



Häufigkeit und Prädiktoren für einen Rebound nach operativer Achskorrektur in der Frontalebene

Eine Literaturübersicht

Felix Stief¹ · Jana Holder¹ · Harald Böhm^{2,3} · Andrea Meurer¹

¹ Klinik für Orthopädie (Friedrichsheim), Universitätsklinikum Frankfurt, Frankfurt am Main, Deutschland

² Orthopädische Kinderklinik, Aschau im Chiemgau, Deutschland

³ PFH Private Hochschule, Göttingen, Deutschland

In diesem Beitrag

- **Literaturrecherche**
- **Praxisbeispiel Rebound**
- **Häufigkeit des Rebound-Phänomens und Studienlimitationen**
 - Keine standardisierte Nachbeobachtung
 - Heterogene Patientengruppen mit geringer Fallzahl
 - Fehlende Standardisierung bei der Definition eines Rebounds
 - Überkorrektur
- **Mögliche Ursachen für das Auftreten eines Rebounds**
- **Praktische Konsequenzen und Ausblick**

Zusammenfassung

Diese Literaturübersicht stellt den aktuellen Kenntnisstand über Häufigkeit und Ursachen eines Rebounds nach zunächst erfolgreicher Korrektur der Beinachsendiformität mittels temporärer Hemiepiphysiodese bei Kindern und Jugendlichen dar. Insgesamt konnten 20 Studien durch drei unabhängige Gutachter eingeschlossen werden. Die Aussagekraft der meisten Studien zur Rebound-Rate ist limitiert durch einen nichtstandardisierten Nachbeobachtungszeitraum nach Metallentfernung, heterogene Patientengruppen mit geringer Fallzahl und fehlende Angaben zur Definition eines Rebounds. Die Rebound-Quote bei Studien ohne elementare Limitationen beim Studiendesign beträgt im Mittel ca. 50 % und unterstreicht die klinische Relevanz der Thematik. Lediglich vier Studien geben Gründe oder Risikofaktoren für das Auftreten eines Rebounds an. Vor allem ein junges Alter bei Behandlungsbeginn mit hohem Restwachstumspotenzial nach Metallentfernung stellt ein erhöhtes Risiko für einen Rebound dar, welches durch eine entsprechende Überkorrektur der Beinachse minimiert werden kann.

Schlüsselwörter

Beinachsendiformität · Achsfehlstellung · Genu valgum · Genu varum · Rezidiv

Zur Behandlung von kindlichen Achsfehlstellungen des Knies in der Frontalebene ist die temporäre Hemiepiphysiodese bei ausreichendem Wachstumspotenzial die Behandlungsmethode der ersten Wahl. Noch relativ wenige Erkenntnisse hat man über das Rebound-Phänomen, also das Wiederauftreten der initialen Fehlstellung nach zunächst erfolgreicher Korrektur der Beinachse und Entfernung des Implantats. Der vorliegende Beitrag gibt eine Übersicht bisheriger Studien zu Häufigkeit und möglichen Risikofaktoren dieses Rebound-Phänomens.

Einleitung

Die Behandlung krummer Beine zählt zu den fundamentalen Aufgaben der Orthopädie. Über die Behandlungsbedürftigkeit dieser Achsabweichungen bestehen häufig Unsicherheiten. Die Fähigkeit zur Beurteilung, ob eine abweichende Beinachse im Wachstumsalter noch als normal oder bereits als pathologisch angesehen werden muss, setzt eine genaue Kenntnis der physiologischen Beinachsenentwicklung voraus. Bei therapiebedürftigen Deformitäten des Knies in der Frontalebene besteht im Kindes- und Adoleszentenalter bei ausreichendem Restwachstum die Möglichkeit, das Wachstum der Epi-



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

physenfugen mittels temporärer Hemiephysiodese zu beeinflussen. Bei dieser Wachstumslenkung macht man sich das Wachstumspotenzial der Epiphysenfugen zunutze und es kommt zu einer vorübergehenden, einseitigen Blockierung der Epiphysenfuge. Im Gegensatz zu einer aufwändigen und risikobehafteten Umstellungsosteotomie im Erwachsenenalter besteht die Therapie der Wachstumslenkung in der Regel aus zwei minimal-invasiven, komplikationsarmen Eingriffen, ohne die Notwendigkeit einer speziellen Nachbehandlung oder Entlastung. Die Schwierigkeit liegt darin, dass der Zeitpunkt der Operation unter Berücksichtigung des noch zu erwartenden gesamten Längenwachstums der betroffenen Skelettabschnitte bestimmt werden muss. Eine sorgfältige präoperative Indikationsstellung und Planung, präzise Operationstechniken sowie achtsame postoperative Kontrolluntersuchungen sind zwingende Voraussetzungen für den gewünschten Therapieerfolg.

Noch relativ wenige Erkenntnisse hat man über das sogenannte Rebound-Phänomen. Darunter versteht man das Wiederauftreten der initialen Fehlstellung nach zunächst erfolgreicher Korrektur der Beinachse und Entfernung des Implantats. Angaben zur Häufigkeit des Rebounds variieren sehr stark. Auch über mögliche Ursachen ist bisher wenig bekannt. Der vorliegende Beitrag stellt den aktuellen, evidenzbasierten Kenntnisstand zu diesem Themenkomplex dar.

Abkürzungen

<i>aLDFW</i>	Anatomischer lateraler distaler Femurwinkel
<i>aMPTW</i>	Anatomischer medialer proximaler Tibiawinkel
<i>B</i>	Beine
<i>BMI</i>	Body-Mass-Index
<i>MAD</i>	Mechanische Achsabweichung (Mikulicz-Linie)
<i>ME</i>	Metallentfernung
<i>mFTW</i>	Mechanischer femorotibialer Winkel
<i>mLDFW</i>	Mechanischer lateraler distaler Femurwinkel
<i>mMPTW</i>	Mechanischer medialer proximaler Tibiawinkel
<i>P</i>	Patienten*innen
<i>SD</i>	Standardabweichung

Literaturrecherche

Für diese narrative Literaturübersicht wurde eine Literaturrecherche in den elektronischen Datenbanken „Medline“, „PubMed“, „Embase“ und „Cochrane Library“ von drei unabhängigen Gutachtern (FS, JH, HB) durchgeführt. Eingeschlossen wurden Studien zur Wachstumslenkung mittels temporärer Hemiephysiodese durch verschiedene operative Techniken und Implantate bei Patienten*innen mit Achsfehlstellungen des Knies in der Frontalebene. Eine weitere Voraussetzung war, dass die Studien Angaben zu Häufigkeit und/oder Prädiktoren bzw. Risikofaktoren eines Rebounds nach Entfernung des Implantats gemacht haben. Bei potenziell relevanten Publikationen wurde neben dem Abstract der Volltext studiert. Bei den letztendlich eingeschlossenen Studien wurde zusätzlich das jeweilige Literaturverzeichnis bezüglich weiterer relevanter Quellen geprüft. Es wurden Studien (Originalarbeiten in Volltextversion, systematische Übersichtsartikel und Metaanalysen) in englischer und deutscher Sprache einbezogen, die in Fachzeitschriften mit Peer-Reviewed-Prozess veröffentlicht wurden. Die Literaturrecherche beschränkte sich auf Studien, die im Zeitraum von 1. Januar 2007 bis einschließlich 28. Februar 2021 veröffentlicht wurden. Dabei wurde die Studie von Stevens [21] als Pionierarbeit zu diesem Themenkomplex angesehen. In dieser Arbeit wurde erstmalig eine durch nicht winkelstabile kanülierte Schrauben befestigte, 8-förmige 2-Loch-Titanplatte (Eight-Plate™, Fa. Orthofix GmbH, Valley, Deutschland) zur temporären Hemiephysiodese bei frontalen Beinachsendiformitäten vorgestellt. Diese sogenannten Zuggurtungsplatten haben die früher zur Wachstumslenkung verwendeten Klammern größtenteils abgelöst und stellen bis heute das Standardimplantat bei temporären Hemiephysiodesen dar.

