

Korrektur einer komplizierten Achsenfehlstellung bei einem Fohlen

Cornelia Schwarz, Jan Michael Kümmerle, Felix Theiss und Jörg A. Auer

Departement Pferde, Vetsuisse Fakultät Zürich

Zusammenfassung

Ein zwei Tage altes Schweizer Warmblutstutfohlen wurde wegen einer markanten Varusfehlstellung im Metatarsophalangealbereich der rechten Hintergliedmaße vorgestellt. Mittels klinischen und radiologischen Untersuchungen wurde die Achsenabweichung im distalen Metatarsus (Mt) III lokalisiert. Nach zweiwöchiger Boxenruhe wurde das Fohlen erneut für eine chirurgische Korrektur der Fehlstellungen vorgestellt. Die Varusfehlstellung des Mt III hinten rechts und die sich in der Zwischenzeit entwickelte Valgusfehlstellung in der proximalen Phalanx der gleichen Gliedmaße, wurden mittels Periost-Stripping behandelt. Anlässlich der Nachkontrolle nach einem Monat wurde adspektorisch eine leichte Überkorrektur der rechten Hintergliedmaße diagnostiziert. Radiologisch konnte festgestellt werden, dass die Varusfehlstellung vollkommen korrigiert war, allerdings mit einer markanten Knochenauflagerung an der Operationsstelle. Die Valgusfehlstellung im Fesselbein jedoch hatte sich in der Zwischenzeit verschlimmert, was die scheinbare, adspektorisch erkennbare „Überkorrektur“ erklärt. Anlässlich eines weiteren chirurgischen Eingriffs wurde eine kleine Metallplatte und 2 Schrauben über den medialen Bereich der proximalen Wachstumsfuge des Fesselbeins implantiert, um eine Wachstumsverzögerung des medialen Fesselbeinbereichs zu erreichen. Nach einem weiteren Monat konnten die Implantate entfernt werden, da sich auch die Fehlstellung im Fesselbein korrigiert hatte. Dank der frühen Vorstellung des Fohlens an der Klinik zeigte es nach insgesamt 2.5 Monaten und zwei chirurgischen Eingriffen eine gerade Gliedmaßenachse. Das Risiko für frühe arthrotische Veränderungen konnten dadurch vermindert.

Schlüsselwörter: Fohlen, Achsenfehlstellung, kongenital, Wachstumsverzögerung, Periost-Stripping

Correction of complicated angular limb deformities in a foal: a case report

A two day old Swiss Warmblood filly was presented with a prominent varus deformity in the metatarsophalangeal region of the right hind limb. Clinical and radiographic examinations localised the axis deviation in the distal metatarsus (Mt) III. The foal was sent home with instructions to keep it in the stall for two weeks and then readmit it for a surgical correction. At that time, the varus deformity in Mt III of the right hind limb had improved. However, despite stall rest a valgus deformity had developed in the proximal phalanx of the same limb. Periosteal stripping was performed at the lateral aspect of the proximal phalanx and the medial distal Mt III of the right rear limb. The follow-up examination one month after surgery revealed a slight overcorrection of the right limb. The varus deformity at the distal aspect of Mt III was corrected in association with a marked new bone formation. The valgus deformity in the proximal phalanx, however, was aggravated, resulting in the apparent, overcorrection that was visibly noticeable. Subsequently, a small metal plate and two small screws were implanted over the medial aspect of the proximal physis of the proximal phalanx to achieve a local growth retardation via transphyseal bridging. One month later, the deviation in the proximal phalanx was corrected and the implants were removed. Because of the early presentation of the foal, the marked varus deformity in the right rear fetlock region could be corrected within 2.5 months. This early correction is necessary to prevent early arthrosis formation.

