

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Institut für Anatomie
Geschäftsführender Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. R. Hildebrand

**Intraartikuläre Strukturen thorakaler
Zygapophysealgelenke**

INAUGURAL – DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae
der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von
Struwe, Patrick
aus Lippstadt
2007

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen
Wilhelms-Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. V.Arolt

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Filler

2. Berichterstatter: PD Dr. V. Bullmann

Tag der mündlichen Prüfung: 12.02.2007

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Institut für Anatomie
Geschäftsführender Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. R. Hildebrand

Referent: Prof. Dr. med. Filler
Koreferent: PD Dr. V. Bullmann

Zusammenfassung

Intraartikuläre Strukturen thorakaler Zygapophysalgelenke

Struwe, Patrick

Die Rolle der kleinen Wirbelgelenke mitsamt ihrer Binnenstrukturen in der Pathogenese des Rückenschmerzes rückte in letzter Zeit in den Vordergrund. Literaturangaben über intraartikuläre Gelenkeinschlüsse sind teils widersprüchlich und für den Thorakalbereich ungenügend beschrieben. Ziel ist es, diese Strukturen an 12 thorakalen Wirbelsäulen hinsichtlich vor allem der Morphologie, Verteilung und Histologie zu untersuchen und somit einen Beitrag zur Vervollständigung als auch zur Diskussion bezüglich der widersprüchlichen Angaben, funktionellen Bedeutung und klinischen Relevanz zu leisten.

Es konnten im thorakalen Wirbelsäulenabschnitt Gelenkeinschlüsse in unauffälligen als auch osteoarthritisch veränderten Wirbelgelenken nachgewiesen werden. Sie können in drei Typen unterteilt werden. Die „Meniscoide“, die den Hauptanteil (82,5%) ausmachen, sind dünne und derbe Falten. Sie kommen in 50,8% der Gelenke vor und ragen von der Kapsel ausgehend mit einer Länge von im Mittel 3 mm zwischen die Gelenkflächen. Die „Fettpolster“ (13% Anteil) sind rein peripher gelegen, füllen die Recessus aus und können mit dem extrakapsulären Gewebe in Verbindung stehen. Bevorzugt sind sie in der kaudalen BWS bei höhergradigem Gelenkknorpelschaden anzutreffen. Desweiteren wurden vereinzelt sog. keilförmige „Randständige Kapselverdickungen“ beobachtet. Histologisch bestehen die Meniscoide aus vorwiegend derbfibrösem Gewebe und die Fettpolster aus Fett-, lockerem Bindegewebe und Gefäßen. Insgesamt wurden mehr Einschlüsse beim männlichen als beim weiblichen Geschlecht dokumentiert.

Es ist anzunehmen, dass die Meniscoide geringe Knorpelinkongruenzen ausgleichen und druckverteilend wirken. Die Fettpolster funktionieren als „Platzfüller“ in den Recessus, was auch zur Einsparung von Synovialflüssigkeit beiträgt. Durch ihre häufige Verbindung zum extraartikulären Gewebe scheinen sie an der Regulation des intraartikulären Druckausgleichs beteiligt zu sein, da vermutlich Anteile von ihnen bei bestimmten Bewegungen „hineingesaugt“ und „herausgepresst“ werden können.

Die viel diskutierte „Einklemmungstheorie“ von Gelenkfalten zwischen die Gelenkflächen wird von mir in Frage gestellt, kann jedoch speziell für zungenförmige Meniscoide nicht ausgeschlossen werden. Zeitnahe Schnittbilduntersuchungen von Patienten mit akut aufgetretenen Rückenschmerzen können die Rolle der Gelenkfalten in der Schmerzpathogenese eventuell aufklären.

Tag der mündlichen Prüfung: 12.02.2007

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Problemstellung	1
1.2. Literaturübersicht	3
2. Material und Methode	10
2.1. Material	10
2.2. Methode	11
2.2.1. Makroskopische Untersuchungen	11
2.2.2. Histologische Untersuchungen	14
3. Eigene Befunde	17
3.1. Makroskopische Befunde	17
3.1.1. Allgemeine Beobachtungen über thorakale Wirbelgelenke	17
3.1.2. Allgemeine Beobachtungen über Gelenkfalten	18
3.1.2.1. Verteilung innerhalb der BWS	18
3.1.2.2. Verteilung nach dem Geschlecht	19
3.1.2.3. Seitenverteilung	21
3.1.3. Klassifizierung der Gelenkfalten	23
3.1.3.1. Typ-1 Faserreiche und fetthaltige Meniscoide	23
3.1.3.1.1. Zur Prävalenz	27
3.1.3.1.2. Zur Lokalisation im Gelenk	28
3.1.3.1.3. Zur Form	30
3.1.3.1.4. Zur Faltenlänge	30
3.1.3.2. Typ-2 Fettpolster	34
3.1.3.2.1. Zur Prävalenz und Lokalisation	38
3.1.3.2.2. Zur Form und Länge	40
3.1.3.3. Typ-3 Randständige Kapselverdickung	42

3.1.3.4. Übersicht aller Faltentypen	45
3.1.4. Beobachtungen zum Gelenkknorpel	46
3.1.4.1. Allgemeines	46
3.1.4.2. Zusammenhang mit Faltentypen	48
3.1.5. Zusammenfassung von Gelenken ohne Synovialfalten	50
3.2. Mikroskopische Befunde	51
3.2.1. Typ-1 Faserreiche und fetthaltige Meniscoide	51
3.2.2. Typ-2 Fettpolster	54
3.3. Zusammenfassung eigener Befunde	56
4. Diskussion	57
4.1. Vergleich eigener Befunde mit Literaturangaben	58
4.2. Embryologische Gesichtspunkte	66
4.3. Histologie	67
4.4. Funktionelle Bedeutung	69
4.5. Klinische Aspekte	71
6. Literaturanhang	74
7. Lebenslauf	80
8. Danksagung	81

1. Einleitung

1.1. PROBLEMSTELLUNG

Rückenschmerzen und ihre Folgen sind in Deutschland und in vergleichbaren Industrieländern sehr weit verbreitet. Im Durchschnitt beklagen 56% der Männer und 62% der Frauen aller Altersstufen innerhalb eines Jahres Rückenschmerzen (Quelle: Bundes-Gesundheitssurvey 1998). Für fast alle Zweige der Sozialversicherung haben sie sich zu einer insgesamt sehr teuren Gesundheitsstörung entwickelt. Das Ausmaß des Gesundheitsproblems Rückenschmerzen wird durch die Tatsache illustriert, dass 4% der gesamten Arbeitskraft in Deutschland durch Arbeitsunfähigkeitszeiten wegen Rückenschmerzen verloren geht. Nicht nur das individuelle Leid ist damit groß, sondern auch die Belastung des Bruttosozialproduktes.

Nach letzten Schätzungen beliefen sich die Kosten für Krankheiten der Wirbelsäule und des Rückens auf 10,1 Milliarden € für das Jahr 1994, Tendenz steigend. Rechnet man die damit verbundenen Folgebehandlungen wie z.B. Rehabilitationsmaßnahmen mit ein, fallen die Gesamtkosten noch deutlich höher aus. Es handelt sich um eine Wohlstandskrankheit, wie der Verlauf der Arbeitsunfähigkeitszahlen nach dem Krieg oder im internationalen Vergleich zeigt.

Ca. 90% aller chronischen (rezidivierenden oder persistierenden) Rückenschmerzen sind unspezifisch, das heißt, eine Abklärung der Beschwerden führt zu keiner befriedigenden Diagnose. Der restliche Anteil verteilt sich als spezifischer Rückenschmerz, wo vernünftig und kausal ohne die sonst anfallenden Folgekosten eingeschritten werden kann.

In den letzten Jahrzehnten rückte neben dem bandscheibenbedingten Rückenschmerz immer mehr die Rolle der kleinen Wirbel-, auch Zygapophysealgelenke (klinisch: Z-Gelenke oder Facettengelenke) genannt, in den Vordergrund. Seitdem widmeten sich viele Autoren diesen bislang wenig beachteten Gelenken und speziell ihren Gelenkinnenstrukturen, die in der Literatur viele Bezeichnungen angenommen haben.

Sowohl im zervikalen als auch im lumbalen Bereich der Wirbelsäule finden sich in den Z-Gelenken häufig Gelenkfalten, die sichelförmig von der Membrana

synovialis aus in die Gelenkspalte hineinragen können. Einige Autoren setzen diese Gebilde mit Menisci, wie man sie z.B. in den Kniegelenken antrifft, gleich. Sie können mit dem extrakapsulären Gewebe in Verbindung stehen und sind von unterschiedlichem Aufbau. Beschrieben sind sowohl adipöse, fibroadipöse als auch fibrocartilaginäre Falten, die sich in degenerativ veränderten und in normalen Wirbelsäulen finden.

Aus den bisherigen Literaturangaben geht hervor, wie unterschiedlich die Meinungen zu Entstehung, Bau, Funktion und Bezeichnung der meniscoiden Falten sind.

Auffallend ist der Mangel an Arbeiten, die über die thorakalen Z-Gelenke mit ihren Einschlüssen berichten.

Vor diesem Hintergrund ist das Ziel meiner Arbeit, auch angesichts der klinischen Relevanz in der Pathogenese eines spezifischen Rückenschmerzes (s.o.), an 12 thorakalen Wirbelsäulen die intraartikulären Strukturen der Z-Gelenke hinsichtlich

- a) Prävalenz, Morphologie, Lage, Ausdehnung,
- b) Histologie
- c) Zusammenhang mit den artikulären Strukturen
- d) mögliche Funktion, klinische Relevanz

zu untersuchen und mit den bisher veröffentlichten Arbeiten zu diskutieren.

1.2. LITERATURÜBERSICHT

Bereits 1855 beschrieb Henle (29) in seinem Handbuch der Bänderlehre in den Wirbelgelenken glatte, dünne Synovialfalten, die sich von der einen oder anderen Seite bis zur Mitte der Gelenkhöhle erstrecken können.

Fick (16) bezeichnete 50 Jahre später glatte Falten, die die Innenhaut der Kapsel entwickelt und die sich bis zur Mitte der Gelenkfläche vordrängen können. Er gebrauchte die Benennung Falten oder Kapselfalten und sah sie als sekundäre, durch einwucherndes Fett- und Blutgefäßgewebe entstandene Gebilde.

Schmincke und Santo (52) veröffentlichten 1932 ihre Untersuchungen an den zervikalen Wirbelgelenken. Sie fanden blattartige, derbfaserige und gefäßreiche Gebilde vor, die von der medialen oder lateralen Kapsel in den Gelenkspalt hineinragen. Aufgrund von Untersuchungen an Embryonen handelt es sich ihrer Meinung nach um „echte Scheiben“, da sie als „stehengebliebene Mesenchymreste“ zwischen den Gelenkflächen aufzufassen sind, für deren Erhaltung besondere gelenkmechanische Reize notwendig sind. Auch die in den Finger-, Zehen- und Handgelenken anzutreffenden Scheiben lassen sich auf das gleiche Zwischengewebe zurückführen (Santo, 51).

Nur bei Präparaten älterer Individuen sahen die Autoren gelegentlich Fetteinlagerungen an der Basis der Scheiben.

Histologisch unterscheidet Santo (51) drei Jahre später zwei Typen von Zwischenscheiben, den derben und gefäßarmen, der den echten Menisci ähnelt, sowie den lockeren und gefäßreichen, der den Synovialfalten gleicht.

In seiner Arbeit von 1940 bot Töndury (56) einen Beitrag zu den kleinen Wirbelgelenken dar. Die zufällig entdeckten intraartikulären Gebilde in der Lendenwirbelsäule nannte er „Synovialfalten“, die einen derbfaserigen, glatten, intrakapsulären und einen unregelmäßigen, fett- und gefäßreichen, extrakapsulären Anteil aufweisen. Besonders häufig werden sie in der mittleren LWS im kranialen Gelenkpol angetroffen.

Nach Töndury entstehen die Synovialfalten ebenfalls primär aus mesenchymalem Füllgewebe und dienen dem Gelenk angesichts der Schwellungsfähigkeit der Gefäße als Puffer bei heftigen Bewegungen.

In dem Buch „Wirbelgelenk und Bandscheiben“ von Zukschwerdt et al. (59) nehmen die Zwischenscheiben ein ganzes, mit „Die Menisci“ überschriebenes Kapitel ein. Die Autoren bezeichnen sie als „echte Zwischenscheiben, als Gelenkdisci“, um damit auszudrücken, dass es sich um primär angelegte Bildungen handelt. Als weiteren Befund nennen sie auch Fettgewebspolster, die überwiegend in der Lendenwirbelsäule in den ausladenden Recessus der Kapsel vorhanden sind.

Als in den fünfziger- und sechziger Jahren das Problem des Rückenschmerzes zunehmend an sozial- und arbeitsmedizinischer Bedeutung gewann, beschäftigten sich vermehrt Anatomen, Pathologen und Kliniker mit der speziellen Anatomie der kleinen Wirbelgelenke und deren Stellenwert bei der Genese des Rückenschmerzes.

Zukschwerdt et al. sind der Überzeugung, dass eine schmerzhaft Fehlstellung der Wirbelgelenke („Subluxation ohne Kapselriss“) fixiert und unterhalten wird durch die Einklemmung des Gelenkinhaltes, nämlich der Disci, Fettpolster oder Gelenkkapselanteile.

Emminger (15) stellte 1954 in seiner Publikation Fettgewebkörper und Zwischenscheiben in Z-Gelenken dar. Letztere beschreibt er als bindegewebige Lamellen, die im Gegensatz zum Embryo beim Erwachsenen gefäßfrei sind. Hinsichtlich der Brustwirbelsäule schreibt Emminger lediglich: „Es gelang, wenn auch mit größerer Mühe, auch hier feine Scheibchen darzustellen...“

Zwei Jahre später unterscheiden Zaccheo und Reale (58) drei Typen einer Faltenstruktur: eine derbfaserige zungenförmige, eine gestielte und fettreiche Form, sowie einen ringförmigen fibrösknorpeligen Meniscus, der inkonstant und am besten in der thorakalen Wirbelsäule entwickelt sei.

In Übereinstimmung mit Zaccheo und Reale (58) und Schmincke, Santo (52), die echte Menisci beschreiben, teilt Dörr (10) 1958 in seiner Veröffentlichung die Binnengebilde in Menisci, Gelenkfalten und Fettkörper ein. Den Menisci ordnet er eine Pufferfunktion, den Fettgewebkörpern eine Volumenausgleichsrolle zu.

Mit einiger Vorsicht zieht er anhand einer Schnittserie an embryonalen Wirbelgelenken den Schluss, dass „die Menisci aus dem primären Mesenchym entstehen, während sich die Gelenkfalten und Fettkörper erst sekundär“ hineinentwickeln.

In seinen Untersuchungen bezeichnet Keller (35-38) die gefundenen Zwischenscheiben als Synovialzotten. Er schließt sich damit der bis dahin von Schmincke und Santo (52) geltenden Auffassung der „Meniskusgleichheit“, vor allem auch hinsichtlich der embryogenetischen Zusammenhänge, nicht an.