Insgesamt konnten 20 Studien [2, 3, 5–12, 14–17, 19–21, 24–26] eingeschlossen und ausgewertet werden, die über ein Rebound-Phänomen bei Kindern und Jugendlichen nach einer temporären Hemiephysiodese aufgrund einer Achsfehlstellung berichten (Tab. 1). Lediglich 4 Studien [9, 12, 16, 19] geben zudem Gründe

oder Risikofaktoren für das Auftreten eines Rebounds an.

Praxisbeispiel Rebound

Die Abb. 1a, b zeigt eine 12-jährige Patientin mit Valgusfehlstellung und Indikation zur Wachstumslenkung (temporäre Hemiephysiodese). Die Platten wurden für insgesamt 8 Monate im Gelenk belassen. Zum Zeitpunkt der Metallentfernung ist sowohl die statische Beinachse (Abb. 1c) als auch die dynamische Gelenkbelastung (Abb. 1d) im physiologischen Bereich. Bereits 6 Monate nach Metallentfernung zeigt das Röntgenbild ein Wiederkehren der initialen Valgusfehlstellung im Sinne eines Rebounds (Abb. 1e). Auch die instrumentelle Ganganalyse zeigt 6 Monate nach Metallentfernung erneut eine Tendenz zu pathologischen Kniegelenkmomenten in der Frontalebene (v.a. auf der rechten Seite) im Vergleich zu einer gesunden Referenzgruppe (Abb. 1f).

Häufigkeit des Rebound-Phänomens und Studienlimitationen

Bei der temporären Hemiephysiodese sind engmaschige Kontrollen des Korrekturverlaufs und eine zeitgerechte Metallentfernung zur Vermeidung von Über- und Unterkorrekturen notwendig. Des Weiteren ist die Aktivität der Fuge nach Auflösung der temporären Blockade nicht vorhersagbar. Dies kann zu einem Rebound-Phänomen mit Rezidiv der zunächst korrigierten Fehlstellung führen. Daher sollte der Zeitpunkt der Maßnahmen so gewählt werden, dass ein ausreichendes Restwachstum vorhanden ist, um eine vollständige Korrektur erreichen zu können. Andererseits sollte der Zeitpunkt der Implantatentfernung möglichst nah am Wachstumsabschluss liegen, um Rezidivfehlstellungen und damit Reoperationen zu vermeiden.

Wie Tab. 1 zu entnehmen ist, variiert die Rebound-Rate in den eingeschlossenen Studien zwischen 0% und 77%. Bei 10 Studien liegt die Rebound-Quote über 25% [2, 6, 7, 9, 12, 15, 16, 19, 20, 24]. Bei den restlichen 10 Studien liegt die Rebound-Quote unter 25% [3, 5, 8, 10, 11, 14, 17, 21, 25, 26]. Diese heterogene Studienlage hinsichtlich der Rebound-

Tab. 1 Studienübersicht (Chronologisch nach dem Jahr der Veröffentlichung) zu Häufigkeit und Prädiktoren für einen Rebound nach Wachstumslenkung mittels temporärer Hemiepiphysiodese bei Beinachsendeformitäten in der Frontalebene im Kindes- und Jugendalter									
Studie	Pathologie (Anzahl P [B])	Alter (in Jahren) bei Behandlungsbeginn	Verwendetes Implantat	Nachuntersuchungszeitraum nach ME	Definition Rebound	Häufigkeit Rebound	Untersuchte Einflussfaktoren	Prädiktoren für Rebound	
Dai et al., 2021	66 P (101 B)	4,7 (1–10) ^f	Eight-Plate™	12,7 (SD 2,0; 12–24) Monate	mLDFW bzw. mMPTW > 3° Abweichung zur Norm (88° bzw. 87°)	Valgus: 3/101 B (3%) ^a	Alter; Körpergewicht; uni-/bilateral; Varus/Valgus; idiopathisch; Femur/Tibia; initiale Fehlstellung	Keine gefunden	
	Idiopathisch: 28 P; Posttraumatisch oder Grunderkrankungen: 38 P Genu valgum: 44 P (67%); Genu varum: 22 P (33%)								
Özdemir et al., 2021 ^e	77 P (166 Segmente) ^l	7,8 (SD 3,0; 1,8–15,1)	Zuggurtungsplatten	Keine Angaben	mLDFW bzw. mMPTW ≥ 5°	70/166 Segmenten (42%) ^b ; Genu valgum: 63/140 Segmenten (45%); Genu varum: 7/26 Segmenten (27%)	Keine	Nicht untersucht	
	Idiopathisch: 17 P; Grunderkrankungen: 60 P Genu valgum: 140 Segmente (84%); Genu varum: 26 Segmente (16%)								
Ramazanov et al., 2021 ^e	43 P (94 Segmente) ^l	7,4 (SD 3,4)	Zuggurtungsplatten	Mindestens 12 Monate (22,8 [SD 13,3] Monate)	mLDFW bzw. mMPTW ≥ 5°	46/85 Segmente (54%); Genu valgum: 41/73 Segmenten (56%); Genu varum: 5/21 Segmenten (24%)	Gesamtkorrektur von mLDFW und mMPTW; Geschlecht; Ätiologie (idiopathisch/nichtidiopathisch); Art der Fehlstellung (Varus/Valgus); Alter bei Behandlungsbeginn und bei ME; Korrekturrate der Deformität; Knochenwachstumsrate nach ME; Segment (Femur/Tibia); Implantatdauer; Nachuntersuchungszeitraum; operierte Seite (links/rechts)	Valgus femoral: höhere Korrekturrate; höhere Gesamtkorrektur von mLDFW; jüngeres Alter bei ME; Generell Valgus: femorale Segmente mit Überkorrektur	
	Idiopathisch: 12 P; Grunderkrankungen: 31 P Genu valgum: 73 Segmente (77%); Genu varum: 21 Segmente (23%)								
Narayana Kurup und Shah, 2020	23 P (40 B) ^l	11,3	Modifizierte Eight-Plate™	36 Monate ohne nähere Angabe	Keine Angaben	2/31 B (6%) ^{a,b,c}	Keine	Nicht untersucht	
	Idiopathisch und Grunderkrankungen ohne nähere Angaben Genu valgum: 27 B (68%); Genu varum: 13 B (32%)								

