, dass durch ein abwartendes Verhalten ein wichtiges Zeitfenster verpasst wird. Mit der Behandlung sollte in den ersten drei Monaten begonnen werden, da die Hüfte in diesem Zeitraum besonders nachreifungsfähig ist (Niethard et al., 1997). Niethard et al. erklären, dass die Erfolgchancen einer konservativen Behandlung mit zunehmendem Alter abnehmen. Im Gegensatz dazu nimmt die Behandlungsdauer zu. „Als Faustregel gilt: Die Behandlungsdauer ist doppelt so lang wie das Alter zum Zeitpunkt des Behandlungsbeginns.“ (Niethard et al., 1997, S. 102). „Bei der typischen Hüftgelenksluxation kann bei Diagnose vor dem 3. Lebensmonat eine annähernd 100 % Ausheilung, bis zum 6. Lebensmonat eine 75 %, bis zum 12. Monat eine 50 % und bis zum 2. Lebensjahr eine 25 %ige Ausheilung durch konservative Maßnahmen erreicht werden.“ (Niethard et al., 1997, S. 102).

4.2.3.2.3 Qualifizierte Schulungen gegen Überbehandlung

Sobald das 2. Lebensjahr erreicht wird, wächst das Hüftgelenk nur noch minimal. Ab diesem Zeitpunkt sind die konservativen Behandlungsmöglichkeiten nur noch eingeschränkt nutzbar (Niethard et al., 1997). Dies hätte nicht nur hohe Kosten, sondern auch eine starke Belastung für das Kind und seine Eltern zur Folge. Bucher et al. stellten eine Korrelation zwischen der Behandlungsdauer und dem Alter des Kindes fest. Insbesondere die Kinder,

die bei der ersten Untersuchung älter als 200 Tage waren, hätten eine doppelt so lange Behandlungsdauer wie Kinder, die bei der ersten Untersuchung 100 Tage alt waren. Bucher et al. empfehlen eine bessere Schulung bezüglich Ultraschall und der Graf-Methode. Mit einer geeigneten Schulung könnten die pathologischen Hüften gezielter und früher identifiziert werden, zudem könnte das Verständnis verbessert und Überbehandlungen vermieden werden (Bucher et al., 2021).

Gunay et al. gingen der Frage nach, ob eine Typ 1-Hüfte nach Graf sich mit der Zeit verschlechtern könne. Sie untersuchten hierzu andere Studien und kamen zu dem Ergebnis, dass die Bilder der Typ 1-Hüften nicht korrekt erstellt und dadurch falsch ausgemessen wurden. Dies führe zu dem Bild einer sich verschlechternden Typ 1-Hüfte (Gunay et al., 2019).

Von Kries et al. kamen zu dem Ergebnis, dass ein Screening mit Ultraschall einige Operationen verhindern könnte. Jedoch benötige das System, wie es in Deutschland angewendet wird, einige Verbesserungen, z.B. häufigere Untersuchungen und eine bessere Schulung der durchführenden Ärzte (von Kries et al., 2003).

4.2.3.2.4 Bedeutung der Unterteilung in die verschiedenen Hüfttypen anhand der Winkel

Sibińsk et al. stellten fest, dass im Ultraschall unauffällige Hüften im Röntgen pathologische Veränderungen zeigen können. Sie empfehlen, die Hüften bis zur Ausreifung des Skeletts nachzuuntersuchen. Die Annahme, dass dysplastische Hüften von selber heilen würden, würde dazu führen, dass eine milde Dysplasie unterschätzt würde. Jede Dysplasie präsentiere sich klinisch anders (Sibińsk et al., 2012). Bilgili et al. stellten fest, dass ein Alpha-Winkel unter 55° im Alter von sechs Wochen ein Indiz für eine mögliche Verschlechterung der Hüfte ist. Pathologische Hüften könnten durch eine frühe Behandlung vollständig geheilt werden (Bilgili et al., 2018).

Bilgili et al. und Sibińsk et al. vertreten die Meinung, dass die Typ 2-Hüften nach Graf langfristig nachuntersucht werden sollten. Es bestehe ein gewisses Risiko, dass diese sich verschlechtern könnten (Bilgili et al., 2018; Sibińsk et al., 2012).

4.2.3.2.5 Quellen für ein generelles Screening

Die von Sakkers und Pollet verwendete Quelle von Wyles et al. spricht sich im Gegensatz zu dem Großteil der anderen Quellen für ein generelles Ultraschallscreening aus. Laut Wyles et al. hätten Patienten mit einer DDH das höchste Risiko für eine Arthrose und somit auch für die Notwendigkeit einer späteren endoprothetischen Versorgung. Mit einer geeigneten Behandlung könnten diese Fälle verhindert werden (Wyles et al., 2017).

In der bei der PubMed-Recherche gefundenen Studie von Ulziibat et al. wurden die Auswirkungen eines universellen Screening-Programms für DDH in der Mongolei untersucht und ein universelles Screening mit der Methode nach Graf empfohlen (Ulziibat et al., 2020). Weiterhin wurde bei der PubMed-Recherche der Artikel von O'Beirne et al. gefunden. O'Beirne et al. empfehlen zwei Scans, der erste nach der Geburt, der zweite nach 4-7 Wochen. So könnten falsch positive Hüften und Hüften mit einer natürlichen Instabilität besser erkannt werden. Dadurch würden nur die wirklich pathologischen Hüften behandelt werden. Daneben sollte ein erfahrener Untersucher zwischen einer pathologischen und einer unreifen Hüfte unterscheiden können (O'Beirne et al., 2019).

4.2.3.3 Fazit

Eine mögliche Überbehandlung ist einer der am häufigsten diskutierten Kritikpunkte in den Quellen von Sakkers und Pollet. Dies ist teilweise gerechtfertigt. Es werden mehr Kinder bei einem Ultraschallscreening als bei einem alleinigen klinischen Screening behandelt. Die klinische Untersuchung ist aber nicht so sensitiv wie die sonographische (Irha et al., 2004). Zudem ist die klinische Untersuchung stark vom jeweiligen Untersucher abhängig (Dogruel et al., 2008). Die Entscheidung über eine eventuelle Behandlung sollte von der sonographischen und der klinischen Untersuchung abhängig gemacht werden.

4.2.4 Kritik an der Belastung für Eltern und Kinder

Kritiker sehen in der Diagnostik und Therapie der DDH eine Belastung für die Kinder und deren Eltern. Laut Sampath et al. würde eine geringere Behandlungsrate den psychischen Stress und die Komplikationen reduzieren (Sampath et al., 2003).

Rosendahl et al. sehen für die Kinder in der Behandlung der DDH eine Einschränkung der Mobilität. Dadurch wäre eine zusätzliche Betreuung notwendig und die Beziehung zu den Eltern würde sich verändern. Für die Eltern bedeute eine Behandlung eine Einschränkung in der Fürsorge, beispielsweise beim Stillen (Rosendahl et al., 2010).

Gardner et al. stellten anhand einer Umfrage fest, dass Ultraschall keine Ängste oder zusätzliche Sorgen bei Müttern verursache. Die Behandlungsrate könne reduziert werden, ohne dabei die psychosozialen Effekte negativ zu beeinflussen. Jedoch empfänden Mütter die Behandlung mit einer Schiene als Einschränkung, da sie z. B. nicht wüssten, wie sie ihr Kind damit kuscheln, baden oder transportieren könnten. Zudem hätten Eltern Angst, ihr Kind könnte sich in der Schiene nicht wohlfühlen (Gardner et al., 2005).

Die Tübinger Schiene erzeugt eine Position, welche der Position gleicht, die beim Tragen auf der Hüfte eingenommen wird. In vielen Teilen auf der Welt, wie z. B. Afrika, werden Kinder in der ersten Lebenszeit in dieser Position getragen. Hier sind Hüftdysplasien seltener als in der westlichen Welt (Niethard et al., 1997). In anderen Ländern, wie bspw. der Mongolei, werden Kinder häufig eng gewickelt. Hier konnte eine höhere Inzidenz für eine DDH festgestellt werden (Ulziibat et al., 2021). Graf betont, dass die Eltern in die Behandlung mit einbezogen werden sollten, da sie die Möglichkeit hätten, die Schiene oder Spreizhose zu manipulieren. Besonders in der Retentionsphase hätte dies fatale Folgen für die Säuglingshüfte (Graf et al., 2010).

Christine Eiser untersuchte die psychischen Effekte einer chronischen Erkrankung für Kinder und deren Eltern. Sie kommt zu dem Ergebnis, dass Kinder mit einer chronischen Erkrankung Probleme mit der schulischen Leistung oder sozialen Aktionen hätten. Ein zufriedenes Kind könne den Stress und die Angst, die eine Behandlung verursachen, besser bewältigen. Daneben führe eine chronische Erkrankung des Kindes häufiger zu Ehebrüchen, Scheidungen, Stress und psychischen Problemen bei den Eltern. Laut Eiser

würden die Folgen, die eine chronische Erkrankung für ein Kind und dessen Familie hat, im Gesundheitssystem nicht genug beachtet werden (Eiser, 1990).

Eiser zeigte in ihrer Review, dass für eine Behandlung einer Krankheit nicht nur die Therapie wichtig sei, sondern es von Bedeutung sei, auf die Eltern des Kindes einzugehen. Denn die Einstellung und Stimmung der Eltern übertrage sich auf das Kind und beeinflusse auch dessen Fähigkeit zur Stressbewältigung (Eiser, 1990).

Damit Eltern die Schiene und die Behandlung der Hüftdysplasie nicht als allzu große Belastung sehen, sind Schulungen und Betreuungen zum Thema Hüftdysplasie und der Behandlung notwendig. So kann das Verständnis der Eltern für die Krankheit gefördert werden, um insbesondere die Behandlung zu verstehen und nicht als Belastung anzusehen.

4.2.5 Kritik an den Komplikationen

Werden auffällige Hüften mit einer Spreizhose oder einer Schiene behandelt, birgt dies einige Risiken. Je nachdem, in welchem Winkel die Beine geschient werden, kann es z. B. zu einer avaskulären Nekrose des Femurkopfs kommen (Niethard et al., 1997). Die Komplikation der avaskulären Nekrose ist eine der schwerwiegendsten Komplikation und wurde deswegen stellvertretend für die Komplikationen der Behandlung von DDH gewählt (Niethard et al., 1997).

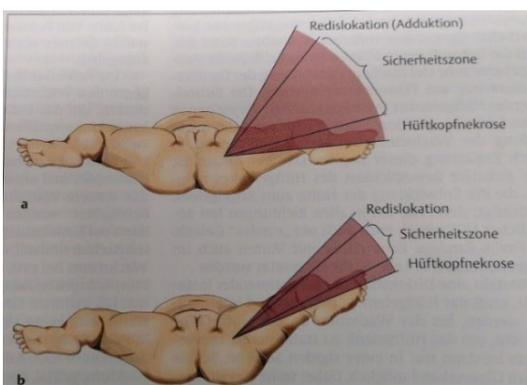


Abb. 27: Darstellung der möglichen Konsequenzen entsprechend dem Behandlungswinkel. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Niethard et al. (1997) übernommen.

Sieben Quellen (16 %) kritisierten, dass eine Behandlung einer Hüftdysplasie in vielen Fällen aufgrund der daraus resultierenden Komplikationen nicht vertretbar wäre. Aus diesem Grund wird ein eher abwartendes Verhalten empfohlen (Laborie et al., 2014; Patel und die Canadian Task Force on Preventive Health Care, 2001; Sampath et al., 2003; Shorter et al., 2013). Wiederum befürworten andere von Sakkers und Pollet verwendete Quellen die These, dass eine spätere Behandlung das Risiko für Komplikationen fördert (Jordann et al., 2009; Munkhuu et al., 2013; Riboni et al., 2003; Rosendahl et al., 2010; Terjesen et al., 1999).

Zhang et al. prüften die Effektivität einer geschlossenen Reposition unter Einbeziehung der daraus folgenden Komplikationen. Bei 8,3 % (6/72) der Patienten mit erfolgreicher geschlossener Reposition trat eine avaskuläre Nekrose als Komplikation auf. Es konnten keine Risikofaktoren identifiziert werden. Jedoch war eine geschlossene Reposition erfolgreicher, je jünger das behandelte Kind war (Zhang et al., 2020).

Zhou et al. beurteilten die Sicherheit und die Effizienz der Tübinger Schiene. 83,7 % (128 Kinder) konnten erfolgreich behandelt werden, bei 2 % (3 Kinder) trat eine avaskuläre Nekrose als Komplikation auf. Als Risikofaktoren für eine nicht erfolgreiche Behandlung galten später Behandlungsbeginn, positive Familiengeschichte einer DDH, Graf Typ 4 und beidseitige Erkrankung. Die Autoren empfehlen einen frühen Behandlungsbeginn nach spätestens 12 Wochen. Generell sei die Behandlung mit der Schiene sehr sicher und erfolgreich (Zhou et al., 2020).

Wegner et al. bestimmen das Risiko für eine avaskuläre Nekrose bei Verwendung einer von Rosen-Schiene. Hierbei handelt es sich um eine Schiene, die wie die Tübinger Schiene eine Abduktion der Hüfte bewirkt. Anders als die Tübinger Schiene liegt diese

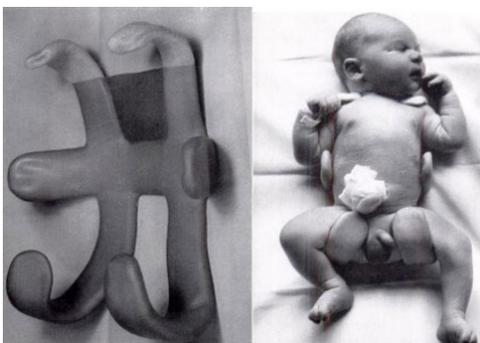


Abb. 28: Foto einer von Rosen-Schiene (links) und Anwendung am Säugling (rechts) Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus von Rosen (1962) übernommen.

direkt am Säuglingskörper, ähnlich wie ein Rucksack. Die Beine werden in Abduktion gehalten (Rosen, 1962). Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass das Risiko einer avaskulären Nekrose bei der Behandlung mit der von Rosen-Schiene gering sei. Zudem stellten sie fest, dass Hüften, die aufgrund ihrer Instabilität behandelt wurden, langsamer verknöchern würden als unbehandelte stabile Hüften (Wegner et al., 2016).

Die Studien von Zhang et al., Wegner et al. und Zhouh et al. zeigen, dass das Risiko für eine avaskuläre Nekrose durch einen frühen Behandlungsbeginn reduziert und der Behandlungserfolg gesteigert werden kann. Operationen erhöhen das Risiko für eine avaskuläre Nekrose. Eine frühe Behandlung ist förderlich für den Krankheitsverlauf (Wegner et al., 2016; Zhang et al., 2020; Zhou et al., 2020). Dies entspricht den Empfehlungen von Graf (Graf et al., 2010). Ein später Behandlungsbeginn erhöht das Risiko, dass der Hüftkopf sich aufgrund der bestehenden Instabilität morphologisch verändert. Dadurch wird die Therapie erschwert und das Risiko für Komplikationen erhöht (Niethard et al., 1997). Ziel sollte sein, auffällige Hüften möglichst früh zu behandeln, um das Risiko für Komplikationen zu minimieren und die Erfolgschancen zu erhöhen. So können größere Operationen, die zusätzliche Risiken bergen, vermieden werden.

4.3 Diskussion der Ergebnisse der Bildanalyse

Im folgenden Abschnitt werden Ultraschallbilder nach der Graf-Methode analysiert und überprüft, ob sie die Kriterien nach Graf erfüllen.

4.3.1 Beispiele der Ultraschallbilder

Im Folgenden werden einzelne Bildbeispiele analysiert. Die Bilder stammen aus Quellen des Artikels von Sackers und Pollet sowie zum entsprechenden Vergleich aus Quellen der PubMed-Recherche. Anhand der Bilder sollen die häufigsten Fehler dargestellt und die Aussagekraft der entsprechenden Quellen beurteilt werden.

4.3.1.1 Bracken, Ultrasound in developmental dysplasia of the hip. What have we learned?

Bracken und Ditchfield bewerten in ihrem Artikel verschiedene Ultraschallmethoden und kommen zu dem Ergebnis, dass es für eine endgültige Empfehlung bezüglich der geeignetsten Diagnostik einer DDH nicht genügend Studien gibt. Bracken und Ditchfield belegen ihre Informationen mit entsprechenden Bildern zu den jeweiligen Ultraschallmethoden.

Insgesamt geben sie 15 Bilder an, von denen 9 Bilder nach Graf, 1 Bild nach Morin und 5 Bilder nach kombinierter Methode von Graf und Harcke erstellt wurden.

Von den 9 Bildern, welche nach Graf angefertigt wurden, ist kein einziges Bild verwertbar (Bracken und Ditchfield, 2012).

Hier können einige typische Fehler festgestellt werden:

1. Sonographische Ausrichtung des Bildes.

Graf empfiehlt, das Bild wie ein Röntgenbild auszurichten, damit die Identifizierung und das Verständnis des Bildes erleichtert werden.

2. Der Bildausschnitt ist zu klein gewählt, dadurch fehlen wichtige anatomische Identifizierungspunkte, wie die KKG.
3. Der ovale Hüftkopf lässt auf einen kraniokaudalen Kippfehler schließen.

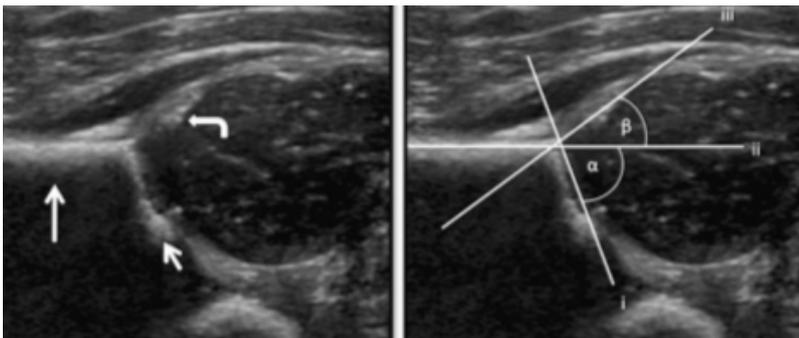


Abb. 29: Ultraschallbilder eines Hüftkopfs mit Einzeichnung der drei Landmarken (links) und des Alpha und Beta Winkels (rechts). Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Bracken und Ditchfield (2012) übernommen.

Der kraniokaudale Kippfehler ist nach Graf einer der verhängnisvollsten Kippfehler, denn durch diesen sehen normale Hüften im Ultraschallbild dysplastisch oder dezentriert aus

(Graf et al., 2010; Graf et al., 2012; Graf, 2017). Dieselben Fehler lassen sich bei den 7 anderen Bildern (Abbildung 30) erkennen. Diese Quelle hätte aufgrund der fehlerhaften Bilder nicht verwertet werden dürfen.

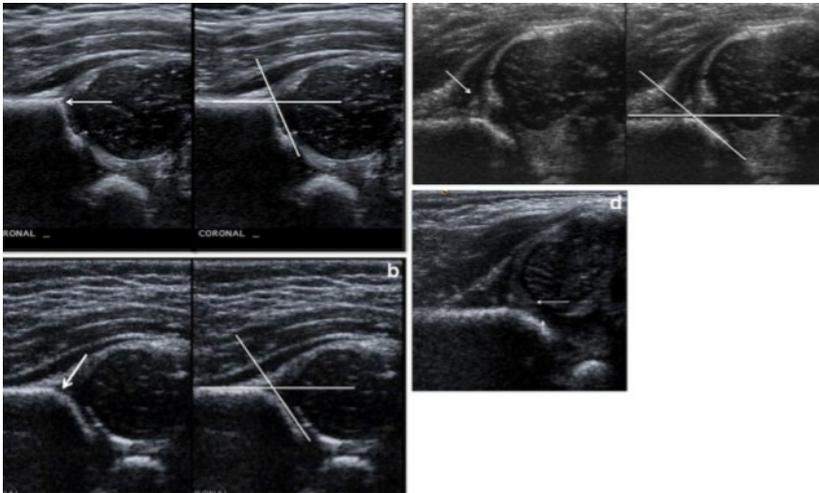


Abb. 30: Weitere Ultraschallbilder. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Bracken und Ditchfield (2012) übernommen.

4.3.1.2 Castelein et al., natural history of ultrasound hip abnormalities in clinically normal newborns

Castelein et al. empfehlen, auf ein generelles Ultraschallscreening zu verzichten. Sie untersuchten Hüften anhand der klinische Untersuchungsmethode nach Barlow und den sonographischen Untersuchungsmethoden nach Graf und nach Harcke. Insgesamt belegen Castelein et al. ihre Aussagen mit drei Bildern, davon wurde ein Bild nach Graf erstellt, welches nicht verwertbar ist (Castelein et al., 1992). In Abbildung 31 fehlt die KKG und



Abb. 31: Ultraschallbild mit fehlender KKG und nicht möglicher Identifizierung des Labrum. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Castelein et al. (1992) übernommen.

eine Identifizierung des Labrum ist nicht möglich. Dieses Bild hätte für eine Messung nicht verwendet werden dürfen, da es nicht nach den Kriterien von Graf erstellt wurde.

Die Aussage von Castelein et al., dysplastische Hüften nach Graf würden von selbst heilen, ist deshalb in Frage zu stellen (Castelein et al., 1992).