Bezüglich der verschiedenen Ansichten über die Genese des Rückenschmerzes postuliert Keller als Hauptursache die Degeneration der Bandscheibe mit konsekutiver Abstandsverminderung der Wirbelgelenkfortsätze. Schließlich verursache die durch Folgeprozesse gespannte und eingeengte Gelenkkapsel den Schmerz und nicht wie von anderen Autoren behauptet, eingeklemmte „Menisci“.

Lewin (42) publizierte 1962 eine ausführliche Darstellung der lumbalen Intervertebralgelenke mit dem zugehörigen Band- und Muskelapparat.

Er beschreibt in den oberen und unteren Recessus gelegene Fettkörper, die vermutlich eine Füllfunktion innehaben. Ein Teil dessen ragt durch eine Öffnung in der Kapsel in die Gelenkhöhle hinein und ist mit Synovialgewebe bedeckt. Hierdurch soll ein steter Überzug der intraartikulären Strukturen mit synovialer Flüssigkeit gewährleistet sein. Von dorsal und ventral reichen von der Kapsel ausgehende „Menisci“ weit auf die Gelenkflächen.

Penning und Töndury (46) befassten sich 1964 aufgrund von kontroversen Anschauungen über Wirbelblockierung durch Menisci eingehend mit den meniscoiden Strukturen der Halswirbelgelenke und deren Entwicklungsgeschichte im Vergleich zu den Kniegelenksmenisci.

Trotz Übereinstimmungen im Bau handelt es sich entwicklungs geschichtlich betrachtet um prinzipiell verschiedene Strukturen. Anders als das kompakte, scharf begrenzte Mesenchym im Knie dürften die aus „unspezifischem Füllgewebe“ entstandenen meniscoiden Einlagerungen in den Halswirbelgelenken nicht als echte Menisci, sondern nur als Kapselfalten oder Plicae alares gedeutet werden.

Mikroskopisch finden sie zwei verschieden gebaute Anteile, die zungenförmig in die Gelenkmitte hineinragende fibröse Spitze und die Basis, die aus Bindegewebsfasern, Blutgefäßen und Fettgewebe besteht. Die Spitze bestehe im Prinzip aus dem selbem Gewebe wie die Basis, nur in „komprimierter Form“.

Es scheint so, dass diese Einrichtungen dank der lockeren Bauart Inkongruenzen zwischen den Gelenkflächen ausgleichen. Anders als Zukschwerdt et al. (59) halten die Autoren es für nicht möglich, dass die „zarten und winzigen

meniscoiden Einlagerungen“ eine „Wirbelblockierung“ verursachen können.

Hadley (27) berichtet in seinen Ausführungen ebenfalls von meniscusähnlichen Strukturen, aufgebaut aus gefäßreichem Binde-, Fett- und Knorpelgewebe. Er stimmt der strittigen These zu, dass sie eine reversible Gelenkblockierung hervorrufen können.

In Anlehnung an Santo (51), Penning und Töndury (46) fand auch Täger (54) 1965 bei seinen Forschungen über die Wirbelgelenksbinnenstrukturen der Lendenwirbelsäule einen gefäßreichen, lockeren und einen gefäßarmen, derberen Typ. Er lehnt die Bezeichnung „Meniscus“ ab und schlägt stattdessen „Kapselfortsatz“ vor.

Lewit (43) leistete 1969 einen Beitrag zum Verständnis der Ursache einer Wirbelgelenkblockade. Er erklärt anhand von Untersuchungen mit Succinylcholin, dass die Blockierung selbst im Gelenk sitzt und es sich nicht um ein muskuläres, reflektorisches Phänomen handelt.

Kos und Wolf (39) veröffentlichten 1972 ihre Arbeit über „Menisci“ der Zwischenwirbelgelenke und ihre mögliche Rolle bei Wirbelblockierung. Die Meniscoide sind gut in der lumbalen, weniger in der zervikalen und schwach in der thorakalen Gegend entwickelt. Sie unterscheiden drei Anteile an einem idealen Meniscoid:

- a) die periphere mit der Gelenkkapsel verwachsene Basis aus lockerem Bindegewebe oder Fett,
- b) der mittlere Teil aus Synovialgewebe und von Gefäßen und Nerven durchzogen,
- c) der freie, dünne Rand aus straffem, knorpelähnlichem Gewebe

Aufgrund eigener Experimente, in denen u.a. die Deformierbarkeit des Gelenkknorpels durch verschieden harte Körper nachgewiesen werden konnte, vertreten sie, wie auch Zukschwerdt (59), die Auffassung, dass ein eingeklemmter Meniscoid eine akute intervertebrale Wirbelblockierung auslösen kann. Eine weitere These, die besagt, dass der reaktive Muskelspasmus jene Blockade aufrechterhält, wurde aus ihrer Sicht von Lewit (43) entkräftet.

Ferner verweisen sie auf die Existenz von Meniscoiden in allen anderen kleinen

Gelenken, die meistens weitaus besser entwickelt sind und unter bestimmten Umständen auch Ursache für eine Blockierung dort sein können.

Speziell den thorakalen Zygapophysealgelenken widmete sich 1974 als erster Ley (44). Er fand im Wesentlichen zwei Strukturen, „Synovialfalten“ und „Menisci“.

Die Falten sind fett- und gefäßreiche, unregelmäßig geformte Ausstülpungen der Synovialis im oberen und unteren Gelenkrecessus, deren Basis intra- oder extrakapsulär liegen kann. Ihre Größe nimmt in kaudaler Richtung zu.

Die Menisci sind derbfibröse, gefäßfreie und teils chondroidale Strukturen. Da ihre Basis breiter ist und lockeres Bindegewebe enthält, nimmt Ley an, dass sie durch Überlagerung vieler einfacher synovialer Falten gebaut sind. Sie erscheinen makroskopisch als transparente, oft trianguläre und blättrige Strukturen, die von den lateralen Kapselanteilen hineinragen.

Benini (1) behandelte 1978 in seiner Habilitationsarbeit die funktionelle Anatomie der kleinen Wirbelgelenke unter Berücksichtigung der meniscoiden Einschlüsse. Pränatal entwickeln sich die Meniscoide in jedem Abschnitt der Wirbelsäule aus dem periartikulären Mesenchym und stülpen sich sekundär in die Gelenkspalte hinein, sodass sie sich von echten Menisci, z.B. des Kniegelenks, unterscheiden. Die Einschlüsse bestehen aus einem einzigen Grundtyp mit verschiedener Verteilung der gleichen feingeweblichen Bauelemente Fett, Bindegewebe und Gefäße. Das Fettgewebe der Meniscoide in der Lendenwirbelsäule setzt sich durch eine Öffnung in der Kapsel in das reichliche periartikuläre Fettpolster fort. Die Meniscoide existieren nur dort, wo Unregelmäßigkeiten des Knorpelbelages oder Aussackungen der Gelenkkapsel vorkommen. Auffällig ist, dass Benini in 120 Gelenken der Brustwirbelsäule keinen einzigen meniscoiden Einschluss gefunden hat.

Bogduk und Engel (3) fanden 1982 bei Untersuchungen der lumbalen Z-Gelenke, vergleichbar mit den Ergebnissen von Lewin (42), drei Gewebetypen der intraartikulären Strukturen. Dabei unterscheiden sie vom kranialen und kaudalen Gelenkpol entspringende fettreiche Synovialfalten, weitreichende fibro-adipöse Meniscoide sowie wenig vorkommende harte Verdickungen der inneren Gelenkkapsel, sog. „capsular rims“, die sich nur bis an den Rand der Gelenkflächen ausdehnen und in einem fließenden Übergang zu den Meniscoiden stehen sollen (Bogduk, 2). Des Weiteren beschreiben sie in

wenigen Gelenken entdeckte durchgehende Zwischenscheiben, die die Gelenkhöhle vollständig unterteilen.

Wegen bestehender Unklarheiten zeigten sie an einer Schnittserie von embryonalen Wirbelgelenken, dass zunächst undifferenziertes Mesenchym als intraartikuläre Scheibe den Gelenkspalt unterteilt, welches sich im weiteren Wachstum zentral zurückbildet. Laut Bogduk differenzieren sich die Binnenstrukturen, die in der Literatur viele Bezeichnungen annehmen, aus dieser Mesenchymscheibe heraus.

Während die Meniscoide ihrer Ansicht nach bei Subluxationen der Wirbelgelenke einen Synovialfilm über den Gelenkknorpel gewährleisten, scheinen die Fettpolster lediglich eine Funktion als „Lückenfüller“ in den nichtartikulierenden Anteilen der Gelenke ähnlich denen im Kniegelenk zu sein (Bogduk, 2).

Der Autor zweifelt die Einklemmungstheorie von Kos an, da hierfür zwischen der Kapsel und der zentralen eingeklemmten „Meniscusspitze“ ein fibröses Mittelstück nötig sei. Jedoch besteht dieses zumeist aus fettreichem Gewebe und würde reißen. Demzufolge müssten andere Mechanismen für den akuten Rückenschmerz verantwortlich sein.

Etwa zehn Jahre später veröffentlichte Bogduk mit Mercer zusammen (2) einen Artikel über intraartikuläre Einschlüsse der Halswirbelsäule. Sie fanden auch hier die von Bogduk (3) genannten drei Gewebetypen.

Putz (48) fand 1981 meniscoide Falten in allen Abschnitten der Wirbelsäule und betonte die morphologische Vielfalt der Faltenbildungen, deren Aufgabe eine Pufferfunktion sei. Einen Zusammenhang mit dem periartikulären Fettgewebe sah Putz nicht.

In ihrer Veröffentlichung von 1987 verglichen Yu et al. (57) Nativpräparate von zervikalen Z-Gelenken mit ihren MR-Aufnahmen. Anhand der anatomischen Schnitte definieren sie vier Typen eines Meniscus:

- 1) eine dünne, derbfibröse Scheibe, die bis zur Gelenkmitte hineinragen kann und vorwiegend bei Kindern vorkommt,
- 2) eine keilförmige Struktur, die zentral derbes und kapselnah fettreiches Gewebe enthält,
- 3) eine häufige umschriebene Verdickung der Kapsel, die sich nicht in den Gelenkspalt ausdehnt,

- 4) ein unregelmäßig großes, aus Kollagen, Fett und Knorpel bestehendes Gebilde, das nur in degenerativ veränderten Gelenken angetroffen wird.

Lediglich die Typen 2 und 4 konnten die Verfasser auch auf den MR-Bildern erkennen. Sie lehnen die von Kos (39) veröffentlichte Blockierungstheorie ab, da die recht kleinen Typen 2 und 3 dazu wahrscheinlich nicht imstande seien.

Jones et al. (34) gaben 1989 in einer Arbeit über die Meniscoide der lumbalen Z-Gelenke bekannt, dass sie neben den bisher beschriebenen typischen Befunden fibrösknorpeliges Gewebe in einigen Meniscoiden, welches an manchen Stellen sogar eine „endochondrale Ossifikation“ aufweist, gefunden haben. Ebenso konnten auch Gefäße innerhalb des fibrösknorpeligen Anteiles gesehen werden. Die Verfasser nehmen an, dass sich gerade dieser in der Spitze gelegene Teil verdrehen und eingeklemmt werden kann. Nachfolgend würde Blut aus der gefäßreichen Basis in die Gelenkhöhle gelangen und über Zwischenreaktionen langfristig den Gelenkknorpel schädigen. Jones et al. sehen demzufolge einen Zusammenhang zwischen „pathologischen“ Meniscoiden und einer „chronisch segmentalen Minderbeweglichkeit.“

Schließlich untersuchte Singer (53) 1990 die Synovialfalten am thorakolumbalen Übergang. Es fanden sich in den meisten Gelenken mehr fibröse als fibro-adipöse Falten. Dabei fiel auf, dass der fibro-adipöse Typ besonders in den „koronal“ gestellten Gelenken und der fibröse in den sagittal orientierten Gelenken vorherrschen. Singer bezieht diese Unterschiede auf die verschiedene biomechanische Funktion dieser Gelenke, vornehmlich auf das Verhältnis zwischen Ermöglichen und Begrenzen der axialen Rotation.

Im Jahr 2000 beschäftigten sich Inami und Kaneoka (32) mit der Typisierung der zervikalen Synovialfalten; sie unterscheiden einen fetthaltigen Typ, einen Mischtyp (apikal derbfibrös, die Basis fettreich), der recht variabel in Form und Größe ist, sowie einen dünnen, fibrösen Typ.

2. Material und Methode

2.1. Material

Zur Verfügung standen 12 Brustwirbelsäulen aus dem Anatomischen Institut Münster, die beiden Geschlechtern angehören. Dabei handelt es sich um Wirbelsäulen von 7 weiblichen und 5 männlichen Körperspendern im Alter zwischen 56 und 94 Jahren, das Durchschnittsalter beträgt 81 Jahre (Tab.1).

Nummer	Geschlecht	Alter
1	weiblich	90
2	weiblich	79
3	weiblich	56
4	weiblich	75
5	weiblich	94
6	weiblich	79
7	männlich	87
8	männlich	82
9	männlich	75
10	weiblich	87
11	männlich	91
12	männlich	82

Tab. 1
Alters- und Geschlechtszusammenstellung der Körperspender

Untersucht wurden die Zygapophysialgelenke der Segmente C7-L1 beider Seiten. Insgesamt konnten 297 von 312 möglichen Facettengelenken ausgewertet werden, die restlichen waren durch vorausgegangene Beschädigungen unbrauchbar.

Die Präparate waren nach herkömmlicher, für Präparierkurszwecke üblicher Methode, mit einem Chloralhydrat-Formalin-Gemisch konserviert worden.

2.2. Methode

2.2.1. Makroskopische Untersuchungen

Für die Präparation standen 8 schon vorpräparierte Brustwirbelsäulen aus dem Kursus für makroskopische Anatomie zur Verfügung, weitere 4 wurden 'en bloc' aus bisher unversehrten Körperspendern nach Transversalschnitten in Höhe ca. C6 und L2 und Durchtrennung der wirbelkörpernahen Rippen gewonnen.

Unter Berücksichtigung verschiedener Eröffnungswege in der Literatur entschied ich mich für einen ventralen Zugang.

Nachdem die Haut, das subkutane Fettgewebe und die paravertebrale Muskulatur abgetragen worden waren, wurden die Wirbelkörper vorsichtig mit einer elektrischen Säge am Pediculus von den Wirbelbögen abgetrennt. Es folgte die Entnahme des Rückenmarks mitsamt seiner Wurzeln, Häute und dem epiduralen Fettgewebe, so dass schließlich die Ligamenta flava als Bestandteile der ventro-medialen Gelenkkapseln einsehbar und zugänglich waren (Abb.1).