Tab. 1 (Fortsetzung)		Pathologie (Anzahl P [B])	Alter (in Jahren) bei Behandlungsbeginn	Verwendetes Implantat	Nachuntersuchungszeitraum nach ME	Definition Rebound	Häufigkeit Rebound	Untersuchte Einflussfaktoren	Prädiktoren für Rebound
Westberry et al., 2020	17 P (20 B)	Fibuläre Hemimelie mit Valgusfehlstellung	11,2 (7,7–14,1)	Eight-Plate™, 13 P (15 B); Klammern: 4 P (5 B)	3,9 (1,6–6,9) Jahre	MAD > 50. Perzentil der mittleren Kniegelenkbreite	5/15 B (33%)	Keine	Nicht untersucht
	45 P (67 B) ^a								
Leveille et al., 2019	Idiopathisch: 19 B; Grunderkrankungen: 48 B	9,8 (3,4–15,4)	Zuggurtungsplatten ohne nähere Angabe	Keine Angaben	mFTW > 5°	35/67 B (52%)	Geschlecht; Alter; initiale Fehlstellung; Varus/Valgus; Ausmaß an Überkorrektur	Jüngeres Alter bei Behandlungsbeginn und bei ME; größere initiale Fehlstellung (> 20° mFTW)	
									93 P
Zajonz et al., 2017	Genu valgum idiopathisch mit verschiedenen Begleiterkrankungen	12,7 (SD 6,8; 7–16)	Eight-Plate™	46 (12–102) Monate	Keine Angaben	4/93 P (4%) ^b	Keine	Nicht untersucht	
									33 P (64 B)
Farr et al., 2016	Idiopathisch Genu valgum: 58 B (91%); Genu varum: 6 B (9%)	13,4 (10,6–16,8) bei Implantatentfernung	Zuggurtungsplatten ohne nähere Angabe	39,1 (12,3–67,3) Monate	MAD-Veränderung > 3 mm zwischen ME und Follow-Up	44/64 B (69%) ^d ; Valgus: 27 B (42%); Varus: 17 B (27%)	Geschlecht; Alter bei Behandlungsbeginn/ME/Follow-Up; BMI; Varus/Valgus; Restwachstum nach ME; Femur/Tibia	Erhöhter BMI (bei Genu valgum); Jüngeres Alter bei Behandlungsbeginn (bei Genu valgum und männlichen Patienten); Restwachstum nach ME	
									34 P (37 B)
Park et al., 2016	Genu valgum idiopathisch	11,5 (SD 1,7)	Blount-Klammern	Mehr als 2 Jahre bzw. bis zum Wachstumschluss (alle 6 Monaten)	mLDFW bzw. mMPTW ≥ 3° Abweichung zur Norm (88° bzw. 87°)	14/37 B (41%)	Geschlecht; Alter (chronologisch und konvertiert nach einer Multiplikatormethode) bei Behandlungsbeginn; BMI, Körpergewicht/ Körpergröße bei Behandlungsbeginn; Änderung der Körpergröße bis zur ME; initiale Valgusfehlstellung; Valguswinkel bei ME; Korrekturrate der Deformität; Ausmaß und Dauer der Korrektur; Nachbeobachtungszeit nach ME; uni-/bilateral; links/rechts betroffen; Femur/Tibia	Jüngeres Alter (konvertiert nach einer Multiplikatormethode) zu Behandlungsbeginn; geringerer BMI; hohe Korrekturrate der Deformität	
									34 P (37 B)

Studie	Pathologie (Anzahl P [B])	Alter (in Jahren) bei Behandlungsginn	Verwendetes Implantat	Nachuntersuchungszeitraum nach ME	Definition Rebound	Häufigkeit Rebound	Untersuchte Einflussfaktoren	Prädiktoren für Rebound
Kumar et al., 2016	37 P (63 B)	Klammern: 7,3 (3,5–12); Eight-Plate™: 7,8 (4–12)	Eight-Plate™; 19 P (31 B); Klammern: 18 P (32 B)	Mindestens 2 Jahren (alle 2 Monate)	Keine Angabe	0 % ^{a, c}	Keine	Nicht untersucht
	Genu valgum/varum idiopathisch oder aufgrund von Grunderkrankungen							
Ashby und Eastwood, 2015	Genu valgum: 51 B (81 %); Genu varum: 12 B (19 %)	Keine exakten Angaben	Keine exakten Angaben, teilweise Eight-Plate™	Bis 1 Jahr	Keine Angaben	3/4 P (6/8) B (75 %) ^{b, c}	Keine	Nicht untersucht
	4 P (8 B) ^g Mukopolysaccharidosen Typ 1 und 2							
Kulkarni et al., 2015	24 P (40 B)	5,3 (2–9,1)	Zuggurtungsplatten ohne nähere Angabe	Mindestens 1 Jahr (alle 3 Monate)	Keine Angaben	2/24 P (8 %) ^{b, c}	Keine	Nicht untersucht
	Genu valgum/varum aufgrund von Grunderkrankungen							
	Genu valgum: 13 P (54 %); Genu varum: 11 P (46 %)							
Patwardhan et al., 2015	19 P (36 B)	7,4 (SD 3,0; 2,4–11,2)	Eight-Plate™	Keine Angaben	Keine Angaben	0 % ^{b, c}	Keine	Nicht untersucht
	Genu valgum/varum idiopathisch oder aufgrund von Grunderkrankungen							
	Genu valgum: 14 P (28 B), 78 %; Genu varum: 5 P (8 B), 22 %							
Yilmaz et al., 2014	29 P (50 B)	10 (SD 2,9; 4,0–15,4)	Eight-Plate™; teilweise Schrauben am medialen Malleolus	14 (SD 7) Monate; nachverfolgt wurden 21 P (36 B)	Keine Angaben	1/21 P (Valgus) (5 %) ^{a, b, c}	Keine	Nicht untersucht
	Genu valgum/varum aufgrund von Skellett dysplasie							
	Genu valgum: 38 B (76 %); Genu varum: 12 B (24 %)							
Boero et al., 2011	58 P (108 B)	10,8 (2,3–14,9)	Eight-Plate™	21 (8–39) Monate; nachverfolgt wurden 52 P	Klimische Untersuchung (Interkondylen- bzw. Internalleolenabstand)	2/52 P (4 %) mit Grunderkrankungen ^{b, c}	Keine	Nicht untersucht
	Genu valgum idiopathisch: 30 P (60 B); Genu valgum/varum aufgrund von Grunderkrankungen: 28 P							
	Genu valgum: 45 P; Genu varum: 12 P; Windschlagdeformität: 1 P							

