

Michael Wachowsky<sup>1</sup>, Francisco F. Fernandez<sup>1</sup>, Thomas Wirth<sup>1</sup>

# Vorzeitiger posttraumatischer Wachstumsfugenverschluss am distalen Unterschenkel

Ursachen und Therapiekonzepte

*Posttraumatic premature physeal closure of the distal lower leg*

Causes and treatment

**Zusammenfassung:** Traumatische Epiphysenlösungen am distalen Unterschenkel sind selten. Die Folge kann ein vorzeitiger Wachstumsfugenverschluss sein. Dieser kann zu einem Achsfehler und einer Beinverkürzung führen. Fugenverschluss, Achsfehler und Beinlänge können im Röntgenbild diagnostiziert werden. Größe und Lokalisation der Knochenbrücke können im CT und MRT früher und genau dargestellt werden. Die Therapie ist abhängig vom Alter des Patienten, der Größe und Lage der Knochenbrücke und der bereits bestehenden Fehlstellung.

Bei ausreichendem Restwachstum können Knochenbrücken bis 50 % der Wachstumsfuge reseziert werden, Fehlstellungen werden mit einer Epiphysodese oder Osteotomie behandelt. Beinlängenunterschiede können durch eine Epiphysodese der Gegenseite oder durch Kallusdistraktion therapiert werden. Im Beitrag werden Ursachen, Diagnostik und therapeutische Möglichkeiten des posttraumatischen vorzeitigen Wachstumsfugenverschlusses des distalen Unterschenkels dargestellt.

*Schlüsselwörter:* Traumatische Epiphysenlösung, vorzeitiger Wachstumsfugenverschluss, Wachstumsstörung, Kindertraumatologie, Fraktur Unterschenkel

## Zitierweise

Wachowsky M, Fernandez FF, Wirth T. Vorzeitiger posttraumatischer Wachstumsfugenverschluss am distalen Unterschenkel. Ursachen und Therapiekonzepte.

OUP 2015; 07: 364–368 DOI 10.3238/oup.2015.0364–0368

**Summary:** Traumatic epiphyseal separations of the distal shank are rare. The consequence may be a premature closure of the growth plate. This may lead to axial deviation and leg shortening. The closure of the growth plate, axial deviations and leg length can be diagnosed by radiographs. CT and MRI can show the exact size and localization of the physeal bridge, thereby allowing an earlier diagnosis. Therapy depends upon the age of the patient, the size and the location of the physeal bridge and the existing deformity. Depending on sufficient residual growth, physeal bridges up to 50 % of the growth plate can be removed. Deformities are treated with an epiphysodesis or osteotomy. Leg length discrepancies may be treated with an epiphysodesis of the contralateral leg or callus distraction. In this article, the causes, diagnostics and therapeutic options of the post-traumatic premature closure of the growth plate of the distal shank are presented.

*Keywords:* traumatic epiphyseal separation, premature growth arrest, growth disturbance, pediatric traumatology, shank fracture

## Zitierweise

Wachowsky M, Fernandez FF, Wirth T. Posttraumatic premature physeal closure of the distal lower leg. Causes and treatment OUP 2015; 07: 364–368 DOI 10.3238/oup.2015.0364–0368

Traumatische Epiphysenlösungen im Wachstumsalter an der unteren Extremität sind selten. Am häufigsten kommen sie an der distalen Tibia vor. Als Folge kann es zum vorzeitigen Wachstumsfugenverschluss mit progredienten Achsfehlern und/oder Verkürzung des Beins kommen [1–9]. Dieser Beitrag gibt