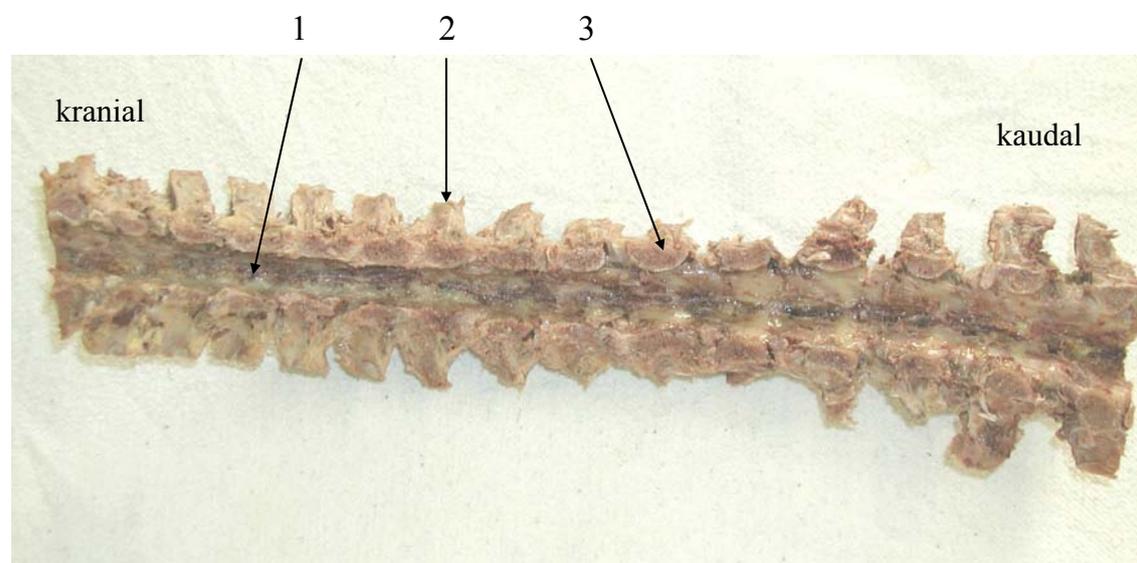


Abb.1

Brustwirbelsäule nach Abtragung der Wirbelkörper, Ansicht von ventral

(1) Dorsale Wirbelkanalrinne mit noch aufliegenden Fettgewebsträngen, (2) durchtrennte Rippe, (3) durchtrennter Pediculus

Vor Eröffnung der Gelenkkapseln wurden noch die proximalen Rippenanteile von den Processus transversi gelöst und die Ligamenta interspinalia und Ligg. intertransversaria durchtrennt.

Dann wurde mit einem scharfen Skalpell die ventromediale Gelenkkapsel, respektive Lig. flavum, am kranialen Ende des Processus articularis superior beidseits bis nach lateral hin eröffnet. Danach konnte der kraniale Wirbelbogen mit seinen Proc. art. inferiores unter weiterer vorsichtiger Präparation und mit Hilfe des Proc. spinosus, welcher als Hebel verwendet werden konnte, vom kaudalen abgelöst werden. Mit dieser Technik gelang es, die intrakapsulären Strukturen entweder am Proc. articularis superior oder Proc. art. inferior komplett zu erhalten (Abb. 2).

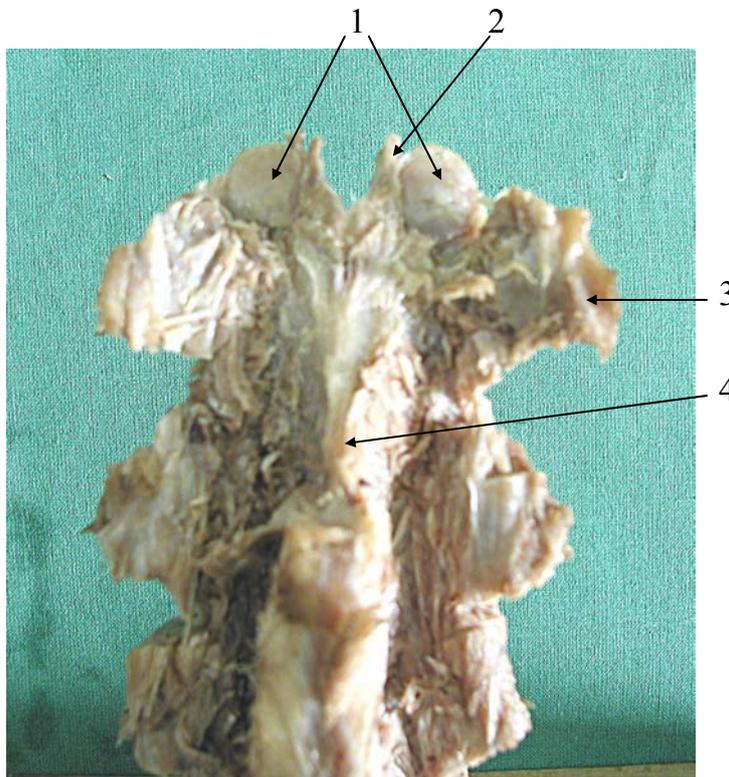


Abb. 2

Mittlere BWS mit Proc. articulares superiores und den Gelenkfacetten (1) nach Abtragen eines kranialen Wirbelbogens, (2) durchtrenntes Lig. flavum, (3) Proc. transversus, (4) Proc. spinosus, Ansicht von dorsal

Von jedem eröffneten Gelenk wurde eine Skizze (Abb.3) angefertigt mit genauer Aufzeichnung der Faltenform, -lage, und -länge, die in Millimeter, gemessen mit einer handelsüblichen Schublehre, angegeben wird, sowie deren groben Konsistenz. Des Weiteren wurde die makroskopische Erscheinung des zugrunde liegenden Gelenkknorpels dokumentiert. Differenziert wurden eine unauffällige Oberfläche, leichtgradige Läsionen im Sinne von Fissuren oder kleinen Einrissen sowie schwere Defekte mit Ulcera oder Knorpellücken. Die Daten wurden dann mit dem Statistikprogramm SPSS, Version 11.5.1., weiterverarbeitet. Weiterhin wurden repräsentativ typische wie auch außergewöhnliche Faltenstrukturen fotografisch festgehalten.

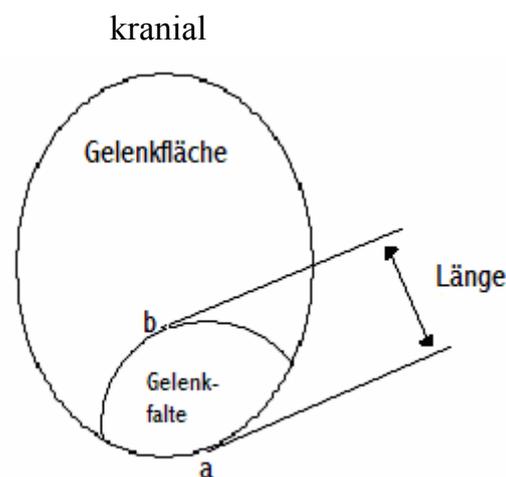


Abb. 3

Skizze einer Zygapophysealgelenkfläche mit Gelenkfalte; (a) Basis der Falte, befestigt an der Gelenkkapsel; (b) freies Ende der Falte

2.2.2. Histologische Untersuchungen

Nach der makroskopischen Dokumentation wurden 13 Gelenkfalten (Tab. 2) mitsamt anhängender Gelenkkapsel entnommen und zunächst in einer 4%-Formalin-Lösung nachfixiert. Mit einer aufsteigenden Alkoholreihe wurden die Präparate dann dehydriert. Die anschließende Entfernung des Alkohols erfolgte mit Durchtränkung von Paraplast plus® bei 60°, wonach die Faltenstrukturen dann für die eigentliche Einbettung vorbereitet waren.

Hierzu wurden sie in Einbettungsformen übertragen und mit 60°-heißem Paraffin überzogen. Nach Erstarrung des Paraffins an der Luft konnte der Einbettungsblock gelöst und entnommen werden.

Mit einem Rotationsmikrotom (Jung AG Heidelberg) wurden danach 5-7 µm große Schnitte angefertigt.

Zur Vorbereitung der Färbung wurden die Schnitte mit Hilfe von Xylol vollständig und direkt vom Paraffin befreit und in einer alkoholischen Lösungsreihe eingestellt.

Faltennr.	Entnahme	Körper- spendernr.
1	T1/T2 rechts	8
2	C7/T1 links	9
3	T1/T2 rechts	9
4	T7/T8 links	8
5	T2/T3 links	3
6	T12/L1 rechts	1
7	T10/T11 links	8
8	T12/L1 rechts	2
9	T12/L1 rechts	6
10	T10/T11 links	3
11	T12/L1 links	4
12	T11/T12 links	4
13	T12/L1 rechts	7

Tab. 2

Auflistung der histologisch untersuchten Gelenkfalten

HE-Färbung

Die Hämatoxylin-Eosin-Färbung ist eine gebräuchliche Übersichtsfärbung, die es ermöglicht, Zellzahl und Interzellulärsubstanzen der Schnitte zu differenzieren.

Nach erfolgter Färbung mit Hämatoxylin-Eosin wurden die Schnitte in einer alkalischen Lösung gewaschen, da Hämatoxylin nur in alkalischem Milieu intensiv blau wird. Anschließend wurden sie in einer alkoholischen Lösungsreihe dehydriert, bevor zuletzt der Alkohol selbst entfernt wurde.

Im mikroskopischen Bild sind die Zellkerne blau gefärbt und die Interzellulärsubstanzen in unterschiedlichen Rottönen zu sehen.

Die folgenden Bindegewebsfärbungen ergeben eine gute Anfärbung von verschiedenen kollagenen Bindegewebsarten.

Trichromfärbung nach Goldner

Diese Färbung dient der optimierten Darstellung von Bindegewebe sowie, allerdings mit nur eingeschränkter Aussagekraft, der Differenzierung von Schadstellen.

Zunächst wurden die dafür vorgesehenen Schnitte in einer Bouin-Lösung nachfixiert. Gegenüber der Fixierung in Formalin hat die hier gewählte Methode den Vorteil der Verminderung von Schrumpfungartefakten. Außerdem ist mit der Bouin-Lösung eine bessere Anfärbbarkeit der Schnitte zu erreichen.

Die Kernfärbung erfolgte in Weigert Eisenhämatoxylin. Das Plasma wurde in Ponceau-Säurefuchsin-Azophloxin angefärbt. Anschließend wurden die Schnitte zur Stabilisierung der Farbstoffe mit Essigsäure abgespült.

Mit Phosphormolybdänsäure-Orange wurde das Bindegewebe differenziert und nach Spülung mit Essigsäure in Lichtgrün angefärbt sowie nach erneuter Spülung mit Essigsäure ausgewaschen. In einer alkoholischen Lösungsreihe wurden die Schnitte dehydriert und mit Xylol versetzt.

Die Kerne sind nun bräunlich-schwarz, das Zytoplasma ziegelrot und die kollagene Interzellulärsubstanz grün angefärbt. Schadstellen der interzellulären Substanz können sich außerdem rot darstellen.

Azanfärbung nach Heidenhain

Diese Färbung dient insbesondere der Darstellung von retikulärem und kollagenem Bindegewebe.

Die Schnitte wurden in Anilin-Alkohol zur Beizung der Zellkerne eingestellt und mit Azocarmin angefärbt. Nach Spülung mit destilliertem Wasser wurden die Schnitte in Alkohol-Anilin differenziert, bis sich die Kerne vom Untergrund gut abgehoben haben. Das Anilin wurde in essigsaurem Alkohol ausgewaschen.

Das Bindegewebe wurde in wässriger Phosphorwolframsäure gebeizt und mit einem Anilin-Orange-Essigsäuregemisch gefärbt. Abschließend wurden die Schnitte in Alkohol differenziert.

Die Zellkerne sind rot angefärbt, das Plasma ist rot-orange, kollagenes und retikuläres Bindegewebe ist blau.

Schließlich konnten die Präparate nach Eindeckung mit Eukitt® mit Hilfe eines binokularen Mikroskopes histologisch untersucht werden.

3. Eigene Befunde

3.1. Makroskopische Befunde

3.1.1. Allgemeine Beobachtungen über thorakale Wirbelgelenke

Die thorakalen Gelenkfacetten sind in der Regel oval, mit langer Achse von kranio-lateral nach kaudo-medial, bis rund. Die kranialen Facetten sind eben bis leicht konvex in der Transversalebene und nach dorsal und leicht nach lateral gerichtet. Analog dazu präsentiert sich die kaudale Gelenkfacette meist leicht konkav und zeigt nach ventral sowie etwas nach medial. Neben dieser typischen Gelenkform wurden gelegentlich fast kreisrunde Gelenkfacetten und auch wenige, annähernd dreieckige Formen gesehen. Im Segment T12/L1 liegt der dorso-laterale Anteil der Gelenkfläche in einer fast sagittalen, der kleinere ventro-mediale Anteil in einer eher frontalen Ebene. Vereinzelt ist die knorpelüberzogene Gelenkfläche viel kleiner als die Gelenkfacette. Die Kontur des Gelenkknorpels ist dann unterbrochen durch Einbuchtungen, meist am kaudo-medialen Gelenkrand. Besonders im unteren Abschnitt der Brustwirbelsäule konnte an wenigen Gelenken eine Asymmetrie der Gelenkkörper beobachtet werden.

Die Länge der Gelenkflächen liegt in dem größeren Durchmesser zwischen 7-14 mm.

Das Gelenk ist ganz von einer Kapsel, bestehend aus einer äußeren Membrana fibrosa und inneren Membrana synovialis, umschlossen, die medial von Fasern des Lig. flavum verstärkt wird. Gewöhnlich setzt die Kapsel leicht versetzt an der Knorpel-Knochengrenze an. Vorwiegend im unteren BWS-Bereich bildet die Gelenkkapsel häufig blindsackartige Ausstülpungen, im folgenden Recessus genannt, d.h. zur Knorpelgrenze hin konkav begrenzte, nicht knorpelbedeckte Areale der Gelenkfacette. In meinem Material wurden sie in 50 Gelenken (16,8%) gefunden, 18-mal am kranialen und 32-mal am kaudalen Pol. Die Mehrheit der Recessus war mit Fettpolstern (s.u.) gefüllt.

3.1.2. Allgemeine Beobachtungen über Gelenkfalten

Insgesamt wurden in 183 (61,6%) von 297 untersuchten Gelenken 268 intraartikuläre Strukturen (ca. 0,90 Falten pro Gelenk) nachgewiesen: in 116 Gelenken (39%) eine Falte, in 51 Gelenken (17,2%) zwei, in 14 Gelenken (4,7%) drei, in 2 Gelenken (0,7%) vier Falten sowie in 114 Gelenken (38,4%) keine Falte. Es wurde kein Gelenk mit mehr als vier Gelenkfalten vorgefunden.

3.1.2.1. Verteilung innerhalb der BWS

Die Verteilung innerhalb der BWS wird mit Tab.3 dargestellt. Die Gelenkfalten treten in ihrer Gesamtzahl recht gleichmäßig in den einzelnen Segmenten, jedoch mit leichtgradig erhöhter Prävalenz im Bereich T1-T4 und mit Ausnahme von T11/T12 im Bereich T8-L1 mit Zunahme in kaudaler Richtung, auf. Die meisten Gelenke ohne Binnenstrukturen finden sich am zervikothorakalen Übergang sowie im Bereich T4-T8.