Tab. 1 (Fortsetzung)									
Studie	Pathologie (Anzahl P [B])	Alter (in Jahren) bei Behandlungsbeginn	Verwendetes Implantat	Nachuntersuchungszeitraum nach ME	Definition Rebound	Häufigkeit Rebound	Untersuchte Einflussfaktoren	Prädiktoren für Rebound	
Ballal et al., 2010	25 P (37 B)	11,6 (5,5–14,9)	Zuggurtungsplatten ohne nähere Angaben	12,4 (6–32) Monate	Keine Angaben	1/25 P (Valgus) (4%) ^{b, c}	Keine	Nicht untersucht	
	Genu valgum/varum ^h								
Burgardt und Herzenberg, 2010	43 P (51 B)	9,6 (4–14,3)	Eight-Plate™	16 (10–24) Monate; nachverfolgt wurden 10 P (13 B)	Keine Angaben	10/13 B (77%)	Keine	Nicht untersucht	
	Genu valgum: 39 P (45 B), (88%); idiopathisch: 9 P (13 B) oder aufgrund von Grunderkrankungen: 30 P (32 B) Genu varum aufgrund von Grunderkrankungen: 4 P (6 B), (12%)								
Cho et al., 2009	9 P (17 B)	11,4 (8,2–13,9)	Klammern (Traiber Slowenien, Reus, Spanien)	> 1 Jahr	aLDFW bzw. aMPTW > 3 Korrekturverlust nach ME	6/17 B (35%)	Keine	Nicht untersucht	
	Multiple epiphysäre Dysplasie								
	Genu valgum: 14 B (82%); Genu varum: 3 B (18%)								
Skyttä et al., 2008	69 P (103 B)	7 (2–15)	Klammern	60 (12–168) Monate (Zeitpunkt nicht näher definiert)	Keine Angaben	Keine neuen Angaben, ca. 20/72 (28%) ^c	Keine	Nicht untersucht	
	Genu valgum aufgrund einer juvenilen idiopathischen Arthritis								
Stevens 2007	34 P (55 B) ⁱ	20 Monate bis 17 Jahre ⁱ	Eight-Plate™	Keine Angaben, auch nicht wie viele P verfolgt wurden	Keine Angabe	4 P (8 B) (Valgus idiopathisch) (15%) ^{b, c}	Keine	Nicht untersucht	
	Genu valgum idiopathisch: 16 P (32 B) oder aufgrund von Grunderkrankungen: 18 P (23 B) ^j								

P Patienten*innen, B Beine, BMI Body-Mass-Index, SD Standardabweichung, ME Metallentfernung, MAD mechanische Achsabweichung (Mikulicz-Linie), mFTW mechanischer femorotibialer Winkel, mLDFW mechanischer lateraler distaler Femurwinkel, mMPTW mechanischer medialer proximaler Tibiawinkel, mLDFW anatomischer lateraler distaler Femurwinkel, aMPTW anatomischer medialer proximaler Tibiawinkel

^aDie Patienten*innen wurden überkorrigiert bevor die Platten entfernt wurden. Daher die geringe Rebound-Quote

^bAngaben zum genaueren Nachbehandlungszeitraum fehlen, sind oft sehr variabel innerhalb einer Studie oder nur sehr kurz

^cAngaben zur Definition eines potenziellen Rebounds fehlen

^dFraglich, ob der Grenzwert von MAD > 3 mm zur Definition eines Rebounds nicht zu gering gewählt worden ist. Daher Rebound-Quote evtl. zu hoch

^eDie beiden Studien basieren wohl teilweise auf dem gleichen Datensatz/einer identischen Patientenstichprobe, da die Autoren aus der gleichen Institution kommen