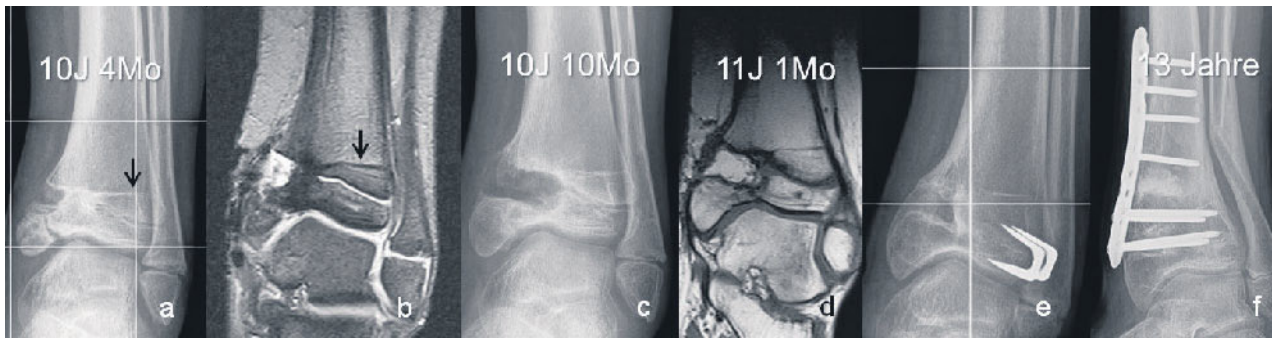
einen Überblick über die in der Literatur angegebenen Ursachen, die zum vorzeitigen Wachstumsverschluss führen, sowie Therapiemöglichkeiten, wenn dieser eingetreten ist.

Die traumatische Epiphysenlösung an der distalen Tibia ist die zweithäufigste Fraktur langer Röhrenknochen, sie

wird mit 2,8 % aller Frakturen im Wachstumsalter angegeben [9].

Die Einteilung der Frakturen mit Wachstumsfugenbeteiligung wird am häufigsten nach der Klassifikation nach Salter-Harris [10] durchgeführt, wobei **Typ I** einer Fugenlösung ohne metaphysären Keil,

<sup>1</sup> Klinikum Stuttgart, Orthopädische Klinik, Olgahospital



**Abbildung 1 a-e** Fallbeispiel 1: 10-jähriger Junge nach Salter-Harris-III-Fraktur, offener Reposition und Metallentfernung. Vorstellung mit klinischer Varusstellung. Im Röntgenbild und MRT zeigt sich die Fugenbrücke mit Varusstellung (Pfeil Harris-Linie) (**a**, **b**). Resektion der Brücke mit 10 Jahren 9 Monaten. Bei ausbleibender Spontankorrektur MRT-Kontrolle mit regelrecht einliegendem Fettinterponat und offener Wachstumsfuge (**c**). Temporäre Epiphyseodese mit 11 Jahren 8 Monaten (**d**). Bei unzureichender Korrektur Valgisationsosteotomie mit 12 Jahren 7 Monaten (**e**).

**Typ II** einer Fugenlösung mit metaphysärem Keil,

**Typ III** einer Fugenlösung mit epiphysärem Keil und

**Typ IV** einer wachstumsfugenkreuzenden Fraktur entspricht.

**Typ V** als Wachstumsfugenstauung wird erst durch den vorzeitigen Fugenverschluss auffällig [11].

Eine weitere Klassifikation nach Dias und Tachdjian teilt die Frakturen nach ihrem Verletzungsmuster ein, diese wird aber seltener verwendet [12].

Der Altersgipfel der Frakturen ist zwischen 11 und 13 Jahren [10]. Patienten mit Salter-Harris- (SH) I-Frakturen sind im Durchschnitt 1,5 Jahre jünger als Patienten mit SH-II-Frakturen [13, 14].

Die Inzidenz des vorzeitigen Wachstumsfugenverschlusses wird in der Literatur sehr unterschiedlich angegeben. Für SH-I- und SH-II-Frakturen werden in älteren Veröffentlichungen Angaben zwischen 5–15 % [6, 10, 14], in aktuelleren Veröffentlichungen Inzidenzen bis 39 % beschrieben [7]. Bei SH-IV- und SH-V-Frakturen wird ein vorzeitiger Fugenverschluss bis 50 % beschrieben [7, 15]. Offene Frakturen mit Fugendefekt führen zur Knochenbrücke der Fuge [16]. Folgende Ursachen werden für den vorzeitigen Wachstumsfugenverschluss angegeben [2, 8, 11, 14, 17]:

1. Frakturtyp nach Salter Harris,
2. Frakturmechanismus,
3. Dislokation vor und nach Reposition,
4. Anzahl der Repositionen,
5. Therapiemethode (geschlossene oder offene Reposition, mit oder ohne Osteosynthese).