Keywords: foal, angular limb deformity, congenital, growth retardation, periosteal stripping

Einleitung

Achsenfehlstellungen kommen vor allem bei jungen Fohlen vor (Auer and Martens 1980, Turner 1985, Adams and Fessler 2000). Die Ursachen der Fehlstellungen können Fessleraffung der periartikulären Gewebe, ungenügende Ossifikation der kuboidalen Karpal- und Tarsalknochen oder ungleiches Längenwachstum sein (Auer 2006). Bei einer Valgusfehlstellung weicht die Gliedmaße distal der Lokalisation nach lateral ab bzw. bei einer Varusfehlstellung nach medial. Bei beiden Fehlstellungen ist oftmals eine gewisse Achsenrotation vorhanden (Adams and Fessler 2000). Eine Valgusfehlstellung ist beinahe immer mit einer Außenrotation - eine Varusfehlstellung mit einer Innenrotation gekoppelt (Auer 2006).

Die Valgusfehlstellung im Karpus ist die häufigste Achsenfehlstellung beim Fohlen (Auer and Martens 1980, Bertone et al. 1985, Read et al. 2002), doch muss die Fehlstellung in den Ossa metacarpalia III (Mc III) und - metatarsalia III (Mt III) als die kritischste angesehen werden, da diese nur innerhalb der ersten 3 Lebensmonate behandelt werden.

Diagnostiziert werden Achsenfehlstellungen durch Adspektion, Palpation und Manipulation sowie durch bildgebende Verfahren (Bramlage and Auer 2006). Morphologische und geometrische Bildauswertungen erlauben die Bestimmung des Drehpunkts, des Grads der Achsenabweichung und allfälliger Läsionen der Knochen (Bertone et al. 1985).

Achsenfehlstellungen können konservativ und chirurgisch therapiert werden. Fehlstellungen, welche als Folge ungenügender Ossifikation der kleinen Karpal- und Tarsalknochen auftreten, werden konservativ behandelt. Die Gliedmaßenachsen werden manuell gerade gerichtet und in dieser Stellung mittels Fixations- oder Schienenverbänden fixiert. Dies erlaubt eine orthogonale Belastung der ungenügend ossifizierten Knochen und verhindert eine plastische Verformung der die Ossifikationszentren umgebenden Knorpelschicht, die durch eine asymmetrische Belastung entstehen würde. Nach 2-3 Wochen ist in den meisten Fällen eine genügende Ossifikation erreicht, so dass die Fixations- bzw. Schienenverbände entfernt werden können (Auer und von Rechenberg 2006). Bei ungleichem Wachstum im Bereich der Epiphysenfugen sind Schienenverbände kontraindiziert (Auer 1990).

Bei den chirurgischen Techniken wird zwischen der Wachstumsverzögerung und der Wachstumsbeschleunigung unterschieden. Diese Techniken sind nur bei Fohlen erfolgreich, welche noch ein Wachstumspotential in den betroffenen Physenfugen aufweisen. Auf die korrektiven Osteotomien wird an dieser Stelle nicht eingegangen.

Bei der Wachstumsverzögerung wird die Epiphysenfuge der längeren Knochenseite mittels Titanklammern, Schrauben, Schrauben und Cerclagedrähte oder Schrauben und Platten temporär überbrückt (Auer und von Rechenberg 2006). Nach erfolgter Korrektur der Fehlstellung müssen die Implantate rechtzeitig entfernt werden, um eine Überkorrektur zu vermeiden.

Bei der Wachstumsbeschleunigung wird das Periost auf der konkaven (kürzeren) Seite des Knochens unmittelbar distal beziehungsweise proximal der Epiphysenfuge durchtrennt und vom Knochen angehoben. Das Periost-Stripping kann am distalen Radius, an der distalen Tibia, am distalen Mc III bzw. Mt III und an der proximalen Phalanx durchgeführt werden (Auer 2002). Der Wirkungsmechanismus dieser Technik konnte 25 Jahre nach deren Einführung mittels molekularbiologischer Techniken endlich geklärt (Auer und von Rechenberg 2006) und damit die Aussagen einer Studie, die das Periost-Stripping als wirkungslos betitelte (Read et al. 2002), widerlegt werden.

Sollte dieser chirurgische Eingriff nicht den gewünschten Grad der Korrektur erzielen, kann die Operation wiederholt werden. Es kommt nicht zur Überkorrektur (Auer 2006). Die Erfolgsrate beträgt nach Literaturangaben 83% (Bertone et al. 1985). In schweren Fällen können die Wachstumsbeschleunigung und die Wachstumsverzögerung kombiniert werden.