^fUngewöhnlich junges Alter für die Durchführung einer temporäre Hemiepiphyse

^gDer Anteil von Varus- bzw. Valgusfehlstellungen wird nicht genannt

^hOhne nähere Angaben über eventuelle Grunderkrankungen

ⁱHeterogene Patientengruppe und große Variation des Alters bei Behandlungsbeginn

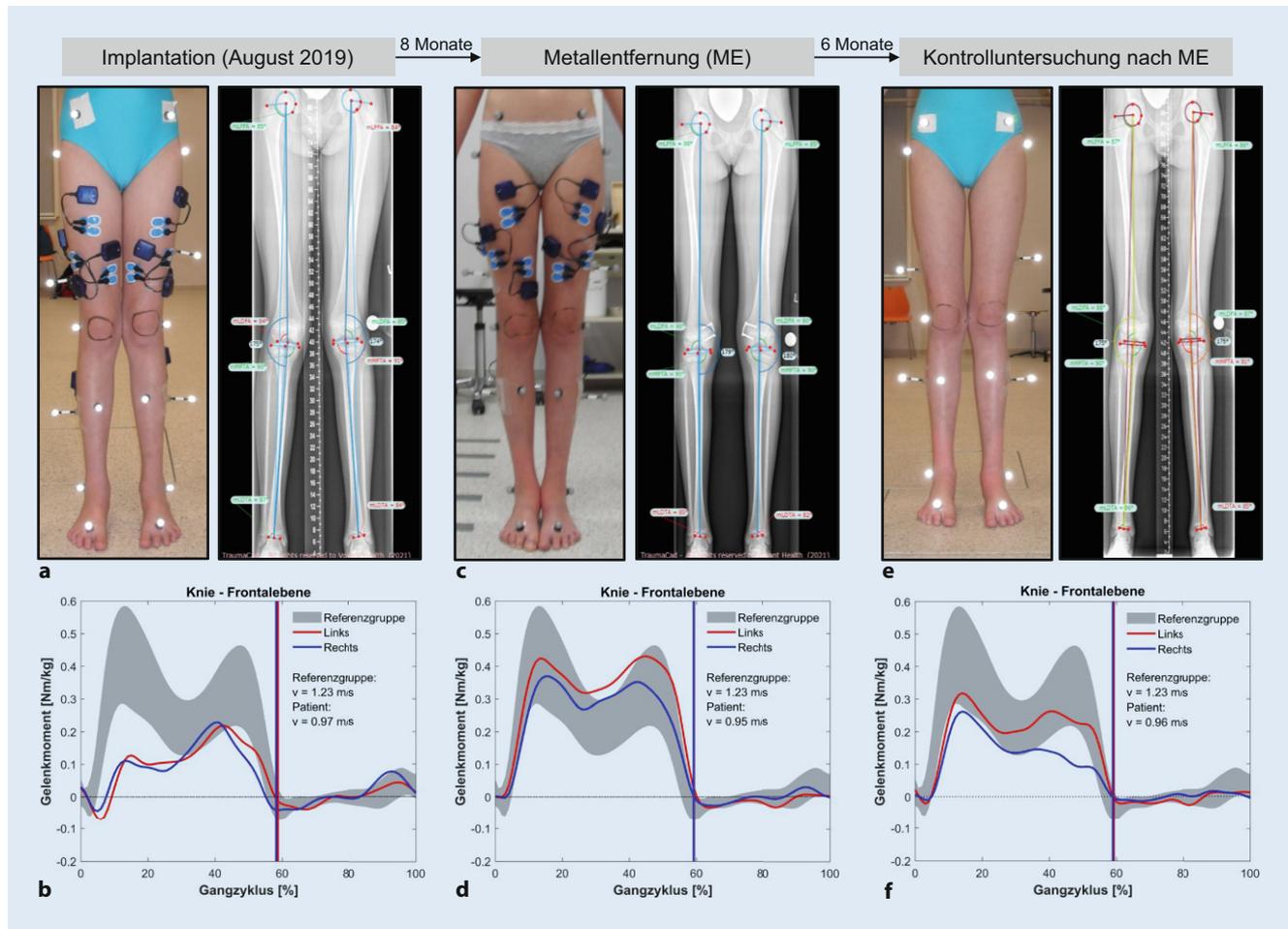


Abb. 1 ▲ 12-jährige Patientin mit Valgusfehlstellung und Indikation zur temporären Hemiepiphysestomie. **a** Präoperative röntgenologische Fehlstellung der Beinachse (mechanische Achsabweichung (MAD) links: 16 mm lateral, rechts: 11 mm lateral; mechanischer femorotibialer Winkel (mFTW) links: 6° Valgus, rechts: 5° Valgus). Der Internalleolenabstand beträgt 7 cm. **b** Dynamische Informationen aus der instrumentellen Ganganalyse präoperativ: pathologische Kniegelenkmomente in der Frontalebene in der 1. Hälfte der Standphase im Vergleich zu einer gesunden Referenzgruppe. **c** Situation zum Zeitpunkt der Metallentfernung: physiologische Beinachse (MAD: 3 mm medial, rechts: 6 mm medial; mFTW links: 0, rechts: 1 Varus). **d** Physiologische Kniegelenkmomente in der Frontalebene im Vergleich zu einer gesunden Referenzgruppe. **e** Situation 6 Monate nach Metallentfernung. Erneute röntgenologische Fehlstellung der Beinachse (MAD links: 16 mm lateral, rechts: 11 mm lateral; mFTW links: 5° Valgus, rechts: 5° Valgus) im Sinne eines Rebounds, der Internalleolenabstand beträgt 6 cm. **f** Instrumentelle Ganganalyse 6 Monate nach Metallentfernung zeigt erneute Tendenz zu pathologischem Kniegelenkmomente in der Frontalebene (v. a. auf der rechten Seite) im Vergleich zu einer gesunden Referenzgruppe

Häufigkeit hat mehrere Gründe und liegt an den teilweise elementaren Limitationen der Studien. Lediglich bei 7 Studien konnten keine grundlegenden Limitationen beim Studiendesign festgestellt werden [6, 7, 12, 15, 16, 19, 24]. Bei diesen Studien lag die Rebound-Quote im Mittel bei 48% (±15%).

Keine standardisierte Nachbeobachtung

Gerade bei den Studien mit einer niedrigen Rebound-Rate fehlen konkrete Angaben

zum Nachbeobachtungszeitraum nach Entfernung des Implantats. Das heißt, die Patienten*innen werden nach Metallentfernung entweder gar nicht mehr in der Klinik vorgestellt oder nur sehr unregelmäßig bzw. über einen zu kurzen Zeitraum. Um das Rebound-Phänomen besser verstehen und beurteilen zu können, sollten nach der Metallentfernung regelmäßige Verlaufskontrollen der Beinachse im Abstand von maximal 6 Monaten bis zum Wachstumsabschluss durchgeführt werden. Gerade bei jungen Patienten*innen mit großem Wachstumspotenzial sollte die

Nachbeobachtungszeit nach Metallentfernung entsprechend verlängert werden.

Zur Problematik der nicht standardisierten und häufig zu kurzen Nachbeobachtungszeit kommt hinzu, dass aufgrund der Strahlenbelastung eine röntgenologische Kontrolle der Beinachse generell nur bei äußerlich sichtbaren Auffälligkeiten (z.B. Abweichungen des physiologischen Internalleolen- bzw. Interkondylenabstands im Stehen) indiziert ist, was eine systematische Kontrolle der Beinachse erschwert [3, 6, 8, 9, 12]. Wie dem Beitrag „Dynamische Analyse der Gelenkbe-

lastung bei Beinachsendiformitäten in der Frontalebene“ in diesem Themenheft zu entnehmen ist, kann hier die nichtinvasive instrumentelle Ganganalyse zur systematischen Verlaufskontrolle nach Metallentfernung Abhilfe verschaffen und eine valide Alternative zur röntgenologischen Beurteilung der Beinachse darstellen. In einer kürzlich durchgeführten Studie [23] konnte der Nachweis erbracht werden, dass die statische Bestimmung der Beinachse mittels lichtreflektierender Marker über die instrumentelle Ganganalyse bei Patienten*innen mit Varus- oder Valgusfehlstellung sehr gut mit der radiologischen Achsfehlstellung korreliert.

Heterogene Patientengruppen mit geringer Fallzahl

Eine weitere Limitation vieler durchgeführten Studien sind die heterogenen Patientengruppen mit geringer Fallzahl. So wurden häufig idiopathische Beinachsendiformitäten mit posttraumatischen Beinachsendiformitäten und Achsfehlstellungen aufgrund von spezifischen Grunderkrankungen (z. B. fibulare Hemimelie, Rachitis, Morbus Blount oder Chondrodysplasie) zusammen betrachtet und ausgewertet. Lediglich bei 2 Studien wurden ausschließlich idiopathische Achsfehlstellungen (hauptsächlich Genu valgum) eingeschlossen [9, 16]. Die Rebound-Quote bei diesen Studien mit einer Fallzahl von 33 [9] bzw. 34 [16] Patienten*innen und einer Nachbeobachtungszeit > 1 Jahr nach Metallentfernung beträgt 69% [9] bzw. 41% [16]. Auch beim Alter der behandelten Patienten*innen gibt es eine große Variabilität. Die Streubreite reicht von 1 [8] bis 17 Jahre [21] bei Behandlungsbeginn. Aus der aktuellen Studienlage ist es daher nicht möglich, altersspezifische und auf die Grunderkrankung bezogene Empfehlungen, z. B. zur Vermeidung von Komplikationen oder einer Überkorrektur der Beinachse, zu geben. Generell wurden wesentlich mehr Patienten*innen bzw. Extremitäten mit einer Valgusfehlstellung (ca. 85%) als mit einer Varusfehlstellung (ca. 15%) in den 20 Studien eingeschlossen und analysiert.

