

Nr. 3/4 März/April 2004, Seite 71 – 84

Pfannendachplastik mit kortiko-spongiösen Knochentransplantaten zur Therapie der Hüftgelenkdysplasie und Coxarthrose

Dieter Müller

In Kürze

Die Hüftgelenkdysplasie des Hundes kann vor dem Auftreten von arthrotischen Veränderungen beim wachsenden und jungen Hund sehr gut durch umstellende Beckenosteotomien (z.B. dreifache Beckenosteotomie) behandelt werden. Bei Patienten mit einer fortgeschrittenen Hüftgelenksarthrose und zerstörten Knorpeloberflächen kommen nach den allgemein anerkannten Behandlungs-Algorithmen nur eine Femurkopf- und Halsresektion oder eine Totalendoprothese in Betracht. In der bisherigen Behandlungssystematik klafft eine Lücke zwischen den Stadien, bei denen eine Beckenosteotomie nicht mehr in Frage kommt und den Endstadien, die nur mit einer Hüftgelenksprothese oder Amputation des Hüftgelenkkopfes zu behandeln sind. Die Pfannendachplastik mit einem autologem Knochenimplantat aus dem Os ilium schließt diese Lücke solange der Gelenkknorpel nicht zerstört ist. Der Eingriff sorgt für eine dorsale Abstützung des Femurkopfes und beseitigt erfolgreich Schmerzen, die durch eine Zerrung der Hüftgelenkskapsel ausgelöst werden. Der dorsale Acetabulumrand wird entlastet und durch Einwachsen des autologen Knochenimplantats direkt über der Gelenkkapsel verstärkt. Das am Transplantationsort einwachsende Knochengewebe formt einen neues dorsales Dach des Acetabulum; die Gelenkkapsel wird dadurch zu einem gewichtstragenden Bestandteil der Hüfte. Die Beschreibung der Technik beruht auf Erfahrungen, die der Autor in einem Zeitraum von 12 Jahren gesammelt hat, wobei 120 Patienten nachverfolgt werden konnten. 85 % der Patienten zeigten sehr gute Resultate und wiesen bis ins hohe Alter keine Schmerzrezidive auf. Sie benötigten keine zusätzliche antiphlogistische Behandlung oder chirurgische Therapie (Hüftgelenksersatz). Bei der orthopädischen Nachuntersuchung zeigten sich die operierten Hüftgelenke stabil. Die mit zunehmenden Lebensalter bisweilen sichtbaren Osteophytenbildungen blieben klinisch symptomlos. Die Resultate bestätigen, dass die Pfannendachplastik mit autologem Knochenspan bei entsprechender Indikationsstellung eine erfolgreiche Methode in der Behandlung des Hüftgelenkdysplasie-Coxarthrosekomplexes darstellt. Röntgenologisch

konnte bewiesen werden, dass die Implantate nicht nur einwachsen, sondern der Kristallisationspunkt für weiteres Knochenwachstum sind. Unsere Langzeitresultate finden sich in Übereinstimmung mit den Ergebnissen, die Slocum (1998) in vergleichbarer Technik bei 300 Hunden veröffentlichte.

Behandlungsmethoden bei Hüftgelenksdysplasie und Coxarthrose

In der aktuellen wissenschaftlichen Literatur wird eine Vielzahl von chirurgischen Behandlungsmöglichkeiten der Hüftgelenksdysplasie und später daraus resultierender Coxarthrose genannt. Man unterscheidet dabei Verfahren, die den jungen Patienten vorbehalten bleiben von denen die beim ausgewachsenen Patienten angewendet werden. Hinzu kommen mehrere palliative Verfahren, die nicht kurativ sind sondern nur eine Symptombefreiung oder Schmerzreduktion zum Ziel haben. Auf konservative Maßnahmen oder alternative Ansätze (Akupunktur) soll nicht eingegangen werden. Der Zeitpunkt der Diagnose „HD“ ist entscheidend für die Therapie.

Jugendlicher (immaturer) Patient

Im Idealfall wird die dysplastische lockere Hüfte in einem möglichst frühen Stadium also im Alter von wenigen Monaten diagnostiziert. Hier besteht die Chance mit umstellenden Maßnahmen an den knöchernen Strukturen anatomische Fehlstellungen zu korrigieren sowie durch formative Reize im weiteren Wachstum die Gelenksituation nachhaltig zu verbessern. In den meisten Fällen liegt ein zu flaches Acetabulum mit wenig ausgebildetem dorsalen Acetabulumrand vor – hier wird vorzugsweise die **dreifache Beckenosteotomie** nach Slocum (DBO, engl. TPO) durchgeführt. Diesem Eingriff wird in der Literatur eine große Effektivität und Erfolgsrate bescheinigt. Bei tiefer Pfanne und steilem Hals (Coxa valga) ist eine **intertrochantäre Varisationsosteotomie** (ITO) nach Prieur zu bevorzugen. Gleichzeitig können Rotationsabweichungen des Femurhalses (Coxa valga antetorta) korrigiert werden. Auch dieser Eingriff ist kurativ bei einer geringen Komplikationsrate. In der Regel sind die weitere Entwicklung und Prognose günstig. Die **Femur-Halsverlängerung** nach sagittalem Einschnitt in den proximalen Femur durch Spreizung des Osteotomiespaltes mit Spezialkeilen, Knochenstücken oder einer Dehnschraube wird ebenfalls als korrigierende Maßnahme genannt (Slocum, 1998).

Adulter Patient

DBO und ITO sind solange keine arthrotischen Veränderungen vorhanden sind, bis zu einem Alter von ein bis zwei Jahren möglich. Bei Coxarthrosen sind sie kontraindiziert. Die nicht-amputativen Verfahren bei Coxarthrose wie **Pektineus-Myotomie, Pektineus- und Iliopsoasmyotomie** zusammen mit **ventraler Neurektomie „PIN“** (Ballinari, 1995) oder die so genannte **dorsale Denervation** (Neurektomie, Nervenschnitt; Kinzel, 1997) sollen eine möglichst weitgehende Schmerzausschaltung herbeiführen ohne an den