Beschreibung des Falles

Ein zwei Tage altes Schweizer Warmblutstutfohlen wurde mit einer Fehlstellung der rechten Hintergliedmaße an der Pferdeklinik der Vetsuisse-Fakultät der Universität Zürich vorgestellt. Das Fohlen präsentierte sich in einem guten Allgemeinzustand und zeigte keine Lahmheit. Die rechte Hintergliedmaße wies im Fesselgelenkbereich eine markante Varusstellung auf. Im Schritt und Trab zeigte das Fohlen eine Außenrotation auf Höhe des Fesselgelenks während des Vorführens der rechten Hintergliedmaße.

Die röntgenologische Untersuchung ergab hinten rechts als Hauptbefund eine sehr steile Stellung im Fesselbereich mit nach dorsal gebrochener Zehenachse im Hufgelenk und eine Varusfehlstellung von 14 Grad im distalen Mt III. Letztere war in der distalen Epiphyse lokalisiert (Abb. 1).



Abb 1 Dorsoplantare Röntgenaufnahme der rechten Hintergliedmaße. Die Varusfehlstellung im distalen Mt III beträgt 14 Grad.
Dorsoplantar radiographic view of the fetlock region of the right hind limb. The varus deviation of 14 degrees was diagnosed in the distal Mt III.

Das Fohlen wurde mit Verordnung von Boxenruhe für zwei Wochen und anschließend erneuter Vorstellung an der Klinik nach Hause entlassen.

Nach Ablauf dieser zwei Wochen konnte klinisch eine deutliche Verbesserung der Varusfehlstellung in der Fesselregion der rechten Hintergliedmaße erkannt werden, doch war die Außenrotation während der Vorführphase im Schritt und Trab immer noch vorhanden. Die röntgenologische Untersuchung ergab hinten rechts eine Varusfehlstellung im distalen Mt III von 8 Grad mit einer kompensatorischen Schrägstellung des Fesselgelenkes, die durch eine relative Verkürzung der lateralen Seite des Fesselbeins verursacht wurde (Abb. 2). Die Gelenkfläche war um ca. 6 Grad in lateraler Richtung geneigt.

Therapeutisch wurde ein Periost Stripping medial am distalen Mt III sowie lateral am proximalen Fesselbein hinten rechts durchgeführt. Hierfür wurde das Fohlen unter Allgemeinanästhesie in vorerst rechter Seitenlage auf dem Operationstisch positioniert und der Operationsbereich für einen sterilen chirurgischen Eingriff vorbereitet. Der ca. 4 cm lange, longitudinale Hautschnitt wurde zentriert auf Höhe des medialen Griffelbeinknöpfchens hinten rechts. Der Schnitt wurde dann vorsichtig bis zum Periost vertieft. Anschließend wurden die dorsalen Weichteilstrukturen mit einer Mosquitoklemme unterminiert und die Weichteile vom Periost abgehoben um ein Skalpell mit einer Klinge Nr. 12 ohne Weichteiltraumatisierung einführen zu können. Nach Entfernen der Klemme wurde durch Zurückziehen des Skalpells das Periost vorerst dorsal in

horizontaler Richtung durchtrennt. Das gleiche Prozedere wurde im plantaren Bereich wiederholt, wobei besonders darauf geachtet wurde, weder die plantare Aussackung des Fesselgelenkes, noch die Beugesehnen mit dem Skalpell zu verletzen. Die beiden horizontalen Schnitte trafen sich auf Höhe des distalen Bereichs des Hautschnittes und von dort aus wurde anschließend ein 2 cm langer, parallel zum Hautschnitt ausgerichteter weiterer Periostschnitt in proximaler Richtung ausgeführt. Mit Hilfe eines Raspatoriums wurde anschließend



Abb 2 Dorsoplantare Röntgenaufnahme (links) und Photo (rechts) der rechten Hintergliedmaße nach zweiwöchiger Boxenruhe. Deutlich sichtbar ist die kompensatorische Schrägstellung des Fesselgelenkes (a) gegenüber dem Krongelenk (b), verursacht durch eine Verkürzung der lateralen Knochenseite. Die Varusfehlstellung im Fesselgelenk beträgt 8 Grad.