Fehlende Standardisierung bei der Definition eines Rebounds

Zusätzlich fehlt es bis heute an einer klaren Definition, ab welchem Winkel oder welcher Achsabweichung ein Rebound überhaupt vorliegt. So sind in 12 der 20 eingeschlossenen Studien keine konkreten Angaben zur Definition eines Rebounds gemacht worden. In 4 Studien wurde der mechanische laterale distale Femurwinkel (mLDFW) bzw. der mechanische mediale proximale Tibiawinkel (mMPTW) mit einer Abweichung $\geq 3^\circ$ [16] und $> 3^\circ$ [8] bzw. $\geq 5^\circ$ [15, 19] zur Norm als Rebound definiert. Weiterhin kommen der mechanische femorotibiale Winkel (mFTW) $> 5^\circ$ [12] und der anatomische laterale distale Femurwinkel (aLDFW) bzw. der anatomische mediale proximale Tibiawinkel (aMPTW) als Richtwert für ein Rezidiv zur Anwendung. In der Studie von Farr und Kollegen [9] wurde eine MAD von mehr als 3 mm zwischen der Metallentfernung und dem Nachbeobachtungszeitpunkt als Rebound klassifiziert. Hier ist der gewählte Grenzwert von lediglich 3 mm zur Definition eines Rebounds hinsichtlich der klinischen Relevanz sicher kritisch zu hinterfragen. Besser geeignet ist die Definition nach Westberry und Kollegen [24], die von einem Rebound ab einer MAD > als das 50. Perzentil der mittleren Kniegelenkbreite (Breite der proximalen Tibiaepiphyse) sprechen. Die Beurteilung der Abweichung der Mikulicz-Linie anhand einer Einteilung des Kniegelenks in verschiedene Zonen/Quadranten in Relation zur Breite der proximalen Tibiaepiphyse hat zudem den Vorteil, dass sowohl die anthropometrischen Gegebenheiten der Patienten*innen als auch mögliche Vergrößerungseffekte in Verbindung mit der röntgenologischen Aufnahme berücksichtigt werden. Dies wird bei der absoluten Angabe der mechanischen Achsabweichung in Millimeter in Relation zum Kniegelenkzentrum (Mitte der Eminentia intercondylaris) nicht berücksichtigt und kann dazu führen, dass die tatsächliche Abweichung der mechanischen Beinachse über- oder unterschätzt wird [2, 3, 7, 10, 13, 14, 25].

Inwieweit ein Rebound mit einem schlechten klinischen Ergebnis zu interpretieren ist, hängt also zum einen von der zugrundeliegenden Definition und

zum anderen vom Auge des Betrachters ab. Liegt z. B. eine initiale Valgusfehlstellung von 9° (mFTW) vor, die sich durch eine temporäre Hemiepiphysiodese normalisieren lässt und sich bei Wachstumsabschluss zu einem Rezidiv von 4° Valgus (mFTW) zurückentwickelt, kann das finale Ergebnis durchaus kontrovers diskutiert werden. Die derzeitige Studienlage lässt keine evidenzbasierte Aussage zu, wann ein Rebound therapiebedürftig und eine erneute Hemiepiphysiodese indiziert und wann ein Rebound klinisch noch tolerierbar ist.

Überkorrektur

Bei 4 Studien [8, 11, 14, 25], die über eine geringe Rebound-Rate berichten ist außerdem zu berücksichtigen, dass die Entfernung des Implantats nach einer Überkorrektur der Beinachse erfolgt ist. Folglich ist die geringe Rebound-Rate bei diesen Untersuchungen nicht verwunderlich und verfälscht den Gesamteindruck. Oder mit anderen Worten: Um eine geringe Rebound-Rate zu erzielen, ist eine Überkorrektur notwendig. Eine detaillierte Angabe zum Ausmaß der Überkorrektur wird allerdings nur in einer Studie gemacht [11]. Hier fand die Metallentfernung erst bei einer Überkorrektur des mLDFW bzw. des mMPTW von 5° statt. Obwohl aufgrund der dargestellten Rebound-Problematik nach temporären Hemiepiphysiodesen eine Überkorrektur vor Implantatentfernung von manchen Autoren empfohlen wird [8, 11, 14, 21, 22, 25], fehlt es an altersspezifischen und auf die Grunderkrankung bezogenen Empfehlungen.

Mögliche Ursachen für das Auftreten eines Rebounds

Lediglich 4 [9, 12, 16, 19] von 20 Studien geben statistisch geprüfte Gründe oder Risikofaktoren für das Auftreten eines Rebounds an (■ Tab. 1). Die meisten anderen Studien haben aufgrund von heterogenen Patientengruppen und der geringen Fallzahl auch nicht die statistische Power, um eine entsprechende Prädiktoranalyse durchführen zu können. Die Rebound-Rate der 4 hier näher in Betracht gezogenen Studien beträgt im Mittel 54% ($\pm 12\%$). Die statistische Analyse zur Defini-

tion von möglichen Prädiktoren für einen Rebound basierte entweder auf einer multivariaten logistischen Regressionsanalyse [9, 12, 16] und/oder es wurde ein Gruppenvergleich zwischen Patienten*innen mit und ohne Rebound durchgeführt [12, 16, 19]. Folgende 6 Risikofaktoren konnten dabei identifiziert werden:

- Jüngerer Alter bei Behandlungsbeginn und/oder Metallentfernung [12, 16, 19] und speziell bei männlichen Patienten mit idiopathischer Valgusfehlstellung [9]. Leveille und Kollegen [12] geben hier die Werte < 10 Jahre bei Mädchen und < 12 Jahre bei Jungen bei Behandlungsbeginn an.
- Erhöhter [9] bzw. geringerer BMI [16] bei idiopathischer Valgusfehlstellung.
- Mehr Restwachstum nach Metallentfernung [9].
- Größere initiale Fehlstellung (> 20° mFTW) [12].
- Eine höhere Korrekturrate der Valgusfehlstellung vom Zeitpunkt der Implantation bis zum Zeitpunkt der Explantation [16, 19], wobei die Studie von Ramazanov und Kollegen [19] dabei speziell das femorale Segment identifizieren konnten.
- Eine Überkorrektur von femoralen Segmenten [19].

Eine Schwierigkeit bei der temporären Hemiepiphysiodese ist die Festlegung des richtigen Zeitpunktes für die Im- und Explantation des Implantats. Für das Verfahren der Wachstumslenkung sollte die Wachstumsreserve ausreichend groß sein. Auf der anderen Seite sollte der Eingriff so terminiert werden, dass zum Zeitpunkt der Metallentfernung die Epiphysenfugen möglichst geschlossen sind und kaum Restwachstum vorhanden ist. Ein junges Alter bei Behandlungsbeginn bzw. Metallentfernung mit hohem Restwachstumspotenzial nach Metallentfernung stellt somit ein erhöhtes Risiko für einen Rebound dar [9, 12, 16, 19]. Es konnte allerdings auch gezeigt werden, dass es nach Wachstumsabschluss im Erwachsenenalter zu einem Rebound nach Achskorrektur mittels valgusierender Umstellungsosteotomie kommen kann [18]. Somit kann das vorhandene Restwachstum nach Implantatentfernung kein

alleiniger Faktor für ein mögliches Rezidiv sein.

Praktische Konsequenzen und Ausblick

Um das Rebound-Phänomen bei Achskorrekturen besser verstehen und beurteilen zu können, sollten nach der Metallentfernung regelmäßige Verlaufskontrollen der Beinachse im Abstand von maximal 6 Monaten bis zum Wachstumsabschluss durchgeführt werden. Zum Thema Überkorrektur zur Vermeidung eines Rebounds im Rahmen einer temporären Hemiepiphysiodese fehltes bis heute an altersspezifischen und auf die Grunderkrankung bezogenen Standards und konkreten Empfehlungen für die Praxis. Somit bleibt das Rebound-Phänomen ein bis heute ungelöstes Problem.

