

Die dynamische Schiene zur Behandlung der luxierten Hüfte bei kongenitaler Hüft dysplasie: eine Vier-Jahres-Evaluierung

www.ntv-orthopaedie.nl/warners2202/

Marijn J. Warners, Dirk P. ter Meulen, Jan D. Visser und Patrick G.M. Maathuis

Band 22

Juni 2015

Hintergrund: Die kongenitale Hüft dysplasie (DDH, developmental dysplasia of the hip) bei Neugeborenen wird häufig mit der Pavlik-Bandage behandelt. Die dynamische Schiene wurde 1985 entwickelt und bewährte sich bei der Behandlung von DDH bei Neugeborenen. Seit 2001 wird die dynamische Schiene auch für DDH mit Luxation verwendet. Die Komplikationen dieser Behandlung sind in der Regel vernachlässigbar. Eine schwere Komplikation ist jedoch die avaskuläre Nekrose des Hüftkopfes (AVN). Diese Komplikation kann sich in den ersten Jahren nach der Behandlung manifestieren. Zielsetzung: In dieser Studie werden die 4-Jahres-Ergebnisse der Behandlung mit der dynamischen Schiene auf die konzentrische Reposition der luxierten Hüfte bei DDH und die Inzidenz von AVN ausgewertet.

Methoden: Eine aufeinander folgende Reihe von 16 mit der dynamischen Schiene zwischen 2001 und 2004 behandelten Patienten mit DDH und Luxation wurde retrospektiv ausgewertet. Der Schweregrad der Luxation vor der Behandlung und der Grad der konzentrischen Reposition nach der Behandlung wurden gemäß der Position des Oberschenkelkopfes im Verhältnis zur Perkins-Omberdanne-/Hilgenreiner-Linie klassifiziert. Der Grad der Dysplasie bei der Nachuntersuchung wurde mittels CE-Winkel (CEW, Centrum-Ecken-Winkel) gemessen. Eine AVN nach der Behandlung wurde mit der Klassifikation nach Kalamchi/MacEwen eingestuft.

Ergebnisse: Dreizehn Hüften (81 %) wurden durch die dynamische Schiene erfolgreich reponiert. Drei Hüften blieben luxiert und erforderten eine geschlossene Reposition und Eingipsen unter Vollnarkose. Nach der Reposition benötigten acht Hüften keine zusätzliche Behandlung. Acht benötigten eine zusätzliche Korsettbehandlung wegen Restdysplasie. Zwei Patienten (13 %) in dieser zweiten Gruppe entwickelten röntgenographische Anzeichen einer AVN, wobei die eine als Typ I und die andere als Typ II klassifiziert wurde.

Schlussfolgerung: Auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Studie scheint die dynamische Schiene eine sichere und wirksame Behandlung für DDH mit Luxation zu sein. Bei den Hüften mit anhaltender Luxation nach der Erstbehandlung wurde eine erfolgreiche Reposition nach einer Zusatzbehandlung erzielt. Nach röntgenographischen Messungen war keine der Hüften bei der abschließenden Nachuntersuchung dysplastisch. Keine der ausschließlich mit der dynamischen Schiene behandelten Hüften entwickelte AVN. Zwei Patienten mit Restdysplasie und Luxation nach anfänglicher Behandlung mit der dynamischen Schiene wiesen eine leichte AVN bei der vierjährigen Nachuntersuchung auf.

Einführung

Die kongenitale Hüft dysplasie (DDH) ist als abnorme Bildung der Hüftpfanne definiert, bei der der Femurkopf nicht fest in der unreifen Pfanne gehalten wird. Die schwerste Form von DDH führt zu einer Subluxation oder Luxation. In diesen Fällen ist der Femurkopf außerhalb der Grenzen der unzureichend gebildeten Hüftpfanne verlegt.¹ In den Niederlanden wird die Inzidenz von DDH bei Neugeborenen auf 3,7 % und die Häufigkeit von Hüftluxationen auf 0,4 % geschätzt.²