Dorsoplanatar radiographic view (left) and picture (right) of the fetlock region of the right hind limb after 2 weeks of stall rest. The compensatory obliqueness of the fetlock joint (a) relative to the pastern joint (b) is obvious. The lateral side of the bone is shorter. The varus deviation in the fetlock joint measured 8 degrees.

das dorsale bzw. plantare Periostdreieck vom darunterliegenden Knochen gelöst und dann wieder zurückgelegt. Die Subkutis wurde einfach fortlaufend und die Haut intrakutan einfach fortlaufend jeweils mit einem Biosyn 3/0 Faden verschlossen.

Das Fohlen wurde anschließend in linke Seitenlage positioniert und ein weiteres Periost-Stripping lateral auf Höhe der proximalen Epiphysenfuge des hinteren rechten Fesselbeines durchgeführt. Die Operationsbereiche wurden mit leichten sterilen Verbänden versehen und das Fohlen nach komplikationsloser Aufwachphase noch am gleichen Tag nach Hause entlassen. Die Instruktionen lauteten auf 14 Tage Boxenruhe und Verbandwechsel nach 4 und 8 Tagen. Nach 14 Tagen durfte sich das Fohlen in einem kleineren Paddock vermehrt bewegen und einen Monat postoperativ sollte es wieder an der Klinik vorgestellt werden.

Das Fohlen wurde im Alter von 6 Wochen bei gutem Allgemeinzustand zur Nachkontrolle vorgestellt. Die rechte Hintergliedmaße wies adspektorisch eine nahezu gerade Stellung

auf. Die Varusstellung im Mt III hinten rechts zeigte sich deutlich korrigiert. Jedoch war die Außenrotation der Fesselgelenkregion beim Vorführen noch immer deutlich vorhanden. An beiden Operationsstellen wurden deutliche, nicht schmerzhaft Weichteilschwellungen bei intakter Haut vorgefunden.

Die röntgenologische Untersuchung ergab eine leichte Valgusfehlstellung der Fesselregion der rechten Hintergliedmaße (Abb. 3). Bei detaillierter Betrachtung konnte eine gute Kor-



Abb 3 Dorsoplantare Röntgenaufnahme der rechten Hintergliedmaße 4 Wochen postoperativ. Das Bild zeigt eine leichtgradige Valgusfehlstellung in der Fesselregion. Die Varusfehlstellung im distalen Mt III korrigierte vollständig, doch verschlimmerte sich die Valgusfehlstellung im Fesselbein. Auffällig sind zusätzlich die starken periostalen Knochenzubildungen im Operationsgebiet (A).

Dorsoplanatar radiographic view of the fetlock region of the right hind limb 4 weeks postoperatively. The radiograph shows a slight valgus deviation in the fetlock region. The varus deviation in the distal Mt III was completely corrected, but the compensatory valgus deviation in the proximal phalanx increased. Please note the marked periosteal new bone formation at the Mt III surgery site (A).

rektur der Varusfehlstellung im distalen Mt III der rechten Hintergliedmaße erkannt werden. Allerdings fielen im Operationsgebiet markante periostale Knochenzubildungen auf (siehe Abb. 3). Die Außenneigung der Fesselgelenkebene war verstärkt vorhanden, was die Folge einer markanten Verkürzung der lateralen Fesselbeinseite gegenüber der medialen war. Im Bereich des chirurgischen Eingriffs am lateralen Aspekt der proximalen Fesselbein-Wachstumsfuge konnten ebenfalls periostale Reaktionen aber kein verstärktes Wachstum erkannt werden. Anhand dieser Befunde wurde eine progressive sekundäre Deformation des hinteren rechten Fesselbeins diagnostiziert. Damit war die Indikation für eine Wachstumsverzögerung des lateralen Aspekts der proximalen Fesselbeinfuge gegeben.