Allerdings werden die Ursachen von den Autoren nicht einheitlich bewertet [4, 6–8, 14, 17, 18]. Ein Wachstumsfugenverschluss ist auch nach metaphysären Frakturen möglich und wahrscheinlicher, je näher die Fraktur an der Wachstumsfuge liegt [6]. Ein kompletter Wachstumsfugenverschluss führt zu einer Beinlängendifferenz, partielle periphere Fugenverschlüsse medial zur Varusfehlstellung, lateral zur Valgusfehlstellung [17]. Fugenverschlüsse der Fibula führen zur Verkürzung ohne Achsfehler. Klinische Verlaufskontrollen mit Bildgebung werden alle 3–4 Monate empfohlen [18, 19].

## Bildgebung

### Röntgen

Frühzeichen einer Wachstumsstörung sind Fugenerweiterungen oder -verschmälerungen [20]. Nach 3 Monaten kann eine Knochenbrücke sichtbar werden [20]. Harris Wachstumslinien sind ab dem 3. Monat nach der Fraktur nachweisbar (Fallbeispiel 1, Pfeile) [19]. Sie entstehen durch Scheiben transversal ausgerichteter Trabekel, die sich während langsamerem Wachstums bilden. Wenn das Wachstum sich normalisiert, wächst die Fuge von der Linie weg, die in der Metaphyse verbleibt [21, 19]. Sie verlaufen bei ungestörtem Wachstum parallel zur Fuge. Ein schräger Verlauf weist auf einen partiellen Fugenverschluss hin (läuft

auf den verschlossenen Fugenanteil zu) [21, 17]. Im weiteren Verlauf zeigt das Röntgenbild eine entstehende Achsabweichung und den Längensunterschied im Vergleich zur Gegenseite.

### Computertomografie (CT)/Kernspintomografie (MRT)

Bei Verdacht auf einen vorzeitigen Fugenverschluss sollte dieser durch eine CT oder MRT bestätigt und bezüglich Lage und Größe definiert werden. Die Computertomografie wird hier von vielen Autoren angegeben. Sie hat den Vorteil, dass die Untersuchung schnell ist und mit modernen Geräten eine 3-dimensionale Rekonstruktion der Knochenbrücke zulässt [2, 21–24]. Der Nachteil ist die Anwendung von Röntgenstrahlen im Wachstumsalter [21].

Die Kernspintomografie kann Knochenbrücken früher darstellen (ab dem 2. Monat nach Fraktur) [21]. Insbesondere die fett-supprimierte T2 3D Gradientenecho-Sequenz in Voxelgröße unter 1 mm ermöglicht eine gute Darstellung der gesunden Fuge (signalintensiv) gegen die Knochenbrücke und erlaubt eine exakte Bestimmung von Größe und Lage. Harris-Linien lassen sich am besten in der T1 Wichtung darstellen [20, 21, 25]. Nach Resektion der Wachstumsfugenbrücke kann eine inkomplette Resektion im CT oder MRT nachgewiesen werden. Später auch Rezidive.



**Abbildung 2 a-f** Fallbeispiel 2: Der Junge erlitt mit 8 Jahren eine Salter-Harris-2-Fraktur mit Fibulafaktur (a). Diese wurde mit einer Schrauben- und Drahtosteosynthese versorgt (b). Vorstellung mit beginnender Fehlstellung und Fugenbrücke (c, d). Resektion der Knochenbrücke und Fettinterponat mit 10 Jahren (e). Mit 11 Jahren kein Fortschreiten der Fehlstellung (f).