4.3.1.3 Rosendahl et al., Ultrasound in the diagnosis of developmental dysplasia of the hip

Rosendahl und Toma verglichen anhand verschiedener Studien das universelle und das selektive Ultraschallscreening. Beide Ultraschallmethoden könnten späte Fälle und Operationsraten reduzieren. Zudem würden morphologisch unreife Hüften innerhalb von drei Monaten von selbst heilen (Rosendahl und Toma, 2007). Abbildung 32 zeigt Ultraschallbilder nach der Graf-Methode, die in der sonographischen Ausrichtung abgebildet sind. Zusätzlich wird ein Bild von der Untersuchung angegeben, bei dem keine Schallkopfführung verwendet wurde. Die Bilder c) /e) /f) sind nicht verwertbar, da bei ihnen ein kaudokranialer Kippfehler vorliegt. Das Bild d) ist verwertbar.

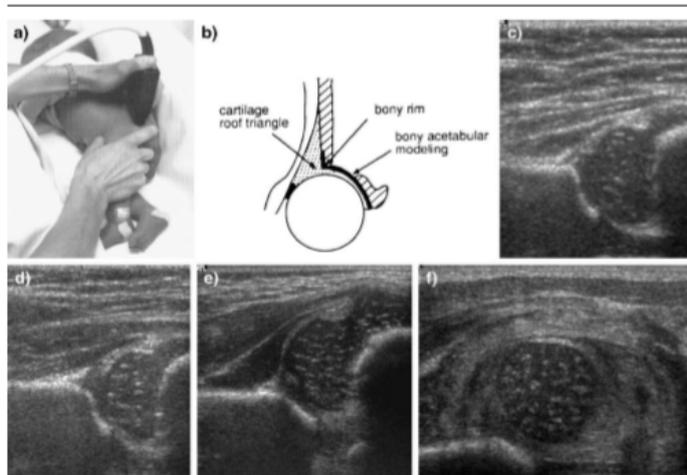


Abb. 32: Untersuchungsbild sowie Ultraschallbilder mit einer Skizze. An der Skizze wird ein Überblick über die Anatomie gegeben. Die Abbildungen wurden modifiziert und aus der Quelle Rosendahl und Toma (2007) übernommen.

4.3.1.4 Laborie et al., Selective ultrasound screening for developmental hip dysplasia: effect on management and late detected cases. A prospective survey during 1991–2006

Laborie et al. erklären, dass die Therapie- und die Komplikationsrate mit Hilfe eines selektiven Screenings reduziert werden könnte (Laborie et al., 2014). Sie geben Ultraschallbilder nach Rosendahl und nach Graf an.

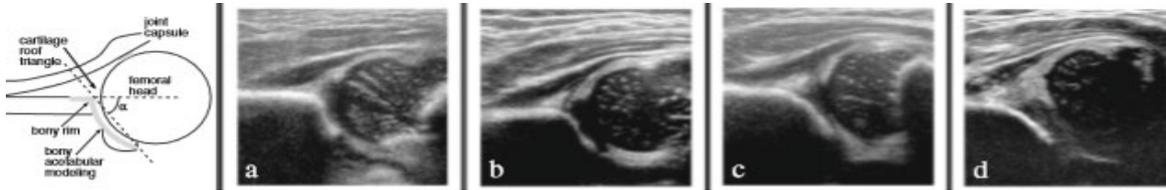


Abb. 33: (von links nach rechts) Skizze, Ultraschallbilder von einer normalen Hüfte, einer unreifen Hüfte, einer milden dysplastischen Hüfte und einer schweren dysplastischen Hüfte. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Laborie et al. (2014) übernommen.

Diese vier Bilder wurden nach Graf erstellt. Sie sind alle vier nicht verwertbar, da

- nur bei Bild a die KKG teilweise abgebildet wurde, bei den anderen Bildern fehlt sie ganz.
- der abgebildete Abschnitt zu klein gewählt wurde.
- man bei Bild b einen leichten kaudokranialen Kippfehler erkennt: Das Os ilium zieht nach medial und die KKG fehlt.
- die Bilder nicht nach Graf ausgerichtet wurden, was die anatomische Identifizierung erschwert.

In der beigefügten Skizze wurden zudem nur die Grund- und Pfannendachlinie und der Alpha Winkel eingezeichnet. Die Ausstellinie und der Beta Winkel fehlen.

4.3.1.5 Chen et al., Natural progression of hip dysplasia in newborns: a reflection of hip ultrasonographic screenings in newborn nurseries

Chen et al. erklären, dass pathologische Hüften ohne Behandlung heilen würden, da 8 der 9 Graf 2c- oder 3-Hüften ohne Behandlung heilten. Vor der Behandlung und Untersuchung sollte das Risiko für eine Instabilität oder Dysplasie beurteilt werden. Chen et al. geben 4 Bilder nach Graf an, bei denen die Kinder auf dem Rücken lagen (Chen et al., 2010).

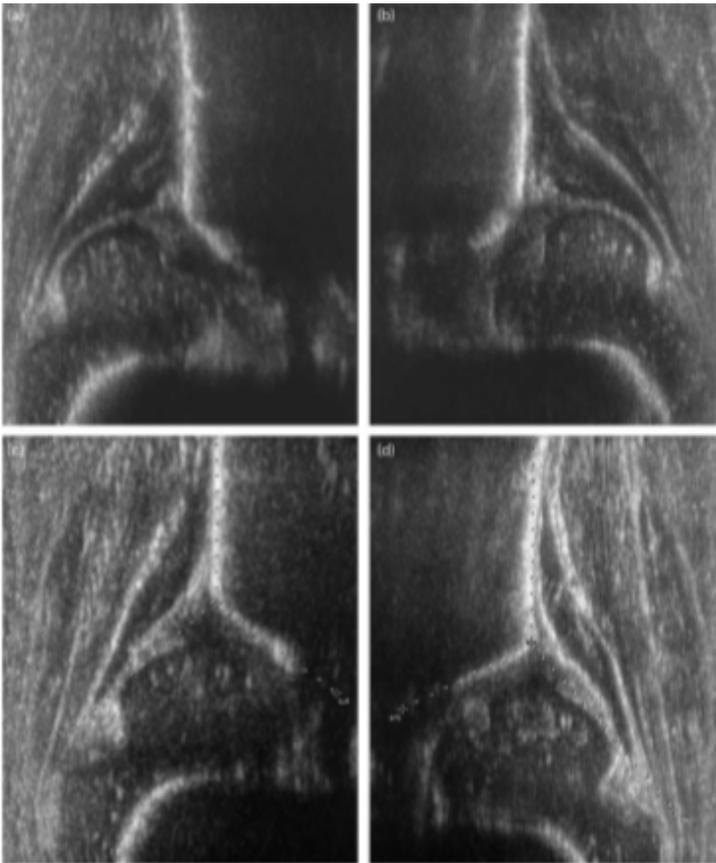


Abb. 34: Die Bilder zeigen ein Kind mit einer Graf Typ 3-Hüfte und einem positiven Ortolani-Test bei der ersten Untersuchung und bei der zweiten Untersuchung nach einem Monat. Es wurde die linke und die rechte Hüfte abgebildet. Bei der ersten Untersuchung hatte die rechte Hüfte einen Alpha-Winkel von 42° , die linke von 41° . Nach einem Monat betrug der Alpha-Winkel der rechten Hüfte 53° , der der linken 62° . Das Kind wurde nicht behandelt. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Chen et al. (2010) übernommen.

Bei den Bildern fällt auf, dass

- alle anatomischen Identifizierungspunkte abgebildet wurden.
- 2 von 4 Bildern richtig ausgerichtet sind.
- im Bild unten links das Os ilium nicht vollständig abgebildet ist, wodurch ein Kippfehler nicht sicher ausgeschlossen werden kann.
- die Grund-, Ausstell- und Pfannendachlinie bei 2 von 4 Bildern korrekt eingezeichnet wurden. (Diese sind als gepunktete graue Linien auf den Bildern erkennbar).
- Alpha- und Beta-Winkel im Bild nicht eingezeichnet wurden.
- kaudokranieller Kippfehler vorhanden sind.

Die rechten Hüften wurden wahrscheinlich für das Verständnis gespiegelt. Aufgrund des vorhandenen Kippfehlers sind alle vier Bilder nicht verwertbar.

4.3.1.6 Roovers et al., The natural history of developmental dysplasia of the hip: sonographic findings in infants of 1–3 months of age

Roovers et al. kamen zu dem Ergebnis, dass von den

- Typ 2a/2a+: 95,3 %,
- Typ 2a-: 84,4 %,
- Typ 2c: 70 %,
- Typ 3 und 4: 90,9 %,
- Typ D: 58,3 % nach einem Monat von selbst heilten (Roovers et al., 2005).

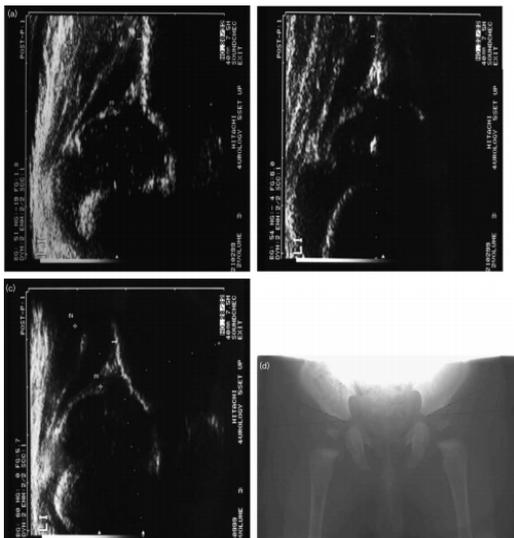


Abb. 35: Die Bilder zeigen die Hüften von zwei Kindern. Ultraschallbild a) und b) wurden von der linken Hüfte eines Kindes nach einem und nach acht Monaten erstellt. Diese Hüfte entwickelte sich laut Roovers et al. innerhalb der ersten Messung bis zu der nach acht Monaten von einer Typ 3 zu einer Typ 1-Hüfte. Bild c) wurde von der linken Hüfte des anderen Kindes nach 1 Monat erstellt. Das Röntgenbild d) der gesamten Hüfte wurde von diesem Kind nach vier Monaten erstellt. Diese Hüfte entwickelte sich laut Roovers et al. innerhalb der Untersuchungszeit von einer Typ 3-Hüfte im Ultraschall nach Graf zu einer normalen Hüfte im Röntgenbild. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Roovers et al. (2005) übernommen.

Bei den Bildern fällt auf, dass

- Bild a) verwertbar ist.
- Bild b) in der posterioren Ebene aufgenommen wurde und nicht in der Standardebene. Daneben ist bei diesem Bild das Os ilium nicht vollständig abgebildet. Folglich sind die Landmarks in diesem Bild nicht vollständig. Zudem lässt sich ein dorsoventraler Kippfehler erkennen.
- bei Bild c) das Os ilium nicht vollständig abbildet ist. Es liegt zudem ein kaudokranieller Kippfehler vor und das Bild wurde in der anterioren Ebene aufgenommen, nicht in der Standardebene.

Anhand dieser Bilder kommen Roovers et al. zu dem Ergebnis, dass 90,9% der Typ 3-Hüften nach Graf sich ohne therapeutische Maßnahmen zu einer Typ 1-Hüfte nach Graf entwickeln können. Das Bild b), welches dieses Ergebnis darstellen soll, ist jedoch aufgrund von einem Kippfehler und der nicht erfüllten Checkliste 2 nicht verwertbar. Daneben vergleichen Roovers et al. ein Ultraschallbild mit einem Röntgenbild. Von der Hüfte des zweiten Kindes wird kein Ultraschallbild angegeben, an dem man die Ergebnisse abgleichen könnte.

4.3.1.7 Rosendahl et al., Developmental dysplasia of the hip: prevalence based on ultrasound diagnosis

Rosendahl et al. stellten eine Assoziation zwischen der Morphologie der Hüfte und der Stabilität fest. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass einige pathologische Hüften von selbst heilen können (Rosendahl et al., 1996).

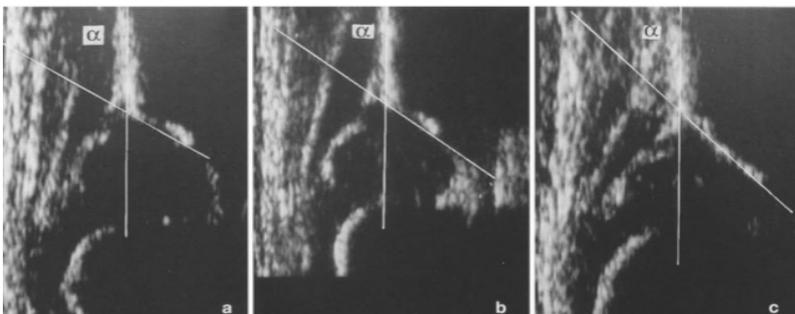


Abb. 36: Die Bilder sind nach Graf aufgenommen und zeigen eine normale (A), eine unreife (B) und eine dysplastische (C) Hüfte. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Rosendahl et al. (1996) übernommen.

Die Ultraschallbilder erfüllen die Kriterien nach Graf. Lediglich die Ausstellinie wurde nicht eingezeichnet. Alle Bilder sind verwertbar.

4.3.1.8 Lorente Moltó et al., Three-Year Prospective Study of Developmental Dysplasia of the Hip at Birth: Should All Dislocated or Dislocatable Hips Be Treated?

Lorente Moltó et al. empfehlen ein abwartendes Verhalten. Sie verwendeten die Methoden nach Graf und nach Terjesen (Lorente Moltó et al., 2002). Die Bilder in Abbildung 37 wurden nach Graf erstellt.

Bei den Bildern fällt auf, dass

- sie nicht nach Graf ausgerichtet sind, dies erschwert die anatomische Identifizierung.
- beim linken Bild die Grundlinie nicht eingezeichnet wurde (Ausstellinie und Pfannendachlinie sind als schwarze Linien erkennbar).
- Das rechte Bild stellt eine Untersuchung unter Stress dar, hier ist die KKG nicht vollständig abgebildet.

Das linke Bild entspricht den Kriterien nach Graf und ist somit verwertbar.

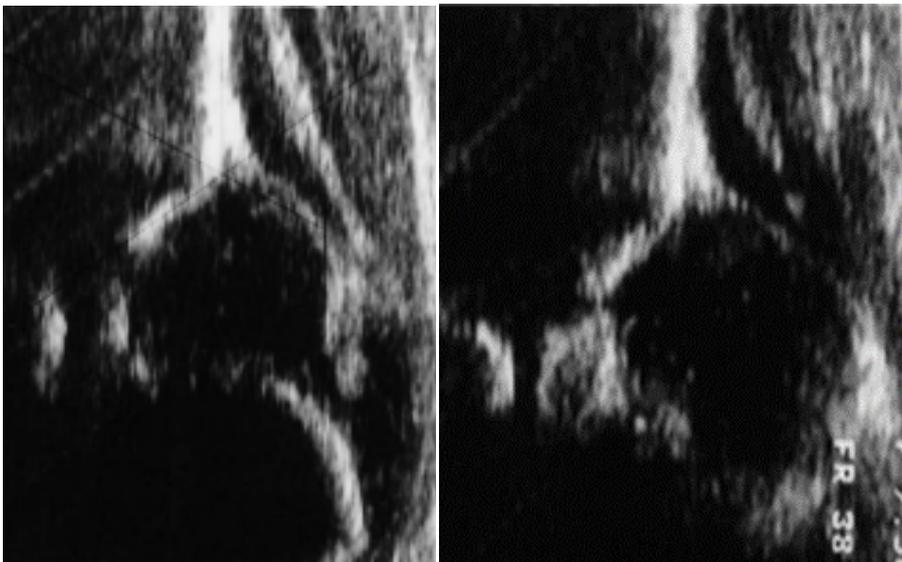


Abb. 37: Ultraschallbilder mit Einzeichnung der Ausstellinie und Pfannendachlinie (links) und unter Ausübung von Stress auf den Hüftkopf (rechts). Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Lorente Moltó et al. (2002) übernommen.

4.3.1.9 Holen et al., Ultrasound Screening for Hip Dysplasia in Newborns

Holen et al. untersuchten die Hüften anhand von Ultraschallbildern, welche ähnlich zu der Methode nach Graf erstellt wurden. Aufgrund der geringen Anzahl an späten Fällen und der niedrigen Interobserver-Variation, sehen die Autoren ihre Methode als geeignet an, um eine Hüftdysplasie zu diagnostizieren.

Holen et al. erstellten pro Hüfte jeweils ein Bild in einem transversen und einem longitudinalen Schnitt. Das Kind lag die ganze Zeit in Rückenlage. Anhand des Bildes im longitudinalen Schnitt wurden Messungen vorgenommen. Dieser Schnitt wird als ähnlich zu dem koronalen Schnitt von Graf beschrieben. Anders als bei Graf wurden jedoch keine Winkel bestimmt, sondern der Femoral Head Coverage (FHC) ähnlich dem Bony Rim Percentage (BRP). Die Autoren erklären ihre dynamische Untersuchungsmethode als einfacher durchführbar und zuverlässiger als die Graf-Methode. Insgesamt belegen Holen et al. ihre Ergebnisse mit drei Ultraschallbildern. Zu beachten ist hier, dass die zwei Ultraschallbilder in Abbildung 38 auf den ersten Blick wie Ultraschallbilder nach den Kriterien von Graf aussehen. Die Bilder sind in der sonographischen Ausrichtung abgebildet, aber ansonsten scheinen sie den Kriterien zu entsprechen. Diese Ultraschallbilder wurden jedoch nicht in die Ergebnisse dieser Arbeit miteinbezogen, da Holen et al. in ihrem Artikel erklären,

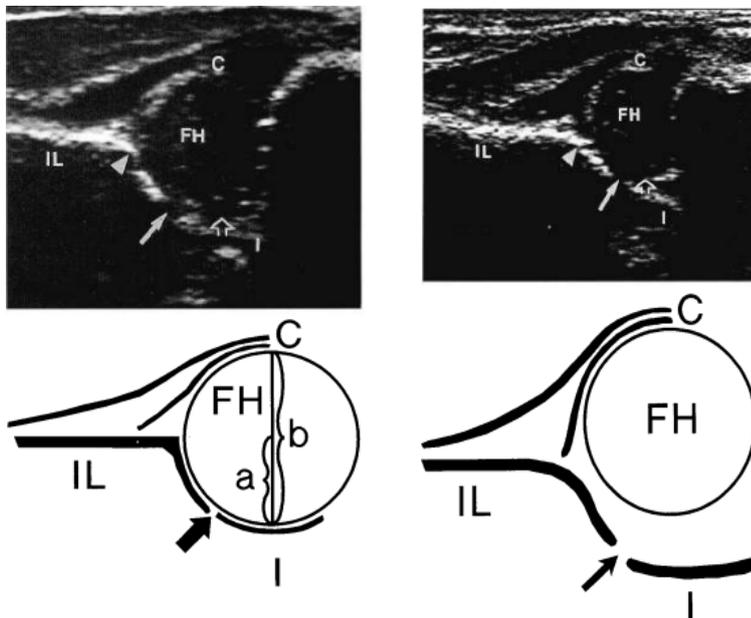


Abb. 38: Ultraschallbilder mit entsprechenden Skizzen. Die linken Bilder sollen die Bestimmung des FHC darstellen. Die rechten Bilder sollen einen Überblick über die anatomischen Strukturen geben. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Holen et al. (1994) übernommen.

dass die Ultraschallbilder nicht gezielt nach den Kriterien von Graf erstellt wurden. Lediglich der Schnitt durch den Hüftkopf sei ähnlich. Es wäre somit falsch an diesem Ultraschallbild die Checklisten 1 und 2 nach Graf abzuarbeiten.

4.3.1.10 Terjesen et al. Ultrasound for hip assessment in the newborn

Laut Terjesen et al. ist der BRP eine geeignete Screening-Methode für DDH. Im Rahmen ihrer Studie bestimmten sie nach ungefähr vier bis fünf Monaten an Ultraschallbildern den Alpha-Winkel nach Graf und den Acetabular-Index (AI).

Beispielhaft wird in der folgenden Abbildung 39 analysiert. Bei den sieben anderen Bildern, welche von Terjesen et al. angegeben wurden, finden sich ähnliche Fehler. In Abbildung 39 wurde der Alpha-Winkel und der AI bestimmt. In dem Ultraschallbild ist der Unterrand des Os ilium nicht vollständig dargestellt. Zudem ist das Os ilium verbreitert und nicht vollständig abgebildet. Dadurch kann ein Kippfehler nicht sicher ausgeschlossen werden und das Einzeichnen der Grundlinie ist erschwert. Das Bild entspricht nicht den Kriterien nach Graf und ist damit nicht verwertbar. (Terjesen et al., 1989a)

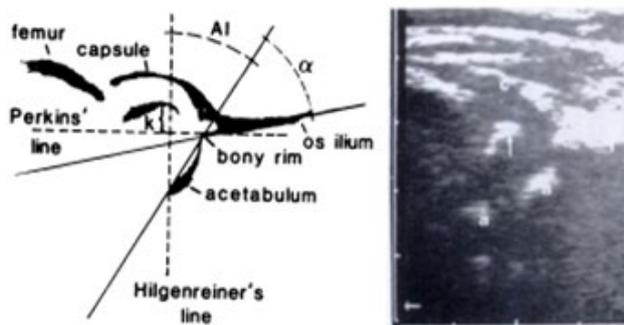


Abb. 39: Ultraschallbild mit entsprechender Skizze. An dieser wurde ein Überblick über die anatomischen Strukturen gegeben. Zudem wurde in der Skizze der Alpha und der Beta Winkel eingezeichnet. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Terjesen et al. (1989a) übernommen.