insuffizienten knöchernen Strukturen der Hüfte etwas zu verändern. Dies hat zur Folge, dass die Verschleißprozesse am Hüftgelenk weiter fortschreiten. Ist der Gelenkknorpel weitgehend zerstört kommen nur noch die **Femurkopf- und Halsamputation** oder die **Endoprothese** in Betracht. Beide Verfahren sind etabliert und erfolgreich in der Beherrschung eines Endstadiums von Coxarthrose. Alternative Behandlungsansätze wie die **Goldimplantation**, welche als „Dauerakupunktur“ des Hüftgelenkes Wirkung zeigen soll, werden höchst kontrovers diskutiert. Unbestreitbar auch hier die Tatsache, dass bei der Goldimplantation keine Veränderungen an den knöchernen Strukturen des Hüftgelenks (etwa im Sinne einer Stabilisierung) erfolgen. In der bisherigen Behandlungssystematik fehlt ein operativer Eingriff, der die Lücke zwischen den gelenkerhaltenden knöchernen Umstellungsmaßnahmen (bei noch nicht ausgeprägter Arthrose) und den amputativen bzw. gelenkersetzenden Verfahren füllt. Diese Behandlungslücke kann durch die Pfannendachplastik mit kortiko-spongiösen Knochentransplantaten geschlossen werden. Die überwiegende Zahl von Patienten mit Coxarthrose gehört dieser Zwischengruppe an und kann der Pfannendachplastik zugeführt werden. Von Vorteil sind die Erhaltung des natürlichen Gelenkes, die Verbesserung der Gelenkstabilität, die Schmerzausschaltung und die grundsätzlich offen gehaltene Option für einen eventuellen späteren Gelenkersatz.

Historie der Knochentransplantation am Hüftgelenk

Die Pfannendachplastik ist ein Verfahren, welches in der Humanmedizin seinen festen Platz hat. Als beispielhafte Indikation sei die Pfannendachplastik nach frühkindlicher Poliomyelitis (Abbildung 1) genannt. Hierzu werden körpereigene Knochenspäne unterschiedlicher Größe und Mineralknochen auf natürlicher Basis (z.B. Pyrost®) eingesetzt.



Abbildung 1: Pfannendachplastik in der Humanmedizin

Erstmals wurde die Appositionspfannendachplastik von Chiari (Abbildung 2) in den zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts beschrieben.

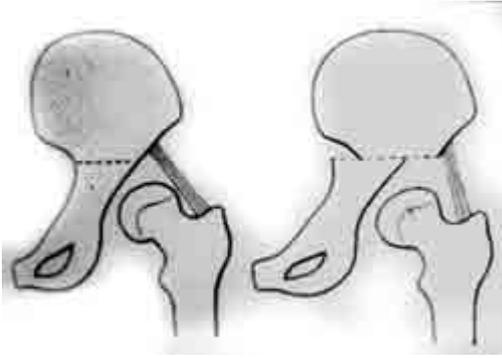


Abbildung 2: Chiari-Operation beim Kind zur Bildung eines künstlichen Pfannendaches
 In der tiermedizinischen Literatur findet sich eine frühe Veröffentlichung von Dobbelaar (1962), der Auto- und Homotransplantate am Acetabulum zur Behandlung der Hüftgelenksluxation erfolgreich einsetzte (Abbildung 3).

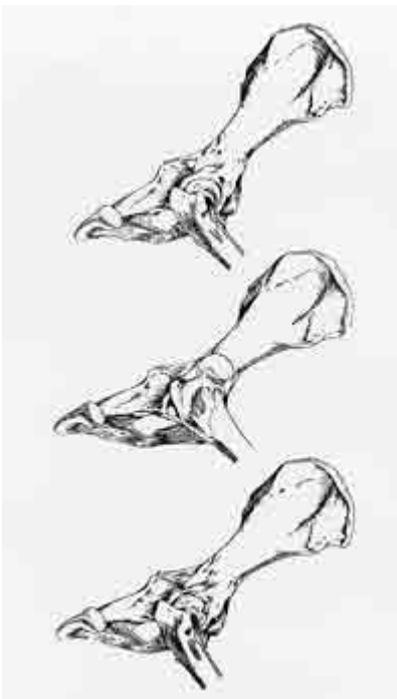


Abbildung 3: Knochentransplantate am Hüftgelenk (Dobbelaar)

Er untersuchte auch das weitere Schicksal der Transplantate an der Akzeptorstelle (Abbildung 4) und stellte fest, dass diese tatsächlich am Acetabulum einwuchsen.

Fazit von Dobbelaar

- Knochentransplantate stützen den Femurkopf ab
- Einwachsen des implantierten Knochenspanns
- Keine Fremdkörperreaktion
- Ausgeprägte Kallusbildung

Diagnose und Klassifikation bei Hüftgelenksdysplasie und Coxarthrose

Die Diagnostik umfasst die visuelle Beobachtung des Bewegungsablaufes, die klinische und radiologische Untersuchung sowie Funktionsteste. Beim Junghund stehen Hüftgelenkslaxheit, Tonusverlust und Krepitation des Gelenks im Vordergrund. Sie können

mit dem Ortolani-Test klassifiziert werden. Die Laxheit des Hüftgelenks korreliert jedoch nicht mit den klinischen Symptomen und ist kein Vorhersagekriterium für spätere degenerative Gelenkserkrankungen und Coxarthrose. Beim adulten Hund sind die Ortolani-, Bardens- oder Barlowtaste selten positiv. Aussagekräftiger ist die Schmerzreaktion des Patienten bei einer starken Extension des Gelenks, sie dient auch zur Abgrenzung einer lumbo-sakralen Stenose. Der juvenilen Lockerheit des Gelenks ist einer eingeschränkten Beweglichkeit gewichen mit periartikulärer Fibrose, Krepitation, Osteophytenbildung und einem zunehmenden Verlust der Tiefe des Acetabulum. Slocum und Slocum (1999) teilen die **Hüftgelenksveränderungen in sieben Klassen** ein:

1. Normales Hüftgelenk

Femurkopf immer kongruent im Acetabulum. Keine pathologischen Veränderungen. Dünne straffe Gelenkkapsel.

2. Subluxierendes Hüftgelenk

Femurkopf unter Normalbedingungen im Acetabulum. Jedoch Tendenz zur lateralen Deviation und gezerrter Gelenkkapsel.

3. Intermittierend subluxiertes Hüftgelenk

Bei Adduktion wird der Femurkopf aus dem Acetabulum gezogen. Läßt überdehnte Gelenkkapsel.

4. Luxiertes aber reponierbares Hüftgelenk

Der Femurkopf befindet sich noch in der Gelenkkapsel luxiert jedoch bei Abduktion oder Rotation des Gelenks. Typisches Ortolani-Knacken. Dorsaler Pfannenrand, Gelenkkapsel sind beschädigt, Füllung des Acetabulums mit pathologischen Villi und Pannus. Periartikuläre Osteophyten.