## Therapie

Das therapeutische Vorgehen hängt von der Größe der Fugenverknöcherung, dem Ausmaß der Achsabweichung oder Verkürzung und dem zu erwartenden Restwachstum ab [1, 2, 9, 26, 27]. Operationsverfahren sind die Resektion der Knochenbrücke mit Interposition von Fett, Silastik, Cranioplast oder Knochenwachs, Epiphyseodese der betroffenen Fuge oder der des kontralateralen Beins bei Beinlängendifferenz, Korrekturosteotomie oder Verlängerung und Achskorrektur durch einen Ringfixateur sowie Kombinationen dieser Verfahren [1, 2, 5, 16, 26–29]. Kleine Knochenbrücken können sich spontan lösen [28, 30].

## Resektion der Knochenbrücke

Bei einem Restwachstum der Fuge von mehr als 2 Jahren wird von vielen Au-

toren die Resektion der Knochenbrücke empfohlen, wenn diese weniger als 50 % der Fugenfläche umfasst. [1, 2, 27], wobei exakte Daten fehlen, wie viel Restwachstum erforderlich ist und bis zu welcher Größe der Brücke eine Resektion sinnvoll sein kann. Vor der Resektion muss das genaue Ausmaß und die Lage der Knochenbrücke, am besten im MRT oder CT, bestimmt werden. Die Brücke muss komplett reseziert werden, unter Schonung der gesunden Fuge. Bei peripherer Lage wird das Periost über der Brücke reseziert und dann die Brücke entfernt, bis überall die gesunde Fuge sichtbar ist. Bei zentraler Lage wird über einen metaphysären Kanal die Brücke entfernt. Die Kontrolle der Fuge kann mit einem kleinen Zahnarztspiegel oder der Arthroskopieoptik erfolgen [30]. Eine navigierte Technik ist beschrieben [31].

In die Resektionshöhle wird zur Verhinderung einer neuen Knochenbrücke

ein Interponat eingebracht. Autologes Fettgewebe [27, 28], Silastik [32], Cranioplast [1, 2, 33] oder Knochenwachs [1, 22] werden in der Klinik eingesetzt. Ohne Interponat kommt es sehr häufig zum Rezidiv [27].

## Vor- und Nachteile der Interponate

Autologes Fettgewebe ist einfach verfügbar, eine Entfernung ist nicht notwendig. Nachteil ist die geringe mechanische Stabilität, sodass eine Entlastung des Beins postoperativ notwendig sein kann. Im Verlauf kann es zu Nekrose, Umbau und Resorption kommen. (Fallbeispiele 1 und 2)

Cranioplast (Methylmethacrylat) lässt sich gut in die Höhle anmodellieren und härtet dann aus. Eine Verankerung in der Epiphyse, z.B. durch Bohrungen, ist sinnvoll, um ein Auswandern in die Metaphyse zu verhindern. Bei guter mechanischer Stabilität ist keine Entlastung notwendig. Ob eine Entfernung sinnvoll ist, ist nicht geklärt. Auswirkungen auf das Immunsystem wurden beschrieben [33].

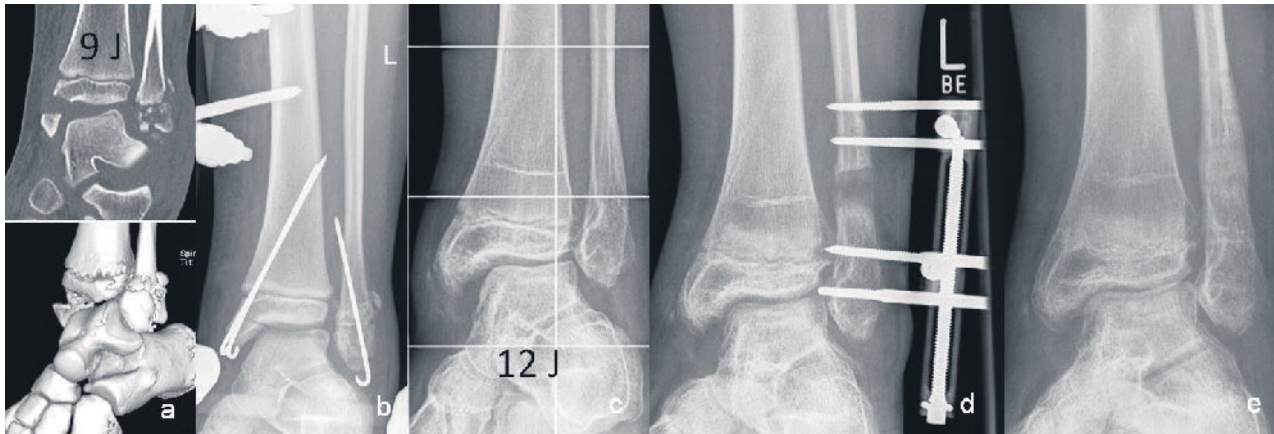
Silastik kann ebenfalls gut in die Höhle eingepasst werden. Die Komponenten müssen einzeln sterilisiert werden und es besteht Infektgefahr. Gewebsreaktionen sind beschrieben [32].