4.3.1.11 Rosendahl et al., Ultrasound Screening for Developmental Dysplasia of the Hip in the Neonate: The Effect on Treatment Rate and Prevalence of Late Cases

Rosendahl et al. untersuchten den Einfluss von Ultraschall-Screening auf die späten Fälle, die Diagnosestellung und die Behandlung einer DDH. Dazu untersuchten sie Neugeborene sonographisch und bestimmten den Alpha-Winkel (Rosendahl et al., 1994).

Bei der Abbildung 40 lassen sich folgende Fehler erkennen:

- Die Gelenkfalte und die Hüftkopfkapsel (anatomische Identifizierungspunkte 3 und 4) sind nicht richtig abgebildet.
- Der Femurkopf ist nicht erkennbar.
- Das Labrum ist nur teilweise abgebildet.

Aufgrund der nur unvollständigen Darstellungen wichtiger anatomischer Punkte in diesem Ultraschallbild, ist das korrekte Einzeichnen der Messlinien erschwert und Messfehler können auftreten. Dieses Ultraschallbild ist aufgrund der mangelhaften Darstellung des Labrums und der Hüftkopfpfanne nicht verwertbar.



Abb. 40: Bei diesem Ultraschallbild wurde weder die Checkliste 1 noch die Checkliste 2 erfüllt. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Rosendahl et al. (1994) übernommen.

4.3.1.12 Rosendahl et al. Immediate treatment versus sonographic surveillance for mild hip dysplasia in Newborns

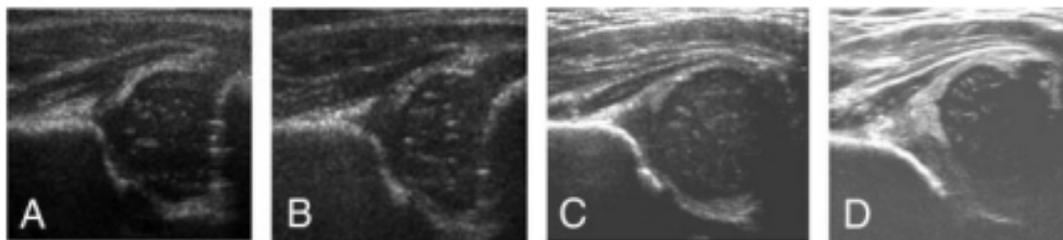


Abb. 41: Alle Ultraschallbilder wurden nach der modifizierten Graf Methode von Rosendahl erstellt. Bild A zeigt eine Hüfte mit einem Alpha Winkel von $>60^\circ$, B zeigt eine unreife Hüfte mit einem Alpha Winkel zwischen $50^\circ <$ und $<60^\circ$, C zeigt eine Hüfte eine milde Dysplasie mit einem Alpha Winkel zwischen $43^\circ <$ und $<50^\circ$, D zeigt eine Hüfte mit einer signifikanten Dysplasie mit einem Alpha Winkel von $<43^\circ$. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitt aus Rosendahl et al. (2010) übernommen.

Rosendahl et al. beurteilten, ob milde dysplastische stabile oder instabile Hüften von einer frühen Therapie profitieren würden und untersuchten hierzu Neugeborene anhand einer modifizierten Graf-Methode (Rosendahl et al., 2010).

In ihrem Artikel geben sie als Beispiel vier Ultraschallbilder an, welche im Folgenden analysiert werden. Die vier Ultraschallbilder zeigen vier verschiedene Hüfttypen. Bei den Bildern c und d fehlt die KKG. Sie können deswegen nicht verwendet werden. Bei den Bildern a und b ist die KKG aufgrund des kleinen Bildausschnitts nur teilweise abgebildet, zudem lässt sich aufgrund des kleinen Bildabschnitts das Os ilium nicht in seinem ganzen Verlauf beurteilen. Es kann nicht sicher festgestellt werden, ob das Bild in der Standardebene aufgenommen wurde oder ob Kippfehler vorhanden sind. Alle vier Bilder sind nicht verwertbar.

4.3.1.13 Graf, The Diagnosis of Congenital Hip-Joint Dislocation by the Ultrasonic Compound Treatment

In diesem Artikel gibt Graf eine Übersicht über seine Ultraschallmethode. Er erklärt die Methode vom anatomischen Prinzip bis hin zur richtigen Ausführung. In seiner Arbeit gibt er zahlreiche Ultraschallbilder an, in denen er verschiedene Ebenen und anatomische Besonderheiten erklärt (Graf, 1980). Zu beachten ist, dass die Ultraschallbilder als Erklärung für die Ultraschalldiagnostik der Säuglingshüfte und nicht für die Ausmessung von Winkeln dienen. Zu diesem Zeitpunkt waren die Grundlagen der Methode nach Graf, sowie die Inhalte der Checkliste 1 und 2 noch nicht entwickelt worden.



Abb. 42: Diese Ultraschallbilder dienen als Erklärung für die Ultraschalldiagnostik der Säuglingshüfte und nicht für die Ausmessung von Winkeln. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf (1980) übernommen.

Folglich wäre es falsch, an diesen Bildern die beiden Checklisten von Graf abarbeiten zu wollen. Beispielhaft ist ein Bild aus der Arbeit dargestellt. Die Bilder wurden als nicht verwertbar eingestuft.

4.3.2 Beispielhafte Bilder der PubMed-Recherche

4.3.2.1 Colta et al., Hip dysplasia screening - epidemiological data from Valcea County

Colta et al. untersuchten die verschiedenen Risikofaktoren der Hüftdysplasie. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass die Graf-Methode eine geeignete Methode für die Evaluation der Säuglingshüfte ist, sowohl quantitativ wie auch qualitativ. Die Methode eignet sich zur Ermittlung von Pathologien sowie zur Nachkontrolle und Behandlung. Zudem sei ein generelles Schulungsprogramm von Vorteil (Colta et al., 2016).

Abbildung 43 zeigt die Ultraschallbilder von Colta et al., das linke Ultraschallbild zeigt eine normale Hüfte nach der Graf-Methode. Die Alpha- und Beta-Winkel wurden eingezeichnet und vermerkt. Dieses Bild ist nicht verwertbar.

Folgende Fehler lassen sich in diesem Bild erkennen:

- Die KKG ist nicht abgebildet.
- Das Os ilium und sein Unterrand lassen sich nur erahnen.
 - Standardebene und eventuelle Kippfehler sind nicht feststellbar.
 - Aufgrund des fehlenden Unterrands des Os Iliums hätte die Pfannendachlinie nicht eingezeichnet werden dürfen. Es kann nicht festgestellt werden, ob sie den Unterrand schneidet, und ist demnach nicht brauchbar.
- Das Bild ist zudem nicht richtig ausgerichtet, dies erschwert die anatomische Identifizierung.

Das rechte Ultraschallbild in Abb. 43 zeigt eine moderate Dysplasie. Folgende Fehler lassen sich in diesem Bild erkennen:

- Die KKG ist nicht dargestellt.
- Die Alpha- und Beta-Winkel wurden nicht eingezeichnet.
- Das Bild wurde nicht richtig ausgerichtet, dies erschwert die anatomische Identifizierung.

Beide Bilder sind unbrauchbar und hätten nicht verwertet werden dürfen. Colta et al. sprechen sich, im Gegensatz zu den von Sakkers größtenteils verwendeten Quellen, für die Graf-Methode aus (Colta et al., 2016). Dennoch belegen sie ihre Aussagen mit fehlerhaften Bildern. Colta et al. befürworten die Idee einer generellen Schulung für die Graf-Methode (Colta et al., 2016). Dies zeigt, dass der Wunsch nach einer ausreichenden Schulung und Weiterbildung zum Thema Ultraschalldiagnostik nach Graf vorhanden ist und auch benötigt wird, da auch Befürworter der Methode teilweise Wissenslücken in der Bilderstellung aufweisen.

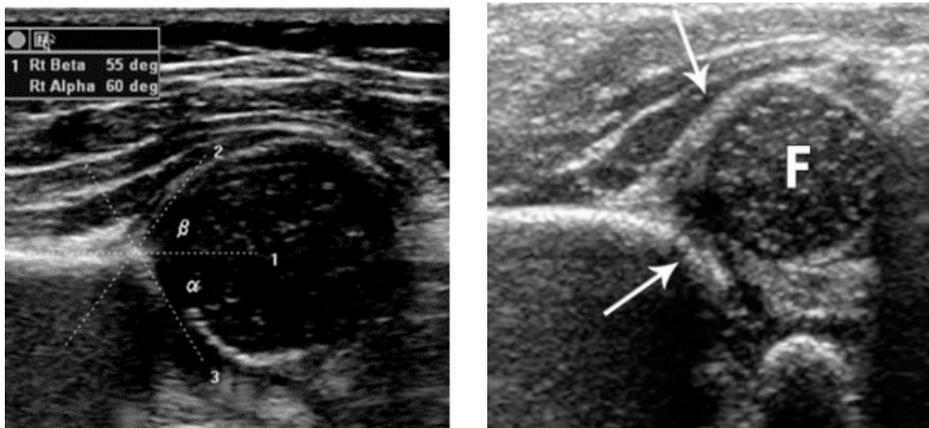


Abb. 43: Das linke Ultraschallbild soll eine normale Hüfte zeigen. Das rechte Ultraschallbild soll eine milde dysplastische Hüfte zeigen. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Colta et al. (2016) übernommen.

4.3.2.2 Peterlein, Reproducibility of different screening classifications in ultrasonography of the newborn hip

Peterlein et al. untersuchten in ihrer Studie die Reproduzierbarkeit der Methode nach Graf und der Methode nach Terjesen. Es konnte eine starke intraobserver Reproduzierbarkeit dargestellt werden, welche am stärksten für den Alpha-Winkel und am schwächsten für den FHC war. Erfahrene Orthopäden erzielten die beste Reproduzierbarkeit bei der Methode nach Graf. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass eher bei objektiven Beurteilungen Messunterschiede unabhängig vom Untersucher entstehen (Peterlein et al., 2010). Peterlein gibt in seiner Studie ein Ultraschallbild nach Terjesen und eins nach Graf an. Im Folgenden wird das Ultraschallbild nach Graf beurteilt.

Dieses Ultraschallbild erfüllt alle Kriterien nach Graf:

- Es beinhaltet alle anatomischen Identifizierungspunkte.
- Die Grund-, Ausstell-, und die Pfannendachlinie sind exakt eingezeichnet.
- Alpha- und Beta-Winkel wurden bestimmt.
- Das Ultraschallbild wurde in der Standardebene aufgenommen.
- Es besteht kein Kippfehler.

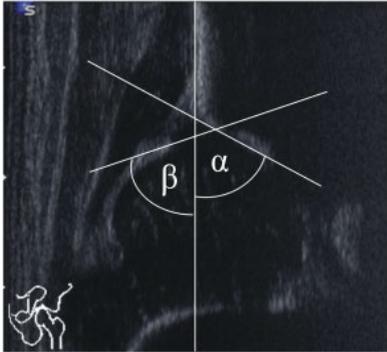


Abb. 44: Ultraschallbild, welches die Kriterien der Checkliste 1 und 2 erfüllt. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Peterlein et al. (2010) übernommen.

4.3.2.3 Voitl, Ultrasound of the infant hip: manual fixation is equivalent to Graf's technique regarding image quality—a randomized trial

Voitl et al. untersuchten in ihrer Studie, ob eine manuelle Fixation des Kindes durch die Eltern denselben Effekt wie die Fixierung mit Hilfe der Lagerungsschale hat. Ihre Hypothese konnten die Autoren bestätigen. Sie bewerten beide Untersuchungsmethoden als vergleichbar (Voitl et al., 2019). Es wurden drei Bilder nach Graf angegeben, die im Folgenden beurteilt werden.

Alle drei Bilder sind nach den Kriterien nach Graf erstellt und verwertbar:

- Es wurden alle anatomischen Identifizierungspunkte abgebildet.
- Die Grund-, Ausstell- und die Pfannendachlinie eingezeichnet.
- Alpha- und Beta-Winkel wurden berechnet.
- Das Bild wurde entsprechend nach Graf ausgerichtet.
- Die Standardebene wurde eingestellt.

- Es ist kein Kippfehler erkennbar.

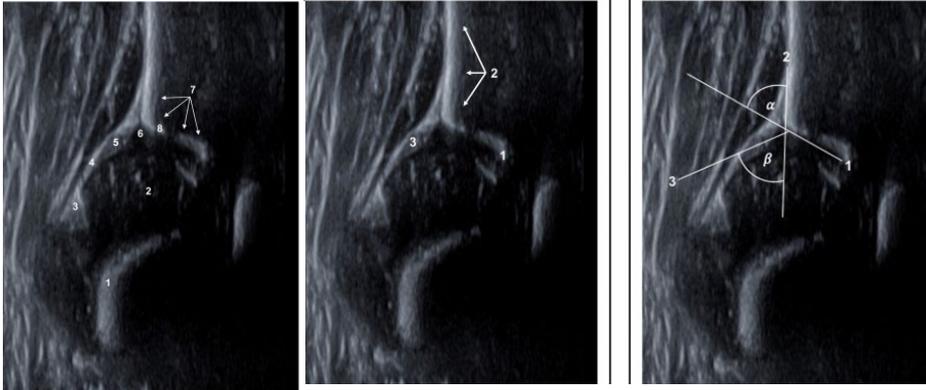


Abb. 45: Ultraschallbilder, die nach den Kriterien der Graf Methode erstellt wurden. Das linke Ultraschallbild zeigt die anatomischen Identifizierungspunkte. Das Ultraschallbild in der Mitte die Landmarken. Das rechte Bild zeigt die Grund-, Ausstell- und Pfannendachlinie, sowie den Alpha und Beta Winkel. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Voitl et al. (2019) übernommen.

4.3.3 Eigene Quellen von Sakkers und Pollet

In einer der gefundenen Quellen gehört Sakkers zu den Co-Autoren. In dieser Quelle wird anhand eines Ultraschallbildes der Alpha-Winkel bestimmt. Im Artikel wird beschrieben, dass das Bild nach Graf und nach Morin ausgemessen wurde (Spaans et al., 2019). Zum besseren Verständnis wurde das Bild von der sonographischen Projektion in die von Graf vorgesehene Projektion gedreht.

Das Ultraschallbild von Spaans et al. ist nicht verwertbar, da

- es in der sonographischen Projektion abgebildet wurde und nicht in der von Graf vorgesehenen Projektion. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit für Messfehler erhöht. (Graf et al., 2010)
- das Os ilium verbreitert und verkürzt dargestellt ist, dadurch kann die Grundlinie nicht sicher eingezeichnet werden und das Bild nicht ausgemessen werden.
- die Umschlagfalte, die Gelenkkapsel und das Labrum verbreitert dargestellt sind, dadurch kann die Ausstelllinie nicht exakt eingezeichnet werden.
- die oben beschriebenen Fehler zu verfälschten Winkelgrößen führen. Insbesondere der Beta-Winkel kann in diesem Bild nicht korrekt bestimmt werden.

Das Ultraschallbild erfüllt nicht die Kriterien der Checkliste 1 und 2 und hätte deswegen nicht verwendet werden dürfen.



Abb. 46: Ultraschallbild in der sonographischen Ausrichtung (links), Röntgenbild der Hüfte (mittig), Ultraschallbild wurde zur besseren Beurteilung in die von Graf empfohlene Ausrichtung gedreht (rechts). Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Spaans et al. (2019) übernommen.

4.3.4 Fazit der Bilderanalyse

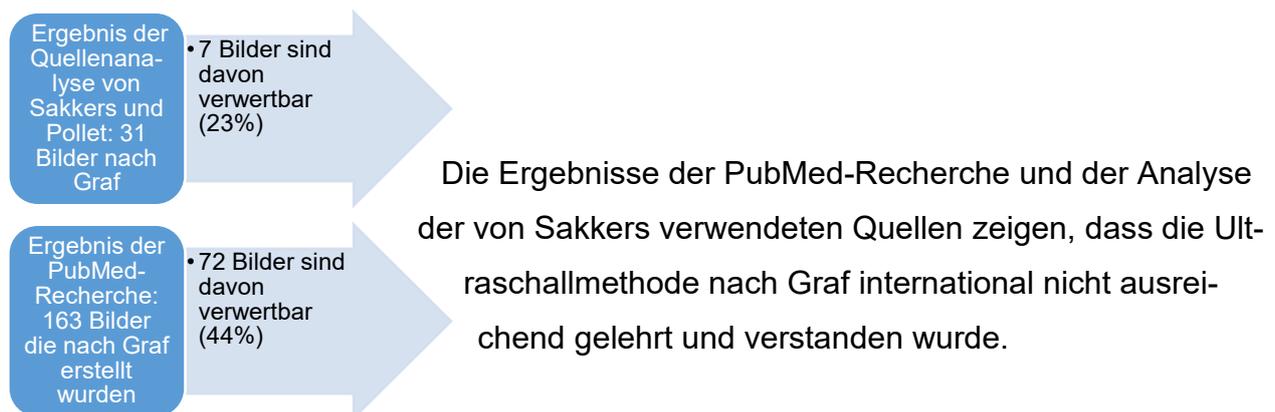


Abb. 47: Fazit der Bilderanalyse, aus den von Sakkers und Pollet (2018) verwendeten Quellen (oben). Ergebnis der Analyse der bei der PubMed-Recherche gefundenen Quellen (unten).

Sakkers und Pollet bewerten in ihrer Metaanalyse verschiedene Artikel, die sich mit pathologischen Hüften bei Kindern unter 6 Monaten befassen. In diesen Artikel werden Ultraschallbilder verwendet, welche nach der Graf Methode erstellt sein sollen, jedoch nicht die entsprechenden Kriterien erfüllen. Bei einem fundierten Wissen über die Ultraschallmethode nach Graf hätten die fehlerhaften Bilder den beiden Autoren auffallen müssen. Obwohl die Graf-Methode eine der am stärksten diskutierten Ultraschallmethoden ist, wird sie nur von den Wenigsten richtig verstanden und gelernt. Insgesamt wird die Methode international auf der Grundlage einer mangelhaften Methodenumsetzung bewertet. Diese

These wird durch die PubMed-Recherche bestätigt. Zwei Drittel der Quellen mit Bildern der PubMed-Recherche sind nicht verwertbar. Bei den Quellen, die keine Bilder angeben, kann theoretisch nicht ausgeschlossen werden, dass die Untersucher fehlerhafte Bilder erstellt haben. Zudem sind die Ergebnisse ohne entsprechendes Bildmaterial schlecht nachvollziehbar.

Ein weiterer Punkt ist, dass größtenteils nur Kinder mit Risikofaktoren in die Untersuchungen einbezogen oder nachuntersucht wurden. Dies führt dazu, dass die spät erkannten Fälle zwar niedrig sind, diese Inzidenzen entsprechen jedoch nicht der Realität. Es gibt keine Informationen darüber, wie sich die Kinder ohne Risikofaktoren und negative Klinik entwickelt haben. Eine Folge sind entsprechende behandlungsbedürftige Komplikationen (Kraus und Novak, 2018).

Bei der Bilderanalyse der verschiedenen Quellen fiel auf, dass

- gerade einmal ein Drittel der veröffentlichten Ultraschallbilder nach der Methode von Graf verwertbar sind.
- sich die Fehler bei der Bilderstellung ähneln, so dass
 - fehlende anatomische Identifizierungspunkte,
 - Kippfehler und
 - eine falsche Bildprojektiondie häufigsten Fehler sind.

4.4 Diskussion der Materialien und der Methode

Zur Beantwortung der Frage dieser Dissertation wurden die Quellen von Sackers und Pollet analysiert und bewertet. Aufgrund der eher kritischen Meinung von Sackers und Pollet und ihren verwendeten Quellen wurde zum Teil nur eine sehr einseitige Sicht auf die Methode nach Graf und das Ultraschallscreening gelegt. Aus diesem Grund wurde das Meinungsbild mit Hilfe von einigen PubMed-Recherchen erweitert. Hier lag der Fokus auf der Graf-Methode. Für ein besseres Verständnis hätten hier weitere Untersuchungsmethoden und deren Vor- und Nachteile unter die Lupe genommen werden können. Dies

hätte jedoch die Fragestellung dieser Arbeit verfehlt. Da das Thema DDH von vielen Forschern und Ärzten diskutiert wurde, gibt es zahlreiche Quellen zu diesem Thema. Um auch hier der Fragestellung und der Intention der Arbeit gerecht zu werden, wurde der Fokus auf den Zeitraum ab dem Jahr 1996 gelegt. Das Jahr 1996 wurde gewählt, da in diesem Jahr die Durchführung eines Hüftscreenings bei Neugeborenen anhand der Graf-Methode in Deutschland gesetzlich festgelegt wurde. Ein größerer zeitlicher Ausschnitt hätte vielleicht zu einem anderen Ergebnis geführt, wäre aber für die Beantwortung der Frage nicht zielführend gewesen. Weiterhin handelt es sich bei dieser Arbeit um eine Literaturliteraturarbeit, folglich wurden nur schon bereits veröffentlichte Arbeiten betrachtet, so dass das Ergebnis dieser Arbeit von den bereits veröffentlichten Ergebnissen abhängig war. Dennoch ist diese gewählte Methode hinsichtlich Fragestellung zielführend. Eine einzelne Studie könnte nicht das internationale Meinungsbild widerspiegeln, wie es die Analyse verschiedener Quellen kann. Mit Hilfe dieser Literaturrecherche wurden verschiedenste Meinungen bezüglich der Methode nach Graf gesichtet und analysiert. Da der Fokus insbesondere auf den Ultraschallbildern lag, konnte nur mit Hilfe dieser Methode ein breites Bild der verschiedensten Ultraschallbilder abgebildet werden. Somit waren die gewählten Materialien und die gewählte Methodik für die Fragestellung zielführend.