In der Mitte des 20. Jahrhunderts entwickelte Arnold Pavlik eine Bandage zur Behandlung von Hüftluxationen bei Säuglingen, die immer noch als Goldstandard gilt.^{3,4}

Allerdings traten Schwierigkeiten bei der Verwendung auf. Deshalb wurde 1985 die dynamische Schiene zur Behandlung der DDH entwickelt.⁵ Sie verbindet die dynamischen Eigenschaften der Pavlik-Bandage mit der Benutzerfreundlichkeit der Abduktionsschiene nach Camp (Abbildung 1). Diese Schiene zeigte sich genauso effektiv wie die Pavlik-Bandage und erzeugte eine konzentrische Reposition bei 80 bis 90 % der Patienten.⁵ Bei beiden Orthesen wird der Hüftkopf sanft durch das Gewicht der Beine reponiert, die Hüfte wird in Flexion und Abduktion positioniert. Dies führt zu einer Reposition und Stabilisierung.⁶



Abbildung 1. Die dynamische Schiene mit Scharnieren, die eine Abduktion, Flexion innerhalb vorgegebener Grenzen und eine Rotation ermöglichen.

M.Sc. M. J. Warners¹, M.Sc. D. P. ter Meulen², Prof. Dr. J. D. Visser¹, Dr. P. G. M. Maathuis¹

1. Abteilung für Orthopädische Chirurgie, Universitätsklinikum Groningen, Universität Groningen, Groningen, Niederlande
2. Abteilung für Orthopädische Chirurgie, Onze Lieve Vrouwe Gasthuis, Amsterdam, Niederlande

Korrespondenzautor: M. J. Warners E-Mail: marijnwarners@gmail.com

Eine extreme passive Abduktion kann jedoch die Vaskularisation des Femurkopfes beeinträchtigen, was zu einer avaskulären Nekrose (AVN) führen kann, eine schwere Komplikation bei der Behandlung der DDH. Wenn die Pavlik-Bandagurte richtig eingestellt sind, ist die Prävalenz einer AVN vernachlässigbar.⁷ Die dynamische Schiene verringert eine unangemessene Anwendung und steigert die Compliance der Eltern, was für eine erfolgreiche Behandlung zwingend ist.⁸ Einundachtzig Prozent der Eltern von mit der Schiene behandelten Kindern äußern sich positiv über die Benutzerfreundlichkeit. Darüber hinaus zeigte sich die dynamische Schiene bei der Behandlung von DDH erfolgreich und die Inzidenz von AVN war ähnlich.^{5,8} Diese Studie wies eine vierjährige Nachbeobachtungszeit auf, da sich radiographische Veränderungen nur mehrere Jahre nach der Behandlung manifestieren können.⁹

Die dynamische Schiene hat sich bei der Behandlung der isolierten DDH als wirksam gezeigt. Die Zielsetzung dieser Studie ist die Bewertung der Ergebnisse der Behandlung mit der dynamischen Schiene auf die konzentrische Reposition der luxierten Hüfte bei DDH und die Inzidenz von AVN.