5. Ausgeprägte aber reponierbare Luxation (Abbildung 5)

Der Femurkopf liegt nicht mehr kongruent im Acetabulum. Bei axialem Druck kann er jedoch reponiert werden. Hüftgelenk ist instabil und luxiert spontan. Die Füllung des Acetabulums mit Osteophyten schreitet fort. Dorsaler Acetabulumrand wird extrem belastet und verschlissen. Hypertrophie des Lig. teres. Der mediale Anteil des hyalinen Knorpels des Kopfes trägt zunehmend die gesamte Belastung. Gefahr von Knorpeldefekten.

6. Nicht-reponierbare Luxation des Hüftgelenks

Der Femurkopf befindet sich innerhalb der Gelenkkapsel aber außerhalb des Acetabulum. Er kann nicht mehr in das Acetabulum zurückgedrückt werden. Osteophyten an Kopf und Hals. Abschleifung des dorsalen Acetabulumrandes. Beginnende Eburnation des Gelenkknorpels von Kopf und Pfanne. Allmähliche Ausbildung einer Knorpelglatze. Bei

zerstörtem Knorpel ist eine Femurkopfresektion oder Totalendoprothese einzige chirurgische Option.

7. Vollständig luxierte Hüfte

Der Femurkopf ist vollständig luxiert. Er befindet sich außerhalb der Gelenkkapsel (Luxatio femoris). Möglich durch Trauma bei normalem Hüftgelenk mit relativ günstiger Prognose. Luxation auf Grund eines sehr flachen Acetabulums und fortgeschrittener Coxarthrose durch Überbelastung der Gelenkkapsel möglich. Ungünstige Voraussetzungen für Totalendoprothese. Femurkopf- und Halsresektion als ultima ratio.



Abbildung 5: Subluxation beider Hüftgelenke; „lockere Hüfte“

Bedeutung des dorsalen Acetabulumrandes (DAR)

Beim dysplastischen Hüftgelenk tritt eine zunehmende Luxationsneigung des Femurkopfes auf. Er verlagert sich nach lateral und dorsal. Das Gewicht wird nicht mehr durch das knöcherne Acetabulum getragen sondern zunehmend durch die dorsalen Anteile der Gelenkkapsel. Der dorsale Acetabulumrand besitzt anfangs noch ausreichende Integrität, wird jedoch durch den Femurkopf beansprucht und traumatisiert. Die Kraftvektoren orientieren sich immer mehr Richtung dorsalen Rand und dorsaler Gelenkkapsel. Diese wird zunehmend ausgeweitet. Kompensatorisch tritt eine Kapselfibrose ein, die jedoch nach Abschleifen des dorsalen Acetabulumrandes das Gelenk nicht stabilisieren kann und ein Herausgleiten des Oberschenkelkopfes begünstigt. Die Synovialis der Articulatio coxae ist hochgradig entzündet. Wie in anderen Gelenken treten pathologische Villi auf. (Abbildung 6).



Abbildung 6: Pathologische Villenbildung infolge Arthrose (Acetabular Filling)

Im Stadium 5 wird der Femurkopf nicht mehr durch das Acetabulum unterstützt, sondern nur noch durch die Gelenkkapsel und die umgebende Muskulatur. Die Adduktoren,

besonders der M. pectineus, werden exzessiv gedehnt. Die Abduktion des luxierten Femurkopfes führt zu zusätzlichen Zugkräften auf die gedehnte und entzündete Gelenkkapsel – als Folge tritt ein starker Hüftgelenksschmerz auf.

Symptome

Die zunehmende Abrundung des Acetabulums begünstigt ein Herausgleiten des Femurkopfes in die luxierte Position. Bei geringer Belastung können die Abduktoren des Hüftgelenkes zusammen mit den Rotatoren den Oberschenkelkopf in der Reduktionsstellung halten. Die unphysiologische Belastung führt zu einer Ermüdung der Muskelgruppen und nachfolgenden Luxation des Hüftgelenkes. Durch eine bodenweite Stellung der Hintergliedmaße versucht der Hund sein Hüftgelenk im knöchernen Acetabulum zu halten. Die axialen Belastungskräfte drücken den Femurkopf in die Pfanne. Zu beobachten ist auch ein Wechsel zwischen bodenweiter und bodenenger Stellung. Beim Treppensteigen nimmt der Hund eine bodenweite Stellung ein. Beim Sprung in das Auto sind ein deutliches Zögern und sodann der Übergang zu einer bodenengen Stellung vor dem Absprung zu beobachten. Im Extremfall ist bei Hunden mit Hüftgelenk dysplasie ein gleichseitiges hasenartiges Hoppeln mit beiden Hinterbeinen zu sehen als Ausdruck einer hochgradigen Luxation und Degeneration der Hüfte.

Knochentransplantate

Knochentransplantate spielen eine bedeutende Rolle in der orthopädischen und wiederherstellenden Chirurgie. Man unterscheidet die Knochentransplantate nach Herkunft und Struktur: Ein **Autotransplantat** stammt von einer Stelle des Skeletts und wird an eine andere Stelle des gleichen Körpers übertragen. Ein **Allotransplantat** besteht aus Gewebe, welches von einem Individuum auf ein anderes Individuum der selben Spezies übertragen wird, welches genetisch gesehen nicht identisch ist. Ein **Alloimplantat** besteht aus nicht-vitalem Knochen, der zum Zwecke der Verpflanzung durch physikalische und chemische Verfahren so verändert wurde, das er bei einem anderen Individuum eingesetzt werden kann. Ein **Xenotransplantation** beschreibt die Transplantation von Gewebe auf ein Individuum einer anderen Spezies. Nach der Zusammensetzung unterscheidet man spongiöse, kortiko-spongiöse, knochenmarkhaltige, knöcherne (kortikale) und osteochondrale Transplantate. **Spongiosatransplantate** bestehen aus trabekulär angeordneten zellreichen Knochengewebe, welche aus der Markhöhle der langen Röhrenknochen im metaphysären Bereich entnommen werden. Ihr Hauptvorteil liegt in der Stimulation und Produktion von neuem Knochengewebe.

Kortikalistransplantate bestehen aus dem dichten äußeren kortikalen Knochen und besitzen den Vorzug der strukturellen Stabilität. **Kortiko-Spongiosatransplantate** stellen eine Kombination beider Transplantate dar und enthalten neben der Kortikalis auch

spongiöse Bestandteile, was sich positiv auf deren Integration auswirken kann.