4.5 Schlussfolgerung

Diese Dissertation beschäftigte sich mit der Frage, ob international Uneinigkeit hinsichtlich der Graf-Methode als Screening-Methode für die Diagnostik einer Hüftdysplasie herrscht oder nicht. Bei der Quellenanalyse fiel auf, dass sich die einzelnen Studien und Metaanalysen in ihren Kritikpunkten ähnelten.

Die am häufigsten genannten Kritikpunkte waren:

- eine Übertherapie,
- eine Überdiagnostik sowie
- eine komplizierte Untersuchung.

In dieser Arbeit konnten diese Kritikpunkte widerlegt und das Gegenteil mit Hilfe von Gegenstudien bewiesen werden. Daneben belegte ein Großteil der Quellen ihre Aussagen mit keinen oder fehlerhaften Ultraschallbildern nach der Methode von Graf. Die entsprechenden Ergebnisse sind somit in Frage zu stellen.

Das Ergebnis dieser Literaturlarbeit bestätigt, dass international Uneinigkeit hinsichtlich der Graf-Methode als Screening-Methode herrscht. Dies liegt primär daran, dass die Methode nicht richtig angewendet wurde. Aufgrund der Anforderungen von Graf scheint seine Methode für einige Untersucher sehr aufwendig und kompliziert in der Umsetzung zu sein (Gardiner und Dunn, 1990; Holen et al., 1994; Morin et al., 1985; Terjesen et al., 1989a). Daneben stellt Graf hohe apparative Anforderungen; welche nicht nur kostspielig, sondern auch aufwendig zu handhaben sind. Andere Ultraschallmethoden scheinen einfacher und günstiger in der Durchführung. Beispielsweise wird bei der Anwendung der Ultraschallmethode nach Harcke keine Lagerungsschale oder eine Schallkopfführung benötigt (Harcke und Grissom, 1990).

Trotz aller Kritik ist die Methode nach Graf sehr verbreitet, da sie eine sehr sichere Methode für die Diagnostik einer Hüftdysplasie ist (Falliner et al., 2006; O'Beirne et al., 2019; Ömeroglu et al., 2014). Keine andere Methode ist so sensitiv und reproduzierbar wie die Methode nach Graf (Falliner et al., 2006; Peterlein et al., 2010). Die strengen Leitlinien nach Graf garantieren eine standardisierte Untersuchung, die so von jedem weiteren Untersucher nachvollzogen werden kann.

Die Ergebnisse der Analyse legen eine Empfehlung für ein universelles Ultraschall-Screening unabhängig von Risikofaktoren nahe, wobei nach diesseitiger Sicht die Methode nach Graf sinnvoll wäre.

4.6 Ausblick in die Zukunft

Um die Uneinigkeiten bezüglich der Graf-Methode zu minimieren, wäre eine international standardisierte Schulung und ein Qualitätsmanagement wünschenswert. Dadurch könnten Fehler in der Bilderstellung und daraus folgende Messfehler vermieden werden. Zudem wäre eine international einheitliche Ultraschallmethode hilfreich, denn so wären Ergebnisse vergleichbar und ein Austausch zwischen den Untersuchenden möglich. Um die Langzeitvorteile eines generellen Ultraschall-Screenings besser beurteilen zu können, wäre ein häufigeres und längerfristiges Screening notwendig. Denn neben einer einheitlichen Ultraschallmethode fehlt es an ausreichenden Langzeitstudien.

Die Graf-Methode ist eine der erfolgreichsten Ultraschallmethoden; dies kann allein durch ihre Bekanntheit wie auch durch die zahlreichen kritischen Studien und Artikel bewiesen

werden. Keine andere Ultraschallmethode wird so diskutiert wie die Methode nach Graf. Daneben ist die Graf-Methode am sensitivsten und identifiziert pathologische Hüften (Irha et al., 2004). Anstatt dies als etwas Negatives zu betrachten, sollte dies als Vorteil gegenüber den eingeschränkten klinischen Untersuchungen gesehen werden. Ein universelles Screening könnte die späten Fälle einer Hüftdysplasie auf ein Minimum reduzieren.

5. Zusammenfassung

Diese Literatuarbeit beschäftigt sich mit der Fragestellung: „Ultraschallmethode nach Graf - internationale Uneinigkeit: ja oder nein?“. Zur Beantwortung dieser Frage wurde der Artikel von Sakkers und Pollet „The natural history of abnormal ultrasound findings in hips of infants under six months of age“, in der die Ultraschallmethode nach Graf kritisch beurteilt wird, analysiert. Insgesamt wurden von den 43 von Sakkers verwendeten Quellen 41 Quellen analysiert. Sie wurden inhaltlich auf Kritikpunkte geprüft und eventuell vorhandene Bilder wurden, falls diese nach Graf erstellt wurden, auf ihre Verwertbarkeit untersucht. Neben den von Sakkers verwendeten Quellen wurden insgesamt 43 weitere Quellen mit Ultraschallbildern durch eine PubMed-Recherche gefunden. Diese wurden auf ihre Verwertbarkeit geprüft. Es konnten bei der Quellenanalyse sechs sich wiederholende Kritikpunkte festgestellt werden, von denen fünf weiter aufgearbeitet wurden. Der Kritikpunkt über zu hohe Kosten wurde aufgrund der komplexen internationalen Unterschiede nicht weiter analysiert. In absteigender Häufigkeit waren dies Übertherapie (24 Quellen, 80 %), Überdiagnostik (21 Quellen, 70 %), komplizierte Untersuchung (9 Quellen, 30 %), Behandlungskomplikationen (7 Quellen, 23 %), Belastung der Kinder/Eltern (5 Quellen, 17 %). 30 Quellen beschäftigen sich mit der Graf-Methode. Insgesamt gab es 18 Quellen, die 168 Ultraschallbilder verwendeten. 14 dieser Quellen befassten sich inhaltlich mit der Graf-Methode. 9 Quellen gaben Ultraschallbilder nach der Methode von Graf an. Insgesamt wurden **31 Bilder** nach der Graf-Methode angegeben. Von diesen 9 Quellen hatten **4 Quellen** verwertbare Bilder nach Graf, was insgesamt **7 Bilder** waren. Die Kritikpunkte wurden anschließend diskutiert und anhand von weiteren Quellen widerlegt.

Komplizierte Untersuchung: Die Graf-Methode scheint für Kritiker durch die zu erfüllenden Checklisten aufwendig in der Durchführung. Gleichzeitig ist die Methode dadurch für jeden weiteren Untersucher nachvollziehbar und reproduzierbar. **Übertherapie:** Durch ein Ultraschall-Screening werden mehr Hüften behandelt, dennoch können größere Operationen und längere Krankenhausaufenthalte vermieden werden. **Belastung der Eltern:** Die Ultraschalluntersuchung an sich birgt keine gesonderte Belastung für die Eltern. Gezielte Schulung der Eltern und emotionale Betreuung der Familien können den Krank-

heitsverlauf positiv beeinflussen. **Überdiagnostik:** Eine Ultraschallmethode führt aufgrund ihrer Sensitivität zu häufigeren Behandlungen. Für einen bestmöglichen Behandlungserfolg ist eine frühe Therapie notwendig. **Zu viele Komplikationen:** Es konnte gezeigt werden, dass durch einen frühen Behandlungsbeginn die Komplikation einer avaskulären Nekrose reduziert werden kann.

Bei der Bilderanalyse fiel auf, dass nur ein geringer Teil der Bilder nach Graf erstellt wurde. Durch eine geeignete Schulung und durch ein internationales Qualitätsmanagement, wie es in Deutschland vorhanden ist, könnten die Ultraschallfähigkeiten der Untersucher verbessert und die Bildqualität erhöht werden. Es herrscht internationale Uneinigkeit bezüglich der Graf-Methode und der generellen Ultraschalluntersuchung als Diagnostikmethode. Eine international allgemein anerkannte Ultraschallmethode wäre wünschenswert. Dies würde einen besseren internationalen Austausch ermöglichen.

6. Anhang

Tab. 1: Inhalt der verwendeten Quellen von Sackers und Pollet (Ja (0)/Nein (1)/Teilweise (2)/Keine Angabe (3))

Quelle	Inhalt	Methode	Herkunftsland	Bilder	Anzahl
Bialik et al., 1998	Durch einen verzögerten Behandlungsbeginn könne die Behandlungsrate reduziert werden.	Graf	Israel	1	
Bracken und Ditchfield, 2012	Die Autoren unterstützen die Empfehlung der ESPR und sprechen sich für ein selektives Screening bei Kindern mit Risikofaktoren aus, wie bspw. positive Familiengeschichte, Fußdeformitäten, Steißgeburt und klinische Auffälligkeiten.	9 nach Graf (keins verwertbar) /1 nach Morin/ 4 nach Harcke)	Australien	0	14
Castelein et al., 1992	Die Autoren empfehlen, nicht alle Kinder mit Hilfe eines Ultraschalls zu screenen, sondern nur die, die klinische Auffälligkeiten zeigen.	1 nach Graf (nicht verwertbar) /2 nach Harcke	Niederlande	0	3
Chen et al., 2010	Es müssen nicht alle pathologischen Hüften behandelt werden, auch die Typ 3- und 4-Hüften benötigen häufig keine Behandlung.	Graf (alle nicht verwertbar)	Taiwan	0	4
Dessi et al., 2009	Die Autoren befürworten ein routinemäßiges Ultraschall-Screening, da dies die einzige Methode sei, eine Dysplasie rechtzeitig zu erkennen. Zudem befürworten sie eine rechtzeitige Behandlung, da damit die Prognose verbessert werden kann. Sie empfehlen ein Ultraschall-Screening für alle Kinder im Alter von 4-6 Wochen unabhängig von eventuellen Risikofaktoren oder ihrer Klinik.	Graf	Italien	1	
Falliner et al., 1999	Es wurden Hüften klinisch und sonographisch untersucht, es konnten hierbei die Bedeutung von Risikofaktoren belegt werden.	Graf	Deutschland	1	
Gardiner und Dunn, 1990	Die Autoren empfehlen, dysplastische Hüften nicht direkt zu behandeln, sondern erst zwei Wochen abzuwarten.	Graf	UK	1	
Graf, 1980	In diesem Artikel stellt Graf seine Ultraschallmethode vor und erklärt Schritt für Schritt die wichtigsten Punkte seiner Methode.	Graf (Alle nicht verwertbar aufgrund alter Aufnahmen)	Deutschland	0	67

Quelle	Inhalt	Methode	Herkunftsland	Bilder	Anzahl
Harcke und Pruszcynski, 2017	In diesem Artikel stellt Harcke die 50% Regel vor. Diese soll als Hilfsmittel bei der Anwendung seiner Methode dienen. Die 50% Regel besagt, dass in einer gesunden Hüfte das Acetabulum 50% des Hüftkopfs bedecken sollte. Er vergleicht zudem die Aussagekraft des Alpha-Winkels mit seinem d/D.	Harcke Messungen nach Graf (Alpha-Winkel)	USA	0	3
Harcke und Grissom, 1990	In diesem Artikel wird die dynamische Ultraschalluntersuchung nach Harcke beschrieben, die auf der Durchführung von Stressmanövern basierend auf den klinischen Tests beruht.	Harcke	USA	0	13
Holen et al., 1994	Aufgrund der moderaten Interobserver-Variation und der wenigen späten Fälle sprechen sich die Autoren für diese Screening-Methode aus und befürworten ein selektives Screening.	Bilder ähnlich nach der Methode von Graf, Messungen nach Terjesen	Norwegen	0	3
Jordann et al., 2009	In dieser Studie wird das Risiko für Osteoarthritis der Hüfte bei Afro-Amerikanern und Kaukasiern, die älter als 45 Jahre sind, beurteilt. Die Autoren empfehlen, die Ergebnisse der Studie in das Gesundheitssystem zu integrieren, und die Afro-Amerikanische Bevölkerung nicht zu vernachlässigen.	Verwendet kein Ultraschall.	USA	1	
Kokavec und Bialik, 2007	In dieser Studie wurde beobachtet, ob unbehandelte Hüften von selbst heilen oder sich zu einer Dysplasie entwickeln. Die Autoren empfehlen eine Unterscheidung zwischen echter DDH und sonographischer DDH, welche mit der Zeit von selbst heilt.	Graf	Slowakei	1	
Kosar et al., 2011	In dieser Studie wurde der Zusammenhang von DDH und männlichen Kindern beurteilt. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass bei einem alleinigen selektiven Screening-Programm, beruhend auf den Risikofaktoren, 28 % der Fälle mit DDH übersehen worden wären.	Graf	Türkei	1	
Laborie et al., 2014	Die Autoren sehen ihre Studienergebnisse als Empfehlung für ein selektives Screening.	4 nach Graf (nicht verwertbar), 4 nach Rosendahl	Norwegen	0	8
Lorente Moltó et al., 2002	Die Autoren empfehlen ein abwartendes Verhalten, da dadurch nicht nur unnötige Behandlungen vermieden, sondern auch Kosten reduziert werden können.	2 nach Graf (1 von 2 verwertbar), 1 nach Terjesen	Spanien	0	3

Quelle	Inhalt	Methode	Herkunftsland	Bilder	Anzahl
Marks et al., 1994	Die Autoren stellten fest, dass umso älter das Kind war, desto wahrscheinlicher war es, dass seine Dysplasie ausgeheilt war. Sie empfehlen ein generelles Ultraschall-Screening, da es Fälle gab, die erst durch eine Ultraschalluntersuchung entdeckt wurden.	Harcke	UK	0	9
Morin et al., 1985	Laut den Autoren kann der Ultraschall das Röntgen nicht komplett ersetzen, es aber sehr gut ergänzen.	Morin	USA	0	6
Munkhuu et al., 2013	Die Autoren sprechen sich für eine frühe Behandlung aus, da die Hüfte zu diesem Zeitpunkt noch am besten wächst.	Graf	Mongolei	1	
Murphy et al., 2010	In dieser Studie wurde das Risiko für Osteoarthritis anhand von einer Kohorte mit dem Durchschnittsalter 63 Jahre beurteilt.	Stellt keine Ultraschallmethode vor.	USA	1	
Patel und die Canadian Task Force on Preventive Health Care, 2001	Das Ergebnis der Metaanalyse ist, dass universelles Ultraschall-Screening nicht empfohlen wird, hingegen selektives klinisches Screening empfohlen werden kann. Durch ein Ultraschall-Screening werden mehr falsch positive Kinder gefunden als durch ein klinisches Screening. Zudem wird empfohlen kein generelles Röntgenscreening durchzuführen. Es wird eher empfohlen, auffällige Kinder zu beobachten, als diese zu behandeln.	Stellt verschiedene Methoden vor und gibt Empfehlungen. Keiner einzigen Methode zuordenbar.	Kanada	1	
Paton, 2017	Paton erklärt in dieser Review, dass er das Screening auf DDH eher als Surveillance und nicht als generelles Screening empfehlen würde.	Stellen verschiedene Methoden vor, keiner einzelnen Methode zuordenbar.	UK	1	
Pollet et al., 2017	Pollet et al. beurteilten den Verlauf von stabilen dysplastischen Hüften mit Behandlung und ohne Behandlung.	Graf	Niederlande	1	
Riboni et al., 2003	In dieser Studie wird das Ultraschall-Screening nach der Methode von Graf beurteilt. Die Autoren empfehlen ein Ultraschall-Screening nach einem und nach vier Monaten.	Graf	Italien	1	

Quelle	Inhalt	Methode	Herkunftsland	Bilder	Anzahl
Roovers et al., 2005	Roovers und seine Kollegen untersuchten in dieser Studie 5.170 Kinder anhand der Graf-Methode. Sie untersuchten, wie sich die einzelnen Hüfttypen ohne Behandlung entwickelten. Die Autoren erklären, dass normale Hüften normal bleiben, aber auch die Möglichkeit bestehe, dass sie pathologisch werden. Unreife Hüften könnten zum Großteil von selbst heilen. Für die Hüfttypen 2c und D empfehlen sie eine Behandlung, eine aktive Nachuntersuchung sei aber zu bevorzugen.	Graf (1 von 3 verwertbar)	Niederlande	0	3
Roposch und Wright, 2007	Die Autoren befürworten die klinische Untersuchung, da eine Erkrankung durch ihre klinische Erscheinung definiert wird. Ultraschall führte zu einer hohen Rate von falsch positiven Fällen.	Graf	UK	1	
Roposch et al., 2013	Bei dieser Umfrage wurden die wichtigsten Diagnose-Kriterien für DDH in ihrer Bedeutung beurteilt und daraufhin untersucht, ob geographische Uneinigkeit herrscht.	Graf	UK	1	
Rosenberg und Bialik, 2002	In dieser Studie wird die Bedeutung der klinischen und sonographischen Untersuchung bei der Diagnostik von DDH beurteilt. Die Autoren empfehlen eine Kombination beider Methoden und eine ausreichende Schulung, da bei fehlendem Wissen bei beiden Untersuchungen Fehler auftreten können.	Graf	Israel	1	
Rosendahl et al., 1994	Es konnte eine Reduktion der späten Fälle durch ein Ultraschallscreening festgestellt werden, dafür erhöhte sich der Diagnostik und der Therapie Aufwand.	Graf	Norwegen	0	1
Rosendahl et al., 1996	Die Autoren untersuchten Hüften anhand der modifizierten Graf-Methode und der Methode nach Barlow. Es konnte eine Verbindung zwischen der Hüftmorphologie und der sonographischen Stabilität gezeigt werden. Anhand der Ergebnisse sind die Autoren der Meinung, dass DDH eine hohe Spontanheilungsrate hat.	Graf (alle verwertbar)	Norwegen	0	3

Quelle	Inhalt	Methode	Herkunftsland	Bilder	Anzahl
Rosendahl et al., 2010	Bei dieser Studie wurden 128 Hüften mit milder Dysplasie, welche entweder stabil oder instabil waren, daraufhin untersucht, ob sie von einer frühen Behandlung oder von einer Beobachtung profitieren. Das Ergebnis dieser Studie ist, dass eine Nachuntersuchung die Zahl der Kinder, die behandelt werden müssen, halbieren kann, ohne die Dauer der Behandlung zu verlängern und zu denselben Ergebnissen nach einem Jahr führt. Durch diese Methode könnten die Kosten reduziert werden und die Behandlungsrate von 1,3 % auf ungefähr 0,6 % reduziert werden.	nach modifizierter Graf-Methode (Rosendahl)	Norwegen	0	4
Rosendahl und Toma, 2007	Es wurden verschiedene Studien zu den einzelnen Ultraschallmethoden gesammelt und analysiert. Zwei Studien haben gezeigt, dass sowohl durch ein selektives als auch durch ein generelles Screening die Rate der späten Fälle reduziert werden kann. Zudem konnte gezeigt werden, dass sonographisch auffällige Hüften zu 97 % nach spätestens 3 Monaten von selbst heilen. Dasselbe trifft auf klinisch normale mit bescheidender Instabilität zu. Die Autoren sprechen sich für ein selektives Screening-Programm aus.	4 nach Graf (1 von 4 verwertbar) /5 nach Rosendahl (modifizierte Graf-Methode)	Norwegen	0	9
Sampath et al., 2003	Bei dieser Studie wurden die untersuchten Hüften in zwei Gruppen aufgeteilt. Beide Gruppen zeigten nach der Geburt eine klinische Instabilität in der Hüfte. Die erste Gruppe wurde direkt mit einem Palvik Harness behandelt, die zweite Gruppe erst nach 2 Wochen. Die Autoren schließen aus ihren Ergebnissen, dass durch diese Methode die Behandlungsrate reduziert werden kann.	Graf	UK	1	
Shorter et al., 2013	Hierbei handelt es sich um eine Darstellung verschiedener Screening-Methoden für DDH mit dem Ziel, Empfehlungen für ein geeignetes Screening-Programm zu geben. Die Autoren kommen letztendlich zu dem Ergebnis, dass es noch keine genaue Studie gibt, die die benötigten Ergebnisse geben kann.	Stellen verschiedene Methoden vor, keiner einzelnen Methode zuordenbar. Stellt einige Studien über die Graf-Methode vor.	Australien	1	
Tegnander et al., 1999	Tegnander et al. untersuchten klinisch normale aber sonographisch auffällige Hüften. Dabei kamen sie zu dem Ergebnis, dass diese keine Behandlung benötigen würden.	Terjesen	Norwegen	1	