		Anzahl Gelenke mit					Faltenanzahl je Segment
		Keiner Falte	1 Falte	2 Falten	3 Falten	4 Falten	
Segment	C7/T1	14	5	2	1	0	12
	T1/T2	9	8	3	4	0	26
	T2/T3	8	12	1	2	1	24
	T3/T4	9	8	6	0	0	20
	T4/T5	13	6	3	0	1	16
	T5/T6	13	5	3	2	0	17
	T6/T7	10	9	4	1	0	20
	T7/T8	10	7	5	0	0	17
	T8/T9	6	15	2	1	0	22
	T9/T10	8	9	7	0	0	23
	T10/T11	5	10	6	1	0	25
	T11/T12	5	9	4	0	0	17
	T12/L1	4	13	5	2	0	29
Gesamt		114	116	51	14	2	268

Tab. 3

Korrelation der Gelenkzahl mit keiner bis 4 Falten sowie Faltenanzahl nach Segment

3.1.2.2. Verteilung nach dem Geschlecht

In der folgenden Tabelle 4. wird die Häufigkeit von Gelenken mit keiner bis 4 Falten nach dem Geschlecht dargestellt.

			Geschlecht	
			männlich	weiblich
Anzahl Gelenke mit	Keiner Falte	Anzahl	40	74
		% von Geschlecht	32,3%	42,8%
	1 Falte	Anzahl	50	66
		% von Geschlecht	40,3%	38,2%
	2 Falten	Anzahl	23	28
		% von Geschlecht	18,5%	16,2%
	3 Falten	Anzahl	9	5
		% von Geschlecht	7,3%	2,9%
	4 Falten	Anzahl	2	0
		% von Geschlecht	1,6%	,0%
Gesamt		Anzahl	124	173
		% von Geschlecht	100,0%	100,0%

Tab. 4

Hieraus geht hervor, dass in 67,7% der männlichen und 57,2% der weiblichen Gelenke mindestens eine Falte gefunden wurde. Berücksichtigt man die unterschiedliche Anzahl an Falten je Gelenk, so werden 131 Falten in 124 männlichen Gelenken (ca. 1,06 Falten pro Gelenk) und 137 Falten in 173 weiblichen Gelenken (ca. 0,79 Falten pro Gelenk) nachgewiesen.

Es hat den Anschein, dass männliche Brustwirbelgelenke im Durchschnitt ca. 0,27 Falten (26,6%) je Gelenk mehr als weibliche aufweisen.

Um nun eine Hypothese, die besagt, dass es einen signifikanten Unterschied in der Prävalenz von Gelenkfalten zwischen männlichen und weiblichen Brustwirbelgelenken gibt, zu erhärten, wird im folgenden der Chi-Quadrat-Test durchgeführt.

Er ist ein nicht parametrischer Test für zwei verbundene Variablen, hier Geschlecht und Häufigkeit von Gelenkfalten. Ein Vorteil des Chi-Quadrats besteht darin, daß es sich für fast alle Arten von Daten eignet. Der Signifikanzwert (*Asymp. Sig.*) enthält die gesuchten Informationen. Je kleiner der Signifikanzwert ist, umso unwahrscheinlicher ist es, dass keine Abhängigkeit (Beziehung) zwischen den beiden Variablen besteht.

Chi-Quadrat-Test

	Geschlecht	Anzahl Falten im Gelenk
Chi-Quadrat(a,b)	8,084	195,475
df	1	4
Asymptotische Signifikanz	,004	,000

- a Bei 0 Zellen (,0%) werden weniger als 5 Häufigkeiten erwartet.
Die kleinste erwartete Zellenhäufigkeit ist 148,5.
- b Bei 0 Zellen (,0%) werden weniger als 5 Häufigkeiten erwartet.
Die kleinste erwartete Zellenhäufigkeit ist 59,4.

Die Asymptomatische Signifikanz ist kleiner als 0,05, welcher Wert hier als Grenze für Signifikanz angegeben werden soll.

Aufgrund dieses Ergebnisses darf festgehalten werden, dass die Häufigkeit von Gelenkfalten in männlichen Brustwirbelgelenken größer als in weiblichen ist.

3.1.2.3. Seitenverteilung

In der nachstehenden Abb. 4 wird die Verteilung der Gelenkfalten auf die Seiten, untergliedert nach dem Geschlecht, dargestellt.

Bei beiden Geschlechtern, besonders beim männlichen, ist eine annähernd gleichmäßige Aufteilung zwischen der linken und rechten Seite ersichtlich.

Somit ergibt sich bezüglich der Gesamtzahl der Falten kein Hinweis auf eine Seitenasymmetrie.

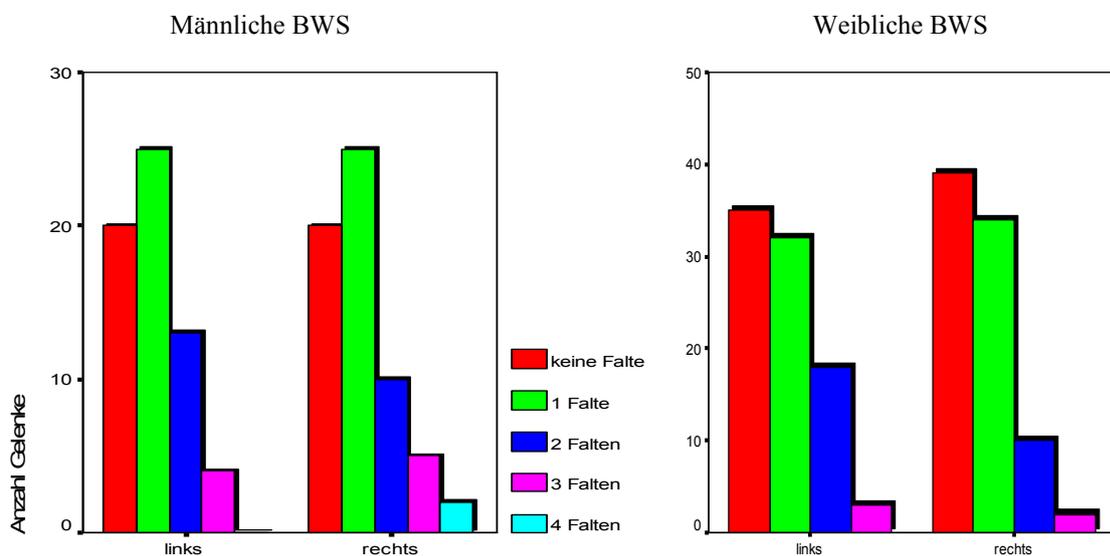


Abb. 4

Verteilung der Falten auf die Seiten der BWS, unterteilt nach dem Geschlecht

Wenn nun die Aufteilung auf die einzelnen BWS-Segmente berücksichtigt wird, so zeigt Abb. 5, dass in der Mehrzahl, d.h. in 8 von 13 Segmenten, die Verteilung asymmetrisch auftritt. Hier sind vor allem die Segmente C7/T1, T1/T2 und T9/T10 mit deutlicher Linksbevorzugung sowie T2/T3 und T4/T5 mit klarer Rechtspräferenz zu nennen.

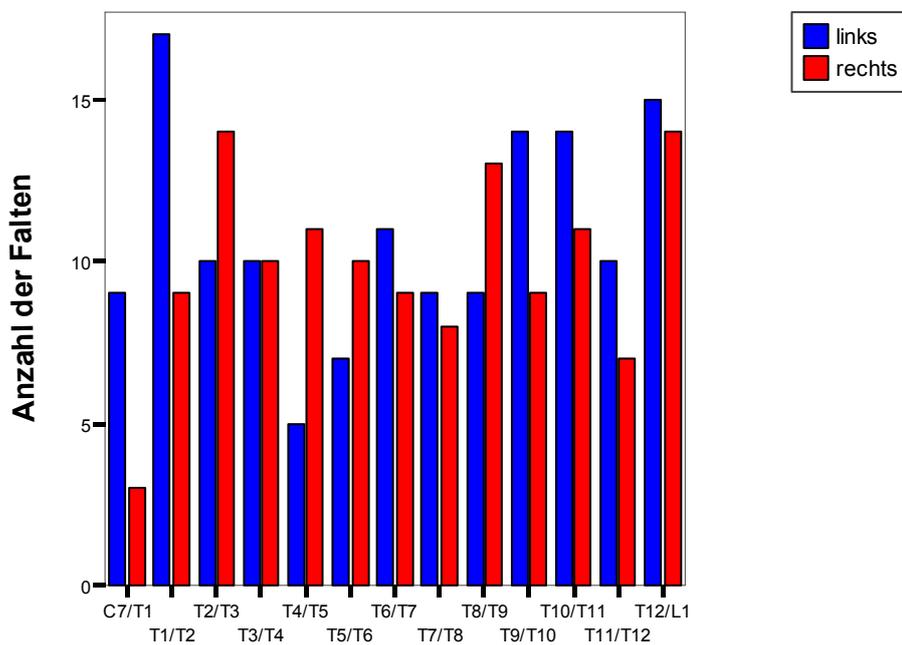


Abb. 5 Seitenverteilung in Korrelation zu den Segmenten

3.1.3. Klassifizierung der Gelenkfalten

Auf der Basis von Morphologie, Lage und histologischen Zusammensetzung (s.u.) werden die intraartikulären Strukturen von mir in drei Typen eingeteilt, die ich wie folgt bezeichne als:

- Typ 1: Faserreiche und fetthaltige Meniscoide
- Typ 2: Fettpolster
- Typ 3: Randständige Kapselverdickung

Von 183 Wirbelgelenken mit intraartikulären Strukturen weisen 170 Gelenke (92,9%) unabhängig von der Faltenanzahl nur einen Faltentyp und 13 Gelenke (7,1%) zwei Typen nebeneinander auf. In keinem Gelenk habe ich alle drei Typen zusammen vorgefunden.

3.1.3.1. Typ-1 Faserreiche und fetthaltige Meniscoide

Am eröffneten Gelenk (Abb. 6-11) sah ich Faltenbildungen unterschiedlicher Form und Größe, die teilweise weit auf die Gelenkfläche reichen. Diese Falten sind dünn, von derber Konsistenz und milchig bis transparent. Sie weisen eine dickere, periphere Basis, welche an die Gelenkkapsel befestigt ist, und ein dünnes, freies Ende (Spitze) auf, das sich unterschiedlich weit zwischen die Gelenkflächen und im Extremfall bis an den gegenüberliegenden Rand erstrecken kann. Gelegentlich ist das freie Ende der Falten unregelmäßig aufgefasert/-gefranst und/oder mit dem Gelenkknorpel verklebt, ohne dass bei letzterem eine eindeutige Korrelation zu Qualität des Knorpels besteht. Die Basis imponiert weicher als der Rest, was auf das Vorhandensein von Fettgewebe dort schließen lässt. Oft gibt es eine große, breitbasige Falte, deren Basis den ganzen kranialen oder kaudalen Gelenkumfang umspannt. Wenn man eine solche größere Falte anhebt, entdeckt man darunter vereinzelt noch ein bis zwei kleinere Falten von etwas zarterer Konsistenz. Anders als bei den Fettpolstern (s.u.) findet man in der Regel bei diesem Typ keine, höchstens nur kleine Recessus. Da diese Falten in ihrer Erscheinung den bekannten Menisci, z.B. des Kniegelenkes, ähneln, benenne ich sie als Meniscoide. In der weiteren Ausführung bezeichnen die verschiedenen Begriffe, wie Typ-1 Falte oder meniscoide Falte genau diesen Typ.

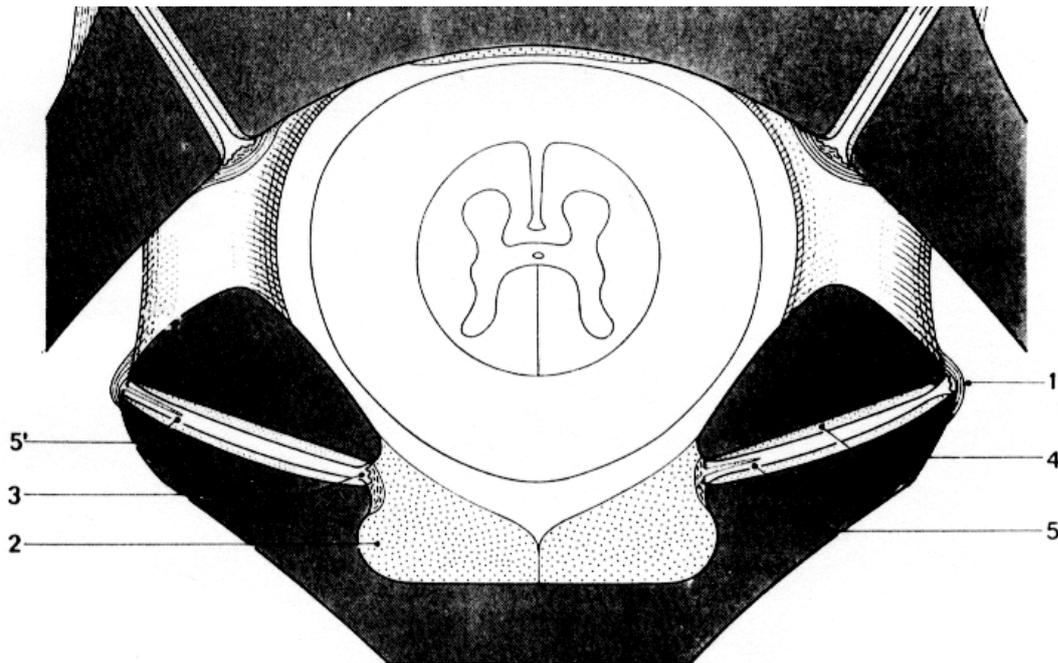


Abb.6 Schema eines Horizontalschnittes auf Höhe der mittleren Brustwirbelsäule durch die Zygapophysealgelenke. (1) Gelenkkapsel, (2) Ligamentum flavum, (3) Membrana synovialis der Gelenkkapsel, (4) hyaliner Gelenkknorpel, (5 und 5') Typ-1 Meniscope
(Quelle: Ley F, Arch Anat Histol Embryol 1974; 57(1): 61-114)