Knochenmarktransplantate enthalten lebende undifferenzierte mesenchymale Zellen. Ein Frischtransplantat wird unmittelbar nach der Entnahme wieder eingesetzt. Es kann sich dabei um freie oder vaskularisierte Transplantate handeln, die zusammen mit ihren Gefäßen an der Donorstelle entnommen und nach Anastomose mit den Gefäßen der Empfängerstelle als lebender Gewebeverband sofort funktional tätig werden können.

Funktion der Knochentransplantate

Knöchernen Transplantate werden benutzt um Defekte knöcherner Strukturen aufzufüllen, Substanzverluste an langen Röhrenknochen zu überbrücken, Gelenkfusionen nach Arthrodesen zu erreichen oder eine Frakturheilung bei so genannten „non unions“ herbeizuführen. Sie können jedoch auch als frei verpflanzte Ersatzknochen verwendet werden z.B. im Rahmen der wiederherstellenden kranio-fazialen Chirurgie oder im Bereich der Hüftgelenkspfanne bei zu gering ausgebildeter Gelenkshöhle (Abbildung 1).

Abhängig vom Typ des Transplantats bietet dieses vitale Osteoblasten, osteoinduktive Faktoren, mechanische Stabilität oder Leitschiene-Funktion für neues Knochenwachstum.

Spongiöse Grafts werden in der Regel gewonnen um lebende Zellen und

Wachstumsfaktoren zu erhalten, die die Produktion von neuem Knochen durch den Körper anregen. Sie bieten wenig strukturelle Unterstützung. **Kortikale Grafts** werden in Fällen, in denen eine strukturelle Verstärkung notwendig ist, eingesetzt. Sie können homologen oder autologen Ursprungs sein, wobei letzterer zu bevorzugen ist. **Osteogenese**

Die Bildung von neuem Knochen wird durch Donorzellen wie den Osteoblasten und Osteoklasten ausgelöst, die den Transfer an die Verpflanzungsstelle überlebt haben oder durch Zellen des Transplantatempfängers veranlasst (Olds, 1973). Die Osteogenese, die auf der Übertragung von lebenden Zellen beruht ist nur bei frischen Transplantaten möglich. Im Falle eines autologen Knochentransplantats lösen sie auch keine Immunantwort aus. Knochen-spongiosa besitzt eine größere osteogene Potenz als kortikaler Knochen. Sie weist eine größere Oberfläche auf, die mit ruhenden Zellen, undifferenzierten mesenchymalen Zellen und aktiven Osteoblasten besetzt ist (Stevenson, 1999). Die undifferenzierten mesenchymalen Zellen finden sich im Knochenmark und in dem Trabekelwerk der Knochen-spongiosa und können sich zu Osteoblasten entwickeln. Sie ergänzen die Funktion der lebenden osteogenen Zellen in der Transplantatmasse. Diese Transplantate werden sehr schnell revaskularisiert und ermöglichen das Überleben der transplantierten Zellen. Der Prozentsatz der überlebenden Zellen in einem frischen Knochentransplantat ist nicht genau zu ermitteln. In vitro Studien ergaben jedoch, dass mehr als 60% der Zellen bei Raumtemperatur in Kochsalzlösung bis zu 3 Stunden nach Entnahme überlebten. Die vitalen Zellen in frischen Knochentransplantaten beginnen fast

sofort mit der Knochenproduktion. Die maximale Rate der Osteogenese findet man 8 Wochen nach der Übertragung.

Osteoinduktion

Unter der Osteoinduktion am Transplantationsort versteht man den Prozess, bei dem undifferenzierte mesenchymale Zellen sich in Osteoblasten umwandeln nachdem sie in Kontakt mit Knochenmatrix des übertragenen Knochengewebes gekommen sind. Sie können durch verschiedene Stimuli in Chondroblasten und Osteoblasten entwickeln, die proliferieren und eine knöcherne Matrix produzieren. Als Modulatoren fungieren viele Substanzen wie morphogenetisch wirkende Proteine, transformierende Wachstumsfaktoren, insulin-ähnliche Wachstumsfaktoren, Zytokine, Tumornekrosefaktoren und Prostaglandin E. Die mesenchymalen Zellen, die von der Empfängerstelle her gebildet werden entstammen vom Knochenmark, Endost, Periost und Bindegewebe (Stevenson, 1999).

Osteokonduktion

Unter der Osteokonduktion versteht man das dreidimensionale Einwachsen von Kapillaren, perivaskulärem Gewebe und mesenchymalen Zellen mit dem daraus resultierenden Einwachsen von neuem Knochen aus dem Empfängerbett in poröse Hohlräume (Spongiosa) oder um ein Knochentransplantat (Stevenson, 1999). Das Transplantat dient dabei als ein Gerüst für dieses Wachstum (Burchardt, 1987).

Strukturelle Festigkeit

Knochentransplantate, die eine strukturelle Festigkeit aufweisen sollen und gleichzeitig als eine mechanische gewichtsbelastete Abstützung dienen sollen bestehen in der Regel aus kortikalen Knochenteilen. Um die Stabilität des Transplantats in seinem Bett zu gewährleisten muß es an der Kontaktzone zum Empfänger fest verankert werden. Dies kann z.B. durch eine interne Fixation nach den Prinzipien der unterschiedlichen Osteosyntheseverfahren geschehen.

Knochentransplantate am Acetabulum

Das ideale Knochentransplantat ...

- liefert osteogene Zellen, die neuen Knochen produzieren
- liefert osteoinduktive Faktoren, die die Differenzierung zu Knochenzellen induzieren
- dient als osteoinduktive Leitschiene beim Einwachsen von neuem Knochengewebe
- bietet statische Unterstützung anatomischer Strukturen.

Die anatomischen Verhältnisse am dorsalen Pfannenrand des Acetabulums erfordern ein Transplantat das den Idealforderungen möglichst nahe kommt. Neben der sofortigen mechanischen Stabilität ist eine schnelle und möglichst umfangreiche Osteogenese, Osteoinduktion und Osteokonduktion notwendig.