Wie der Beitrag „Dynamische Analyse der Gelenkbelastung bei Beinachsdeformitäten in der Frontalebene“ in diesem Themenheft zeigt, kann die dynamische Kniegelenkbelastung auch zur Vorhersage des Outcomes nach einer operativen Achskorrektur hilfreich sein. Prodromos und Kollegen [18] konnten diesbezüglich zeigen, dass das präoperative Knieadduktionsmoment beim Gehen eine entscheidende Rolle für das langfristige Outcome (ca. 3 Jahre nach Operation) einer valgusierenden Umstellungsosteotomie spielt. In der Gruppe mit präoperativ erhöhten Adduktionsmomenten im Kniegelenk kam es zu einem Wiederauftreten der Varusfehlstellung (Rebound), während dies in der Gruppe mit signifikant niedrigeren präoperativen Knieadduktionsmomenten nicht der Fall war. Dabei spielte die statische Achsfehlstellung übrigens keine Rolle, da diese in beiden Gruppen nicht unterschiedlich stark ausgeprägt war. Diese Studie zeigt sehr eindrücklich, dass Informationen über die präoperativen Gelenkmomente beim Gehen wichtige Hinweise für das postoperative Outcome geben können. Sind z. B. die Adduktionsmomente (Varusmomente) im Knie bei einer Varusfehlstellung deutlich erhöht, müsste aufgrund der Erkenntnisse folglich über eine geplante leichtgradige Überkorrektur der Beinachse (in Richtung Valgus) nachgedacht werden, um das Risiko eines Rezidivs zu minimieren.

Erste, bisher nicht veröffentlichte Ergebnisse eines von der Deutsche Forschungsgemeinschaft geförderten Multi-center-Projekts mit Projektpartnern an der Klinik für Orthopädie (Friedrichsheim) des Universitätsklinikums Frankfurt am Main, an der Orthopädischen Kinderklinik in Aschau im Chiemgau, an der Orthopädischen Klinik der Medizinischen Hochschule in Hannover und am Waldkrankenhaus in Eisenberg/Universitätsklinikum Jena zeigen, dass die Methode der instrumentellen Ganganalyse zu einer Optimierung der Behandlung von kindlichen Achsfehlstellungen mittels temporärer Hemiepiphysiodesen führen und das Risiko für eine wiederkehrende Achsfehlstellung minimieren kann. Ähnlich zu den Studienergebnissen von Prodromos und Kollegen [18] zeigen die vorläufigen Ergebnisse des Multicenter-Projekts, dass das präoperative Knieadduktionsmoment beim Gehen zum Zeitpunkt der Implantation ein Risikofaktor für das Auftreten eines Rezidivs nach Metallentfernung sein kann. In Anlehnung an das Hueter-Volkman-Gesetz [1] aus dem Jahr 1862 wird angenommen, dass z. B. eine erhöhte Druckbelastung des lateralen Gelenkkompartiments bei einer Valgusfehlstellung zu einer lateralen physealen Wachstumshemmung bei gleichzeitiger Stimulierung des Wachstums an der medialen Epiphysenfuge durch geringere Druck- und vermehrte Zugbelastung führt und es so zu einer weiteren Progression der Valgusdeformität kommt [4]. Diese asymmetrischen Verhältnisse an der Wachstumsfuge könnten dann auch nach erfolgreicher Korrektur der Beinachse überdauern und dann für das Auftreten eines Rebounds verantwortlich sein. Weitere Untersuchungen im Rahmen des Multicenter-Projekts sollen außerdem zeigen, welchen Einfluss ein Knick-Senk-Fuß auf die Valgusfehlstellung und den Rebound hat. Um eine umfassende Beurteilung einer Achsfehlstellung zu erhalten und das Risiko für das Auftreten eines Rebounds zu minimieren, sollte daher in Zukunft der Austausch zwischen biomechanischer Forschung und klinischer Anwendung intensiviert und ein einheitliches Konzept zur Optimierung der Behandlung von kindlichen Achsfehlstellungen unter Berücksichtigung von Statik (Röntgen) und Dynamik (instru-

mentelle Ganganalyse) etabliert werden. Ein konkreter Behandlungsalgorithmus wird im Beitrag „Dynamische Analyse der Gelenkbelastung bei Beinachsendiformitäten in der Frontalebene“ in diesem Themenheft vorgestellt.

» Auch heute liegen noch relativ wenige Erkenntnisse über das sogenannte Rebound-Phänomen vor

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass auch heute noch relativ wenige Erkenntnisse über das sogenannte Rebound-Phänomen vorliegen. Die in der Literatur angegebenen Rebound-Raten variieren sehr stark und haben aufgrund von elementaren Studienlimitationen häufig nur eine geringe Evidenz. Bei den 4 neueren Studien [9, 12, 16, 19], mit ausreichender statistischer Power für die Untersuchung von Prädiktoren für einen Rebound, liegt die Rebound-Quote im Mittel um die 50 %. Diese Zahl scheint durchaus realistisch und unterstreicht die klinische Relevanz der Thematik. Die derzeitige Studienlage lässt aber keine evidenzbasierte Aussage zu, wann ein Rebound therapiebedürftig, eine erneute Hemiepiphysiodese indiziert und wann ein Rebound klinisch noch tolerierbar ist. Die vorliegende Literaturübersicht zum Thema Rebound zeigt außerdem, dass neben der mechanischen Belastung vor allem auch ein junges Alter bei Behandlungsbeginn mit hohem Restwachstumspotenzial nach Metallentfernung ein potenzielles Risiko für einen Rebound nach einer temporären Hemiepiphysiodese darstellt. Dann sollte zur Vermeidung eines Rezidivs über eine entsprechende Überkorrektur der Beinachse nachgedacht werden.

Fazit für die Praxis

- Die Aussagekraft der meisten Studien zur Rebound-Rate ist durch einen nichtstandardisierten Nachbeobachtungszeitraum, heterogene Patientengruppen mit geringer Fallzahl und fehlenden Angaben zur Definition eines Rebounds limitiert.
- Die mittlere Rebound-Quote bei Studien ohne elementare Limitationen beim Studiendesign ist hoch (ca. 50 %).
- Um das Rebound-Phänomen bei Achskorrekturen besser verstehen und beurteilen zu können, sollten nach der Metallentfernung regelmäßige Verlaufskontrollen der

Prevalence and predictors of rebound deformity in the frontal plane. A literature review

The present literature review presents the current state of the art on the prevalence and causes of the rebound phenomenon after successful correction of leg axis deformity using temporary epiphysiodesis in children and adolescents. A total of 20 studies was included by three independent reviewers. The validity of most studies regarding the rebound incidence is limited by a non-standardized follow-up after plate removal, heterogeneous patient groups with a small number of cases, and missing information on the definition of rebound. The rebound incidence in studies without fundamental limitations in study design is on an average about 50% and underlines the clinical relevance of the topic. Only four studies reported reasons or risk factors for the occurrence of a rebound. In particular, a young age at the beginning of treatment with high residual growth potential after implant removal represents an increased rebound risk, which can be minimized by appropriate overcorrection of the leg axis.