Bei Knochenwachs sind nur Einzelfälle beschrieben [22].

Die Potenz zur Verhinderung einer neuen Knochenbrücke scheint bei allen Interponaten ähnlich zu sein. Eine erneute Brückenbildung ist auch 2 Jahre nach erfolgreicher Resektion möglich. Bei einer erneuten Brückenbildung ist unter den oben genannten Voraussetzungen eine erneute Resektion sinnvoll [27].

Ergebnisse: Bei Brücken die weniger als 25 % der Wachstumsfuge betragen, ist ein normales Wachstum zu erwarten. Achsfehler können sich spontan verbessern [27]. Bei Verknöcherung von > 50 % der Fuge ist die Prognose bezüglich weiterem Wachstum und Korrektur schlecht [27]. Die spontane Verbesserung von Achsfehlern zeigt sich vor allem im 1. Jahr nach der Resektion. Diskutiert wird eine Stimulation der Restfuge, häufig tritt danach ein vorzeitiger Fugenschluss ein [27].





**Abbildung 3** Fallbeispiel 3: Das Mädchen erlitt mit 9 Jahren eine Salter-Harris-III-Fraktur der distalen Tibia mit Berstungsfraktur der Fibula. Dies wurde zunächst mit einem Fixateur stabilisiert, dann mit einer Drahtosteosynthese versorgt (**a, b**). Mit 12 Jahren bestand bei Fugenverschluss der Fibula eine Verkürzung der Fibula mit Instabilitätsgefühl (**c**). Verlängerung der Fibula über einen unilateralen Fixateur externe (**d, e**).

## Epiphyseodese

Zusätzlich zur Resektion der Knochenbrücke kann bei einem Achsfehler eine temporäre Epiphyseodese auf der Gegenseite des Knochens durchgeführt werden. Die mögliche Korrekturpotenz kann aus dem Skeletalter berechnet werden. Bei großer Fugenbrücke (> 50 % der Fuge), die nicht reseziert wird, verhindert die Epiphyseodese ein Fortschreiten der Deformität [20, 28] und sollte auch zusätzlich zu einer Korrekturosteotomie durchgeführt werden. Zur Verhinderung einer Überlänge der Fibula kann auch hier eine Epiphyseodese sinnvoll sein [17].

Bei zu erwartendem Beinlängenunterschied von mehr als 2 cm kann eine Wachstumsbremsung der Gegenseite über eine temporäre oder endgültige Epiphyseodese erfolgen [5]. Die Indikation ist abhängig vom zu erwartenden Beinlängenunterschied und der berechneten Endgröße des Patienten.

## Osteotomie

Achsfehler der Tibia führen zur stärkeren Druckbelastung im oberen Sprunggelenk. Einheitliche Empfehlungen zu Korrekturgrenzen bestehen nicht. Eine Korrekturosteotomie gleichzeitig zur Brückenresektion wird von vielen Autoren bei einer Achsabweichung größer 10° empfohlen [18, 27]. Von eini-

gen Autoren wird die Korrektur schon ab 5° Varusfehlstellung empfohlen [34].