„BOP“

Sertl und Jensen (1992) glaubten mit dem so genannten biokompatiblen osteoinduktiven Polymer (BOP) ein ideales Transplantat gefunden zu haben. Das „BOP“ bestand aus den Polymeren N-Vinyl-Pyrrolidon und Methyl-Methacrylat in Verbindung mit Kalzium-Glukonat und Polyamid-6-Fasern. Die Autoren konnten jedoch den Beweis einer Integration des in Faserbündel und Blockform implantierten Ersatzknochens nicht erbringen. Die positiven Erfahrungen mit dem synthetischen osteoinduktiven Ersatzknochen Sertls konnten von anderen Autoren nicht bestätigt werden – im Gegenteil - es stellte sich heraus, dass das „BOP“-Material einen Fremdkörper darstellte, der nicht integriert wurde, sich vom Implantationsort löste und zur Fistelbildung im Oberschenkelbereich führte (Müller, 1991). Die typischen „BOP“-Fisteln brachen nach transfaszieller Wanderung im kaudo-proximalen Oberschenkelbereich auf (Abbildungen 7 und 8).



Abbildung 7: Fistelbildung 2 Jahre nach „BOP“-Implantation



Abbildung 8: Öffnung des Fistelkanals im Bereich des Sitzbeinhöckers

Erst durch chirurgische Intervention mit vollständiger Entfernung jeglichen „BOP“-Materials konnten die Fisteln saniert werden (Abbildungen 9 bis 11).



Abbildung 9: „Gewanderte „BOP“-Fasern als Fremdkörper in der Oberschenkelmuskulatur



Abbildung 10: „BOP“-Fasern ohne erkennbare Osteoinduktion



Abbildung 11: „BOP“-Block ohne Kalzifizierungsanzeichen

Kortiko-Spongiosatransplantate

Es lag nahe, sich körpereigenen Knochentransplantaten zuzuwenden. Von den allgemein akzeptierten Grundsätzen der Knochentransplantation bieten kortiko-spongiose Transplantate den besten Kompromiss zwischen schneller Integration an der Akzeptorstelle und mechanischer Stabilität. Spongioser Knochen wird wegen der leichten Zugänglichkeit und der ausbleibenden Schwächung tragender Röhrenknochen bevorzugt aus der Ala ossis ilii entnommen. Das Os ilium besteht aus dem kranial ziehenden großflächigen Darmbeinflügel (Ala ossis ilii) und dem kaudal zur Beckenpfanne ziehenden Corpus ossis ilii. Vom Tuber sacrale ausgehend entlang der Crista iliaca kann problemlos ein großflächiges Knochenstück aus dem Darmbeinflügel entnommen werden. Dieses Explantat weist kortikale und spongiose Eigenschaften auf. Zusätzlich kann Spongiosa mit einem scharfen Löffel aus dem Corpus ossis ilii entnommen werden. Die Transplantate werden nach Anlegen eines tiefen kortikalen Schlitzes direkt oberhalb des Kapselansatzes an der dorsalen Acetabulumrinne zusammen mit Spongiosa implantiert. Die geforderte mechanische Festigkeit wird durch das in den Slot fest eingekeilte Knochenstück und eine dorsal abstützende Kortikalisschraube erreicht. Die Langzeitergebnisse beweisen, dass das kortiko-spongiose Iliumtransplantat am Implantationsort nicht nur überlebt sondern durch Osteogenese, Osteoinduktion und Osteokonduktion zur Ausbildung eines neuen erweiterten knöchernen Pfannendaches führt (Abbildung 12) und das Hüftgelenk dauerhaft stabilisiert.

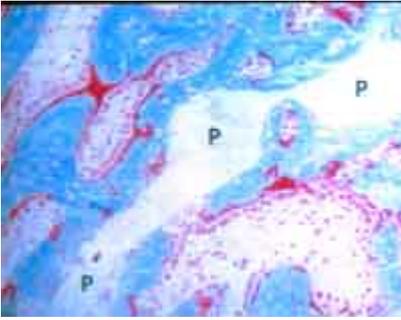


Abbildung 12: Intensive Knochenbildung (blaugrün) mit Osteoblastensäumchen (rot) um den verpflanzten Knochen

Die neue Knochensubstanz am Acetabulumrand wird als Antwort auf den mechanischen Stress während der Bewegung des Hüftgelenkes allmählich in kortikalen Knochen umgewandelt; ein Prozess, der mehrere Monate in Anspruch nimmt (Albrektsson, 1980).

Indikationen zur Pfannendachplastik

Die palliativen, symptomatisch ausgerichteten Verfahren (Neurektomie, PIN, Akupunktur, Goldimplantation, Pektineus-Myotomie) sollen in erster Linie (mit wechselhaftem Erfolg) schmerzausschaltenden Charakter haben. An der Biomechanik und den unphysiologischen Belastungsverhältnissen am dorsalen Acetabulumrand ändern sie nichts. Die Coxarthrose und der Gelenkverschleiß schreiten weiter fort - was den Einsatz dieser Verfahren insbesondere beim Junghund sehr problematisch erscheinen lässt. Wie ausgeführt fehlt in der bisherigen Behandlungssystematik ein operativer Eingriff, der die Lücke zwischen gelenkerhaltenden Umstellungs-Operationen und dem amputativen Verfahren bzw. der Hüftgelenks-Endoprothese schließt. Diese Lücke kann durch die Pfannendachplastik mit kortiko-spongiösen Knochentransplantaten geschlossen werden (Müller 1998, Slocum, 1998). Die Pfannendachplastik besitzt den Vorzug das natürliche Hüftgelenk zu stabilisieren und in den meisten Fällen lebenslange Schmerzfreiheit zu gewährleisten. Außerdem ist nach einer durchgeführten Pfannendachplastik jederzeit ein Hüftgelenkersatz möglich. In der Humanmedizin wird eine Pfannendachplastik bei flachem Acetabulum und damit unzureichender Verankerung der Polyäthylenpfanne als abstützende Maßnahme eingesetzt.

Kontraindikationen der Pfannendachplastik

Beim nicht-maturen Patienten und bei Hunden bis zu einem (maximalen) Alter von zwei Jahren ohne arthrotische Veränderungen sind eher Umstellungsosteotomien indiziert. Aus Kostengründen kann jedoch auch hier eine Pfannendachplastik vertreten werden. Bei Zerstörung des Knorpelüberzuges des Oberschenkelkopfes (Abbildung 13) und des Acetabulums (Knorpelglatten) ist die Pfannendachplastik kontraindiziert.



Abbildung 13: Knorpelglatze des Caput femoris

Als operative Optionen kommen in diesen Fällen nur die Femurkopf und Hals-Resektion oder die Hüftgelenks-Endoprothese in Betracht.

Operationstechnik

Der Eingriff gliedert sich in zwei Schritte: Der Entnahme des kortiko-spongiösem Knochenspanns aus dem Os ilium und dem Einsetzen des Implantates über der dorsalen Hüftgelenkskapsel (Abbildungen 14 und 15).