Das Fohlen wurde erneut in Allgemeinanästhesie gelegt und in rechter Seitenlage auf dem Operationstisch positioniert. Der chirurgische Zugang wurde im medialen proximalen Fesselbeinbereich gewählt. Mittels eines ca. 5 cm langen Hautschnittes und anschließender scharfer Präparation wurde das Fesselbein lokal freigelegt. Unter Durchleuchtungskontrolle

wurde der Fesselgelenkspalt lokalisiert. Eine 26 mm lange 3.5 mm Spongiaschraube wurde durch das proximalste Loch einer 4-Loch 2.5 mm Platte parallel zur Gelenkfläche in die proximale Epiphyse des Fesselbeins implantiert. Durch das distalste Plattenloch der gleichen Platte wurde anschließend eine 30 mm lange 3.5 mm Spongiaschraube in die mediale Fesselbeinmetaphyse implantiert. Der Verschluss der Faszie, der Subcutis und der Haut (intrakutan) erfolgte jeweils einfach fortlaufend mit Biosyn 2/0.



Abb 4 Dorsoplantare Röntgenaufnahme der rechten Hintergliedmaße vor dem Entfernen der Implantate. Die Gliedmaßenachse ist gerade und zeigt starke Regression der periostalen Reaktionen aber eine gewisse Konturveränderung weist auf die verschiedenen operativen Eingriffe hin.

Dorsoplantar radiographic view of the fetlock region of the right hind limb prior to implant removal. The limb axis is straight and the periosteal new bone formations markedly reduced.

Dem Fohlen wurde für 2 Wochen ein fester Verband angelegt. Während dieser Zeit wurde es in der Boxe gehalten. Ein Monat nach der 2. Operation wurde das Fohlen nochmals zur Nachkontrolle vorgestellt. Die klinische sowie die röntgenologische Untersuchung zeigten eine gute Korrektur der Fehlstellungen der rechten Hintergliedmaße sowie eine markante Regression der periostalen Reaktionen (Abb. 4 und 5). Die Implantate wurden unter Allgemeinanästhesie entfernt, das Fohlen wieder nach Hause entlassen und für 3 Wochen in einer Boxe mit kleinem Auslauf gehalten.

Diskussion

Periost Stripping wurde vor rund 25 Jahren als wirkungsvolle, ambulante und relativ minimal invasive Technik erstmals beschrieben (Auer et al. 1982). Lange Zeit wurde die Korrektur mit einer temporären Dekompression der Wachstumsfuge erklärt, die eine schnellere Zellteilung auslöste und dadurch in einem beschleunigten Wachstum in dieser Region resultierte. Dank molekularbiologischer Techniken konnte nun nach dieser langen Zeit der Korrekturmechanismus endlich aufgeklärt werden (Auer und von Rechenberg 2006). Durch das vaskuläre Trauma, das im metaphysären Teil der kürzeren Sei-

te des Knochens gesetzt wird, wird das Zytokin „Indian Hedge Hog (Ihh)“ vermehrt gebildet und über die Blutgefäße in Richtung Wachstumsfuge transportiert. Ihh stimuliert nun die Parathormonbildung, welche schließlich für das lokal vermehrte Wachstum und die somit erfolgende Korrektur der Fehlstellung verantwortlich ist. Da nun der Wirkungsmechanismus geklärt ist, kann auch der Kritik, die sich in den letzten Jahren gegen diese Technik formierte (Read et al. 2002) entgegen getreten werden.



Abb 5 Gute Korrektur der Gliedmaßenachse am Ende der Behandlungen.

Good correction of the limb axis. The contour of the limb still shows some soft tissue reactions.