Quelle	Inhalt	Methode	Herkunftsland	Bilder	Anzahl
Terjesen et al., 1989	Terjesen et al. kommen zu dem Ergebnis, dass der Femor Head Coverage eine geeignete Methode ist, um zwischen einem falschnegativen und einem positiven Ortolani-Test zu unterscheiden. Eine Dysplasie, die nicht bei den klinischen Tests sichtbar ist, kann mit Hilfe des Ultraschalls diagnostiziert werden. Die Ultraschalluntersuchung sollte die Röntgenuntersuchung als Routinemaßnahme ersetzen.	Terjesen, Anhand der Bilder wird zum Vergleich der Messungen mit dem BRP der Alpha-Winkel bestimmt, Bilder jedoch nicht nach Graf.	Norwegen	0	8
Terjesen et al., 1996	Die Autoren sind der Ansicht, dass klinisch normale aber sonographisch auffällige Hüften keine Behandlung benötigen. Die Entscheidung für eine Behandlung sollte auf dem Röntgen- und dem Ultraschallbild beruhen.	Terjesen	Norwegen	0	7
Williams et al., 2016	Mit dieser Umfrage sollten die wichtigsten diagnostischen Kriterien für DDH in ihrer Bedeutung beurteilt werden. Als bedeutendstes Ultraschallkriterium war für die BSCOS der dislozierbare Femurkopf bei der dynamischen Untersuchung.	Stellen verschiedene Methoden vor, keiner einzelnen Methode zuordenbar.	UK	1	
Wood et al., 2000	In dieser Studie beschäftigen sich Wood und seine Kollegen mit der Frage, ob stabile aber sonographisch auffällige Hüften behandelt werden sollten oder nicht. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass eine Behandlung nicht notwendig sei.	Morin	UK	1	
Wyles et al., 2017	Wyles et al. untersuchten Patienten unter 55 Jahren, die zwischen 1980 und 1989 eine einseitige Hüftprothese bekommen haben. Die Autoren legten Risikofaktoren fest, die eher zu degenerativen Veränderungen führen könnten; Eine Lateralisierung des Femurkopfs um > 8 mm; Ein Femurkopf-Extrusions-Index > 0,20; Ein Tief-zu-Weit-Index des Acetabulums von < 0,30; Einen Lateralen-Zentrum-Ecken-Winkel von < 25°; Tönnis-Winkel von > 8°.	Keine Ultraschalluntersuchung	USA	1	
Ziegler et al., 2008	Diese Metaanalyse befasst sich mit Studien zum Thema Spontanheilungen von Hüftdysplasien. Es konnte aufgrund eines geringen Evidenzgrads kein Zusammenhang zwischen milder Hüftdysplasie am Ende der Wachstumsphase und einer Coxarthrose im Alter gezeigt werden.	Keine Ultraschalluntersuchung	Deutschland	1 Keine Ultraschall- bilder	

Tab. 2: Kritikpunkte Ja (0)/Nein (1)/Teilweise (2)/Keine Angabe (3)

Quelle	Komplizierte Untersuchung	Überdiagnostik	Zu hohe Kosten	Belastung für die Kinder/Eltern	Übertherapie	Behandlungskomplikationen
Bialik et al., 1998	1	2	1	1	0	1
Bracken und Ditchfield, 2012	1	0	1	1	0	2
Castelein et al., 1992	1	0	1	1	0	1
Chen et al., 2010	1	0	1	1	0	1
Dessi et al., 2009	1	2	2	1	2	2
Falliner et al., 1999	1	2	1	1	2	1
Gardiner und Dunn, 1990	0	0	0	1	0	0
Graf, 1980	1	1	2	1	1	1
Harcke und Pruszcynski, 2017	1	1	1	1	1	1
Harcke und Grissom, 1990	1	1	1	1	1	1
Holen et al., 1994	0	0	1	1	0	0
Jordann et al., 2009	2	2	0	1	1	2
Kokavec und Bialik, 2007	1	0	1	1	0	1
Kosar et al., 2011	1	2	1	1	0	1
Laborie et al., 2014	0	0	0	0	0	0
Lorente Moltó et al., 2002	1	0	1	1	0	1
Marks et al., 1994	1	2	2	2	0	1
Morin et al., 1985	0	1	1	1	1	1
Munkhuu et al., 2013	2	2	1	2	2	2
Murphy et al., 2010	1	1	1	1	1	1
Patel und die Canadian Task Force on Preventive Health Care, 2001	1	0	0	0	0	0
Paton, 2017	1	0	1	1	0	1
Riboni et al., 2003	1	2	1	1	2	2
Roovers et al., 2005	1	0	1	0	0	1
Roposch und Wright, 2007	2	2	2	2	2	2
Roposch et al., 2013	0	1	1	1	1	1
Rosenberg und Bialik, 2002	1	0	0	1	0	1
Rosendahl et al., 1996	0	0	1	1	0	1
Rosendahl et al., 2010	2	2	2	0	2	2
Rosendahl und Toma, 2007	1	0	1	1	0	1
Sampath et al., 2003	1	0	1	0	0	0
Shorter et al., 2013	1	0	1	1	0	0
Tegnander et al., 1999	1	0	1	1	0	2
Terjesen et al., 1989	0	0	1	1	1	0
Terjesen et al., 1996	0	0	1	1	0	1
Williams et al., 2016	0	0	1	1	0	1
Wood et al., 2000	1	0	1	1	0	1
Wyles et al., 2017	2	2	2	2	2	2
Ziegler et al., 2008	1	2	1	1	0	1

Tab. 3: Verwendbarkeit der Ultraschallbilder von den von Sakkers und Pollet verwendeten Quellen (Ja (0)/Nein (1)/Teilweise (2)/Keine Angabe (3))

Quelle	Bild	Bild verwertbar	Graf-Methode	Bild nach Graf	Richtige Ausrichtung	Standardebene	Anatomische Punkte	Landmarks	Alpha-Winkel	Beta-Winkel
Bialik et al., 1998	1	1	0	3	3	3	3	3	3	3
Bracken und Ditchfield, 2012	0	1	0	0	1	0	1	0	2	2
Castelein et al., 1992	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1
Chen et al. 2010	0	1	0	0	A und C:0 B und D:1	1	0	0	1	1
Dessi et al., 2009	1	1	0	3	3	3	3	3	3	3
Falliner et al., 1999	1	1	0	3	3	3	3	3	3	3
Gardiner und Dunn, 1990	1	1	0	3	3	3	3	3	3	3
Graf, 1980	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1
Harcke und Pruszcynski, 2017	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Harcke und Griesom, 1990	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Holen et al., 1994	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
Jordann et al. 2009	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3
Kokavec und Bialik, 2007	1	1	0	3	3	3	3	3	3	3
Kosar et al., 2011	1	1	0	3	3	3	3	3	3	3
Laborie et al., 2014	0	1	0	2 Fig.2:0 Fig.3:1	1	1	1	0	0	1
Lorente Moltó et al., 2002	0	Fig. A: 0 Fig. B :1 da dynamisch	0	0	1	0	0	0	1	1
Marks et al., 1994	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Morin et al., 1985	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Munkhuu et al., 2013	1	1	0	3	3	3	3	3	3	3
Murphy et al., 2010	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3
Patel und die Canadian Task Force on Preventive Health Care, 2001	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3
Paton, 2017	1	1	0	3	3	3	3	3	3	3
Pollet et al., 2017	1	1	0	3	3	3	3	3	3	3
Riboni et al., 2003	1	1	0	3	3	3	3	3	3	3
Roovers et al., 2005	0	0: Bild 1 1: Bild 2 und 3	0	0	0	Bild 1/2:0 Bild 3:1	Bild 1.:0 Bild 2/3:1	Bild 1:0 Bild 2/3:1	1	1

Quelle	Bild	Bildverwertbar	Graf-Methode	Bild nach Graf	Richtige Ausrichtung	Standardebene	Anatomische Punkte	Landmarks	Alpha-Winkel	Beta-Winkel
Roposch und Wright, 2007	1	1	0	3	3	3	3	3	3	3
Roposch et al., 2013	1	1	0	3	3	3	3	3	3	3
Rosenberg und Bialik, 2002	1	1	0	3	3	3	3	3	3	3
Rosendahl et al., 1994	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
Rosendahl et al., 1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rosendahl et al., 2010	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Rosendahl und Toma, 2007	0	0 Bild d 1 Bild c/e/f	0	0	1	Bild d: 0 Bild c/e/f: 1	0	Bild c/d/e: 0 Bild f:1	1	1
Sampath et al., 2003	1	1	0	3	3	3	3	3	3	3
Shorter et al., 2013	1	1	0	3	3	3	3	3	3	3
Tegnander et al., 1999	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3
Terjesen et al., 1989	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Terjesen et al., 1996	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Williams et al., 2016	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3
Wood et al., 2000	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3
Wyles et al., 2017	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3
Ziegler et al., 2008	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3

Tab. 4: Verwendbarkeit der bei der PubMed-Recherche gefundenen Ultraschallbilder (Ja (0)/Nein (1)/Teilweise (2)/Keine Angabe (3))

Quelle	Bild	Bild nach Graf	Bild verwertbar	Richtige Ausrichtung	Standardebene	Anatomische Punkte	Landmarken	Alpha-Winkel	Beta-Winkel
Alamdaran et al., 2016	1 (3 Bilder)	0	1	1	0	1	0	1	1
Atalar et al., 2007	0 (1 Bild)	0	1	0	1	1	1	1	1
Baróti et al., 2013	0 (3 Bild)	0	1	1	1	1	1	2	1
Carlile et al., 2014	0 (2 Bilder)	2 (Berechnungen nach Graf)	1	1	1	1	1	1	1
Chang et al., 2021	0 (1 Bild)	0	1	1	0	0	1	1	1
Chang et al., 2022	0 (1 Bild)	0	1	1	0	0	1	1	1
Chen et al., 2022	0 (32 Bilder)	0	0 (24 Bilder) 1 (8 Bilder)	0	0 (24 Bilder) 1 (8 Bilder)	0	0	0 (17 Bilder)	0 (17 Bilder)
Colta et al., 2016	0 (2 Bilder)	0	1	1	1	1	1	0	0
Contro et al., 2021	0 (2 Bilder)	0	1	1	1 (wurde pränatal erstellt)	0	0	0	0
Copuroglu et al., 2011	0 (4 Bilder)	0	1	1	0	1	0	0 (2 Bilder) 1 (2 Bilder)	1
De Pellegrin et al., 2021	0 (4 Bilder)	0	1 (2 Bilder) 0 (2 Bilder)	0	1 (2 Bilder) 0 (2 Bilder)	0	0	1 (3 Bilder) 0 (1 Bild)	1 (3 Bilder) 0 (1 Bild)
Dygut et al., 2022	0 (8 Bilder)	0	1	0	1	0	0	1	1

Quelle	Bild	Bild nach Graf	Bild verwertbar	Richtige Ausrichtung	Standardebene	Anatomische Punkte	Landmarken	Alpha-Winkel	Beta-Winkel
Graf et al., 2013	0 (13 Bilder)	0	0(10 Bilder) 1 (3 Bilder an diesen werden Fehler gezeigt)	0	0 (11 Bilder) 1 (2 Bilder an diesen werden Fehler gezeigt)	0	0	1	1
Guindani & De Pellegrin, 2021	0 (1 Bild)	0	1	0	1	0	0	1	1
Gunay et al., 2009	0 (1 Bild)	0 (stellt ein Typ 1 Hüfte dar)	1	0	1	0	1	1	1
Gunay et al., 2019	0 (1 Bild)	0	0	0	0	0	0	1	1
Hareendranathan et al., 2020	0 (8 Bilder)	0	1	1	1 (5 Bilder)	1 (8 Bilder)	1 (5 Bilder)	1	1
Husum et al., 2019	0 (1 Bild)	0	1	1	1	0	0	1	1
Jacobino et al., 2012	0 (3 Bilder)	0	1	1	0	1	1	0	0
Karapinar et al., 2002	0 (2 Bilder)	0	1	1	1	1	1	1	1
Kilsdonk et al., 2021	0 (2 Bilder)	0	1	1	1	1	1	0	0
Komut und Zehir, 2021	0 (4 Bilder)	0	0 (2 Bilder) 1 (2 Bilder)	1	0	0 (2 Bilder) 1 (2 Bilder)	0	0	0
Li Y et al., 2022	0 (3 Bilder)	0	0 (1 Bild) 1 (2 Bilder)	1	1 (2 Bilder) 0 (1 Bild)	1 (1 Bild) 0 (2 Bilder)	0	0	1

Quelle	Bild	Bild nach Graf	Bild verwertbar	Richtige Ausrichtung	Standardebene	Anatomische Punkte	Landmarken	Alpha-Winkel	Beta-Winkel
Liu B et al., 2022	0 (1 Bild)	0	0	1	0	0	0	0	0
Liu D et al., 2021	0 (5 Bilder)	0	1	0 (1 Bild A)	1 (2 Bilder)	1 (2 Bilder)	1 (1 Bild)	1	1
Ortiz-Neira et al., 2009	0 (10 Bilder)	0	1	1	1	1 (7 Bilder)	1 (5 Bilder)	1	1
Ömeroglu et al., 2014	0 (3 Bilder)	0	0	0	0	0	0	0 (1 Bild)	0 (1 Bild)
Ömeroglu et al., 2016	0 (2 Bilder)	0	0 (1 Bild) 1 (1 Bild)	0	0	0 (1 Bild) 1 (1 Bild)	0 (1 Bild) 1 (1 Bild)	1	1
Ömeroglu, 2018	0 (2 Bilder)	0	0	0	0	0	0	1	1
Peterlein et al., 2010	0 (1 Bild)	0	0	0	0	0	0	0	0
Rakovac et al., 2011	0 (1 Bild)	0	1	1	1	1	1	1	1
Shirai et al., 2017	1 MRT-Bilder	0 Alpha-Winkel wird bestimmt	1	3	3	3	3	3	3
Simon et al., 2004	0 (1 Bild)	0	0	0	0	0	0	0	0
Spaans et al., 2019	0 (1 Bild)	0	1	1	1	1	1	1	1
Tan et al., 2020	0 (2 Bilder)	0	1	1	1	1	0	1	1
Tschauner et al., 2011	0 (2 Bilder)	0	1	0	1	1	1	1	1
Ulziibat et al., 2021	0 (4 Bilder)	0	0	0	0	0	0	0	1
Vasilescu et al., 2015	0 (2 Bilder)	0	0	0	0	0	0	0	0
Vasilescu et al., 2018	0 (10 Bilder)	0	1 (4 Bilder) 0 (6 Bilder)	0	1 (4 Bilder) 0 (6 Bilder)	0	0	1	1

Quelle	Bild	Bild nach Graf	Bild verwendbar	Richtige Ausrichtung	Standardebene	Anatomische Punkte	Landmarken	Alpha-Winkel	Beta-Winkel
Voitl et al., 2019	0 (3 Bilder)	0	0	0	0	0	0	0	0
Wang et al., 2017	0 (6 Bilder)	0	0 (4 Bilder 1 (2 Bilder)	0	1 (2 Bilder)	0	1 (2 Bilder)	1	1
Xu et al., 2020	0 (1 Bild)	0	0	1	0	0	0	1	1
Zhou et al., 2020	0 (6 Bilder)	0	0 (3 Bilder) 1 (3 Bilder)	1	0 (3 Bilder) 1 (3 Bilder)	0	0	1	1

Tab. 5: Inhalt der bei der PubMed-Recherche gefundenen Quellen mit Bildern (Ja (0)/Nein (1)/trifft teilweise zu (2)/keine Angabe (3))

Quelle	Thema	Bild	Bild nach Graf	Bild nach Graf verwertbar
Alamdaran et al., 2016	Es wurden die Ergebnisse einer kombinierten statischen und dynamischen Untersuchung mit den Ergebnissen der getrennten Untersuchungen verglichen. Die „single view“ Untersuchung konnte sich durch eine schnelle und effektive Untersuchung durchsetzen.	0	0	1 (3 Bilder)
Atalar et al., 2007	Ergebnis der Studie war, dass der Behandlungserfolg von dem DDH Level definiert durch das Alter bei Behandlungsbeginn, dem Graf Typ der Hüfte, ob eine beidseitige Pathologie abhängig ist. Ein Behandlungsbeginn vor der 7. Woche ist mit einem positiven Ergebnis assoziiert. Eine Graf Typ 4 Hüfte und eine beidseitige Pathologie mit einem schlechten Ergebnis der Behandlung.	0	0	1 (1 Bild)
Baróti et al., 2013	In dieser Studie untersuchten die Autoren die Entwicklung der Hüfte und des Alpha Winkels bei Kindern die noch im Mutterleib sind. Sie kamen zu dem Ergebnis, das der Alpha Winkel erst bei einer beginnenden ossifizierenden Hüfte beurteilt werden kann. In ihrem Fall nach 18 Wochen.	0	0	1 (3 Bilder)
Carlile et al., 2014	Bei dieser Studie wurde die anteriore Ultraschalluntersuchung verwendet, um Neugeborene auf eine Dysplasie zu screenen. Die Methode erwies sich als erfolgreich.	0	1 (2 Bilder)	
Chang et al., 2021	Die Interobserver Übereinstimmung vom Alpha-/ Beta- Winkel und vom FHC wurden beurteilt.	0	0	1 (2 Bilder)
Chang et al., 2022	Die Autoren untersuchten den Zusammenhang vom Alpha Winkel nach Graf, dem FHC (anhand eines Ultraschallbildes) und dem AI (anhand eines Röntgenbildes)	0	0	1 (2 Bilder)
Chen T et al., 2022	In dieser Studie wurde ein Programm untersucht, welches die Standardebene in Ultraschallbildern beurteilen kann. Zudem kann es den Alpha und Beta Winkel bestimmen. Dadurch sollen Fehler minimiert werden.	0	0	(Insgesamt 32 Bilder) 0 (24 Bilder) 1 (8 Bilder)
Colta et al., 2016	In dieser Studie wurden das Risiko und die Inzidenz und der die Bedeutung von Ultraschall als Screening Methode beurteilt. Ultraschall ist eine geeignete Methode um DDH zu diagnostizieren.	0	0	1 (2 Bilder)
Contro et al., 2021	In dieser Studie wurde der Zusammenhang zwischen eines pränatalen bestimmten und einer postnatalen bestimmten Alpha Winkels untersucht. Es konnte kein Zusammenhang festgestellt werden.	0	0	1 (2 Bilder)
Copuroglu et al., 2011	In dieser Studie Wurde die Reliabilität von dem Screening mit Ultraschall und mit Röntgen von 7 verschiedenen Untersuchern untersucht. Das Ergebnis ist, dass Ultraschall eine zuverlässige und reliabel Screening Methode ist. Sie korreliert jedoch nicht immer mit der Röntgenuntersuchung.	0	0	1 (4 Bilder)
Dygut et al., 2022	Die Autoren legen die Bedeutung eines frühen Screenings und einer frühen Behandlung dar.	0	0	1 (8 Bilder)
Graf et al., 2013	In diesem Artikel werden die geläufigsten Fehler bei der Anwendung der Graf Methode beschrieben. Es wird eine generelle Schulung empfohlen.	0	0	0 (5 Bilder) 1 (8 Bilder an diesen werden geläufige Fehler dargestellt)
Gunay et al., 2009	Es konnte eine positive Korrelation zwischen dem Alpha Winkel nach Graf und dem FHC nach Terjesen gezeigt werden.	0	0	1 (1 Bild)
Gunay et al., 2019	Diese Studie ging der Fragestellung nach, ob eine Graf Typ 1 sich mit der Zeit von selbst verschlechtern kann. Die Autoren stellten fest, dass eine Graf Typ 1 Hüfte sich nicht verschlechtern kann und die Fälle von verschlechternden Typ 1 Hüften auf einer Fehldiagnose beruht.	0	0	0 (1 Bild)
Gundani und De Pellegrin, 2021	Dieser Artikel stellt den Einfluss von der Covid-19 Pandemie auf das DDH Screening dar. Dieses konnte wegen der Pandemie nicht stattfinden, dadurch fanden einige Untersuchungen und Behandlungen verspätet statt.	0	0	1 (1 Bild)