Materialien und Methoden

Nach der Genehmigung unserer Ethikkommission wurde die dynamische Schienenbehandlung rückwirkend für Patienten mit DDH und Luxation ausgewertet, die zwischen 2001 und 2004 im Universitätsklinikum Groningen behandelt wurden. Die Einschlusskriterien waren: (1) DDH mit Luxation, die mittels Ultraschall- oder AP-Röntgenstrahlen diagnostiziert wurde, (2) Alter zwischen -3 und 7 Monaten zu Beginn der Behandlung, (3) Röntgenuntersuchung bei der Erstdiagnose, direkt nach der Schienentherapie und nach einem Zeitraum von mindestens 3 Jahren. Die Ausschlusskriterien waren: (1) Chromosomenanomalien, (2) neurologische Syndrome, (3) vorherige Behandlung für Hüftdysplasie, (4) oder Notwendigkeit einer operativen Reposition. Sechzehn Patienten erfüllten diese Einschluss- und Ausschlusskriterien. Drei Patienten wurden aufgrund einer operativen Intervention (Pemberton-Osteotomie) ausgeschlossen, drei Patienten wurden aufgrund fehlender radiographischer Nachbeobachtung ausgeschlossen. Die Patienten wurden zunächst mit der dynamischen Schiene behandelt, um eine geschlossene Reposition zu erzielen. Die dynamische Schiene konnte nur richtig eingestellt werden, wenn die Hüfte 40° abduzieren konnte. Die Schiene wurde 24 Stunden am Tag getragen. Während der Behandlung wurden die Patienten regelmäßig in der Ambulanz beobachtet. Nach zwei Wochen wurde die Reposition mittels Röntgen ausgewertet. Im Falle einer anhaltenden Luxation wurden die Patienten während einer Zeitspanne von drei Monaten einer geschlossenen Reposition unter Vollnarkose und Eingipsen unterzogen. Wenn die Reposition stabil war, aber die Dysplasie bestehen blieb, wurde die dynamische Schienenbehandlung für Kinder im Alter von 3-12 Monaten fortgesetzt. Kinder im gehfähigen Alter (1-2 Jahre) wurden mit einer Hilgenreiner-Schiene behandelt.⁶

Röntgenaufnahmen wurden zu drei Zeitpunkten analysiert: (T1) Erstdiagnose, (T2) nach der Behandlung und (T3) nach einem Zeitraum von 3-5 Jahren. Bei der Diagnose (T1) und unmittelbar nach der Behandlung (T2) wurde der Grad der Dysplasie mit dem Hüftgelenkindex (ACI) gemessen und anschließend der Grad der Dysplasie nach den Kriterien von Tönnis und Brunken eingestuft.¹⁰

Bei der mittelfristigen Nachuntersuchung (T3) wurde der CE-Winkel (CEW) hinzugefügt, weil die Hüftkopfepiphyse die volle Verknöcherung erreicht hat.¹¹ Der Grad der Luxation wurde mittels der Perkins-Omberdanne-Linie beurteilt.¹² Diese Linie, die senkrecht zur Hilgenreiner-Linie gezeichnet wird, erzeugt vier Quadranten. Die Hüfte ist subluxiert, wenn sich die Hüftkopfepiphyse lateral zur Perkins-Linie befindet, aber immer noch unterhalb der Hilgenreiner-Linie liegt. Eine Hüfte ist luxiert, wenn die Hüftkopfepiphyse oberhalb dieser Linie liegt.¹² Bei T3 wurde der Grad der avaskulären Nekrose (AVN) mittels der Klassifikation nach Kalamchi/MacEwen eingeteilt, die vier Arten einer AVN unterscheidet.¹³ Die Messungen wurden von einem Radiologen durchgeführt und von einem Forscher wiederholt, der mit dem Thema vertraut war. Im Falle einer Variabilität zwischen den Beobachtern wurde der leitende Autor konsultiert.

Statistische Analyse

Die statistische Analyse wurde unter Verwendung von Stata (StataCorp. 2011. Stata Statistische Software: Version 12 College Station, TX: StataCorp LP.) durchgeführt. Beschreibende Statistik wurde zur Charakterisierung der Studienpopulation verwendet. Kategorische Variablen wurden als Prozentsätze beschrieben, und kontinuierliche Variablen wurden als Mittelwerte und Standardabweichungen (SD) (parametrische Daten) oder Median- und Interquartilbereich (IQR) (nicht parametrische Daten) ausgedrückt. Zusammenhänge zwischen dichotomen Daten wurden mit dem Chi-Quadrat-Test getestet und kategoriale Daten wurden mit dem Chi-Quadrat-Test auf Trend verglichen; eine Fisher-Korrektur wurde bei Bedarf angewendet. Kontinuierliche Variablen wurden unter Verwendung eines Mann-Whitney-U-Tests für nichtparametrische Daten geschätzt. Unterschiede wurden als statistisch signifikant betrachtet, wenn $p < 0,05$.