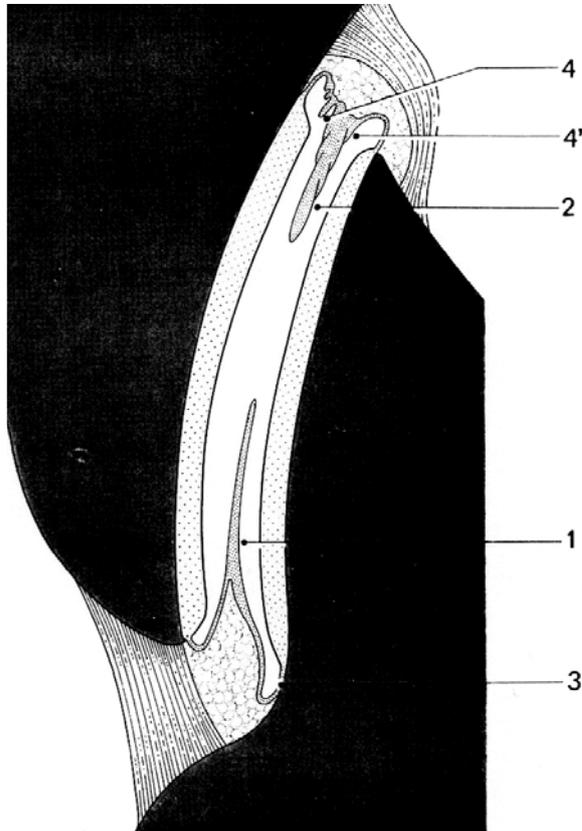


Abb.7 Morphologie und Topographie der Typ-1 Meniscope, schematisch an einem Sagittalschnitt durch ein Zygapophysealgelenk der mittleren BWS dargestellt
(1) Typ-1 Meniscoid, (2) modifizierter Typ-1 Meniscoid mit benachbarten kleineren (4,4') Falten, die Gelenkgrübchen ausfüllen, (3) Membrana synovialis
(Quelle: Ley F, Arch Anat Histol Embryol 1974; 57(1): 61-114)

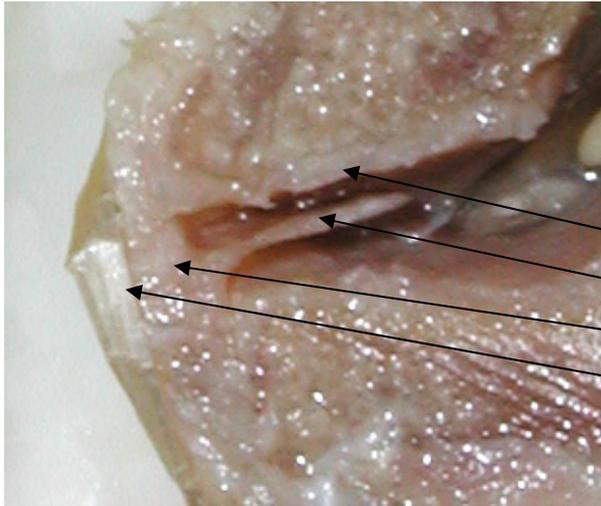


Abb.8 Horizontalschnitt durch linkes Zygapophysialgelenk auf Höhe T2/T3

(1) Gelenkfläche mit hyalinem Knorpel, (2) freies Ende eines Typ-1 Meniscoid, (3) Faltenbasis mit Membrana synovialis, (4) Gelenkkapsel

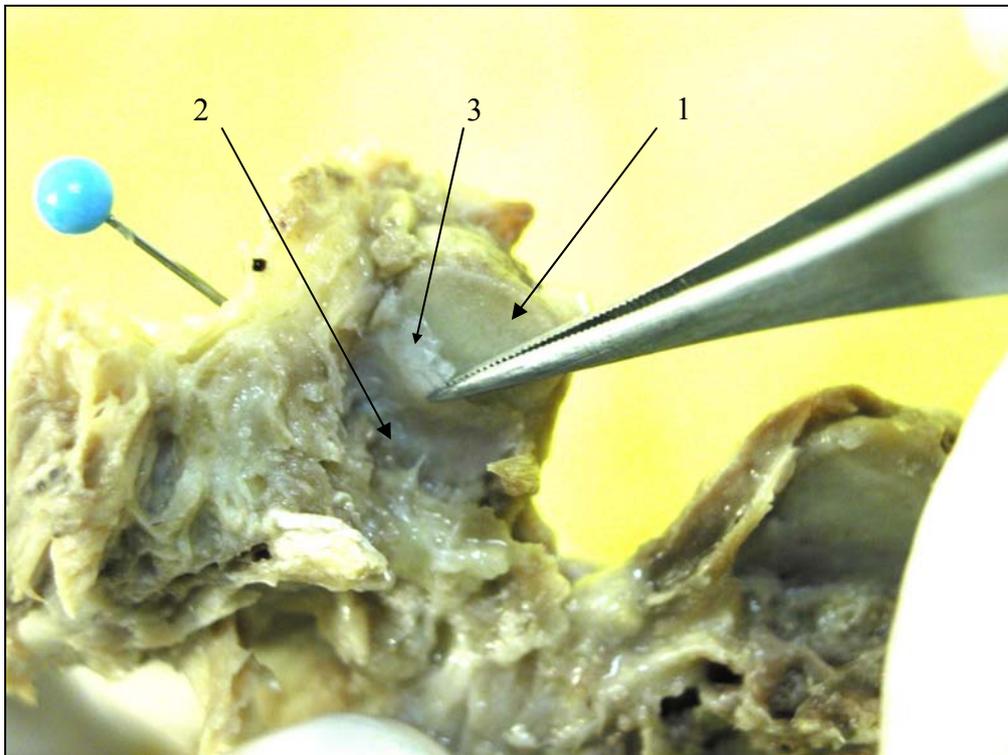


Abb.9 Blick von kranial auf 5mm langen, breitbasigen, kaudal gelegenen Typ-1 Meniscoid eines Proc. art. sup. T10 links

(1) Gelenkfläche des Proc. articularis sup., (2) Basis der Falte, (3) freies, gefranstes Ende der Falte in Gelenkmitte

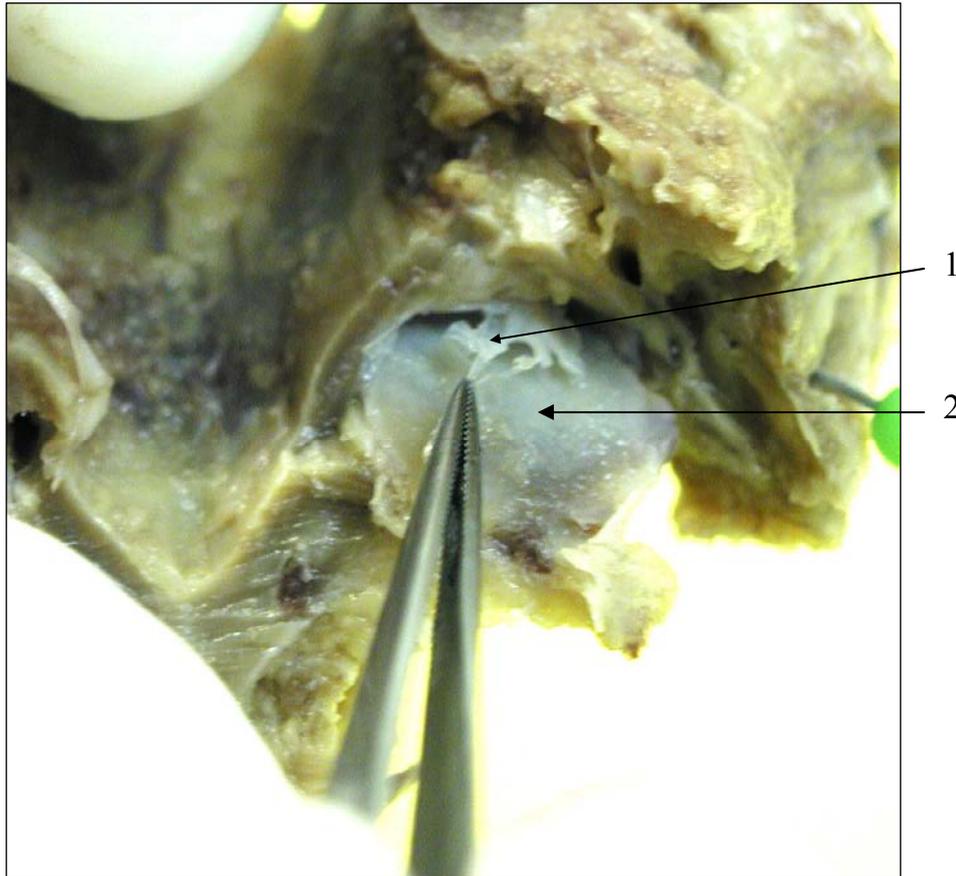


Abb.10 Blick von kaudal auf 3 mm lange, kranial gelegene Typ-1 Falte eines Wirbelgelenkes T2/T3 links
 (1) Typ-1 Meniscoid, am freien Ende flammenförmig zerfranst, (2) Gelenkfläche des Proc. articularis inf. mit Knorpelschaden



Abb.11 Typ-1 Meniscoid, mit anhängender Gelenkkapsel herausgeschnitten

(1) Kapsel mit breitbasiger Faltenbasis, (2) freies, dünnes, derbes, transparentes Faltenende

3.1.3.1.1. Zur Prävalenz

Insgesamt wurden von 297 untersuchten Gelenken in 151 (50,8%) ein oder mehrere (zusammen 221) Typ 1-Meniscoide (im Durchschnitt 0,74 Meniscoide/Gelenk) nachgewiesen, davon in 86 Gelenken (29,0%) alleinstehend, in 52 (17,5%) mit mindestens einem weiteren Meniscoid, in 12 (4,0%) mit mindestens einem Fettpolster und in einem Gelenk (0,3%) mit einer sog. Randständigen Kapselverdickung.

		Faltenanzahl			Gesamt
		Typ-1 Meniscoid	Typ-2 Fettpolster	Typ-3 Kapsel- verdickung	
Segment	C7/T1	12	0	0	12
	T1/T2	23	1	2	26
	T2/T3	23	1	0	24
	T3/T4	17	1	2	20
	T4/T5	14	1	1	16
	T5/T6	16	1	0	17
	T6/T7	18	2	0	20
	T7/T8	14	2	1	17
	T8/T9	20	1	1	22
	T9/T10	17	2	4	23
	T10/T11	19	5	1	25
	T11/T12	13	4	0	17
	T12/L1	15	14	0	29
Gesamt		221	35	12	268

Tab.5 Prävalenz der thorakalen Wirbelgelenkfalten nach Typ und Segment von insgesamt 297 ausgewerteten Gelenken (~23 Gelenke/Segment)

Die höchste Prävalenz der Typ-1 Falten liegt im Bereich T1-T3 (20,8% aller Typ-1 Falten), die niedrigste am zervikothorakalen und thorakolumbalen (T11-L1) Übergang (Tab.5).

Männliche Brustwirbelgelenke weisen im Durchschnitt 0,92 Typ-1-Meniscoide/Gelenk, weibliche hingegen 0,62 pro Gelenk auf.

Abb. 12 zeigt, dass die faserreichen und fetthaltigen Menseoide mit 82,5% den größten Anteil unter den drei Typen ausmachen.

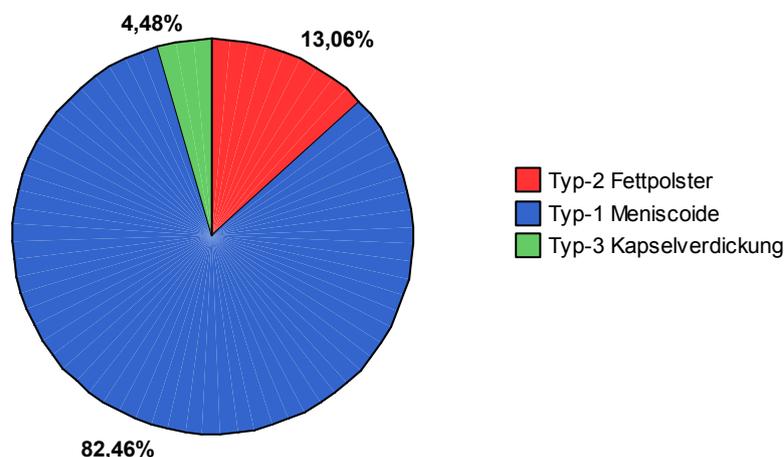


Abb.12 Anteile der Falzentypen an der Gesamtmenge

3.1.3.1.2. Zur Lokalisation im Gelenk

Die Menseoide sind am häufigsten im kaudalen Gelenkbereich lokalisiert, gefolgt vom kaudo-lateralen, kranialen und kaudo-medialen, wie Abb. 13 es schematisch an einer repräsentativen Gelenkfläche darstellt. Subsummiert man den kranialen, den kranio-medialen und kranio-lateralen Sektor zusammen unter einen kranialen Aspekt, so nehmen 27,1% der Menseoide dort ihren Ursprung, analog dazu sind 59,3% im kaudalen Aspekt lokalisiert. In den einzelnen Segmenten bleibt diese Verteilung auch annähernd konstant, somit ergibt sich kein Hinweis auf Lageänderungen in kranialer oder kaudaler Richtung.

Wie Abb. 14 zeigt, sind viele Falten vorwiegend breitbasig, so dass ihre Basis sich oftmals über mehrere Ursprungssektoren erstreckt. Zur Lokalisationsanalyse wird dann jedoch nur der zentrale Basisteil herangezogen.

Wird die Seitenlokalisation miteinbezogen, so sind von 116 linken Falten 26,7% im kranialen und 64,7% im kaudalen Gelenkbereich vorhanden. Auf der rechten

Seite befinden sich von 105 Falten 27,6% im kranialen und 53,3% im kaudalen Gelenkbereich, so dass hier bei einer max. prozentualen Abweichung von 6% zum Gesamtwert des kaudalen Aspektes kein Seitenschwerpunkt erkennbar ist.

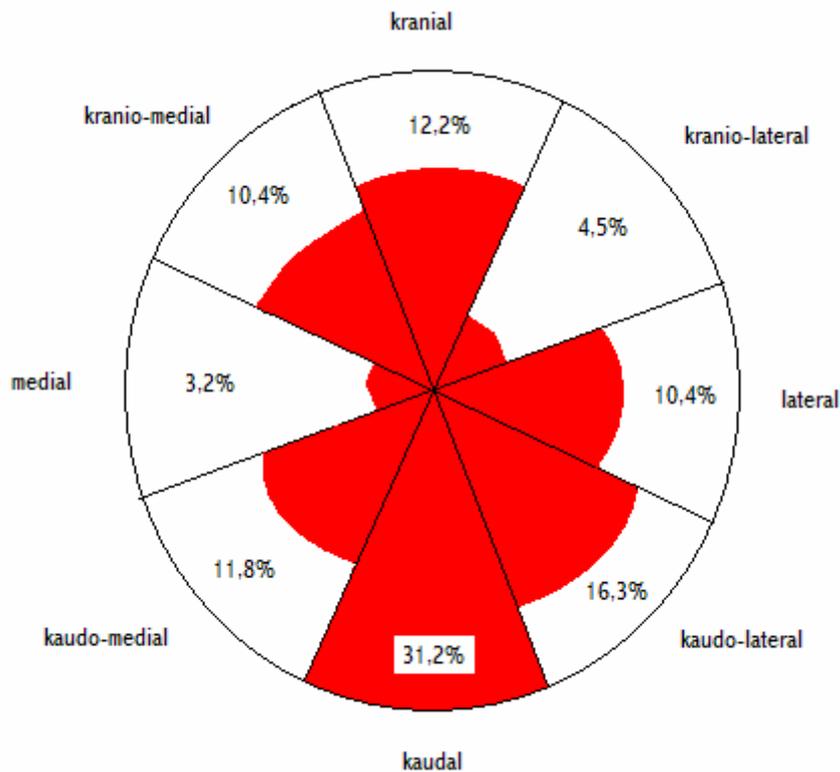


Abb. 13 Lokalisationshäufigkeiten der Typ-1 Falten innerhalb der Facettengelenke

Von 151 Gelenken, die Typ-1 Meniscoide aufweisen, beinhalten 65,6% eine Falte, die oft am kaudalen oder kranialen Gelenkpol liegt (Abb. 13), und 34,4% mindestens zwei Meniscoide, die sich gewöhnlich an beiden Polen befinden und sich so gegenüberstehen. Eine dritte meniscoide Falte besetzt dann oft den lateralen, weniger den medialen Gelenkbereich.