Pfannendachplastik – Prinzipien

- Autologe Knochentransplantation
- Knochentransplantat aus der Darmbeinschaukel
- Anlegen einer tiefen Nut am Kapselansatz des Hüftgelenkes
- Implantation von Knochenspan und Spongiosa
- Primärstabilisierung der Implantate mit Kortikalisschraube



Abbildung 15: Verpflanzung des Knochentransplantates

Entnahme des Knochenspanns

Der Zugang zum Darmbeinflügel erfolgt von kranio-dorsal (Matis u., Waibl H., 1999). Der Patient wird in Seitenlage fixiert. Der Eingriff erfolgt unter aseptischen Kautelen. Der Hautschnitt liegt direkt über der Spina iliaca dorsalis cranialis. Anschließend werden Hautmuskeln, glutäales Fettgewebe sowie die Fascia glutea durchtrennt. Durch Einsetzen von Wundspreizern erhält man eine gute Übersicht über die Knochen-Entnahmestelle. Nach Einschnitt mit dem Skalpell werden der Mm. gluteus superficialis und medius subperiostal vom Darmbeinflügel großzügig abgelöst (Abbildung 16).

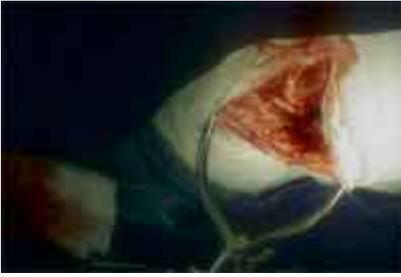


Abbildung 16: Zugang zum Os ilium

Das Gewebe medial des Darmbeinflügels wird ebenfalls vorsichtig subperiostal abgelöst. Mit der oszillierenden Säge wird ein ca. 25 x 35 mm messendes rechteckiges Knochenstück aus dem Bereich der kranialen Darmbeinschaukel entnommen (Abbildung 17). Die dabei auftretenden Blutungen sind in der Regel unerheblich.



Abbildung 17: Entnommener Knochenspan

Der Wundverschluss erfolgt durch fortlaufende Naht der Fascia glutea, subkutaner Naht und Hautnaht in Einzelknopflehten. Der gewonnene Knochenspan wird in blutgetränkten Tupfern steril zwischengelagert.

Implantation des Knochenspans

Der Zugang zum Hüftgelenk erfolgt durch eine ca. 2 cm kranial des Trochanter major beginnende nach kaudo-proximal verlaufende großzügige Hautinzision. Die Faszie wird entlang des kranialen Randes des M. biceps femoris durchtrennt. Der M. biceps femoris wird nach kaudal verlagert und anschließend der oberflächliche und mittlere Glutaealmuskel freipräpariert und nach kranial gezogen. Die Gelenkkapsel kann nun zwischen dem M. gluteus profundus und dem kranialen Anteil des M. gemellus palpiert werden. Zur besseren Übersicht kann der M. gluteus prof. teilweise tenotomiert und von der Hüftgelenkkapsel und dem Ilium abpräpariert werden. Die gesamte knöcherne Umgebung kranial und dorsal des Acetabulumrandes wird dargestellt. Bei der Präparation nach kaudal ist besondere Vorsicht wegen des hier querenden N. ischiadicus geboten. Mit einem 4,5 mm Spiralbohrer werden entlang des Kapselansatzes in die cis-Kortikalis und den spongiösen Bereich mehrere Bohrlöcher gesetzt, die schräg nach dorsal geneigt sind, damit der eingesetzte Knochenspan direkt der Gelenkkapsel aufliegt (Abbildung 18).

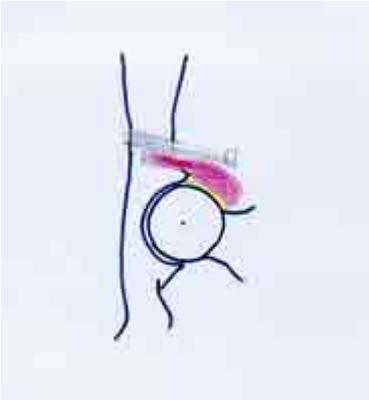


Abbildung 18: Ausrichtung des Knochenspans am Hüftgelenk

Die Bohrungen sollten keinesfalls die trans-Kortikalis des Ilium perforieren. Mittels Durchbrechen der knöchernen Stege mit einer schmalen Knochenknabberzange wird ein schräg nach dorsal verlaufender Schlitz angelegt. Mit einem scharfen Löffel wird der Slot auskürretiert. Die bei diesen Schritten anfallende Spongiosa und Knochenaspäne werden verwahrt. Der Knochenstock wird nun entsprechend der Abmessung der angelegten Nut zurechtgetrimmt und mit der der Spina Iliaca entgegengesetzten Seite eingepasst. Die natürliche Wölbung des Transplantates passt sich gut der Kontur der dorsalen Gelenkkapsel an. Seine Wandstärke beträgt im distalen Teil ca. 3,5 bis 4 mm.. Durch Hammerschläge wird das korrekt platzierte Knochenstock fest verkeilt. Eine 3,5 mm Kortikalisschraube (mit einer Länge von 32 mm) wird direkt über dem Transplantat angebracht und stabilisiert es während der Einheilungsphase (Abbildung 19).



Abbildung 19: Implantierter Knochenstock mit abstützender Schraube

Die restliche Spongiosa und Knochenaspäne werden zwischen Knochenstock und Gelenkkapsel implantiert (Abbildung 20). Sie haben eine wichtige Funktion bei der Integration des Transplantates und der Osteoinduktion.



Abbildung 20: Zusätzliche Spongiosa und kortiko-spongiose Späne werden zwischen Knochenstock und Gelenkkapsel eingebracht.

Der M. gluteus superficialis wird an der Tenotomiestelle wieder befestigt und stabilisiert

zusätzlich die kortiko-spongiösen Transplantate. Der Wundverschluss erfolgt nach Naht des Biceps femoris mit der Fascia lata routinemäßig. Die Hautnaht erfolgt in Einzelknopfheften.

Postoperativer Verlauf

Die Wundheilung erfolgt komplikationslos. Nach zwei bis drei Wochen besitzt der Knochenspan eine feste Verbindung mit dem umgebenden Periost. Die Einheilung und Integration des Knochentransplantates erfolgen nach den beschriebenen Prinzipien. In den ersten sechs Wochen ist der Patient ruhig zu halten und nur an der Leine zu führen. Später kann die Belastung graduell gesteigert werden. Nach ca. 10 Wochen kann sich der Patient ungehindert frei bewegen. Die abstützende Schraube wird normalerweise nicht entfernt.