Ergebnisse

Für 16 Patienten war eine vollständige Nachbeobachtung verfügbar. Alle 16 Patienten hatten eine einseitige Luxation der Hüfte. Das Durchschnittsalter der Studienpopulation betrug 4,5 Monate (SD 1). Alle Patienten waren weiblich. Dreizehn Patientinnen (81 %) hatten eine rechtsseitige DDH mit Luxation. Neun Hüften (56 %) wurden unter Verwendung der Perkins-Omberdanne-Linie als luxiert und sieben als subluxiert klassifiziert. Der nach Tönnis und Brunken klassifizierte Schweregrad der Hüftdysplasie war in 7 Fällen (44 %) leichte Dysplasie und in 9 Fällen (46 %) schwere Dysplasie. Es bestand keine Beziehung zwischen dem Schweregrad der Dysplasie und der Art der Luxation ($p = 0,34$).



Abbildung 2. Röntgenaufnahme eines 8-jährigen Mädchens mit einer rechtsseitigen avaskulären Nekrose im Stadium II gemäß der Klassifikation nach Kalamchi und MacEwen.



Abbildung 3. Röntgenaufnahme eines 20 Monate Alten Mädchens mit Wachstumsmisslingen des linken Knochenkerns innerhalb von einem Jahr nach der Behandlung mit einer avaskulären Nekrose im Stadium I gemäß der Klassifikation nach Kalamchi und MacEwen.

Dreizehn Hüften (81 %) wurden nach Anwendung der dynamischen Schiene erfolgreich reponiert. Drei Hüften blieben luxiert und erforderten eine geschlossene Reposition und Eingipsen unter Vollnarkose. Von den 13 Patientinnen, die nach der anfänglichen dynamischen Schienenbehandlung eine erfolgreiche Reposition aufwiesen, benötigten 8 Hüften (50 %) keine zusätzliche Behandlung. Die anderen fünf benötigten wegen einer Restdysplasie eine Hilgenreiner-Schiene. Von den drei Patientinnen, die eine geschlossene Reposition und Eingipsen unter Vollnarkose benötigten, war bei zweien eine zusätzliche Behandlung wegen Restdysplasie mit zusätzlicher Schienung erforderlich. Die Patientinnen wurden für eine durchschnittliche Dauer von 6,5 Monaten behandelt (SD 2, Bereich 3-10).

Bei der letzten Nachuntersuchung (Median 45 Monate, Interquartilbereich: 39-57) wies keine Hüfte eine verbleibende Luxation auf. Die radiographische Auswertung zeigte eine Verbesserung des ACI (Hüftgelenkindex), obwohl eine Hüfte nach den Kriterien von Tönnis und Brunken leicht dysplastisch blieb. Der durchschnittliche CE-Winkel der betroffenen Hüften betrug 35 ° (SD 4, 28-43). Keine der Hüften war unter 19 °, dem niedrigsten Normalwert (Fredensborg N. 1976).

Zwei Patientinnen (13 %) entwickelten an T3 radiologische Zeichen einer AVN gemäß der Klassifikation nach Kalamchi/MacEwen. Eine dieser Patientinnen wurde mit einer AVN von Grad 2 eingestuft und nach einer erfolglosen Behandlung mit der dynamischen Schiene einer geschlossenen Reposition und Eingipsen unterzogen (Abbildung 2.) Die andere Patientin wurde mit Grad 1 eingestuft (Abbildung 3.). Der Grad der AVN der anderen Patientin wurde mit Grad 1 eingestuft (Abbildung 3). Beide Patientinnen mit AVN wurden wegen Restdysplasie mit einer Hilgenreiner-Schiene behandelt. Es bestand keine Beziehung zwischen der Schwere der Dysplasie oder der Luxation und dem Auftreten einer AVN ($p = 1$, $p = 0,175$). Patientinnen mit AVN wurden nicht für eine längere Zeit behandelt (4,2 SD 1 vs. 6,9 SD 2, $p = 0,94$).