3.1.3.1.3. Zur Form

Die Faltenform der Meniscoide ist häufig (Abb.14) vorwiegend breitbasig und polymorph, knapp gefolgt von einer dreieckigen und rechtwinkligen Form. Weniger häufig kann man ein zungen-, ein sichel- und am wenigsten ein blattförmiges Aussehen erkennen.

Bei weiterer Aufgliederung nach Geschlecht und Seite ist keine Präferenz objektivierbar.

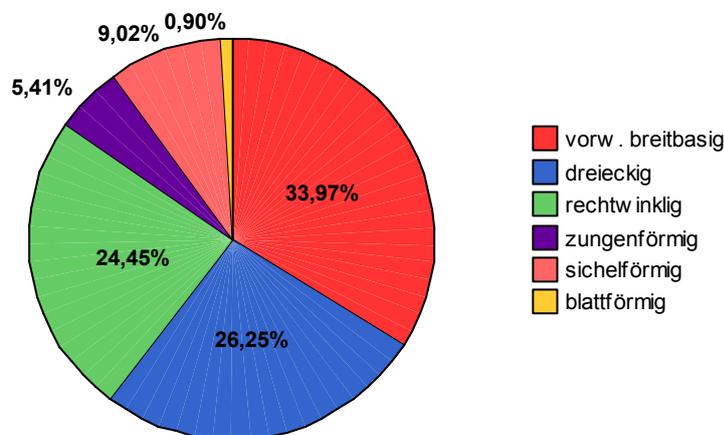


Abb.14 Häufigkeiten einzelner Formen der Typ-1 Falten

3.1.3.1.4. Zur Faltenlänge

Die Länge von insgesamt gültig gemessenen 215 Typ-1 Falten, gemessen von der Basis, die an die Kapsel gebunden ist, in zentripetaler Richtung zum freien Ende der Falte zwischen den Gelenkflächen, liegt zwischen 2 und 9 mm.

Der arithmetische Mittelwert liegt bei $2,99 \text{ mm} \pm 1,07$ (Standardabweichung), der Median bei 3,0 mm.

Folgendes Histogramm (Abb.15) mit Normalverteilungskurve stellt die Anzahl der Falten, unterteilt nach Länge, dar. Es wird deutlich, dass ca. 75% der Falten

eine Länge zwischen 2-3 mm, und 90% zwischen 2-4 mm aufweisen. Daneben bedingen einzelne Ausreißer die hohe Spannweite von 7 mm.

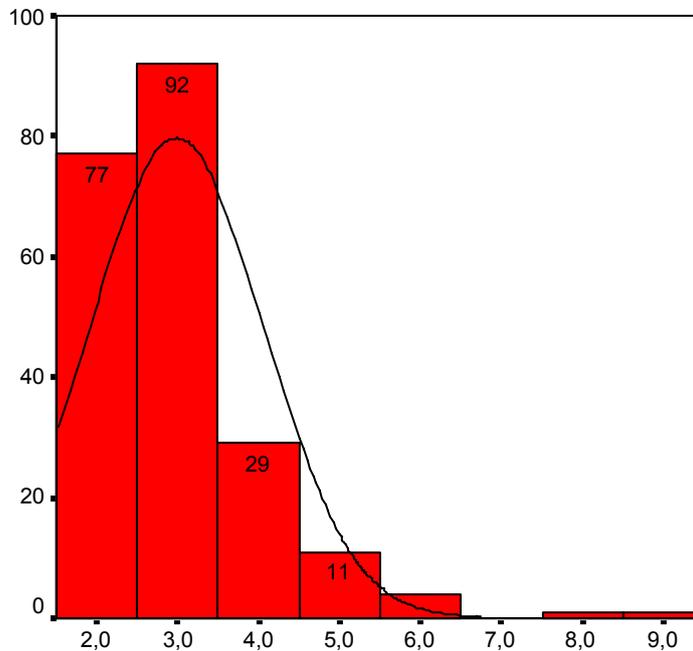


Abb.15 Anzahl der Typ-1 Falten unterteilt nach Länge

Der Kolmogorov-Test auf Normalverteilung (Tab.6) weist durch die niedrige Signifikanz, die kleiner als 0,05 ist, welcher Wert die Grenze für Signifikanz darstellt, nach, dass dieses Histogramm normalverteilt ist.

	Kolmogorov-Smirnov(a)		
	Statistik	df	Signifikanz
Länge der Falten	,281	215	,000

a Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Tab.6 Test auf Normalverteilung der Abb.9

Um Unterschiede in der Verteilung nach dem Geschlecht zu erkennen, wähle ich im Folgenden den Boxplot aus. Die fette, horizontale Linie ist der Median. Der

Interquartilsabstand ist als Kasten dargestellt, von dem aus Linien bis zum Minimum und Maximum gezogen sind, allerdings nur bis zum 1,5-fachen des Interquartilsabstand. Extrempunkte werden als Kreise und Ausreißer als Sterne angezeigt.

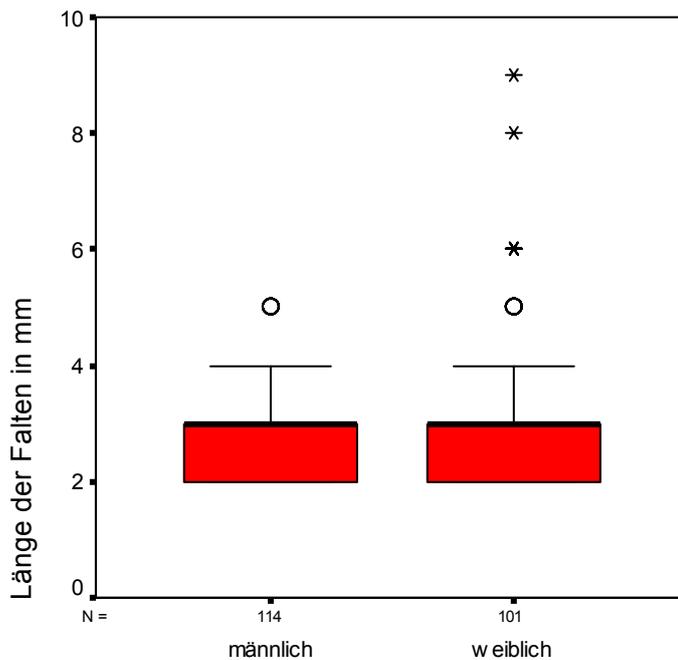


Abb. 16 Vergleich der Faltenlängen nach Geschlecht im Boxplot

Es wird deutlich, dass die Längenverteilung in beiden Geschlechtern annähernd identisch ist. Auffällig sind lediglich 6 Ausreißer mit Längen von 6 (4-mal), 8 und 9 mm beim weiblichen Geschlecht, von denen 2 im Segment T5/T6 und die restlichen in den Segmenten T10-L1 liegen.

Hinsichtlich der Seitenlokalisation ist keine Bevorzugung ersichtlich.

Die längeren Falten weisen gewöhnlich Formen wie zungenförmig, dreieckig, rechteckig oder blattförmig, die kürzeren dagegen breitbasig und sichelförmig auf.

In der oberen BWS zeigen die Falten im Durchschnitt eine Länge von ca. 3 mm auf. Die kürzesten Längen befinden sich im Segment T7/T8 mit im Mittel 2,14

mm. Von dort in kaudaler Richtung nimmt der Mittelwert bis zum Segment T11/T12 mit bis zu 4,18 mm stetig zu (Abb.17).

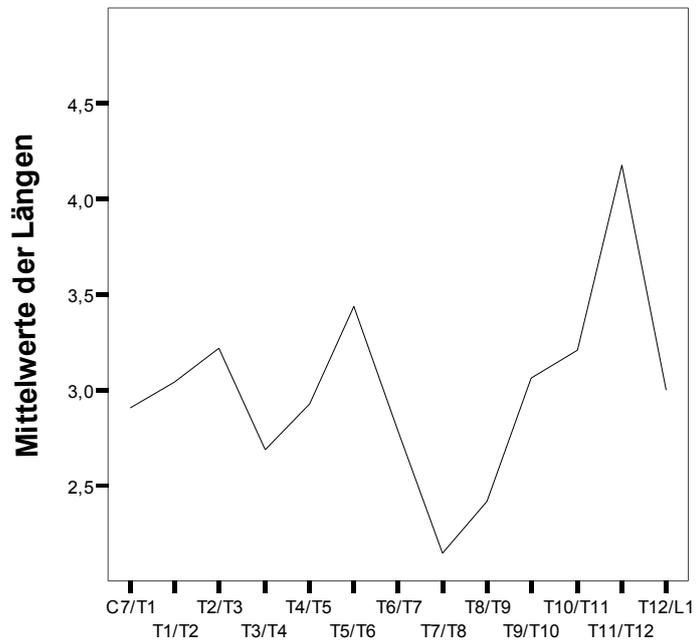


Abb.17 Mittelwerte der Typ-1 Faltenlängen in Abh. zum Segment

3.1.3.2. Typ-2 Fettpolster

Vorab beschreibe ich die Präparation am Z-Gelenk T10/T11 links des Körperspenders Nr. 12, welches schließlich ein typisches Fettpolster mit seinen Eigenschaften darbietet.

Nach Abtrennung der Wirbelkörper am Pediculus und vor Abtragung des epiduralen Fettgewebes fielen mir in der dorsalen Wirbelkanalrinne Fettgewebsstränge auf, die sich über der medialen Gelenkkapsel, respektive Lig. flavum, befanden. Die weitere lokale Präparation zeigte, dass sich einer der Stränge durch einen kleinen Schlitz in der Gelenkkapsel/Lig. flavum ins Gelenkinnere fortsetzte. Durch vorsichtiges Zupfen konnte man die Fettstruktur ein wenig durch die Öffnung herausziehen. Das Gelenk wurde dann unter Erhaltung des Fettstranges in oben beschriebener typischer Weise eröffnet. Man konnte nun eine große, weiche Falte sehen, die sich von kranial medial kommend in einen großen Recessus am kranialen Gelenkpol legte. Diese Falte war die direkte Fortsetzung jenes beschriebenen Fettstranges.

Insgesamt konnte man etwa bei der Hälfte der vorhandenen Fettpolster mit einer kleinen Metallsonde eine derartige Öffnung in der Gelenkkapsel nachweisen, die restlichen füllten ansonsten die Recessus aus ohne Hinweise auf eine extrakapsuläre Fortsetzung. Details zu diesem Gegenstand folgen weiter unten.

Die Fettpolster (Abb.18-21) finden sich in unterschiedlichen Ausprägungen. Ihr Ursprung liegt entweder als Fettgewebsstrang im periartikulären Fettgewebe (s.o), der sich mit einem Faltenstiel durch eine kleine, sondierbare Öffnung in der Gelenkkapsel nach intraartikulär stülpt, oder innerhalb des Gelenkes mit Befestigung an der Kapsel. Liegt ein Faltenstiel vor, dann breitet er sich im Gelenk als Faltenkörper fächerförmig aus. Der Faltenkörper imponiert als dicke, weiche Struktur, der zum Gelenkinneren hin dünner wird. Aufgrund der makroskopischen Erscheinung („wie weiche Kissen“) und folgender histologischer Untersuchung (s.u.) bezeichne ich jene Gebilde als Fettpolster.

Die Falten sind von (rot-)brauner oder gelber Farbe, und sind von einer dünnen, glänzenden Schicht überzogen. Gelegentlich sah ich auf der Oberfläche auch kleine Blutgefäße. Wie beschrieben, füllen sie die Gelenkrecessus, die die Gelenkkapsel vorwiegend am kranialen und kaudalen Pol tiefer gelegener Gelenke bildet, aus und passen sich in ihrer Form und Ausdehnung den

Ausmaßen der Recessus an. Daneben fand ich sie auch in randständigen Gelenkbuchten, hervorgerufen durch eine Gelenkknorpellücke. Sie selber reichen nicht, anders als die Meniscoide, bis auf die Gelenkflächen. Oft geht von der Spitze des Fettpolsters ein dünner, weiß bis transparenter, unregelmäßig geformter Fortsatz ab, der dann bis weit auf die Gelenkflächen reichen kann. Diese Ausläufer erscheinen derb und am Ende ausgefranst und gleichen somit makroskopisch den Typ-1 Meniscoiden. Ihre freien Enden sind gelegentlich an dem Gelenkknorpel adhären, können jedoch leicht gelöst werden. Ohne die Ausläufer erscheinen die Fettpolster zum Gelenkrand hin meist abgerundet.