Osteotomien können additiv, subtraktiv oder z.B. als Domosteotomie durchgeführt werden [17]. Eine vorhandene Beinverkürzung muss berücksichtigt werden. Vor der Osteotomie muss das CORA (center of rotation and angulation) bestimmt werden, um eine notwendige Translation mit einzuplanen oder die Korrektur über einen Fixateur durchzuführen. (Fallbeispiel 1)

## Fixateur Externe

Ab einem zu erwartenden Beinlängenunterschied von > 2 cm sollte die Beinlänge ausgeglichen werden. Abhängig von dem zu erwartenden Beinlängenunterschied kann dies über eine Kallusdistraction mit einem Ringfixateur erfolgen. Achsfehler können hier gleichzeitig korrigiert werden [34]. Bei deutlicher Verkürzung der Fibula und Symptomatik kann auch diese über einen Fixateur und Kallusdistraction verlängert werden [35]. (Fallbeispiel 3)

## Therapie kurz vor oder nach Wachstumsabschluss

Bei Patienten nahe dem Wachstumsabschluss ohne Achsfehler oder Beinlängendifferenz ist keine Therapie er-

forderlich. Eine geringe Beinlängendifferenz sollte im Schuh ausgeglichen werden, größere Beinlängendifferenzen durch Verkürzungsosteotomie der Gegenseite oder Verlängerung der betroffenen Seite (ab 2 cm Beinlängenunterschied). Achsfehler über 10° werden durch Osteotomie korrigiert [1].

## Fazit

Durch den posttraumatischen Wachstumsfugenverschluss am distalen Unterschenkel kann es zur Wachstumsstörung mit Achsfehler und Beinlängendifferenz kommen. Die Therapie ist abhängig vom Alter des Patienten, der Größe der Fugenbrücke, sowie der vorhandenen und zu erwartenden Fehlstellung. Sie beinhaltet die Resektion der Knochenbrücke mit Einbringen eines Interponats, die Epiphyseodese und Osteotomie zur Achskorrektur sowie die Epiphyseodese und Kallusdistraction bei Beinlängendifferenz. OUP

**Interessenkonflikt:** Keiner angegeben

## Korrespondenzadresse

Dr. med. Michael Wachowsky  
Klinikum Stuttgart  
Olgahospital  
Orthopädische Klinik  
Kriegsbergstr. 62  
70174 Stuttgart  
m.wachowsky@klinikum-stuttgart.de