Fallbeispiel

Eine typische Indikation für die Pfannendachplastik stellt die Coxarthrose mit dem Bild des „Acetabular Filling“ dar. Slocum versteht darunter die allmähliche Füllung des Acetabulums mit Debris, welche dazu führt, dass der Oberschenkelkopf allmählich aus der Pfanne herausgedrückt wird (Abbildungen 21 und 22).

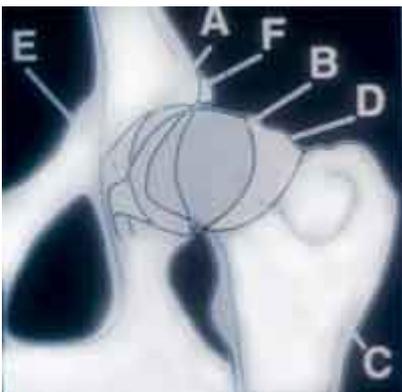


Abbildung 21: „Acetabular Filling“ nach Slocum (A: inkongruentes Acetabulum; B: deformierter Pfannenrand, C: Osteophytenbildung; D: deformierter Hals und Kopf, E: Füllung des Acetabulumbodens, F: Osteophyten an kranialer Pfannenkontur).



Abbildung 22: Äquivalent im Röntgenbild

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den typischen Verlauf bei einem Patienten, der an einer schmerzhaften Hüftgelenksarthrose litt. Er zeigte deutliche Lahmheitserscheinungen.



Abbildung 23: Hüftgelenksarthrose – Zustand vor der Operation



Abbildung 24: Pfannendachplastik unmittelbar nach der Operation



Abbildung 25: Zustand nach 1 Jahr. Das Transplantat ist integriert; die knöcherne Abstützung und Stabilisierung des Hüftgelenks ist erreicht.

Die Einheilung des verpflanzten Knochensegmentes ist röntgenologisch deutlich zu erkennen. Zugleich ist ein zusätzliches Knochenwachstum im Bereich des dorsalen Acetabulumrandes zu verzeichnen.

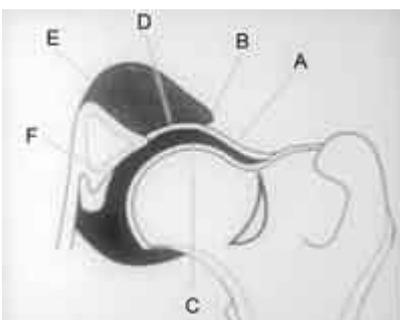


Abbildung 26: A: Gelenkkapsel, B: (schwarz) neues Acetabulumdach, C: Zentrum des

Oberschenkelkopfes, D: Abgestützte Gelenkkapsel, E: Integrationszone des Implantates; F: „Acetabular Filling“ am Acetabulumboden.

Das Hüftgelenk wird nach der Operation zusätzlich durch die Gelenkkapsel (Abbildung 26 „A“) und das neue Acetabulumdach (Abbildung 26 „B“) getragen. Es hat sich ein neuer knöcherner dorsaler Gelenkrand gebildet und das Hüftgelenk luxiert nicht mehr.

Ein weiterer Effekt der Pfannendachplastik ist in der dauerhaften Schmerzausschaltung zu sehen – dem Neurektomie-Effekt dieses Eingriffes. Die Patienten sind postoperativ trotz des eigentlich zu erwartenden Wundschmerzes weitgehend schmerzfrei. In vielen Fällen kann nach wenigen Tagen auf eine medikamentöse Schmerztherapie verzichtet werden. Eine Erklärung für das schnelle Abklingen der Lahmheitserscheinungen nach der Pfannendachplastik ist neben der mechanischen Stabilisierung der Hüfte die dauerhafte Blockade der sensiblen von dorsal an die Gelenkkapsel herantretenden Nervenfasern durch die knöchernen Transplantate (Denervationseffekt im Sinne von Kinzel und Kürpfer, 1997). Im Gegensatz zum reinen „Nervenschnitt“ sind Reinnervationen und damit eine Wiederkehr der Schmerzleitung bei der Pfannendachplastik ausgeschlossen.

Komplikationen

Komplikationen in der postoperativen Phase sind selten. Sie beruhen auf einem Herausschlagen des Knochentransplantates durch direkte Traumaeinwirkung, Beckenfraktur im Bereich des Os ilium (einmal vom Autor beobachtet) durch heftiges Bespringen durch einen anderen schweren Hund, Schraubenbruch durch zu große Länge und iatrogene Beschädigung des N. ischiadicus infolge mangelhafter Sorgfalt während der Operation.

Ergebnisse und Diskussion

In einer retrospektiven Studie wurden die Operations- und insbesondere die Langzeitergebnisse betrachtet (Müller, 1998). Sie erstreckte sich über den Zeitraum von 1989 bis 1998 (Abbildung 27). Die Daten wurden durch Befragung der Besitzer und wiederkehrende Untersuchungen der Patienten erhoben.



Abbildung 27: Langzeitergebnisse nach Pfannendachplastik

Die Einteilung erfolgte nach den Graden „gut“ (lahmheits- und beschwerdefrei, benötigt keine Antiphlogistika) – „befriedigend“ (gelegentliche Lahmheitsschübe, die unter NSAIDs wieder abklagen) – „unbefriedigend“ (benötigt im höheren Lebensalter zusätzliche

NSAIDs) – und „schlecht“ (deutliche Lahmheit, Schmerzsymptomatik, die nicht hinreichend auf medikamentöse Behandlung anspricht) unterteilt. Letztere Patienten erhielten später entweder eine Hüftgelenksprothese, wurden einer Femurkopf- und Halsresektion unterzogen oder wurden aus Altersgründen euthanasiert.