Keywords

Leg axis deformity · Leg malalignment · Genu valgum · Genu varum · Recurrence

Beinachse im Abstand von 6 Monaten bis zum Wachstumsabschluss durchgeführt werden.

- Neben der mechanischen Belastung beim Gehen stellt ein junges Alter bei Behandlungsbeginn mit hohem Restwachstumspotenzial nach Metallentfernung ein erhöhtes Risiko für einen Rebound dar, welches durch eine entsprechende Überkorrektur der Beinachse minimiert werden kann.

Korrespondenzadresse



PD. Dr. habil. Felix Stief

Klinik für Orthopädie (Friedrichsheim),
Universitätsklinikum Frankfurt
Marienburgstraße 2, 60528 Frankfurt am Main,
Deutschland
felix.stief@kgu.de

Danksagung. Dieser Beitrag ist im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekts entstanden (Projektnummer: 403837822).

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. F. Stief, J. Holder, H. Böhm und A. Meurer geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Literatur

1. Arkin AM, Katz JF (1956) The effects of pressure on epiphyseal growth; the mechanism of plasticity of growing bone. *J Bone Joint Surg Am* 38-A:1056–1076
2. Ashby E, Eastwood D (2015) Characterization of knee alignment in children with mucopolysaccharidosis types I and II and outcome of treatment with guided growth. *J Child Orthop* 9:227–233
3. Ballal MS, Bruce CE, Nayagam S (2010) Correcting genu varum and genu valgum in children by guided growth: temporary hemiepiphysiodesis using tension band plates. *J Bone Joint Surg Br* 92:273–276
4. Boakes JL, Stevens PM, Moseley RF (1991) Treatment of genu valgum deformity in congenital absence of the fibula. *J Pediatr Orthop* 11:721–724
5. Boero S, Michelis MB, Riganti S (2011) Use of the eight-Plate for angular correction of knee deformities due to idiopathic and pathologic physis: initiating treatment according to etiology. *J Child Orthop* 5:209–216
6. Burghardt RD, Herzenberg JE (2010) Temporary hemiepiphysiodesis with the eight-Plate for angular deformities: mid-term results. *J Orthop Sci* 15:699–704
7. Cho TJ, Choi IH, Chung CY et al (2009) Hemiepiphysal stapling for angular deformity correction around the knee joint in children with multiple epiphyseal dysplasia. *J Pediatr Orthop* 29:52–56
8. Dai ZZ, Liang ZP, Li H et al (2021) Temporary hemiepiphysiodesis using an eight-plate implant for coronal angular deformity around the knee in children aged less than 10 years: efficacy,

complications, occurrence of rebound and risk factors. *BMC Musculoskelet Disord* 22:53

9. Farr S, Alrabai HM, Meizer E et al (2018) Rebound of frontal plane malalignment after tension band plating. *J Pediatr Orthop* 38:365–369
10. Kulkarni RM, Ilyas Rushnawala FM, Kulkarni GS et al (2015) Correction of coronal plane deformities around the knee using a tension band plate in children younger than 10 years. *Indian J Orthop* 49:208–218
11. Kumar A, Gaba S, Sud A et al (2016) Comparative study between staples and eight plate in the management of coronal plane deformities of the knee in skeletally immature children. *J Child Orthop* 10:429–437
12. Leveille LA, Razi O, Johnston CE (2019) Rebound deformity after growth modulation in patients with coronal plane angular deformities about the knee: who gets it and how much? *J Pediatr Orthop* 39:353–358
13. Mielke CH, Stevens PM (1996) Hemiepiphysal stapling for knee deformities in children younger than 10 years: a preliminary report. *J Pediatr Orthop* 16:423–429
14. Narayana Kurup JK, Shah HH (2020) Hemiepiphysodesis using 2-holed reconstruction plate for correction of angular deformity of the knee in children. *J Orthop* 20:54–59
15. Özdemir E, Emet A, Ramazanov R et al (2021) Correction of coronal plane deformities around knee in children with two-hole tension band plates. *Jt Dis Relat Surg* 32:177–184
16. Park SS, Kang S, Kim JY (2016) Prediction of rebound phenomenon after removal of hemiepiphysal staples in patients with idiopathic genu valgum deformity. *Bone Joint J* 98-b:1270–1275
17. Patwardhan S, Shah K, Shyam AK et al (2015) Growth modulation in children for angular deformity correction around knee—use of eight plate. *Int J Pediatr Orthop* 1:29–33
18. Prodromos CC, Andriacchi TP, Galante JO (1985) A relationship between gait and clinical changes following high tibial osteotomy. *J Bone Joint Surg Am* 67:1188–1194
19. Ramazanov R, Ozdemir E, Yilmaz G et al (2021) Rebound phenomenon after hemiepiphysodesis: Determination of risk factors after tension band plate removal in coronal plane deformities of lower extremities. *J Pediatr Orthop B* 30:52–58
20. Skyttä ET, Savolainen A, Kautiainen HJ et al (2008) Outcome after temporary physeal stapling for knee valgus deformity in children with JIA. *Arch Orthop Trauma Surg* 128:1213–1216
21. Stevens PM (2007) Guided growth for angular correction: a preliminary series using a tension band plate. *J Pediatr Orthop* 27:253–259
22. Stevens PM, Klatt JB (2008) Guided growth for pathological physes: radiographic improvement during realignment. *J Pediatr Orthop* 28:632–639
23. Stieff F, Feja Z, Holder J et al (2020) Non-invasive determination of frontal plane lower limb alignment using motion capture technique—An alternative for full-length radiographs in young patients treated by a temporary hemiepiphysodesis? *Gait Posture* 79:26–32
24. Westberry DE, Carpenter AM, Prodoehl J (2020) Correction of Genu Valgum in patients with congenital fibular deficiency. *J Pediatr Orthop* 40:367–372
25. Yilmaz G, Oto M, Thabet AM et al (2014) Correction of lower extremity angular deformities in skeletal dysplasia with hemiepiphysodesis: a preliminary report. *J Pediatr Orthop* 34:336–345

26. Zajonz D, Schumann E, Wojan M et al (2017) Treatment of genu valgum in children by means of temporary hemiepiphysodesis using eight-plates: short-term findings. *BMC Musculoskelet Disord* 18:456



CME-Sommerakademie 2021: Jetzt online punkten!

Das Fortbildungspaket der Sommerakademie mit **12 CME-Kursen** bringt Ihnen einfach und komfortabel **33 CME-Punkte**.

Nutzen Sie die Sommerzeit zum fachlichen Update zu zwölf typisch hausärztlichen Beratungsanlässen.

Sichern Sie sich Ihre 33 Punkte jetzt hier:

www.springermedizin.de/cme-sommerakademie



Das Fortbildungspaket "CME-Sommerakademie 2021" zum Preis von nur **29,- EUR** kann vom **16. Juni bis zum 15. September** erworben werden.

➤ Weitere Informationen unter:

www.springermedizin.de/cme-sommerakademie-teilnehmen