**Literatur**

- Peterson HA. Partial growth plate arrest and its treatment. *J Pediatr Orthop* 1984; 4:2 46–258
- Cass JR, Peterson HA. Salter-Harris type IV injuries of the distal tibial epiphyseal growth plate, with emphasis on those involving the medial malleolus. *J Bone Joint Surg Am* 1983; 65: 1059–1070
- Caterini R, Farsetti P, Ippolito E. Long term follow-up of physal injury to the ankle. *Foot Ankle* 1991; 11: 372–383
- De Sanctis N, Della Corte S, Pempinello C. Distal tibial and fibular epiphyseal fractures in children: prognostic criteria and long-term results in 158 patients. *J Pediatr Orthop B* 2000; 9: 40–44
- Berson L, Davidson RS, Dormans JP. Growth disturbances after distal tibial physal fractures. *Foot Ankle Int* 2000; 21: 54–8
- Hasler C, Laer L von. Pathophysiology of posttraumatic deformities of the lower limbs during growth. *Orthopade* 2000; 29: 757–765
- Barmada A, Gaynor T, Mubarak SJ. Premature physal closure following distal tibia physal fractures: a new radiographic predictor. *J Pediatr Orthop* 2003; 23: 733–739
- Rohmiller MT, Gaynor TP, Pawelek J, et al. Salter-Harris I and II fractures of the distal tibia: dose mechanism of injury relate to premature physal closure. *J Pediatr Orthop* 2006; 26: 322–328
- Kraus R, Herbst U, Perler G et al. Aktuelle Daten zu Aufkommen, Formen und Behandlungsstrategien von traumatischen Wachstumsfugenlosungen der distalen Tibia. *Unfallchirurg*. 2011; 114: 403–410
- Kraus R, Kaiser M. Growth disturbances of the distal tibia after physal separation – What do we know, what do we believe to know? *Eur J Pediatr Surg*. 2008; 18: 295–299
- Salter RB, Harris WR. Injuries involving the epiphyseal plate. *J Bone Joint Surg Am* 1963; 45: 587–622
- Dias LS, Tachdijan MO. Physal injuries of the ankle in children: classification. *Clin Orthop Relat Res* 1978; 136: 230–233
- Hold G, Stauffer UG. Epiphysenlösung an der distalen Tibia. *Chirurg* 1982; 53: 704–708
- Spiegel PG, Cooperman DR, Laros GS. Epiphyseal fractures of the distal ends of the tibia and fibula. A retrospective study of two hundred and thirty-seven cases in children. *J Bone Joint Surg Am* 1978; 60: 1046–1050
- Podeszwa DA, Wilson PL, Holland AR, Copley LA. Comparison of bioabsorbable versus metallic implant fixation for physal and epiphyseal fractures of the distal tibia. *J Pediatr Orthop*. 2008; 28: 859–63
- Peterson HA, Jacobsen FS. Management of distal tibial medial malleolus type 6 physal fractures. *J Child Orthop*. 2008; 2: 151–154
- Kay RM, Matthys GA. Pediatric ankle fractures: evaluation and treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 2001; 9: 268–278
- Lalonde KA, Letts M. Traumatic growth arrest of the distal tibia: a clinical and radiographic review. *Can J Surg*. 2005; 48:143–7
- Hynes, D, O'Brien T. Growth disturbance lines after injury of the distal tibial physis. *J Bone Joint Surg* 1988; 70B: 231–233
- Ecklund K, Jaramillo D. Imaging of growth disturbance in children. *Radiol Clin North Am* 2001; 39(4): 823–41
- Ecklund K, Jaramillo D. Patterns of premature physal arrest: MR imaging of 111 children. *Am J Roentgenol* 2002; 178: 967–972
- Yoshida T, Kim WC, Tsuchida Y et al. Experience of bone bridge resection and bone wax packing for partial growth arrest of distal tibia. *J Orthop Trauma*. 2008; 22: 142–7
- Loder RT, Swinford AE, Kuhns LR. The use of helical computed tomographic scan to assess bony physal bridges. *J Pediatr Orthop* 1997; 17: 356–359
- Lohman M, Kivisaari A, Vehmas T, Kallio P, Puntilla J, Kivisaari L. MRI in the assessment of growth arrest. *Pediatric Radiology* 2002; 32: 41–45
- Futami T, Foster BK, Morris LL, LeQuesne GW. Magnetic resonance imaging of growth plate injuries: the efficacy and indications for surgical procedures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2000; 120: 390–6
- Langenskiöld A. Surgical treatment of partial closure of the growth plate. *J Pediatr Orthop* 1981; 1: 3–11
- Williamson RV, Staheli LT. Partial physal growth arrest: treatment by bridge resection and fat interposition. *J Pediatr Orthop* 1990; 10: 769–776
- Langenskiöld A. Traumatic premature closure of the distal tibial epiphyseal plate. *Acta Orthop Scand* 1967; 38: 520–531
- Langenskiöld A. Surgical treatment of partial closure of the growth plate. *J Pediatr Orthop* 1981; 1: 3–11
- Marsh JS, Polzhofer GK. Arthroscopically assisted central physal bar resection. *J Pediatr Orthop*. 2006; 26: 255–9
- Kang HG, Yoon SJ, Kim JR. Resection of a physal bar under computer-assisted guidance. *J Bone Joint Surg Br*. 2010; 92: 1452–5
- Bright RW. Partial growth arrest: identification, classification, and results of treatment. *Orthop Trans* 1982; 6: 65–66
- Petty W, The effect of methylmethacrylate on chemotaxis of polymorphonuclear leukocytes. *J Bone Joint Surg* 1978; 60A: 492–498
- Gessmann J, Seybold D, Baecker H et al. Korrektur von sprunggelenksnahen Deformitäten mit dem Taylor Spatial Frame. *Z Orthop Unfall* 2009; 147: 314–320
- Karrholm J, Hansson LI, Selvik G. Changes in tibiofibular relationships due to growth disturbances after ankle fractures in children. *J Bone Joint Surg Am* 1984; 66: 1198–1210