Pfannendachplastik - Langzeitstudie bei 120 Patienten

- gut	85 %
- befriedigend	10 %
- unbefriedigend	4 %
- schlecht	1 %

Die Ergebnisse decken sich (wenn auch an einem kleineren Kollektiv) mit den Resultaten von Slocum (1998) bei 300 Hunden. Dieser beobachtete 2 Monate postoperativ eine normale Performance und Schmerzfreiheit. Die Gliedmaßenfunktion war lahmheitsfrei und es waren keine Subluxationen oder Luxationen des Femurkopfes mehr feststellbar. Allerdings ist die Abduktion der operierten Gliedmaße durch das vergrößerte knöcherne Acetabulumdach auf 35 bis 40 Grad eingeschränkt. Die Extensionsmöglichkeit des Hüftgelenkes nahm hingegen zu. Bei der Autopsie von vier Hüften im Langzeit follow-up stellte Slocum völlig stabile Gelenke fest. Die Gelenkkapsel unter dem appositionellem Dach hatte ihre rein kollagene Struktur verloren und war fibro-kartilaginös verändert. Die Patienten hatten bis zum Zeitpunkt des Todes voll funktionale Hüftgelenke. Slocum (1998) berichtete, dass aus seinem Patientengut über einen Beobachtungszeitraum von sechs Jahren kein einziger Schmerzen entwickelte, die einen Hüftgelenksersatz erforderlich gemacht hätten. Die unbefriedigenden und schlechten Ergebnisse der eigenen Langzeitbeobachtung lassen sich durch ein Herausfallen aus dem Indikationsfenster erklären. Entweder war der Gelenkknorpel der Patienten schon vor der Operation weitgehend zerstört und dies wurde fälschlich nicht erkannt oder der totale Knorpelverlust trat allmählich im Laufe der Jahre ein.

Fazit

Die Pfannendachplastik mit autologem kortiko-spongiösem Knochenspan füllt die therapeutische Lücke zwischen der dreifachen Beckenosteotomie und der Totalendoprothese. In der Beobachtung über einen Zeitraum von über zehn Jahren wurde bei 85% der Patienten ein gutes Ergebnis erzielt. Die Patienten hatten bis an ihr Lebensende ein funktionales Hüftgelenk, uneingeschränkte Lebensqualität und benötigten keine zusätzliche Schmerztherapie. Das autologe Knochen transplantat heilt nicht nur vollständig ein sondern wirkt zusätzlich osteoinduktiv. Viele Patienten kommen lebenslang ohne die Gabe von schmerzstillenden Medikamenten aus.

Anschrift des Autors

Dr. Dieter Müller

Fachtierarzt für Kleintiere, Chirurgie; Augenheilkunde

Kempener Str. 59

52525 Heinsberg

Tel: +49-(0)-2452-21870

Fax: +49-(0)-2452-24497

mailto: info@mueller-heinsberg.de

Literaturverzeichnis

- Adams William M., Dueland R. T., et al: Early Detection of Canine Hip Dysplasia – Comparison of Two Palpation and Five Radiographic Methods, *J Am Anim Hosp Assoc* 34(4): 339-347 Jul/Aug 1998
- Albrektsson T.: „Repair of Bone Grafts. A Vital Microscopic and Histopathological Investigation in the Rabbit“, *Scand J Plast Reconstr Surg* 14:1, 1980
- Ballinari U., Montavon P. M. et al.: Die Pectineusmyektomie, Iliopsoastenotomie und Neurektomie der Gelenkkapsel als symptomatische Therapie bei der Coxarthrose des Hundes, *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 137, 251-257, 1995
- Burchardt H.: „Biology of Bone Transplantation“, *Orthop Clin North Am* 18:187, 1987
- Cook James L., Tomlinson et al: Pathophysiology Diagnosis and Treatment of Canine Hip Dysplasia, *Compend Contin Educ Pract Vet* 18(8): 853-867 Aug 1996
- Culvenor J. A., Parker R. J.: „Collection of Corticocancellous Bone Graft from the Ilium of the Dog using an Acetabular Reamer“, *J Small Anim Pract* 37(11): 513-515, Nov. 1996, Nov.
- David Thomas: „Apposition-Acetabuloplastics with Iliac Crest Autograft on Dogs. First Experience“ Research Institute for Hip-Dysplasia, Vienna, Austria (1994).
- Dobbelaar M. J.: „Osteoplastiek bij de Behandeling van de Luxatio Coxae van de hond“. Proefschrift Universiteit Utrecht, NL, 1962
- Dobbelaar M. J.: „Dislocation of the Hip in Dogs“, *J Small Anim Pract* 1963; 4: 101.
- Kinzel S., Küpper W.: „Operationstechnik und klinische Erfahrungen zur Hüftgelenksdenervation beim Hund“, *Prakt. Tierarzt, Colleg. Veterinarium XXVII*, S. 26 f., 1997
- Matis U., Waibl H.: „Zugang zum Darmbeinflügel von kraniodorsal“ in: Schebitz, Brass – Operationen an Hund und Katze 2. Auflage S. 365, Parey Buchverlag 1999
- Millis Darryl L., Martinez S. A.: „Bone Grafts“ in Slatter – Textbook of Small Animal Surgery 3rd edition, 1875-1891, 2003
- Müller Dieter: „Fistelbildung nach Implantation des sogenannten biologischen osteoinduktiven Polymer (BOP)“ Herbstveranstaltung des Arbeitskreises für veterinärmedizinische Orthopädie, Tuttlingen Nov. 1991.
- Müller Dieter: „Acetabulumplastik mit autologem Knochenspan beim Hund, Ergebnisse von 1989 bis 1998“ Vortrag. 44. Jahrestagung der Fachgruppe Kleintierkrankheiten der DVG, Stuttgart, Nov. 1998.
- Olds R. B. et al: „Autogenous Cancellous Bone Grafting in Small Animals“, *J Am Anim Hosp Assoc* 9: 454, 1973
- Sertl George O., Jensen D. J.: „SERTL Shelf Arthroplasty (BOP Procedure) in the Treatment of Canine Hip Dysplasia“, *Vet Clinics of North America SA*; Vol. 22 No. 3, May 1992.
- Slocum Barclay, Slocum T. O.: „Femoral Neck Lengthening for Hip Dysplasia in the Dog“, *Vet Surg* 1989; 18:81
- Slocum Barclay, Slocum T. O.: „Dorsal Acetabular Rim Radiographic View for Evaluation of the Canine Hip“, *J Am Anim Hosp Assoc* 26(3): 289-296 May/June 1990
- Slocum Barclay, Slocum T. D.: „DARthroplasty“ in M. Joseph Bojrab: *Current Techniques in Small Animal Surgery* 4th ed. 1998.
- Staszky Carsten, Gasse H.: „Zur Innervation der Gelenkkapsel beim Hund, Teil 3 – Hüftgelenk“, *Kleintierpraxis* (47) Heft 1 S. 11-17, 2002.
- Stevenson S.: „Biology of Bone Grafts“, *Orthop Clin North Am* 30: 543, 1999