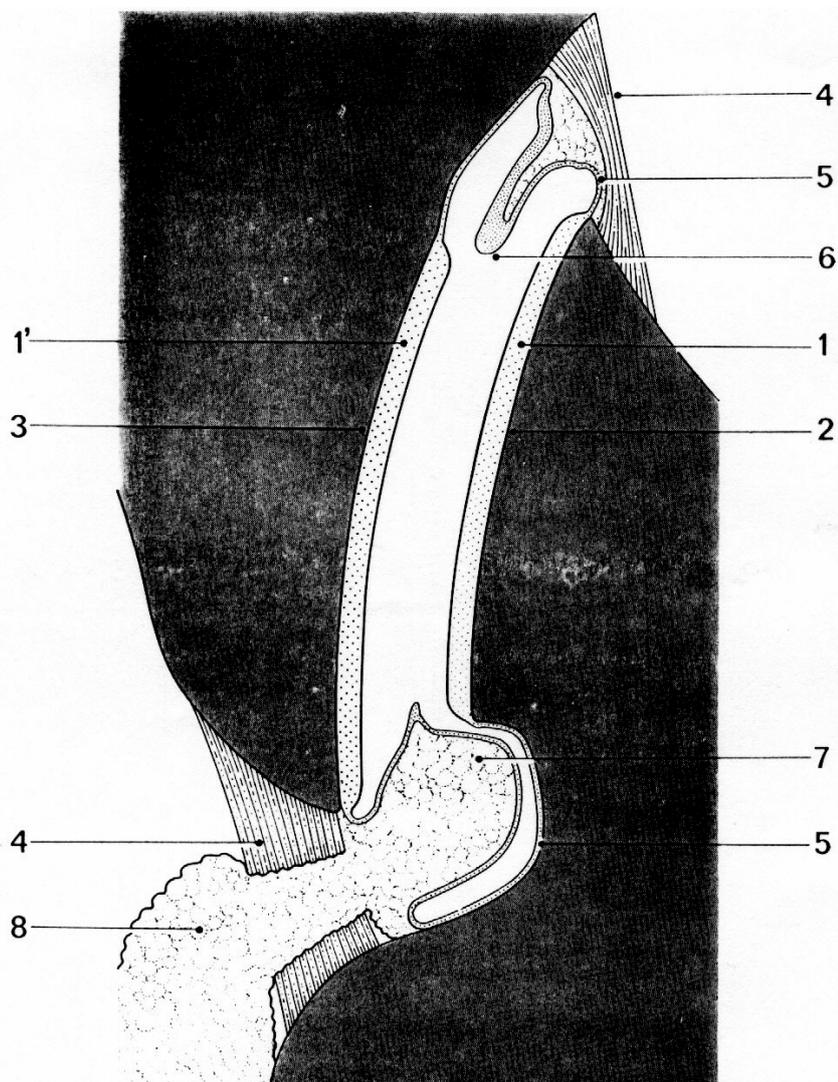


Abb.18

Morphologie und Topographie der Typ-2 Falte, schematisch an einem Sagittalschnitt dargestellt
 (1,1') hyaliner Gelenkknorpel, Proc. art. sup. (2) und inf. (3)
 (4) Gelenkkapsel,
 (5) Membrana synovialis,
 (6) kleineres Fettpolster, befestigt an der Kapsel,
 (7) größeres Fettpolster, das eine Gelenkbucht/Recessus ausfüllt, mit
 (8) Fettgewebsstrang, der durch eine Öffnung in der Gelenkkapsel führt

(Quelle: Ley F, Arch Anat Histol Embryol 1974; 57(1): 61-114)

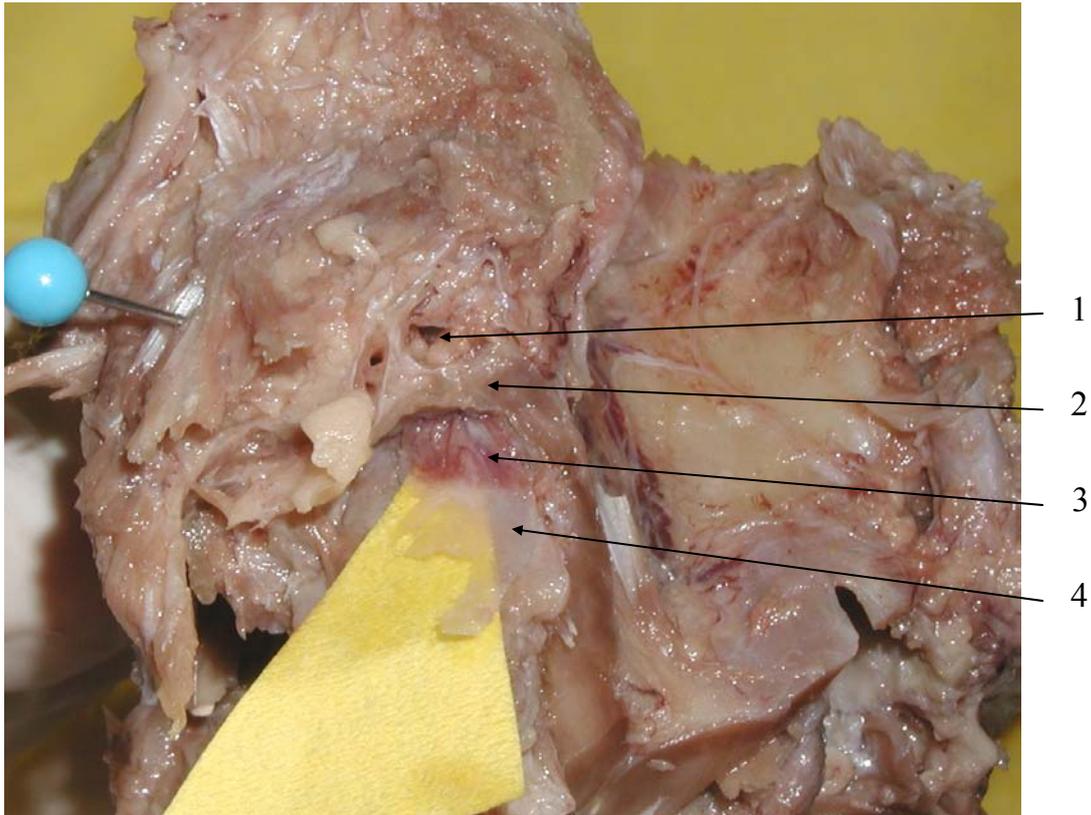


Abb.19 Fettpolster im kranialen Recessus von T12/L1 rechts, Ansicht auf rechten Proc. art. inf. von schräg ventral
 (1) Faltenstiel, der weiter kranial durch die Gelenkkapsel führt, (2) durchtrenntes Lig. flavum, (3) Faltenkörper, leicht herausgezogen mit Blutgefäßen durchzogen, unter ihm Recessus kranialis, (4) dünner, transparenter Faltenfortsatz

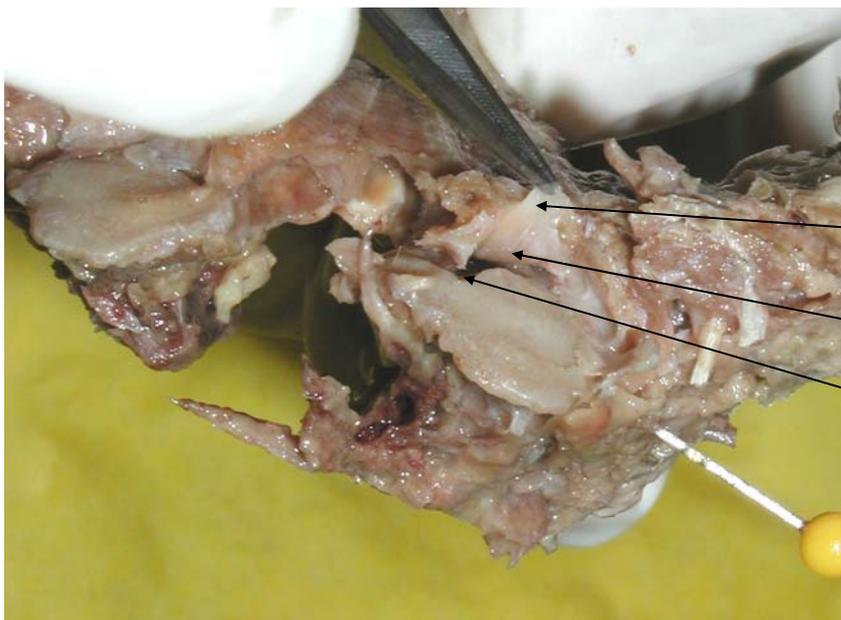
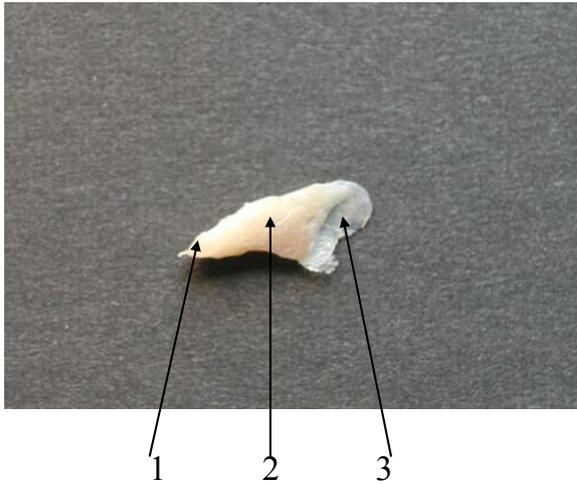


Abb.20
 Fettpolster im kaudomedialen Recessus von T7/T8 links, Ansicht auf Proc. art. sup. von kranial-ventral

- (1) dünner, derber Faltenfortsatz
- (2) Faltenkörper, der den Recessus ausfüllt
- (3) Gelenkbucht, darüber in analoger Form Faltenanteil

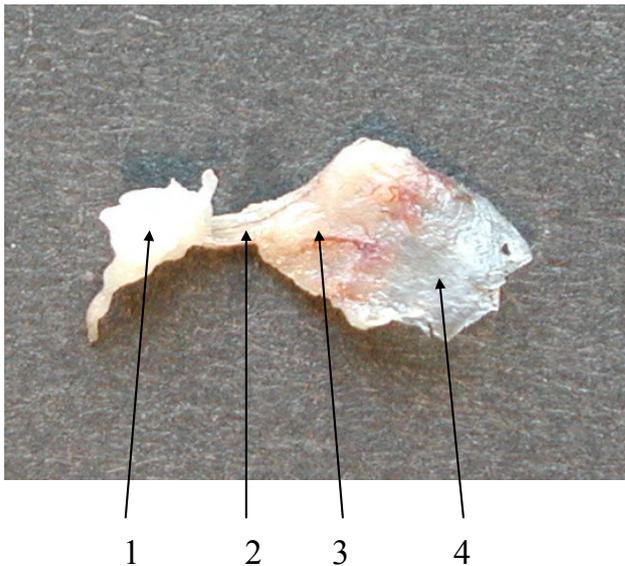
**Abb.21**

Exzidiertes Fettpolster

(1) Basis, vor Exzision befestigt an der Gelenkkapsel

(2) Faltenkörper

(3) kleiner Faltenausläufer

**Abb.22**

Exzidiertes Fettpolster

(1) Basis, vor Exzision in Verbindung mit peri-artikulärem Fettgewebe

(2) Faltenstiel

(3) Faltenkörper

(4) Faltenausläufer

3.1.3.2.1. Zur Prävalenz und Lokalisation

Die Typ-2 Fettpolster machen mit etwa 13% aller Falten mit großem Abstand hinter den Meniscoiden den zweitgrößten Anteil aus (Abb.12, s.o.).

Insgesamt wurden in 32 (10,8%) von 297 untersuchten Gelenken 35 Typ-2 Falten (Fettpolster) nachgewiesen, in 17 alleinstehend, in 3 mit einem weiteren Fettpolster, das sich am gegenüberliegenden Pol befand, und in 12 Gelenken mit mind. einem Meniscoid.

Unterteilt auf die BWS-Segmente nimmt die Prävalenz in kaudaler Richtung zu (Tab.5, s.o.). So findet man sie vereinzelt in der oberen BWS bis einschließlich T9/T10. Ihre Anzahl steigt dann in den letzten drei, vor allem am thorakolumbalen Übergang, sprunghaft an, d.h. 65,7% aller Fettpolster befinden sich zwischen T10-L1 und 40% allein im Segment T12/L1.

Auffällig ist die Verteilung nach dem Geschlecht. Beim weiblichen wurden 22 (62,8%) Fettpolster und beim männlichen 13 (37,2%) gefunden. Trotz einem Anteil von 58,2% der weiblichen Gelenke an der Gesamtzahl, ist hier eine geringe Bevorzugung beim weiblichen Geschlecht zu erkennen.

Mit 19 (54,3%) linken und 16 (45,7%) rechten Falten ist hinsichtlich der Seitenlokalisierung keine eindeutige Präferenz objektivierbar.



Abb.23

Wie oben beschrieben, füllen die Fettpolster die kranialen oder kaudalen Recessus aus. Der kaudale ist mit 24 Falten (68%) mehr als doppelt so viel wie der kraniale besetzt (Abb.23). Übrige 2 Fettpolster (5,7%) sah ich am lateralen Gelenkrand, wo sie eine Knorpellücke ausfüllten.

Von 68,7% im kaudalen Rec. lagen 54,3% eher kaudo-medial und 14,4% kaudal. Analog zeigt die weitere Differenzierung für den kranialen Recessus 8,6% der Falten im kraneo-

medialen, 11,4% im kranialen und 5,7% der Falten im kranio-lateralen Bereich.

Bei 16 (45,7%) von 35 Fettpolstern konnte ich nach Gelenkeröffnung mit einer winzigen Metallsonde eine kleine Öffnung, durch die sich die Falte nach extrakapsulär fortsetzt, ausmachen.

Typ-2 Falten	Lage im Gelenk						Gesamt
	kranial	kranio -medial	kranio -lateral	lateral	kaudal	kaudo -medial	
über Öffnung nach extrakapsulär	2 12,5%	2 12,5%	1 6,3%	0 0,0%	1 6,3%	10 62,5%	16 100,0%
keine transkapsuläre Verbindung	2 10,5%	1 5,3%	1 5,3%	2 10,5%	4 21,1%	9 47,4%	19 100,0%

Tab.7

Auch ihre Lageverteilung im Gelenk (Tab.7), subsummiert man die Unterteilungen in einen kranialen und einen kaudalen Aspekt, entspricht annähernd der allgemeinen (Abb.23), welche folglich auch für die Falten ohne Verbindung nach extrakapsulär gilt.

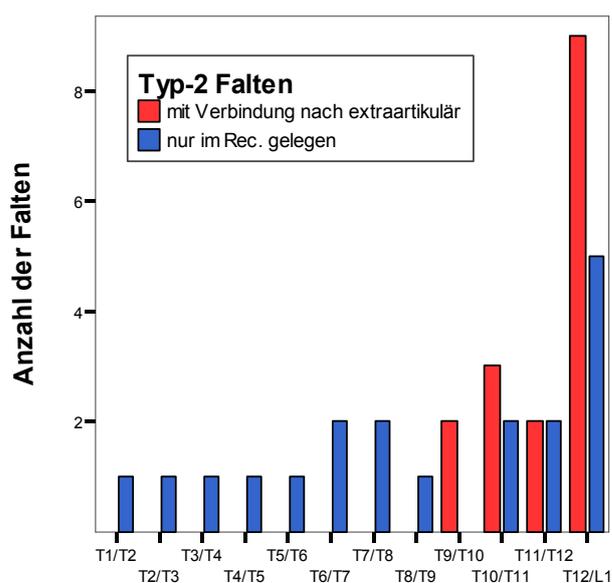


Abb.24

Abb.24 gibt die Verteilung auf die einzelnen Segmente nach jenem Kriterium an. Interessant ist, dass die Falten mit transkapsulärem Fortsatz erst ab T9/T10 in kaudaler Richtung mit Schwerpunkt T12/L1 auftreten.

3.1.3.2.2. Zur Form und Länge

Die Typ-2 Faltenform ist sehr variabel, da die Fettpolster sich den Ausmaßen der Recessus anpassen, die sie ausfüllen. Typischerweise (Abb.21) liegt eine dreieckige Form vor mit einem langgezogenen Faltenhals, der in der Tiefe der Recessus zu finden ist. Besonders im kaudalen BWS-Bereich konnten derartige Formen gesehen werden.

Die Ausmaße der Polster liegen, an wenigen Stichproben gemessen, in der Länge zwischen 4-8 mm und Dicke zwischen 1-2 mm.

Bei 20 (57,1%) von 35 Fettpolstern konnte man die schon oben beschriebenen dünnen, transparenten, meniscoiden Gelenkfortsätze beobachten, die vom Faltenkörper abgehen und teils weit zwischen die Gelenkflächen reichen. Ihre Formen ähneln den Typ-1 Meniscoiden, jedoch sind diesmal die blattförmige, rechtwinklige und breitbasige Formen die zahlreichsten (Tab.8).