Diskussion

Die Behandlung von DDH mit der dynamischen Schiene wird aufgrund der Sicherheit, der Benutzerfreundlichkeit und der guten Ergebnisse weithin akzeptiert.^{5,8} Die Dysplasie hat ein breites Spektrum an Schweregraden. Obwohl sie weniger häufig auftreten, stellen die Subluxation und die Luxation des Femurkopfes eine schwerere Form dar.¹ Diese Studie wurde entwickelt, um die Ergebnisse einer Behandlung mit der dynamischen Schiene bei Patienten mit DDH und Hüftluxation zu bewerten. Vor einer Interpretation der Ergebnisse dieser retrospektiven Studie sind die Einschränkungen zu nennen.



Abbildung 4. Röntgenaufnahme des gleichen Mädchens wie in Abb. 3 mit einer verbesserten Entwicklung von Hüftgelenk und Femurkopf, ohne Anzeichen einer AVN 4 Jahre nach der Behandlung.

Zunächst einmal umfasst die Studie eine begrenzte Anzahl von Patienten. Dies ist jedoch aufgrund der relativ geringen Prävalenz von DDH in Kombination mit einer Luxation zu erwarten.² Eine weitere Schwierigkeit betrifft die Genauigkeit der radiologischen Messungen, obwohl die Messungen von zwei Beobachtern durchgeführt wurden, um Messfehler zu minimieren. Darüber hinaus weisen die

radiographischen Klassifikationen, die zur Einstufung von AVN verwendet wurden, eine fragwürdige Zuverlässigkeit auf.¹⁴ Aufgrund der retrospektiven Art der Studie wurden Daten mit einer relativ großen Variation bezüglich der Zeitpunkte gesammelt und die klinischen Befunde waren nicht einheitlich dokumentiert. Idealerweise sollte diese Studie eine Kontrollgruppe umfassen, die mit der Pavlik-Bandage behandelt wurde. Da eine Operation ein zusätzlicher Risikofaktor für AVN ist, wurden Patienten ausgeschlossen, die eine Pemberton-Osteotomie benötigten. Dies könnte die Erfolgsraten beeinflussen haben, obwohl das Hinzufügen einer operativen Intervention zu zweideutigen Interpretationen führen könnte.¹⁵ Für die Diagnose einer AVN sollte genügend Zeit verstreichen, so dass klinische Veränderungen manifest werden. Mit den Ergebnissen dieser Studie lassen sich keine Schlussfolgerungen zur langfristigen Nachbeobachtung ziehen. Eine AVN kann jedoch einige Jahre nach der Behandlung radiographisch sichtbar werden. Diese Vier-Jahres-Nachbeobachtungsstudie sollte zur Erfassung der ersten röntgenologischen Anzeichen dieser schweren Komplikation ausreichend sein.⁹

Nach unseren Studienergebnissen führt die Behandlung mit der dynamischen Schiene bei 81 % der luxierten Hüften bei DDH (T2) zu einer konzentrischen Reposition. Dies ist weitgehend mit den Ergebnissen der Pavlik-Bandage bei DDH mit Luxation vergleichbar.⁶ Bei der abschließenden Nachbeobachtung (T3) blieb keine der Hüften luxiert. Keine der Hüften blieb bei abschließender Nachbeobachtung (T3) dysplastisch, wie mittels ACI und CEW gemessen wurde, obwohl in mehreren Fällen eine zusätzliche Behandlung erforderlich war. Dies entspricht den vorherigen Ergebnissen der Behandlung mit der dynamischen Schiene bei DDH ohne luxierte Hüfte.⁵

Die Kombination von strenger Abduktion und starrer Immobilisierung, die entweder durch die Pavlik-Bandage oder die dynamische Schiene verursacht wird, kann die Vaskularisierung beeinträchtigen und schließlich zu einer AVN führen.¹⁶ Prädiktive Faktoren für eine AVN sind Schwere der Luxation¹⁷, Alter zum Zeitpunkt der Behandlungseinleitung¹⁸, männliches Geschlecht, bilaterale Luxationen, elterliche Nicht-Compliance und Behandlungsdauer.¹⁹