Quelle	Thema	Bild	Bild nach Graf	Bild nach Graf verwertbar
Hareendranathan et al., 2020	Die Autoren untersuchten eine künstliche Intelligenz, welche Ultraschallbilder auf ihre Vollständigkeit untersuchen.	0	0	1 (8 Bilder)
Husum et al., 2019	Universelles Screening ist teuer, daher untersuchen die Autoren die Möglichkeiten des pubo-femorales Abstands. Dieser konnte sich als kostengünstige Möglichkeit Risikohüften zu identifizieren.	0	1 (2 Bilder)	
Jacobino et al., 2012	In dieser Studie wurden Neugeborene anhand der Ultraschallmethode nach Graf auf eine mögliche Dysplasie untersucht. Die Autoren empfehlen diese Methode als eine geeignete Screening Methode.	0	0	1 (3 Bilder)
Karapinar et al., 2002	In dieser Studie wurde der Einfluss der Risikofaktoren für das Ultraschallscreening beurteilt. Die Autoren sind dafür alle Kinder unabhängig von ihrer Klinik oder ihren Risikofaktoren zu screenen	0	0	1 (2 Bilder)
Kilsdonk et al. 2021	Stellen die verschiedenen Screening Programme und Ultraschallmethoden in Europa vor.	0	0	1 (8 Bilder nach Graf)
Komut und Zehir, 2021	DDH kann mithilfe von Ultraschall in der pränatalen Periode diagnostiziert werden.	0	0	0 (1 Bild) 1 (3 Bilder)
Li Y et al., 2022	Die Autoren untersuchten den besten Zeitpunkt für einen Behandlungsbeginn mit einem Palvik Harness	0	0	1 (2 Bilder)
Liu B et al., 2022	Die Autoren untersuchten die Hüftentwicklung anhand der Graf Methode bei Kindern unter 6 Monaten. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass DDH am häufigsten bei Mädchen in der linken Hüfte auftritt. Diese entwickle sich auch langsamer.	0	0	0 (1 Bild)
Liu D et al., 2021	Die Methode nach Graf ist eine geeignete Screening Methode und auch für die Nachuntersuchung geeignet.	0	0	1 (5 Bilder)
Ortiz-Neira et al., 2009	Es konnten regionale anatomische und morphologische Unterschiede der Arterien festgestellt werden.	0	2	2 (10 Bilder)
Ömeroglu et al., 2014	Der Autor kommt zu dem Ergebnis, dass sowohl das selektive als auch das generelle Ultraschallscreening die Rate der späten Fälle reduzieren konnte. Seiner Meinung nach sollte ein Ultraschallscreening einfach, präzise, quantitativ definiert sein.	0	0 (3 Bilder) 1 (2 Bilder)	0
Ömeroglu et al., 2016	Es konnte festgestellt werden, dass bei Kindern im Alter von 4 Monaten oder älter die Behandlung mit dem Palvik Harness nicht so erfolgreich ist. Außerdem ist dies bei dislozierten Hüften oder mit stark unterschiedlichen ausgebildeten Acetabulum der Fall.	0	0	1 (2 Bilder)
Ömeroglu et al., 2018	Das Therapieversagen ist von dem Hüfttyp und von dem Alter abhängig. Aus diesem Grund ist dies nicht die ideale Behandlungstherapie für Neugeborene mit dem Hüfttyp 4 nach Graf oder älter als 3 Monate, sowie stark dislozierte Hüften. Hier ist das Risiko für Komplikationen der Behandlung zu hoch.	0	0	1 (2 Bilder)
Pellegrin et al., 2021	Es wurde untersucht, ob breites Wickeln die Entwicklung der Hüfte beeinflussen kann. Die Autoren stellten keinen signifikanten Einfluss fest, jedoch konnte das Tragen des Kindes auf der Hüfte dessen Hüftentwicklung positiv beeinflussen.	0	0	0 (2 Bilder) 1 (2 Bilder)
Peterlein et al., 2010	In dieser Studie wurde die Übereinstimmung zwischen verschiedenen Untersuchern bezüglich des Alpha- und Beta Winkel, sowie des FHC bestimmt. Für den Alpha Winkel konnte die größte Übereinstimmung festgestellt werden. Die objektiven Messmethoden (Alpha und Beta Winkel) sind somit am reproduzierbarsten.	0	0 (1 Bild) 1 (1 Bild nach Terjesen)	0 (1 Bild)
Rakovac et al., 2011	Bei dieser Studie wurde der „L value“ verwendet, um die Methode nach Graf zu optimieren. Den Autoren nach könnte so die Untersuchung vereinfacht, verschleunert und noch reliabel gemacht wird. Der „L value“ verändere sich proportional mit der Hüftreife.	0	0	1 (1 Bild)
Shirai et al., 2017	In der Studie konnte gezeigt werden, dass durch den Beta Winkel im MRT eine Vorhersage über die Entwicklung des Acetabulums getroffen werden kann.	0	2 (2 MRT-Bilder)	1
Simon et al., 2004	In dieser Studie wurde die Übereinstimmung unter verschiedenen Untersuchern bei der Beurteilung eines Ultraschallbildes untersucht. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass Ultraschall eine geeignete Screening Methode ist. Es traten keine signifikanten Unterschiede auf außer, dass die Erfahrung in dieser Untersuchungsmethode positive Auswirkungen hat.	0	0	1 (1 Bild)

Quelle	Thema	Bild	Bild nach Graf	Bild nach Graf verwertbar
Spaans et al., 2019	In dieser Studie wurde der Zusammenhang zwischen Ultraschall und Röntgen als Screeningmethode untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass insbesondere zentrierte Hüften nicht im Ultraschallbild und im Röntgenbild miteinander verglichen werden können.	0	0	1 (1 Bild)
Tan et al., 2020	Die Studie konnte zeigen, dass es zwischen den Ergebnissen einer Ultraschalluntersuchung innerhalb der ersten 3 Monate und einer radiologischen Untersuchung nach 1 Jahr keinen signifikanten Unterschied gibt das Röntgenbild hat einen guten negativen Vorhersagewert über die Entwicklung pathologischer Femurköpfe. Neben 2 Bildern nach Graf werden 4 Bilder nach Harcke und 2 nach Terjesen angegeben.	0	0 (2 Bilder)	1 (2 Bilder)
Tschauner et al., 2011	In dieser Studie wurde retrospektiv die Auswirkung des Ultraschalls Screenings anhand der Methode nach Graf beurteilt. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass die Behandlung kürzer, einfacher und sicherer geworden ist.	0	0	1 (2 Bilder)
Ulziibat et al., 2021	Es wurde untersucht, ob das traditionelle mongolische Wickeln DDH begünstigt, dies konnte bestätigt werden.	0	0	0 (3 Bilder) 1 (1 Bild)
Vasilescu et al., 2015	Es wurde untersucht, ob ein 90° Winkel zu der Osteochondralen Platte die Überdiagnostik reduzieren kann. Der Winkel konnte in dieser Studie die Überdiagnostik reduzieren.	0	0	0 (2 Bilder)
Vasilescu et al., 2018	Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass asymmetrische Hüften und Borderline Hüften wie unreife Hüften untersucht werden sollten.	0	0	0 (6 Bilder) 1 (4 Bilder)
Voitl et al., 2019	In dieser Studie wurde die Auswirkung der Lagerungsschale nach Graf mit der einer manuellen Fixation des Neugeborenen verglichen. Es konnten keine Unterschiede festgestellt werden, deswegen empfehlen die Autoren die manuelle Fixation.	0	0	0 (3 Bilder)
Wang et al., 2017	Der Zusammenhang zwischen DDH und congenitaler muskulären Torticollis wird beurteilt. Es konnte ein Zusammenhang festgestellt werden und es wird ein frühes Screening empfohlen.	0	0	0 (4 Bilder) 1 (2 Bilder)
Xu et al., 2020	Die Autoren versuchten herauszufinden, ob man anhand der Ultraschalluntersuchung, dem Behandlungserfolg mit dem Palvik Harness vorhersagen kann. Eine Ultraschalluntersuchung nach 2 Wochen kann den Erfolg der Behandlung nach 3 Wochen vorhersagen. Ein Model durch unabhängige Vorhersagewerte und die Ergebnisse der Ultraschalluntersuchung kann den Behandlungserfolg ab der ersten Woche vorhersagen.	0	1 (1 Bild)	3
Zhou et al., 2020	Die Tübinger Schiene konnte als geeignete Behandlungsmethode bestätigt werden. Risikofaktoren für ein Therapieversagen sind; eine Typ 4 Hüfte, positive Familiengeschichte, beidseitige Veränderungen, Behandlung nach 12 Wochen.	0	0	1 (6 Bilder)

Tab. 6: Inhalt der bei der PubMed-Recherche gefundenen Quellen ohne Bilder (Ja (0)/Nein (1))

Quelle	Thema	Bild
Barbosa et al., 2019	Ziel der Studie war es, ein Profil über Kinder mit DDH zu erstellen, für die Erstellung eines Protokolls für die Behandlung und die Nachuntersuchung	1
Bilgili et al., 2018	In dieser Studie wurde der Verlauf der Typ 2a Hüften beobachtet, ob sich diese mit der Zeit verbesserten oder verschlechterten.	1
Buchegger et al., 2011	Mit Hilfe eines PET Scans sollte die muskuläre Aktivität nach einer Hüftoperation beurteilt werden.	1
Bucher et al., 2021	Kinder mit auffälligen Hüften, wurden zu Experten überwiesen, die deren Hüften erneut beurteilten.	1
Chavoshi et al., 2021	Die Autoren untersuchten die Auswirkungen eines Screenings auf DDH anhand der Methode nach Graf.	1
Chavoshi et al., 2022	Die klinischen Untersuchungsmethoden für DDH nach Ortolani und Barlow haben eine hohe Spezifität und eine niedrige Sensitivität. Werden diese zusammen mit dem Test auf Limitierte Abduktion durchgeführt, kann die Sensitivität erhöht werden.	1
Čustović et al., 2018	In dieser Studie wurde der Zusammenhang von klinischen Zeichen und DDH beurteilt.	1
Dogruel et al., 2007	Ziel, war die Untersuchung, ob eine klinische Untersuchung genauso Spezifisch ist wie eine Ultraschalluntersuchung.	1
Gahleitner et al., 2022	Die Behandlung mit dem Palvik Harness hat zu jedem Zeitpunkt ein gutes Outcome.	1
Germann et al., 2021	In dieser Studie wurden asymptomatische Patienten nach einer Hüftoperation anhand einer MRI Untersuchung nachuntersucht.	1
Güler et al., 2016	In dieser Studie werden die Ergebnisse eines universellen Ultraschallscreenings dargestellt.	1
Karakus et al., 2019	In dieser Studie wurden die verschiedenen Unterschiede in der morphologischen Interpretation und der Interpretation der Winkel. Zudem wurden die Unterschiede zwischen verschiedenen Untersuchern beurteilt.	1
Kolb et al., 2020	Es wurde ein elektronisches Navigationssystem entwickelt und getestet, welches die Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Ultraschall erhöhen soll.	1
Kubo et al., 2018	In dieser Studie wurden die instabilen Hüften, die mit einem Gips behandelt wurden beurteilt.	1
Kural et al., 2019	Untersuchten die Risikofaktoren für DDH, da diese für jedes Jahr variieren.	1
Kyung et al., 2016	Die Studie beschäftigt sich mit der Wirksamkeit eines klinischen Screenings und/ oder einem zusätzlichen Ultraschallscreenings.	1
Lange et al., 2017	Die Inzidenz von DDH bei Frühgeborenen und Kindern die zum Termin auf die Welt gekommen sind wurden verglichen, da ätiologische Faktoren für DDH angenommen werden die im letzten Teil der Schwangerschaft vorkommen.	1
Lee et al., 2022	Die Autoren untersuchten den Effekt des breiten Wickelns, es konnte gezeigt werden, dass durch das breite Wickeln die Hüftreifung angeregt und Behandlungskosten reduziert werden können.	1
Li et al., 2021	Untersuchung, wie ein Z Score, der spezifisch für das Geschlecht, Alter und Seitenspezifisch bestimmt wird, eine Überbehandlung reduzieren kann.	1
Lussier et al., 2019	Der optimale Zeitpunkt für ein Screening mit Ultraschall für DDH wird kontrovers diskutiert. In dieser Studie wird dieser Frage nachgegangen.	1
Motta et al., 2021	Es konnte eine höhere Inzidenz für DDH beim Screening mit dem Ultraschalls bei dem alleinigen klinischen Screening festgestellt werden. Beim klinischen Screening treten jedoch mehr falsch negative Fälle auf.	1
Muresan et al., 2019	In dieser Studie wurde die Bedeutung des Ultraschalls in der Diagnostik von DDH beurteilt.	1
Novais et al., 2016	Ortolani positive Hüften haben ein höheres Risiko keinen Behandlungserfolg zu haben. In dieser Studie wird dieser These nachgegangen und versucht eventuelle Risikofaktoren zu identifizieren.	1
Ömeroglu et al., 2019	In dieser Studie wurden die gängigen Risikofaktoren für DDH beurteilt und den Einfluss dieser auf die Hüfttypen nach Graf und DDH beurteilt.	1
Padilla-Raygoza et al., 2017	In dieser Studie wurden die Validität und die Reliabilität für Elektroakustische Messungen für die Diagnostik von DDH untersucht.	1
Peled et al., 2008	Untersuchung, wie gut eine Palvik Bandage eine Osteonekrose bei Graf Typ 3 und Typ 4 verhindern kann.	1
Pollet et al., 2020	In dieser Studie wurde der Effekt einer aktiven Überwachung mit dem Effekt der Behandlung verglichen.	1
Price et al., 2011	Es wurden Graf Typ 1 nach 5 Monaten geröntgt und die Ergebnisse beurteilt.	1
Qiu et al., 2016	In dieser Studie, wurde die klinische Bedeutung von Ultraschall bei Kindern mit zerebraler Lähmung mit erhöhtem Risiko für DDH beurteilt.	1

Quelle	Thema	Bild
Sari und Karakus, 2020	In dieser Studie wurde untersucht, ob DDH nur anhand des Ultraschallbildes in der Standardebene ohne den Alpha oder den Beta Winkel diagnostiziert werden kann.	1
Sibiński et al., 2012	Bei dieser Studie wurden Typ 2 behandelt und anhand von klinischen Zeichen oder Röntgenbilder auf eine bestehende Dysplasie kontrolliert.	1
Tan et al., 2019	In dieser Studie wurden Kinder zu unterschiedlichen Zeitpunkten untersucht, um den optimalen Zeitpunkt für ein Ultraschallscreening festzustellen.	1
Thallinger et al., 2014	In dieser retrospektiven Studie, wurde der Effekt des 1992 in Österreich eingeführten universellen Screening Programm beurteilt.	1
Theunissen et al., 2021	In dieser Studie wurde die Auswirkung auf die Behandlungsdauer einer Hüfte mit DDH beurteilt, wenn der Abstand zu der ersten Nachuntersuchung verkürzt wird.	1
Tyagi et al., 2016	In dieser Studie wurde das selektive Screening Programm für DDH in Schottland beurteilt.	1
Ulziibat et al., 2020	In dieser Studie wurde über die Behandlungsrate des universellen Screening Programms berichtet.	1
Utzschneider et al., 2016	Es wurde die Korrelation zwischen den Ergebnissen durch die Ultraschalluntersuchung mit denen von der Röntgen Untersuchung verglichen.	1
Voos et al., 2018	In dieser Studie wird die Hüftmobilisierung eines Frühgeborenen untersucht.	1
Wu et al., 2021	Diese Studie gibt einen Überblick über das internationale Verständnis von DDH.	1
Zhao et al., 2019	In dieser Studie wurden die Prävalenz und die Risikofaktoren für DDH im Tibet bestimmt.	1
Ziegler et al., 2022	Das Screening für Risikokinder entdeckte weniger als jede zweite dysplastische Hüfte, deswegen wird ein universelles Screening innerhalb der ersten Woche empfohlen.	1

7. Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1:** Mögliche Ausrichtungen eines Hüftultraschallbildes: (von links oben nach links unten im Uhrzeigersinn) 1. Unkonventionelle sonographische Ausrichtung, 2. Sonographische Ausrichtung, 3. Spiegelverkehrte Ausrichtung, 4. Radiologische Ausrichtung. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf et al. (2006) übernommen. 10
- Abbildung 2:** Die anatomischen Identifizierungspunkte: 1. die Knorpelknochengrenze, 2. der Hüftkopf, 3. die Kapselumschlagfalte, 4. die Gelenkkapsel, 5. das Labrum, 6. der knorpelige Pfannenerker, 7. der Knochen, 8. der Umschlagpunkt. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf et al. (2006) übernommen. 11
- Abbildung 3:** Die drei Landmarken sind, 1. der Unterrand des Os Iliums, 2. die mittlere Ebene des Acetabulums, 3. das Labrum acetabulare. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf et al., 2006 übernommen. 12
- Abbildung 4:** (von links nach rechts) posteriore Ebene, Standardebene, anteriore Ebene. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf et al. (2006) übernommen. 12
- Abbildung 5:** Beispiel einer Typ 1-Hüfte. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf et al. (2006) übernommen. 13
- Abbildung 6:** Beispiel einer Typ 2c-Hüfte. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Kraus und Novak (2018) übernommen. 14
- Abbildung 7:** Position des Hüftkopfs bei einer Typ-3 Hüfte (links). Ultraschallbild einer Typ 3a-Hüfte. (1. (das Labrum), 2. (proximales Perichondrium), 3. (nach kranial ziehender knorpeliger Pfannenerker), 4. (flach verlaufender Knochen)) (rechts). Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf et al. (2006) übernommen. 14
- Abbildung 8:** Position des Hüftkopfs bei einer Typ 4 Hüfte im Vergleich zu einer Typ 3 Hüfte (links). Beispiel einer Typ 4 Hüfte. (1 (Perichondrium), 2 (nach unten ziehender knorpelige Pfannenerker), 3 (Fettgewebe)) (rechts). Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf et al. (2006) übernommen. 15
- Abbildung 9:** Markierung des knöchernen Erkers. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Schenker et al. (2018) übernommen. 15

- Abbildung 10:** Eingezeichnete Grund-, Ausstell- und Pfannendachlinie (links). Eingezeichneter Alpha und Beta Winkel (rechts). Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Schenker et al. (2018) übernommen. 16
- Abbildung 11:** (von links nach rechts) Eingezeichnete Pfannen-, Grund- und Ausstelllinie. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf et al. (2006) übernommen. 17
- Abbildung 12:** Sonometer. Hilfsmittel zur Bestimmung des Alpha und des Beta Winkels im Ultraschallbild. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Graf et al. (2006) übernommen. 17
- Abbildung 13:** Bestimmung einer Typ D-Hüfte anhand des Alpha Winkels (oben) und des Beta Winkels (unten). Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Graf et al. (2006) übernommen. 18
- Abbildung 14:** Unterschied einer Typ 1a und 1b Hüfte aufgrund des Beta Winkels. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Graf et al. (2006) übernommen. 19
- Abbildung 15:** Aufteilung der von Sakkers und Pollet (2018) verwendeten Quellen. 27
- Abbildung 16:** Aufteilung der Quellen der PubMed-Recherche. 28
- Abbildung 17:** Angewandte Ultraschallmethoden in den von Sakkers und Pollet (2018) verwendeten Quellen. (Y-Achse: Anzahl der Quellen in ganzen Zahlen. X-Achse: Anteil der Quellen an den gesamten Quellen in Prozent.) 31
- Abbildung 18:** Das Kreisdiagramm gibt einen Überblick über die Herkunftsländer der verwendeten Quellen von Sakkers und Pollet (2018). Angaben in ganzen Zahlen und für die Verhältnisdarstellung darunter in Prozent. Rechts neben dem Kreisdiagramm Übersicht mit Angaben in ganzen Zahlen. 32
- Abbildung 19:** Aufteilung der Ultraschallbilder entsprechend den Ultraschallmethoden in den von Sakkers und Pollet (2018) verwendeten Quellen. Das linke Kreisdiagramm gibt einen Überblick über die Anzahl an Ultraschallbildern entsprechend der angewandten Ultraschallmethode. Das rechte Kreisdiagramm unterteilt die Ultraschallbilder nach der Graf Methode in verwertbar, nicht verwertbar und nach Graf erstellt, jedoch nicht für Winkelbestimmungen erstellt. 33
- Abbildung 20:** (von links nach rechts) Skizze, normale Hüfte, unreife Hüfte, milde dysplastische Hüfte, schwere dysplastische Hüfte. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Laborie et al. (2014) übernommen. 33

- Abbildung 21:** Beispiel für ein Ultraschallbild, welches die sonographische Ausrichtung zeigt. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Bracken und Ditchfield (2012) übernommen. 34
- Abbildung 22:** Beispiele für Ultraschallbilder, welche entsprechend eines Röntgenbildes ausgerichtet wurden. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Roovers et al. (2005) entnommen. 34
- Abbildung 23:** (Von links oben nach links unten im Uhrzeigersinn) Ventrodorsaler Kippfehler, Dorsoventraler Kippfehler, Kaudokranialer Kippfehler, Kraniokaudaler Kippfehler. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Schenker et al. (2018) entnommen. 35
- Abbildung 24:** Herkunftsländer der bei der PubMed-Recherche gefundenen Quellen. 37
- Abbildung 25:** Zusammenfassung der Quellenanalyse (oben) und der Ultraschallbildanalyse (unten) von den Quellen von (Sackers und Pollet, 2018). Y-Achse (oben und unten): Einzelne Kategorien. X-Achse (oben): Anzahl in Prozent. X-Achse (unten): Anzahl in ganzen Zahlen. 38
- Abbildung 26:** Mögliche Ausrichtungen der Ultraschallbilder (von oben nach unten): Ausrichtung wie ein Röntgenbild (Rosendahl et al., 1996), sonographische Ausrichtung (Bracken und Ditchfield, 2012), Ausrichtung wie ein Röntgenbild (Roovers et al., 2005). Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus den oben genannten Quellen übernommen. 41
- Abbildung 27:** Darstellung der möglichen Konsequenzen entsprechend dem Behandlungswinkel. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Niethard et al. (1997) übernommen. 51
- Abbildung 28:** Foto einer von Rosen-Schiene (links) und die Anwendung am Säugling (rechts) Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus von Rosen (1962) übernommen. 52
- Abbildung 29:** Ultraschallbilder eines Hüftkopfs mit Einzeichnung der drei Landmarken (links) und des Alpha und Beta Winkels (rechts). Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Bracken und Ditchfield (2012) übernommen. 54
- Abbildung 30:** Weitere Ultraschallbilder. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Bracken und Ditchfield (2012) übernommen. 55

Abbildung 31: Ultraschallbild mit fehlender KKG und nicht möglicher Identifizierung des Labrum. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Castelein et al. (1992) übernommen. 55

Abbildung 32: Untersuchungsbild sowie Ultraschallbilder mit einer Skizze. An der Skizze wird ein Überblick über die Anatomie gegeben. Die Abbildungen wurden modifiziert und aus der Quelle Rosendahl und Toma (2007) übernommen. 56