Die oben erwähnte Wirkungsweise erklärt auch, warum Read et al. (2002) den falschen Schluss aus ihrer Studie zogen. Die genannten Autoren induzierten bei einer Anzahl Fohlen mittels Wachstumsverzögerung (Schrauben und Cerclagedraht) eine künstliche bilaterale Valgus-Fehlstellung im Karpus von 15 Grad. Nach Erreichen des geplanten Fehlstellungsgrades wurden die Implantate aus beiden distalen Radii entfernt und auf einer Seite gleichzeitig ein Periost Stripping durchgeführt mit dem Resultat, dass beide Fehlstellungen gleich schnell korrigierten. So wurde der Schluss gezogen, dass das Periost Stripping keine Wirkung habe. Leider beachtetten die Autoren den Umstand nicht, dass bereits das Trauma, das durch die Implantatentfernung gesetzt wurde genügte, um den Feedback-Mechanismus von Ihh und PTH zu aktivieren und die Fehlstellung zu korrigieren. Im Moment sind Untersuchungen im Gange, um abzuklären, ob bereits ein lokales transkutanes Minimaltrauma den Mechanismus auslösen könnte, was den Anwendungskreis und die Popularität der Wachstumsbeschleunigung wesentlich beeinflussen würde.

Das Fohlen wurde am 2. Lebenstag sehr früh vorgestellt, was leider sehr selten vorkommt. Je später ein Fohlen vorgestellt wird, desto schwieriger wird die Korrektur der Achsenfehlstellungen. Die schnelle Knochenwachstumsphase endet im Mc III / Mt III und in den proximalen Phalangen nach 2 Monaten, in der Tibia nach 4 Monaten und im Radius nach 6 Monaten (Fretz et al. 1984, Auer 1991). Nach dieser Zeit kann mittels Periost Stripping nur noch bedingt eine Korrektur

erreicht werden, da die Wirkung des Periost Strippings für ungefähr 2 Monate anhält (Auer 1985, Bertone, Turner et al. 1985). In manchen Fällen wird dann eine der aufwändigeren Wachstumsverzögerungstechniken angewendet. Im Alter von 4 Monaten ist das Längenwachstum im Mc III und Mt III abgeschlossen und die Wachstumsfuge verknöchert.

Im beschriebenen Fall entwickelte sich schon nach 2 Wochen Boxenruhe eine markante kompensatorische Valgusfehlstellung im Fesselbein der rechten Hintergliedmaße, welche eine Korrektur der Varusfehlstellung des Mt III vortäuschte. Eine solch frühe Entstehung dieser hin und wieder diagnostizierten komplementären Fehlstellung in der proximalen Phalanx bei gleichzeitigen Vorhandensein einer Mt III-Varusfehlstellung wurde bis anhin noch nicht publiziert. Die Nachkontrolle einen Monat nach der ersten Operation ergab eine gute Korrektur der Fehlstellung des Mt III, aber es zeigten sich unerwartet starke periostale Reaktionen an den Operationsstellen, welche sich die Autoren nicht erklären können.

Die Fehlstellung im Fesselbein verschlimmerte sich in dieser Zeit, obwohl auf Höhe der proximalen Wachstumsfuge ein Periost-Stripping durchgeführt wurde. Dadurch war adspektrisch eine scheinbare Überkorrektur erkennbar, die sich auf die Gliedmaßenstellung bezog, nicht aber auf die einzelnen Knochen. Molekularbiologische Studien ergaben, dass durch das chirurgische Trauma proximal, bzw. distal der Epiphysenfuge Blutgefäße verletzt werden, was die Aufregulation von Parathyreoidhormon (PTH) im Bereich der Epiphysenfuge zur Folge hat. Dadurch wird die Zellteilung in der germinativen Zone angeregt. Die Folge davon ist ein verstärktes lokales Wachstum (Auer und von Rechenberg 2006). Im vorliegenden Fall wurde der Eingriff direkt auf Höhe der proximalen Wachstumsfuge durchgeführt, was möglicherweise das Ausbleiben der Korrektur erklären kann. Es kann postuliert werden, dass die Durchführung des Eingriffs 1.5 cm weiter distal unter Umständen erfolgreicher verlaufen wäre. Dank des frühen Vorstellens und der darauf folgenden ersten Operation war noch genügend Zeit vor dem Epiphysenschluss vorhanden, um mittels einer Wachstumsverzögerung diese Fehlstellung innerhalb eines Monats zu korrigieren.