Bei den Hüften mit anhaltender Dysplasie nach der Erstbehandlung wurde eine erfolgreiche Reposition mit einer Zusatzbehandlung erzielt. In dieser Gruppe ist die Inzidenz einer AVN weitgehend mit dem Prozentsatz von AVN nach der Behandlung mit Pavlik-Bandage vergleichbar.^{16,20,21} Es ist bemerkenswert, dass beide Patientinnen in dieser Studie, die eine AVN entwickelten (13%), eine zusätzliche Behandlung erhielten. Beide begannen mit der Behandlung im Alter von 5 Monaten. In diesem verhältnismäßig jungen Alter kann der Knochenkern des Femur unterentwickelt sein, was mit einem erhöhten Risiko für AVN verbunden sein könnte. Ein weiterer Risikofaktor mit möglichem Einfluss war die verlängerte Behandlungsdauer der Patienten in unserer Studienpopulation im Vergleich zur Behandlungsdauer mit der dynamischen Schiene bei Patienten mit isolierter Dysplasie in früheren Studien (6,7 Monate vs. 3,6 Monate).^{5,8} Allerdings wurden die Patienten in unserer Studie, die AVN entwickelten, nicht signifikant länger behandelt als die anderen Patienten in unserer Kohorte.

Keiner der Patienten, die ausschließlich mit der dynamischen Schiene behandelt wurden, entwickelte während dieser Studienphase Anzeichen einer AVN.

Fazit

Das Hauptziel dieser Studie war die Bewertung der Ergebnisse einer Behandlung mit der dynamischen Schiene bei Patienten mit DDH und Hüftluxation. Bei den Hüften mit anhaltender Luxation nach der Erstbehandlung wurde eine erfolgreiche Reposition mit zusätzlichen Maßnahmen erzielt. Nach röntgenographischen Messungen war keine der Hüften bei der abschließenden Nachuntersuchung dysplastisch. Keine der Hüften, die ausschließlich mit der dynamischen Schiene behandelt wurden, entwickelten Anzeichen einer AVN. Bei den Hüften mit anhaltender Dysplasie oder Luxation ist die Inzidenz von AVN weitgehend vergleichbar mit den Prozentsätzen einer AVN nach Behandlung mit Pavlik-Bandage. Auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Studie scheint die dynamische Schiene eine sichere und wirksame Behandlung für DDH mit Luxation zu sein.

Autorenbeiträge

Studienkonzept und -design: MJW, PGMM und JDV. Erfassung der Daten: MJW und PGMM. Bewertung der Röntgenaufnahmen: MJW, DTM, PGMM und JDV. Analyse und Interpretation der Daten: MJW, DTM und PGMM. Ausarbeitung des Manuskripts: MJW, DTM, PGMM und JDV. Kritische Revision des Manuskripts bei wichtigen intellektuellen Inhalten: MJW, DTM, PGMM und JDV. Genehmigung des endgültigen Entwurfs: alle.

Zuschussförderung

Keine Zuschussförderung

Angaben zu Interessenkonflikten

Einer der Autoren, Dr. Visser, erhält Lizenzgebühren vom Hersteller der Schiene. Die anderen Autoren haben keine Angaben zu Interessenkonflikten.

Schreibunterstützung

Keine.

Dieser Artikel wurde vom Chefredakteur und einem stellvertretenden Redakteur überprüft und einer offenen Durchsicht durch zwei externe Experten unterzogen. Der stellvertretende Redakteur prüfte jede Revision des Artikels und der Artikel wurde vom Chefredakteur vor der Veröffentlichung abschließend geprüft. Endgültige Korrekturen und Klärungen kamen während eines oder mehrerer Kommunikationen zwischen dem/den Autor(en) und dem Sprachkorrektor zustande.