Abbildung 33: (von links nach rechts) Skizze, Ultraschallbilder von einer normalen Hüfte, einer unreifen Hüfte, einer milden dysplastischen Hüfte und einer schweren dysplastischen Hüfte. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Laborie et al. (2014) übernommen. 57

Abbildung 34: Die Bilder zeigen ein Kind mit einer Graf Typ 3-Hüfte und einem positiven Ortolani-Test bei der ersten Untersuchung und bei der zweiten Untersuchung nach einem Monat. Es wurde die linke und die rechte Hüfte abgebildet. Bei der ersten Untersuchung hatte die rechte Hüfte einen Alpha-Winkel von 42° , die linke von 41° . Nach einem Monat betrug der Alpha-Winkel der rechten Hüfte 53° , der der linken 62° . Das Kind wurde nicht behandelt. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Chen et al. (2010) übernommen. 58

Abbildung 35: Die Bilder zeigen die Hüften von zwei Kindern. Ultraschallbild a) und b) wurden von der linken Hüfte eines Kindes nach einem und nach acht Monaten erstellt. Diese Hüfte entwickelte sich laut Roovers et al. innerhalb der ersten Messung bis zu der nach acht Monaten von einer Typ 3 zu einer Typ 1-Hüfte. Bild c) wurde von der linken Hüfte des anderen Kindes nach 1 Monat erstellt. Das Röntgenbild d) der gesamten Hüfte wurde von diesem Kind nach vier Monaten erstellt. Diese Hüfte entwickelte sich laut Roovers et al. innerhalb der Untersuchungszeit von einer Typ 3-Hüfte im Ultraschall nach Graf zu einer normalen Hüfte im Röntgenbild. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Roovers et al. (2005) übernommen. 59

Abbildung 36: Die Bilder sind nach Graf aufgenommen und zeigen eine normale (A), eine unreife (B) und eine dysplastische (C) Hüfte. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Rosendahl et al. (1996) übernommen. 60

Abbildung 37: Ultraschallbilder mit Einzeichnung der Ausstelllinie und Pfannendachlinie (links) und unter Ausübung von Stress auf den Hüftkopf (rechts). Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Lorente Moltó et al. (2002) übernommen. 61

Abbildung 38: Ultraschallbilder mit entsprechenden Skizzen. Die linken Bilder sollen die Bestimmung des FHC darstellen. Die rechten Bilder sollen einen Überblick über die anatomischen Strukturen geben. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Holen et al. (1994) übernommen. 62

Abbildung 39: Ultraschallbild mit entsprechender Skizze. An dieser wurde ein Überblick über die anatomischen Strukturen gegeben. Zudem wurde in der Skizze der Alpha und der Beta Winkel eingezeichnet. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Terjesen et al. (1989a) übernommen. 63

Abbildung 40: Bei diesem Ultraschallbild wurde weder die Checkliste 1 noch die Checkliste 2 erfüllt. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Rosendahl et al. (1994) übernommen. 64

Abbildung 41: Alle Ultraschallbilder wurden nach der modifizierten Graf Methode von Rosendahl erstellt. Bild A zeigt eine Hüfte mit einem Alpha Winkel von $>60^\circ$, B zeigt eine unreife Hüfte mit einem Alpha Winkel zwischen $50^\circ <$ und $<60^\circ$, C zeigt eine Hüfte eine milde Dysplasie mit einem Alpha Winkel zwischen $43^\circ <$ und $<50^\circ$, D zeigt eine Hüfte mit einer signifikanten Dysplasie mit einem Alpha Winkel von $<43^\circ$. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitt aus Rosendahl et al. (2010) übernommen. 64

Abbildung 42: Diese Ultraschallbilder dienen als Erklärung für die Ultraschalldiagnostik der Säuglingshüfte und nicht für die Ausmessung von Winkeln. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Graf (1980) übernommen. 65

Abbildung 43: Das linke Ultraschallbild soll eine normale Hüfte zeigen. Das rechte Ultraschallbild soll eine milde dysplastische Hüfte zeigen. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Colta et al. (2016) übernommen. 67

Abbildung 44: Ultraschallbild, welches die Kriterien der Checkliste 1 und 2 erfüllt. Die Abbildung wurde modifiziert und als Ausschnitt aus Peterlein et al. (2010) übernommen. 68

Abbildung 45: Ultraschallbilder, die nach den Kriterien der Graf Methode erstellt wurden. Das linke Ultraschallbild zeigt die anatomischen Identifizierungspunkte. Das Ultraschallbild in der Mitte die Landmarken. Das rechte Bild zeigt die Grund-, Ausstell- und Pfannendachlinie, sowie den Alpha und Beta Winkel. Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Voitl et al. (2019) übernommen. 69

Abbildung 46: Ultraschallbild in der sonographischen Ausrichtung (links), Röntgenbild der Hüfte (mittig), Ultraschallbild wurde zur besseren Beurteilung in die von Graf empfohlene Ausrichtung gedreht (rechts). Die Abbildungen wurden modifiziert und als Ausschnitte aus Spaans et al. (2019) übernommen. 70

Abbildung 47: Fazit der Bilderanalyse, aus den von Sakkers und Pollet (2018) verwendeten Quellen (oben). Ergebnis der Analyse der bei der PubMed-Recherche gefundenen Quellen (unten). 70

8. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Inhalt der verwendeten Quellen von Sakkers und Pollet (Ja (0)/Nein (1)/Teilweise (2)/Keine Angabe (3))	77
Tabelle 2: Kritikpunkte Ja (0)/Nein (1)/Teilweise (2)/Keine Angabe (3)	83
Tabelle 3: Verwendbarkeit von den Ultraschallbildern von den von Sakkers und Pollet verwendeten Quellen (Ja (0)/Nein (1)/Teilweise (2)/Keine Angabe (3))	84
Tabelle 4: Verwendbarkeit der bei der PubMed-Recherche gefundenen Ultraschallbilder (Ja (0)/Nein (1)/Teilweise (2)/Keine Angabe (3))	86
Tabelle 5: Inhalt der bei der PubMed-Recherche gefundenen Quellen mit Bildern (Ja (0)/Nein (1)/trifft teilweise zu (2)/keine Angabe (3))	90
Tabelle 6: Inhalt der bei der PubMed-Recherche gefundenen Quellen ohne Bilder (Ja (0)/Nein (1))	93

9. Literaturverzeichnis

- Alamdaran S A, Kazemi S, Parsa A. Assessment of Diagnostic Value of Single View Dynamic Technique in Diagnosis of Developmental Dysplasia of Hip: A Comparison with Static and Dynamic Ultrasound Techniques. *Arch Bone Jt Surg* 2016; 4(4): 371-375
- Atalar H, Sayli U, Yavuz O Y, Uraş I, Dogruel H. Indicators of successful use of the Palvik harness in infants with developmental dysplasia of the hip. *International Orthopaedics (SI-COT)* 2007; 31: 145–150
- Bache C E, Clegg J, Herron M. Risk factors for developmental dysplasia of the hip: ultrasonographic findings in the neonatal period. *J Pediatr Orthop B* 2002 Jul;11(3):212-218
- Barbosa R d O, Albernaz E P. Profile of Patients Diagnosed with Developmental Dysplasia of the Hip. *Rev Bras Ortop* 2019; 54: 497–502
- Barlow T G. Early Diagnosis and Treatment of Congenital Dislocation of the Hip. *J Bone Joint Surg [Br]* 1962; 44-B: 292-301
- Baróti B, Pap Z, Pánti Z, Buruian M M, Pávai Z. Morphometric and ultrasonographic study of the human fetal hip joint during intrauterine development. *Rom J Morphol Embryol* 2013; 54(4): 977–981
- Beek F J A, Nievelstein R J, Pruijs H E, de Jong P A, Sakkers R J B. Transinguinal sonographic determination of the position of the femoral head after reposition and follow up in a spica cast. *Pediatr Radiol* 2010; 40: 1794-1799
- Bilgili F, Saglam Y, Göksan S B, Hürmeýdan Ö M, Birisik F, Demirel M. Treatment of Graf Type IIa Hip Dysplasia: A Cut-off Value for Decision Making. *Balkan Med J* 2018; 35: 427-430
- Bialik V, Bialik M D, Wiener F. Prevention of Overtreatment of Neonatal Hip Dysplasia by the Use of Ultrasonography. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 1998; 7: 39-42
- Bracken J, Ditchfield M. Ultrasound in developmental dysplasia of the hip: What have we learned? *Pediatr Radiol* 2012; 42: 1418–1431

Buchegger F, Ratib O, Willi J P, Steiner C, Seimbille Y, Zaidi H, Graf V, Peter R, Jung M. [11C]acetate PET/CT Visualizes Skeletal Muscle Exercise Participation, Impaired Function, and Recovery after Hip Arthroplasty; First Results. *Mol Imaging Biol* 2011; 13: 793Y799

Bucher F, Görg C, Weber S, Peterlein C D. Paediatric hip ultrasound: uncertainties in examination and choice of treatment. *Journal of Childrens Orthopaedics* 2021; 15: 42-47

Buckup K, Linke L C, Pottmann M, Cordier W, Wagner N, Albrecht M. *Kinderorthopädie*. Stuttgart: Thieme, 2001

Bundesvereinigung Kassenärztliche Rahmenvereinbarung für Qualitätssicherungsvereinbarungen gemäß § 135 Abs. 2 SGB V 2008

Carlile G S, Woodacre T, Cox P J. Verification of hip reduction using anterior ultrasound scanning during Pavlik harness treatment of developmental dysplasia of the hip. *Journal of Orthopaedics* 2014; 11: 174-179

Castelein R M, A J M Sauter, de Vlieger M, van Linge B. Natural history of ultrasound hip abnormalities in clinically normal newborns. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 1992; 12: 423-427

Chang W C, Hsu K H, Lo I F, Liao K H, Su Y P. Interobserver agreement and clinical disparity between the Graf method and femoral head coverage measurement in developmental dysplasia of the hip screening: a prospective observational study of 198 newborns. *Medicine* 2021; 100: 24(e26291)

Chang W C, Hsu K H, Su Y P. Association between early sonographic findings and acetabular index at the age of 6 months: a prospective observational study. *BMC Pediatrics* 2022; 22: 228

Chavoshi M, Mirshahvalad S A, Mahdizadeh M, Zamani F. Diagnostic Accuracy of Ultrasonography Method of Graf in the Detection of Developmental Dysplasia of the Hip: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Arch Bone Jt Surg*. 2021; 9(3): 297-305

- Chavoshi M, Soltani G, Zargar S S, Wyles C C, Kremers H M, Rouzrokh P. Diagnostic Performance of Clinical Examination Versus Ultrasonography in the Detection of Developmental Dysplasia of Hip: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arch Bone Jt Surg*. 2022; 10(5): 403-412
- Chen T, Zhang Y, Wang B, Wang J, Cui L, He J, Cong L. Development of a Fully Automated Graf Standard Plane and Angle Evaluation Method for Infant Hip Ultrasound Scans. *Diagnostics* 2022; 12: 1423
- Chen H W, Chang C H, Tsai T S, Liu W J, Chua C, Chen Y Y, Kuo K N. Natural progression of hip dysplasia in newborns: a reflection of hip ultrasonic screenings in newborn nurseries. *Journal of Pediatric Orthopaedics B* 2010;19: 418–423
- Colta R C, Stoicanescu C, Nicolae M, Oros S, Burnei G. Hip dysplasia screening - epidemiological data from Valcea County. *Journal of Medicine and Life* January- March 2016; Vol. 9, Issue 1: 106-111
- Contro E, Larcher L, Lenzi J, Benfenati A, Massinissa Magini G, Galeati G, Terrone M, Galletti S, Arcuri S, Seidenari A. Prenatal Screening for Developmental Displacement of the Hip: The BUDDHA (Pre-Birth Ultrasound for Developmental Displacement of the Hip Assessment) Study. *Diagnostics* 2021; 11: 868
- Copuroglu C, Ozcan M, Aykac B, Tuncer B, Saridogan K. Reliability of ultrasonographic measurements in suspected patients of developmental dysplasia of the hip and correlation with the acetabular index. *Indian J Orthop*. Nov-Dec 2011; 45(6): 553–557
- Čustović S, Šadić S, Vujadinović A, Hrustić A, Jasarević M, Čustović A, Krupić F. The predictive value of the clinical sign of limited hip abduction for developmental dysplasia of the hip (DDH). *Med Glas (Zenica)* 2018; 15(2): 174-178
- Dessi A, Crisafulli M, Vanelli E, Fanos V. Ultrasound in developmental dysplasia of the hip: A screening study in Sardinian newborns *Journal of Ultrasound* 2009; 12: 80-84
- Dogruel H, Atalar H, Yavuz O Y, Sayli U. Clinical examination versus ultrasonography in detecting developmental dysplasia of the hip. *International Orthopaedics (SICOT)* 2008; 32: 415-419

Dygut J, Sulko J, Guevara-Lora I, Piwowar M. Secondary (Late) Developmental Dysplasia of the Hip with Displacement: From Case Studies to a Proposition for a Modified Diagnostic Path. *Diagnostics* 2022; 12: 1472

Eiser C. Psychological Effects of Chronic Disease. *J. Child Psychol. Psychiat* 1990; Vol. 31 No 1: 85-98

Falliner A, Hahne H J, Hassenpflug J. Sonographic hip screening and early management of developmental dysplasia of the hip. *Journal of Pediatric Orthopaedics Part B* 1999; 8: 112-117

Falliner A, Schwinzer D, Hahne H-J, Hedderich J, Hassenpflug J. Comparing ultrasound measurements of neonatal hips using the methods of Graf and Terjesen J. *Bone Joint Surgery* 2006: 104-106

Gahleitner M, Hochgatterer R, Großbötzl G, Pisecky L, Klotz M, Gotterbarm T, Hipmair G. Short Term Results of Early Treatment of Developmental Dysplasia of the Hip or Luxation with Pavlik Harness in Human Position. *Medicina* 2022; 58: 206

Gardiner H M, Dunn P M. Controlled trial of immediate splinting versus ultrasonographic surveillance in congenitally dislocatable hips. *Lancet* 1990; 336: 1553-1556

Gardner F, Dezateux C, Elbourne D, Gray A, King A, Quinn A. The hip trial: psychosocial consequences for mothers of using ultrasound to manage infants with developmental hip dysplasia. *Arch Dis Child Fetal Neonatal* 2005; Ed 90: 17–24

Germann C, Filli L, Jungmann P M, Graf D N, Fritz J, Pfirrmann C W A, Sutter R. Prospective and longitudinal evolution of postoperative periprosthetic findings on metal artefact–reduced MR imaging in asymptomatic patients after uncemented total hip arthroplasty. *Skeletal Radiology* 2021; 50: 1177–1188

Graf R. The Diagnosis of Congenital Hip-Joint Dislocation by the Ultrasonic Compound Treatment. *Arch Orthop Traumat Surg* 1980; 97: 117-133

Graf R. New Possibilities for the Diagnosis of Congenital Hip Joint Dislocation by Ultrasonography. *Journal of Pediatric Orthopedics*. July 1983; 3(3): 354-359

Graf R. Sonografie der Säuglingshüfte. *Z. Orthop.*1990; 128: 355-356

Graf R. Hüftsonographie- Ein Update. Orthopäde 2002; Der Orthopäde 2002; 31: 181-189

Graf R. Hip Sonography. Berlin- Heidelberg: Springer-Verlag Berlin- Heidelberg, 2006

Graf R, Lercher K, Tschauer C, Baumgartner F, Plattner F. Sonographie der Säuglingshüfte und therapeutische Konsequenzen- Ein Kompendium 6. Auflage. Stuttgart-New York: Georg Thieme Verlag, 2006

Graf R. Sonographie der Säuglingshüfte und therapeutische Konsequenzen. 6. Auflage, Thieme Stuttgart, 2010

Graf R, Baumgartner F, Lercher K. Ultraschalldiagnostik der Säuglingshüfte- Ein Atlas 2. Auflage. Berlin- Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012

Graf R, Mohajer M, Plattner F. Hip sonography update. Quality- management, catastrophes- tips and tricks. Med Ultrason 2013; Vol. 15 No. 4: 299-303

Graf R. Hip sonography: background; technique and common mistakes; results; debate and politics; challenges. Hip Int 2017; 27 (3): 215-219

Gray A, Elbourne D, PHD, Dezateux C, King A, Quinn A, Gardiner F, Economic Evaluation of Ultrasonography in the Diagnosis and Management of Developmental Hip Dysplasia in the United Kingdom and Ireland. Journal of Bone and Joint Surgery 2005; Vol. 87-A No. 11: 2472-2478.

Guindani N, De Pellegrin M. Developmental dysplasia of the hip screening during the lockdown for COVID-19: experience from Northern Italy. J Child Orthop 2021; 15: 248-254

Gunay C, Atalar H, Dogruel H, Yavuz O Y, Uras I, Saylı U. Correlation of femoral head coverage and Graf α angle in infants being screened for developmental dysplasia of the hip. International Orthopaedics (SICOT) 2009; 33:761–764

Gunay C, Atalar H, Kaptan A Y, Esen E, Cavusoglu A T. Can a Hip Diagnosed as Graf Type 1 According to Graf Checklist Deteriorate over Time? A Case Series and Evaluation of the Graf Method. Journal of Orthopaedic Case Reports March-April 2019; 9(2): 7-10

- Güler O, Şeker A, Mutlu S, Çerçi M H, Kömür B, Mahiroğulları M. Results of a universal ultrasonographic hip screening program at a single institution. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2016; 50(1): 42–48
- Harcke H T, Clarke N M P, Lee M S, Borns P F, MacEwen G D. Examination of the Infant Hip with Real-Time Ultrasonography. *J Ultrasound Med März* 1984; 3: 131-137
- Harcke H T, Grissom L E. Performing dynamic sonography of the infant hip. *AJR* October 1990; 155: 837-844
- Harcke H T, Pruszczyński B. Hip ultrasound for developmental dysplasia: the 50% rule. *Pediatr Radiol* 2017; 47: 817–821
- Hareendranathan A R, Chahal B S, Zonoobi D, Sukhdeep D, Jaremko J L. Artificial Intelligence to Automatically Assess Scan Quality in Hip Ultrasound. *Indian Journal of Orthopaedics* 2020; 55: 1535–1542
- Holen K J, Terjesen A, Tegnander A, Bredland T, Saether O D, Eik-Nes S H. Ultrasound Screening for Hip dysplasia in Newborns. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 1994; 14: 667-673
- Husum H C, Hellfritsch M B, Hardgrib N, Møller-Madsen B, Rahbek O. Suggestion for new 4.4 mm pubo-femoral distance cut-off value for hip instability in lateral position during DDH screening. *Acta Orthopaedica* 2019; 90 (1): 88–93
- Irha E, Vrdoljak J, Vrdoljak O. Evaluation of ultrasonographic angle and linear parameters in the diagnosis of developmental dysplasia of the hip. *Journal of Pediatric Orthopaedics B* 2004; Vol. 13 No. 1: 9-14
- Jacobino B d C P, Galvão M D, Silva A F d, Castro C C d. Using the Graf method of ultrasound examination to classify hip dysplasia in neonates. *Autopsy and Case Reports* 2012; 2(2): 5-10
- Jordann J M, Helmick C G, Renner J B, Luta G, Dragomir A D, Woodard J, Fang F, Schwartz T A, Nelson A E, Abbate L M; Callahan L F, Kalsbeek W D, Hochberg M C. Prevalence of hip symptoms and radiographic and symptomatic hip osteoarthritis in African- Americans and Caucasians: The Johnston County Osteoarthritis Project. *J Rheumatol* April 2009; 36(4): 809–815

Karakus O, Karaman O, Sari A S, Orak M M, Muratli H H. Is it difficult to obtain inter-observer agreement in the measurement of the beta angle in ultrasound evaluation of the paediatric hip?. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 2019; 14: 221

Karapinar L, Sürenkök F, Öztürk H, Rifki M, Yurdakul L. The importance of predicted risk factors in developmental hip dysplasia: an ultrasonographic screening program. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2002; 36: 106-110

Kilsdonk I, Witbreuk M, Van Der Woude H-J. Ultrasound of the neonatal hip as a screening tool for DDH: how to screen and differences in screening programs between European countries. *J Ultrason* 2021; 21: 147–153

Kokavec M, Bialik V. Developmental dysplasia of the prevention and real incidence. *Bratisl Lek Listy* 2007; 108(6): 251-254

Kolb A, Chiari C, Schreiner M, Heisinger S, Willegger M, Retzl G, Windhager R. Development of an electronic navigation system for elimination of examiner-dependent factors in the ultrasound screening for developmental dysplasia of the hip in newborns. *nature* 2020; 10: 16407

Komut E, Zehir S. Can developmental dysplasia of the hip be identified in the prenatal period? A pilot study: Ultrasonographic evaluation and postnatal follow-up results of fetal hips in the third trimester. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2021; 55(3): 196-200

Kosar P, Ergun E, Yigit H, Gökharman F D, Kosar U. Developmental Dysplasia in male infants: risk factors, instability and ultrasound screening. *Hip In t* 2011; 21(04): 409-414

Kubo H, Pilge H, Holthoff J-P, Hufeland M, Westhoff B, Krauspe R. Poorer radiological outcome after delayed diagnosis and treatment in human position in Fettweis plaster cast in 93 unstable hip joints type D, III and IV according to Graf. *J Child Orthop* 2018; 12: 590-598