Zusammenfassend konnte nach insgesamt 2,5 Monaten und verschiedenen chirurgischen Eingriffen eine Korrektur der angulären Gliedmaßendeformation erzielt werden. Dies ist zur Prophylaxe früher arthrotischer Veränderungen der betroffenen Gelenke essentiell. Die kritische und frühe Beurteilung der Gliedmaßen bei Vorliegen von Fehlstellungen hat sich auch bei diesem Tier bewährt.

Schlussfolgerungen

Bei einer markanten Varusfehlstellung im distalen Mt III kann sich trotz Boxenruhe innerhalb von 2 Wochen eine komplementäre Valgusfehlstellung im Fesselbein einstellen. Bei früher Vorstellung dieser Patienten besteht aber die Möglichkeit, vor dem Schluss der Wachstumsfugen durch wachstumssti-

mulierende bzw. -verzögernde chirurgische Eingriffe eine gute Korrektur zu erzielen.

Literatur

- Adams S. B. und J. F. Fessler (2000): Surgical Treatment of Angular Limb Deformities. In: Atlas of Equine Surgery, Saunders, 363-370
- Auer J. A., Martens R. J. und Williams H. E. (1982): Periosteal Transection and Periosteal Stripping for Correction of Angular Limb Deformities in Foals. A Clinical Study. J. Am. Vet. Med. Assoc. 181, 459-466
- Auer J. A. (1985): Periosteal transection of the proximal phalanx in foals with angular limb deformities of the metacarpo / metatarso-phalangeal area. J AmVet Med Assoc 187, 496-499
- Auer J. A. (1989): Beitrag zur Frühdiagnose und Behandlung einer speziellen Stellungsanomalie beim Pferd. Pferdeheilkunde 5, 201-205
- Auer J. A. (1990): Apendicular Deviations. In: N. A. White and J. N. Moore (eds): Current Practice of Equine Surgery. Philadelphia, J. B. Lippincott Company, 482-500
- Auer J. A. (1991): Angular limb deformities. In: Collahan P. T., Mayhew I. G., Merritt A. M. and Moore J. N. (eds): Equine Medicine and Surgery. 5th Edition, Vol. II, Santa Barbara, CA: Am Vet Public, 1461-1475
- Auer J. A. (2002): Diagnose und Behandlung von Achsenfehlstellungen bei Fohlen. Zürich, 1-12
- Auer J. A. und R. J. Martens (1980): "Angular limb deformities in foals." Proc Am Assoc Equine Pract 26, 81-96
- Auer J. A. and B. v. Rechenberg (2006): Treatment of Angular Limb Deformities in Foals. Clin Techn Equine Pract 5, 270-281
- Auer J. A. (2006): Angular limb deformities. In: Auer J. A., Stick J. A. (eds). Equine Surgery (3rd Ed). St. Louis, Saunders Elsevier, 1130-1149
- Bertone A. L., R. D. Park und A. S. Turner (1985): Periosteal transection and stripping for treatment of angular limb deformities in foals: Radiographic observations. J Am Vet Med Assoc 187, 153-156
- Bertone A. L., S. Turner und R. D. Park (1985): Periosteal transection and stripping for treatment of angular limb deformities in foals: Clinical observations. 187, 145-152
- Bramlage L. A. and J. A. Auer (2006): Diagnosis, Assessment, and Treatment Strategies for Angular Limb Deformities in the Foal. Clin Techn Equine Pract 5, 259-269
- Fretz P. B., N. F. Cybuluk und J. W. Pharr (1984): Quantitative analysis of longbone growth in the horse. J Am Vet Med Res 45, 1602-1609
- Read E. K., M. R. Read, H. G. Townsend, R. D. Park, J. W. Pharr und D. G. Wilson (2002): Effect of hemi-circumferential periosteal transection and elevation in foals with experimentally induced angular limb deformities. J Am Vet Med Assoc 221, 536-540
- Turner A. S. (1985): Gliedmaßenfehlstellungen bei Fohlen. Pferdeheilkunde 1, 25-37

Prof. Dr. Jörg A. Auer
Departement Pferde
Vetsuisse-Fakultät
Universität Zürich
Winterthurerstraße 260
8057 Zürich
Schweiz
jauer@vetclinics.unizh.ch