Literatur

1. Weinstein S. L., Mubarak S. J., Wenger D. R. Developmental hip dysplasia and dislocation - Part 1. *J Bone Joint Surg.* 2003;85(9):1824-32
2. Boere-Boonekamp M. M., Kerkhoff T. H., Schuil P. B. et al. Early detection of developmental dysplasia of the hip in The Netherlands: the validity of a standardized assessment protocol in infants. *Am J Public Health.* 1998;88:285-288
3. Grill F., Bensahel H., Canadell J. et al. The Pavlik harness in the treatment of congenital dislocating hip: report on a multicenter study of the European Paediatric Orthopaedic Society. *J Pediatr Orthop.* 1988;8(1):1-8
4. Pavlik A. The functional method of treatment using a harness with stirrups as the primary method of conservative therapy for infants with congenital dislocation of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 1957;281:4-10
5. Visser J. D. Dynamic Splint for Treatment of Congenital Dysplasia of the Hip. *Journal of Pediatric Orthopaedics.* 1985;5(1):85-88
6. Weinstein S. L., Mubarak S. J., Wenger D. R. Developmental Hip Dysplasia and Dislocation Part II. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85(10):2024-2035
7. Kitoh H., Kawasumi M., Ishiguro N. Predictive factors for unsuccessful treatment of developmental dysplasia of the hip by the Pavlik harness. *Journal of Pediatric Orthopaedics.* 2009;29(6):552-7
8. Gerritsen N. 2004. De effectiviteit van de dynamische heupabductiebeugel bij het verkrijgen van concentrische reductie van de geluxeerde heup bij ontwikkelingsdysplasie. Manuscript Rijks Universiteit Groningen in samenwerking met Universitair Medisch Centrum Groningen
9. Malvitz T. A. und Weinstein S. L. Closed reduction for congenital dysplasia of the hip. Functional and radiographic results after an average of thirty years. *J bone Joint Surg.* 1994;76A: 1777-1792
10. Tönnis D. Brunken D. Eine Abrenzung normaler und pathologischer Hüftpfannendachwinkel zur Diagnose der Hüftdysplasie. *Arch Orthop Unfallchir.* 1868;64:197-228
11. Greenspan A. *Orthopedic Imaging: A Practical Approach.* 4. Ausgabe. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2004
12. Schuenke M., Schulte E., Schumacher U., Ross L. M., Lamperti E. D. und Voll M. *General Anatomy and Musculoskeletal System - Latin Nomencl.* 1. Ausgabe. Thieme Medical Publishers, 2010.
13. Kalamchi A. und MacEwen G. D. Avascular necrosis following Treatment of Congenital Dislocation of the HIP. *J Bone Joint Surg.* 1980;62(6):876-88.
14. Roposch A., Wedge J. H. und Riedl G. Reliability of Bucholz and Ogden Classification for Osteonecrosis Secondary to Developmental Dysplasia of the Hip. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(12):3499-505
15. Domzalski M., Synder M. Avascular necrosis after surgical treatment for development dysplasia of the hip. *Int Orthop.* 2004;28:65.
16. Salter R. B., Kostiuk J., Dallas S. Avascular necrosis of the femoral head as a complication of treatment for congenital dislocation of the hip in young children: a clinical and experimental investigation. *Can J Surg.* 1969;12:44
17. Inoue T., Naito M., Nomiya H. Treatment of developmental dysplasia of the hip with the Pavlik harness: factors for predicting unsuccessful reduction. *Journal of Pediatric Orthopaedics.* 2001;10:186-191
18. Senaran H., Bowen J. R., Harcke H. T. Avascular necrosis rate in early reduction after failed Pavlik harness treatment of developmental dysplasia of the hip. *Journal of Pediatric Orthopaedics.* 2007; 27:192-197
19. Hassan F. A. Compliance of parents with regard to Pavlik harness treatment in developmental dysplasia of the hip. *Journal of Pediatric Orthopaedics.* 2009;18(3):111-5
20. Fujioka F., Terayama K., Sugimoto N. et al. Long-term results of congenital dislocation of the hip treated with the Pavlik harness. *Journal of Pediatric Orthopaedics.* 1995;15:747-752
21. Viere R. G., Birch J. G., Herring J. A. et al. Use of the Pavlik harness in congenital dislocation of the hip. An analysis of failures of treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72:238-244