Kraus T, Novak M. Kindliche Hüftreifungsstörungen. *Paediatr Paedolog* 2018; 53:216–220

Kural B, Karapinar E D, Yilmazbas P, Eren T, Gökçay G. Risk Factor Assessment and a Ten-Year Experience of DDH Screening in a Well-Child Population. *BioMed Research International* 2019; Article ID 7213681

Kyung B S, Lee S H, Jeong W K, Park S Y. Disparity between Clinical and Ultrasound Examinations in Neonatal Hip Screening. *Clinics in Orthopedic Surgery* 2016; Vol. 8 No. 2: 203-209

Laborie L B, Markestad T J, Davidsen H, Brurås K R, Aukland S M, Bjørlykke J A, Reigstad H, Indrekvam K, Lehmann T G, Engesæter I Ø, Engesæter L B, Rosendahl K. Selective ultrasound screening for developmental hip dysplasia: effect on management and late detected cases. A prospective survey during 1991-2006. *Pediatr Radiol* 2014; 44: 410–424

Lange A E, Lange J, Ittermann T, Napp M Krueger P C, Bahlmann H, Kasch R, Heckmann M. Population-based study of the incidence of congenital hip dysplasia in preterm infants from the Survey of Neonates in Pomerania (SNIp). *BMC Pediatrics* 2017; 17: 78

Lee W C, Kao H K, Chen M C, Yang W E, Chu S M, Chang C H. Double diapering facilitates hip maturation in newborns. *Pediatrics and Neonatology* 2022; 63: 159-164

Li H, Shu L, Yu J, Xian Z, Duan H, Shu Q, Ye J. Using Z-score to optimize population specific DDH screening: a retrospective study in Hangzhou, China. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2021; 22: 344

Li Y, Canavese F, Liu Y, Wu J, Li J, Yuan Z, Zhou Q, Liu Y, Chen W, Xu H. Does a Graf Type-I Hip Justify the Discontinuation of Pavlik Harness Treatment in Patients with Developmental Dislocation of the Hip?. *Children* 2022; 9: 752

Liu B, Hu X, Li L, Gao S. Morphological Development of the Hip in Normal Infants Under Six Months of Age by the Graf Ultrasound Method. *Front. Pediatr.* 2022; 10: 914545

Liu D, Mou X, Yu G, Liang W, Cai C, Li X, Zhang G. The feasibility of ultrasound Graf method in screening infants and young children with congenital hip dysplasia and follow-up of treatment effect. *Transl Pediatr* 2021; 10(5): 1333-1339

Lorente Moltó F J, Gregori A M, Casas L M, Perales V M. Three-year prospective study of developmental dysplasia of the hip at birth: Should all dislocated or dislocatable hips be treated? *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2002; 22: 613–621

Lussier E C, Sun Y T, Chen H W, Chang T Y, Chang C H. Ultrasound screening for developmental dysplasia of the hip after 4 weeks increases exam accuracy and decreases follow-up visits. *Pediatrics and Neonatology* 2019; 60: 270-277

Marks D S, Clegg J, Al-Chalbi A N. Routine ultrasound screening for neonatal hip instability- Can it abolish late-presenting congenital dislocation of the hip? *J Bone Joint Surg [Br]* 1994; 76-B: 534-538

Motta G G B, Chiovatto A R S, Chiovatto E D, Duarte M L, Rodrigues N V M, Iared W. Prevalence of Developmental Dysplasia of the Hip in a Maternity Hospital in São Paulo, Brazil. *Rev Bras Ortop* 2021; 56(5): 664–670

Morin C, Harcke H T, MacEwen G D. The infant hip: real time US assessment of acetabular development. *Radiology* 1985; 157: 673-677

Munkhuu B, Essig S, Renchinnyam E, Schmid R, Wilhelm C, Bohlius J, Chuluunbaatar B, Shonkhuuz E, Baumann T. Incidence and Treatment of Developmental Hip Dysplasia in Mongolia: A Prospective Cohort Study. *PLoS ONE* 2013; 8(10): e79427

Muresan S, Marginean M O, Voidazan S, Vlasa I, Sîntean I. Musculoskeletal ultrasound: a useful tool for diagnosis of hip developmental dysplasia- One single-centre experience. *Medicine* 2019; 98: 2(e14081)

Murphy L B, Helmick C G, Schwartz T A, Renner J B, Tudor G, Koch G G, Dragomir A D, Kalsbeek W D, Luta G, Jordan J M. One in four people may develop symptomatic hip osteoarthritis in his or her lifetime. *Osteoarthritis Cartilage* November 2010; 18(11): 1372–1379

Niethard F U, Carstens C, Döderlein L, Peschgens T. *Kinderorthopädie*. Stuttgart: Thieme, 1997

Novais E N, Kestel L A, Carry P M, Meyers M L. Higher Pavlik Harness Treatment Failure Is Seen in Graf Type IV Ortolani-positive Hips in Males. *Clin Orthop Relat Res* 2016; 474: 1847–1854

O'Beirne J G, Chlapoutakis K, Alshryda S, Aydingoz U, Baumann T, Casini C, Pellegrin M d, 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,

Ömeroglu H, Use of ultrasonography in developmental dysplasia of the hip. *Journal of Children's Orthopedics* März 2014; 8(2): 105–113

Ömeroglu H, Köse N, Akceylan A. Success of Pavlik Harness Treatment Decreases in Patients >4 Months and in Ultrasonographically Dislocated Hips in Developmental Dysplasia of the Hip. *Clin Orthop Relat Res* 2016; 474: 1146–1152

Ömeroglu H. Treatment of developmental dysplasia of the hip with the Pavlik harness in children under six months of age: indications, results and failures. *J Child Orthop* 2018; 12: 308-316

Ömeroglu H, Akceylan A, Köse N. Associations between risk factors and developmental dysplasia of the hip and ultrasonographic hip type: a retrospective case control study. *J Child Orthop* 2019; 13: 161-166

Ortiz-Neira C L, Laffan E, Daneman A, Fong K, Roposch A, Ohlsson A, Jarrin J, Wang C, Wedge J, Doria A S. Colour Doppler Ultrasound Assessment of the Normal Neonatal Hip. *Canadian Association of Radiologists Journal* 2009; 60: 79-87

Padilla-Raygoza N, Olvera-Villanueva G, Delgado-Sandoval S d C, Cordova-Fraga T, Sosa-Aquino M A, Beltran-Campos V. Validity and reliability of electroacoustic probe for diagnosis of developmental dysplasia of the hip. *BMC Pediatrics* 2017; 17: 149

Patel H, Canadian Task Force on Preventive Health Care. Preventive health care, 2001 update: screening and management of developmental dysplasia of the hip in newborns. *CMAJ*. Juni 12 2001; 164(12): 1669–1677

Paton R W. Screening in Developmental Dysplasia of the Hip (DDH). *the surgeon* 2017; 15: 290-296

Peled E, Bialik V, Katzman A, Eidelman M, Norman D. Treatment of Graf's Ultrasound Class III and IV Hips Using Pavlik's Method. *Clin Orthop Relat Res* 2008; 466: 825-829

Pellegrin M d, Damia C M, Marcucci L, Moharamzadehi D. Double Diapering Ineffectiveness in Avoiding Adduction and Extension in Newborn Hips. *Children* 2021; 8, 179

Peterlein C D, Schüttler K F, Lakemeier S, Timmesfeld N, Görg C, Fuchs- Winkelmann S, Schofer M D. Reproducibility of different screening classifications in ultrasonography of the newborn hip. *BMC Pediatrics* 2010;10: 98

Peterlein C D, Penner T, Schmitt T, Fuchs-Winkelmann S, Fölsch C. Sonografisches Screening der Neugeborenenhüfte am Universitätsklinikum Marburg – eine Langzeitanalyse. *Z Orthop Unfall* 2014; 152: 234–240

Pollet V, Pearcy V, Prior H J. Relative Risk and Incidence for Developmental Dysplasia of the Hip. *The Journal of Pediatrics* Februar 2017; 181: 202-207

Pollet V, Castelein R M, van de Sande M, Witbreuk M, Mostert A K, Besselaar A, van Bergen C, Beek E, Uiterwaal C S P M, Sakkars R J B. Abduction treatment in stable hip dysplasia does not alter the acetabular growth: results of a randomized clinical trial. *Scientific Reports* 2020; 10: 9647

Portinaro N M, Pelillo F, Cerutti P. The role of Ultrasonography in the Diagnosis of Developmental Dysplasia of the Hip. *J Pediatr Orthop* March 2007; Vol. 27 No. 2: 247-250

Price K R, Dove R, Hunter J B. The use of X-ray at 5 months in a selective screening programme for developmental dysplasia of the hip. *J Child Orthop* 2011; 5:195–200

Qiu A, Yang Z, Wang J, Wang T. Clinical evaluation of ultrasound screening in follow-up visits of infants with cerebral palsy at high risk for developmental dysplasia of the hip. *Experimental and Therapeutic Medicine* 2016; 12: 2431-2434

Rakovac I, Tudor A, Sestan B, Prpic T, Gulan G, Madarevic T, Santic V, Ruzic L. New “L value” parameter simplifies and enhances hip ultrasound interpretation in the detection of developmental dysplasia of the hip. *International Orthopaedics (SICOT)* 2011; 35: 1523–1528

Riboni G, Bellini A, Seratoni S, Rognoni E, Basanti L. Ultrasound screening for developmental dysplasia of the Hip. *Pediatr Radiol* 2003; 33: 475–481

Roovers E A, Boere-Boonekamp M M, Mostert A K, Castelein R M, Zielhuis G A, Kerkhoff T H M. The natural history of developmental dysplasia of the hip: sonographic findings in infants of 1-3 months of age. *Journal of Pediatric Orthopaedics B* 2005; 14: 325–330

Roposch A, Liu Q L, Protopapa E. Variations in the use of diagnostic criteria for developmental dysplasia of the hip. *Clin Orthop Relat Res* Juni 2013; 471(6): 1946–1954

Roposch A, Wright J G. Increased Diagnostic Information and Understanding Disease: Uncertainty in the Diagnosis of Developmental Hip Dysplasia. *Radiology* February 2007; Vol. 242 No 2: 355-359

Rosenberg N, Bialik V. The effectiveness of combined clinical-sonographic screening in the treatment of neonatal hip instability. *European Journal of Ultrasound* 2002; 15: 55–60

Rosendahl K, Markestad T, Lie R T. Ultrasound Screening for Developmental Dysplasia of the Hip in the Neonate: The Effect on Treatment Rate and Prevalence of Late Cases. *Pediatrics* 1994; 94: 47-52

Rosendahl K, Markestad T, Lie R T. Developmental dysplasia of the hip: prevalence based on ultrasound diagnosis. *Pediatr Radiol* 1996; 26: 635-639

Rosendahl K, Toma P. Ultrasound in the diagnosis of developmental dysplasia of the hip in newborns. The European approach. A review of methods, accuracy and clinical validity. *Eur Radiol* 2007; 17: 1960–1967

Rosendahl K, Dezateux, Fosse K R, Aase H, Aukland S M, Reigstad H, Alsaker T, Moster D, Lie R T, Markestad T. Immediate treatment vs sonographic surveillance for mild dysplasia in newborns. *Pediatrics* 2010; 125: e9–e16

Sackers R, Pollet V. The natural history of abnormal ultrasound findings in hips of infants under six months of age. *J Child Orthop* 2018; 12: 302-307

Sampath J S, Deakin S, Paton R W. Splintage in Developmant Dysplasia of the Hip: How low can we go? *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2003; 23: 352–355

Sari A S, Karakus O. Is experience alone sufficient to diagnose developmental dysplasia of the hip without the bony roof (alpha angle) and the cartilage roof (beta angle) measurements? - A diagnostic accuracy story? *Medicine* 2020; 99:14

Schenker K, Michel F, Dr. Walter A, Prof. Haber P, Dr. Matthiessen H D, Dr. Dünneweber E, Dr. Halbhübner K, Prof. Dr. Graf R. Sonographie der Säuglingshüfte - Informationen

zur Durchführung, Dokumentation und Fehlervermeidung. Berlin: Kassenärztliche Bundesvereinigung, 2018

Simon E A, Saur F, Buerge M, Glaab R, Roos M, Kohler G. Inter-observer agreement of ultrasonographic measurement of alpha and beta angles and the final type classification based on the Graf method. *Swiss Medical Weekly* 2004; 134(45-46): 671-677

Shirai Y, Wakabayashi K, Wada I, Tsuboi Y, Ha M, Otsuka T. Magnetic resonance imaging evaluation of the labrum to predict acetabular development in developmental dysplasia of the hip - A STROBE compliant study. *Medicine* 2017; 96: 21(e7013)

Shorter D, Hong T, Osborn D A. Screening programs for developmental dysplasia of the hip in newborn infants. *Evid.-Based Child Health* 2013; 8:1: 11–54

Sibiński M, Adamczyk E, Higgs Z C J, Synder M. Hip joint development in children with type IIb developmental dysplasia. *International Orthopaedics (SICOT)* 2012; 36: 1243-1246

Sommer J. Atypical hip click in the newborn. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 1971; 42:4: 353-356

Spaans A J, Beek F J A, Uiterwall C S P M, Pruijs J E H, Sakkers R J. Correlation between ultrasonic and radiographic imaging of developmental dysplasia of the hip. *Journal of Children Orthopaedics* 2019; 155-160

Suzuki S, Kasahara Y, Futami T, Ushikubo S, Tsuchiya T. Ultrasonography in congenital dislocation of the hip- simultaneous imaging of both hips from in front. *J Bone Joint Surg [Br]* 1991; 73-B: 879-883

Tan S H S, Wong K L, Lim A K S, Hui J H. The earliest timing of ultrasound in screening for developmental dysplasia of the hips. *Ultrasonography* 2019; 38(4): 321-326

Tan S H S, Wu C H, Wong K L, Hui J H. Correlations between ultrasonographic and subsequent radiographic findings of developmental dysplasia of the hips. *Ultrasonography* Jan 2020; 39(1): 43-51

- Tegnander A, Holen K J, Terjesen T. The natural history of hip abnormalities detected by ultrasound in clinically normal newborns: A 6-8 year follow up study of 93 children. *Acta Orthop Scand* 1999; 70 (4): 335-337
- Terjesen T, Bredland T, Berg V. Ultrasound for hip assesment in the newborn. *J Bone Joint Surg [Br]* 1989; 71-B :767-73
- Terjesen T, Runden T Ø, Tangerud A. Ultrasonography and radiography of the hip in infants. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 1989; 60(6): 651-660
- Terjesen T, Holen K J, Tegnander A. Hip abnormalities detected by ultrasound in clinically normal newborn infants. *J Bone Joint Surg [Br]* 1996; 78-B: 636-40
- 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 screening program. *Journal of Children's Orthopaedics* 2014 Februar; 8(1): 3–10
- Theunissen W W E S, van der Stehen M, van Douveren F Q M P, Witlox A M A, Tolk J J. Timing of Repeat Ultrasound Examination in Treatment of Stable Developmental Dysplasia of the Hip. *J Pediatr Orthop* 2021; 41: 203–208
- 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: 415–424
- Tschauner C, Matthiessen H D, Graf R. Methodische Eckpunkte der Hüftsonografie nach Graf. *State of the art 2018 OUP* 2018; 7: 010–013
- Tyagi R, Zgoda M R, Short R. Targeted screening of hip dysplasia in newborns: experience at a district general hospital in Scotland. *Orthopedic Reviews* 2016; 8:6640: 94-97
- Tönnis D. Frühdiagnose und Frühbehandlung der angeborenen Hüftluxation. Berlin- Heidelberg: Springer-Verlag Berlin-Heidelberg, 1984

Ulziibat M, Munkhuu B, Schmid R, Baumann T, Essig S. Implementation of a nationwide universal ultrasound screening programme for developmental dysplasia of the neonatal hip in Mongolia. *J Child Orthop* 2020; 14: 273-280

Ulziibat M, Munkhuu B, Bataa A-E, Schmid R, Baumann T, Essig S. Traditional Mongolian swaddling and developmental dysplasia of the hip: a randomized controlled trial. *BMC Pediatr* 2021; 21: 450

Utzschneider S, Chita C, Paulusa C, Guenther C, Jansson V, Heimkes B. Discrepancy between sonographic and radiographic values after ultrasound-monitored treatment of developmental dysplasia of the hip. *Arch Med Sci* 2016; 12,1: 145–149

van Douveren F Q M P, Pruijs H E H, Sakkers R J B, Nievelstein R A J, Beek F J A. Ultrasound in the management of the position of the femoral head during treatment in a spica cast after reduction of hip dislocation in developmental dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg* 2003; 85-B: 117-120

Vasilescu D, Cosma D, Vasilescu D E, Botar Jid C, Gersak M, Lenghel M, Dudea S M. A new sign in the standard hip ultrasound image of the Graf method. *Med Ultrason* 2015; Vol. 17 No. 2: 206-210

Vasilescu D, Cosma D, Vasilescu D E, Solomon C M, Corbu A, Dudea S M. Ultrasonography of borderline and asymmetric infant hips- a challenge in the management of developmental dysplasia of the hip. *Clujul Medical* 2018; Vol. 91 No. 4: 422-426

Voitl P, Sebelesky C, Hosner S, Woditschka A, Diesner S, Böck A. Ultrasound of the infant hip: manual fixation is equivalent to Graf's Technique regarding image quality- a randomized trial. *BMC Pediatrics* 2019; 19:14

von Kries R, Ihme N, Oberle D, Lorani A, Stark R, Altenhofen L, Niethard F U. Effect of ultrasound screening on the rate of first operative procedures for developmental hip dysplasia in Germany. *The Lancet* 2003; Vol. 362: 1883-1887

Voos M C, Soares de Moura Drummond M C, Hasue R H. Hip Mobilization at Preterm Age May Accelerate Developmental Dysplasia Recovery. *Case Reports in Medicine* 2018; Article ID 8625721

Wang N, Zhang Y, Guan B, Zhu L, He X, Fang Q, Liang Z. An ultrasonographic study of the correlation between developmental dysplasia of the hip and congenital muscular torticollis in children. *J South Med Univ* 2017; 37(7): 924-928

Wegner D, Samuelsson H, Düppe H, Tiderius C J. Early treatment with the von Rosen splint for neonatal instability of the hip is safe regarding avascular necrosis of the femoral head. 229 consecutive children observed for 6.5 years. *Acta Orthopaedica* 2016; 87 (2): 169-175

Williams D, Protopapa E, Stohr k, Hunter J B, Roposch A. The most relevant diagnostic criteria for developmental dysplasia of the hip: a study of british specialists. *BMC Musculoskelet Disord* 2016; 17:38

Wood M K M A, Conboy V, Benson M K D. Does Early Treatment by Abduction Splintage Improve the Development of Dysplastic But Stable Neonatal Hips? *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2000; 20 :302-305

Wu H, Wang Y, Tong L, Yan H, Sun Z. The Global Research Trends and Hotspots on Developmental Dysplasia of the Hip: A Bibliometric and Visualized Study. *Front. Surg.* 2021; 8:671403

Wyles C C, Heidenreich M J, Jeng J, Larson D R, Trousdale R T, Sierra R J. The John Charnley Award: Redefining the Natural History of Osteoarthritis in Patients With Hip Dysplasia and Impingement. *Clin Orthop Relat Res* Februar 2017; 475(2): 336–350

Xu G W, Yang Y C, Xu Z H, Liu Y L. Ultrasound features predicting the 3-week outcome of Pavlik harness treatment for developmental hip dysplasia. *Ann Palliat Med* 2020; 9(3): 1020-1029

Zhang G, Li M, Qu X, Cao Y, Liu X, Luo C, Zhang Y. Efficacy of closed reduction for developmental dysplasia of the hip: midterm outcomes and risk factors associated with treatment failure and avasculare necrosis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 2020; 15:579

Zhao L, Ma Q, Feng X, Fan L, Jiao Q, Wang S, Ying H, Yang X. Screening for Developmental Dysplasia of the Hip in Infants in Tibet Identifies Increased Prevalence Associated with Altitude. *Med Sci Monit* 2019; 25: 5771-5775

Zhou Y, Li R, Li C, Zhou P, Li Y, Ke Y-h, Jiang F, Kang X-p. Tübingen hip flexion splints for developmental dysplasia of the hip in infants aged 0-6 months. *BMC Pediatrics* 2020; 20:280

Ziegler J, Thielemann F, Mayer-Athenstaedt C, Günther K-P. Natürlicher Verlauf von Hüftreifungsstörungen und Hüft dysplasie- Eine Metaanalyse publizierte Literatur. *Der Orthopäde* 2008; 37: 515-524

Ziegler C M, Ertl K M, Delius M, Foerster K M, Crispin A, Wagner F, Heimkes B. Clinical examination and patients' history are not suitable for neonatal hip screening. *Journal of Children's Orthopaedics* 2022; 16(1):19–26

10. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen beteiligten Personen meinen großen Dank aussprechen, die mich bei der Anfertigung der Dissertation unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Frau PD Dr. Bornemann und Herrn Professor Dr. Placzek für die ausgezeichnete Betreuung und die Unterstützung bei der Umsetzung der gesamten Arbeit.

Außerdem möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mich während meines Studiums und der Arbeit an dieser Dissertation mit ihrem Rat und lieben Worten unterstützt haben.