	Form der Ausläufer von Typ-2 Falten						Gesamt
	vorw. breitbasig	dreieckig	rechtwinklig	zungenförmig	sichel-förmig	blattförmig	
Anzahl	25%	15%	25%	10%	10%	20%	100%

Tab.8

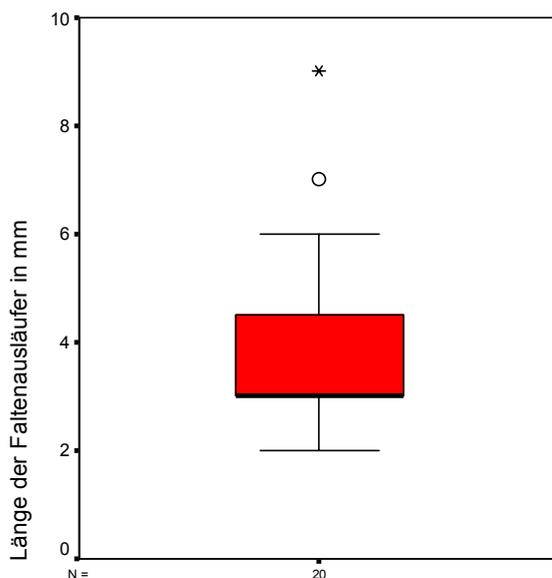


Abb.25

Die Längen der sog. Faltenausläufer, gemessen vom Gelenkrand bis zum freien Ende in mm, sind grafisch als Boxplot dargestellt. Der Mittelwert liegt bei 4,05 mm, der Median bei 3,0 mm. Der Interquartilabstand beträgt 1,75, was in diesem Fall bedeutet, dass 50% der Längen zwischen 3 und 4,75 mm liegen. Die längsten Fortsätze wurden mit 7 und 9 mm gemessen. Im Vergleich zu den

Typ-1 Meniscoiden (Abb.16) erkennt man, dass die Typ-2-Ausläufer im Mittel etwa 1 mm länger sind.

Anzahl	Lage Typ-2 Falte mit Ausläufern			Gesamt
	kranial	lateral	kaudal	
Länge der Ausläufer in mm	2	0	0	1
3	1	1	8	10
4	3	1	0	4
5	1	0	0	1
6	1	0	1	2
7	1	0	0	1
9	1	0	0	1
Gesamt	8	2	10	20

Tab.9

Setzt man die Ausläuferlänge nun mit der Lage des Fettpolsters im Gelenk in Korrelation (Tab.9), so zeigt sich eindeutig, dass die Fettfalten mit längeren Fortsätzen (4-9 mm) vornehmlich in kranialen und diejenigen mit kürzeren Ausläufern (2-3 mm) in den kaudalen Recessus liegen.

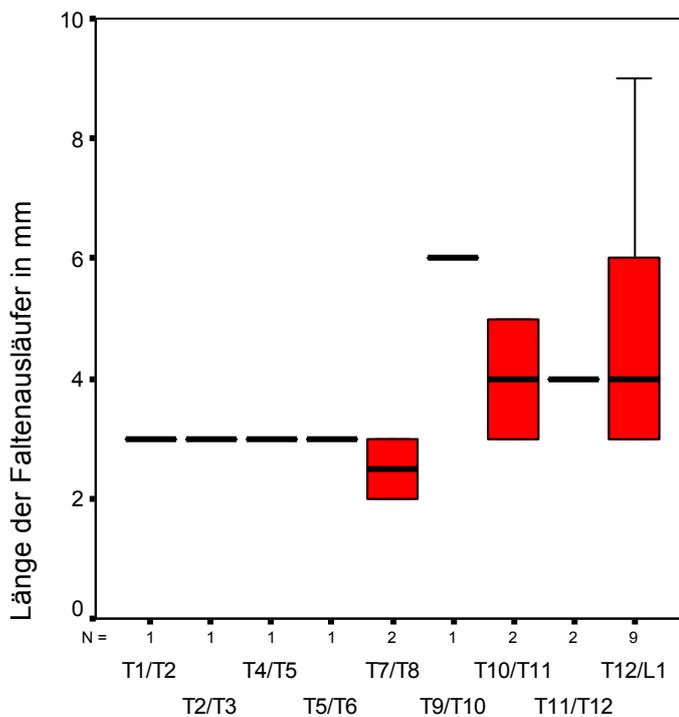


Abb.26

Aus dem linksstehenden Boxplot wird ersichtlich, dass neben einem Anstieg der Anzahl auch die Länge der Ausläufer in kaudaler Richtung zunimmt. So werden Längen zwischen 5-9 mm erstmals ab T9/T10 und kaudal davon dokumentiert.

3.1.3.3. Typ-3 Randständige Kapselverdickung

An einigen wenigen eröffneten Gelenken fiel mir auf, dass die Innenseite der Gelenkkapsel auf Höhe des einstigen Gelenkspaltes streckenweise wulstig oder keilförmig, mit der Spitze in Richtung der Gelenkflächen, verändert war (Abb.27-29). Es erscheint, als wäre die Kapsel in diesen Abschnitten verdickt. Diese Struktur unterscheidet sich von den bisher genannten Typen, da sie nicht zwischen die Gelenkflächen ragt, keine transparenten Ausläufer entsendet und auch keine Recessus ausfüllt. Trotz ihrer makroskopisch eher unscheinbaren und übersehbaren Erscheinung entschied ich mich, jene Gebilde als Randständige (am Gelenkrand gelegen) Kapselverdickungen zu bezeichnen.

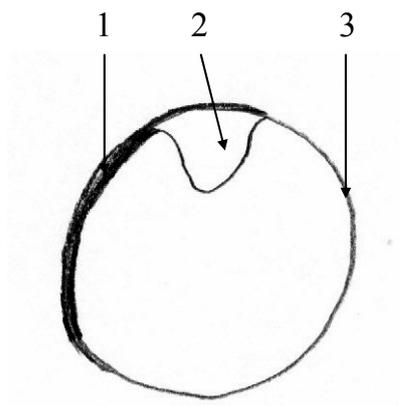
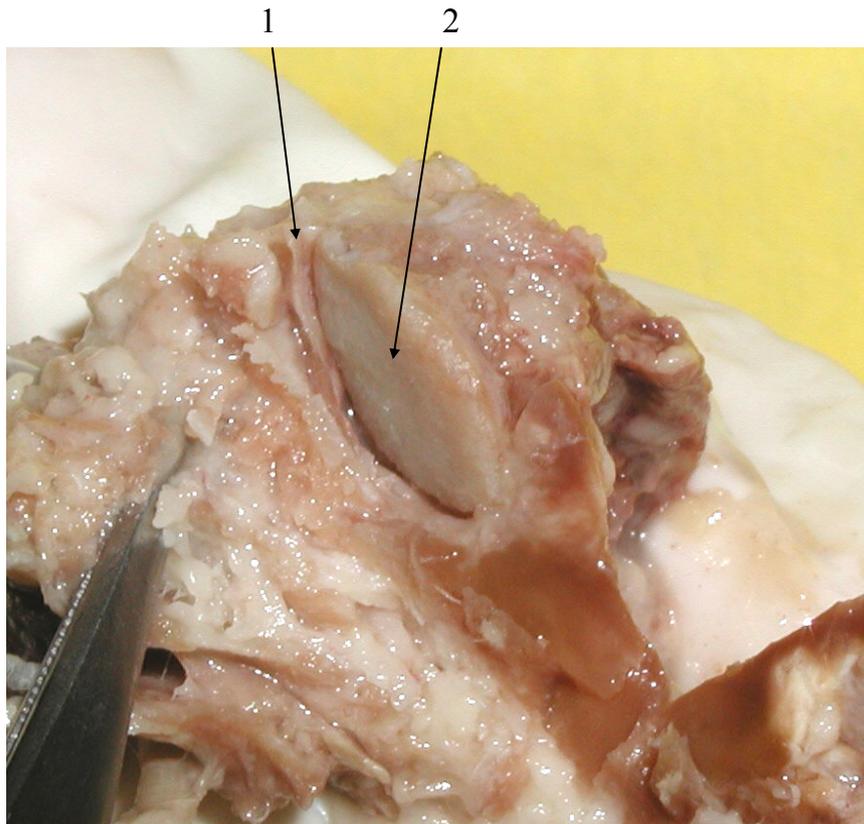


Abb.27

Skizze einer thorakalen Gelenkfläche mit
(1) Randständige Kapselverdickung
(2) im Übergang zu einem Typ-1 Meniscoid
(1-mal beobachtet)
(3) gewöhnliche Kapsel

**Abb.28**

Proc. art. sup. T9 links, Ansicht von kranio-dorsal

(1) Randständige Kapselverdickung

(2) Gelenkfläche

Die Typ-3 Falten machen mit nur 4,5% den kleinsten Anteil der beschriebenen Typen aus (Abb.12).

In 297 Gelenken konnte ich 12 Kapselverdickungen in 12 (4,0%) Gelenken nachweisen, 11 von ihnen alleinstehend und eine zusammen mit einem Meniscoid (T9/T10 rechts). Diese Anzahl konnte ich sicher nachweisen, es ist jedoch möglich, dass durch die Präparation wie auch ihrer leicht übersehbaren Morphologie nicht alle Typ-3 Falten erfasst wurden und die tatsächliche Anzahl somit eventuell höher ausfällt.

Die Verteilung innerhalb der BWS ist irregulär, wie Tab.5 (s.o.) zeigt.

Es wurden doppelt so viele Falten beim weiblichen als beim männlichen Geschlecht gefunden. Jedoch stelle ich die Signifikanz dieser Feststellung

aufgrund der geringen Faltenanzahl und der Überzahl an weiblichen Gelenken in Frage.

Die Typ-3 Falten nehmen eine unterschiedliche Länge an Kapselumfang ein, häufig sind es zwischen 20%-40% des Gesamtumfanges. Allen gemeinsam ist die Breite von ungefähr 1-2 mm. Falten, die breiter als 2 mm waren, zählte ich dann zu breitbasigen Typ-1 Meniscoiden.

In jedem Abschnitt/Sektor des gesamten Gelenkumfanges war zumindest ein Anteil der Verdickungen nachweisbar. Insgesamt ist trotz einer Häufung von 5 (41,7%) Typ-3 Falten in den Bereichen kaudal und kaudo-lateral kein eindeutiger Lokalisationsschwerpunkt auszumachen.

3.1.3.4. Übersicht aller Faltentypen

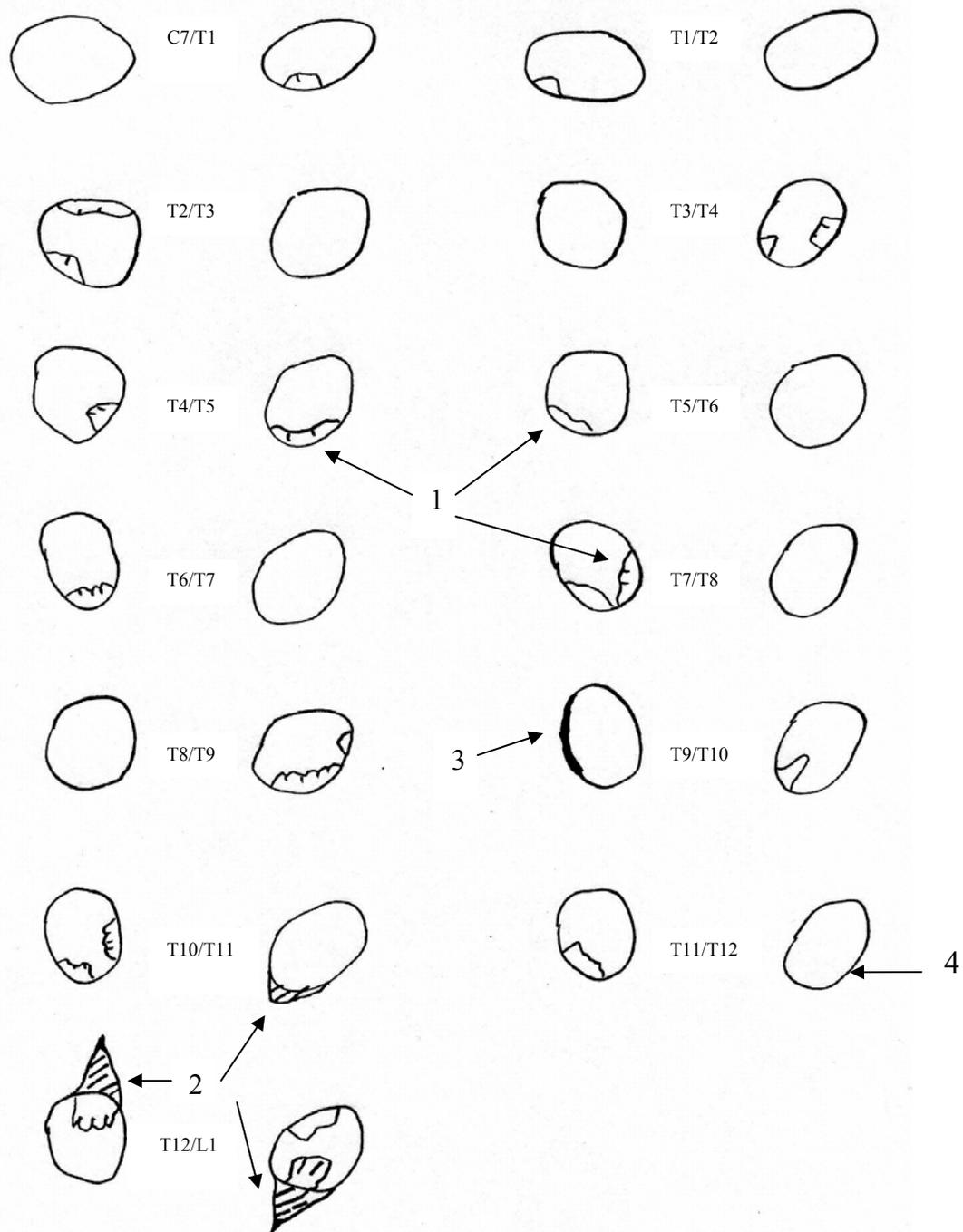


Abb.29

Repräsentative Darstellung der Gelenkfalten mit typischer Verteilung und Merkmale, links und rechts

- (1) Typ-1 Menischoide, z.T. am Ende ausgefranst
- (2) Typ-2 Fettpolster, in Recessus gelegen, in T12/L1 bds mit Faltenstiel und Faltenausläufer auf die Gelenkfläche
- (3) Typ-3 Rändliche Kapselverdickung
- (4) Gelenkfläche ohne Falte

3.1.4. Beobachtungen zum Gelenkknorpel

3.1.4.1. Allgemeines

Bei der Dokumentation wurde auch die makroskopische Erscheinung des Gelenkknorpels in 3 Kategorien (s. Methode) eingeteilt. Insgesamt konnten 289 Gelenke (97,3%) hiernach ausgewertet werden.

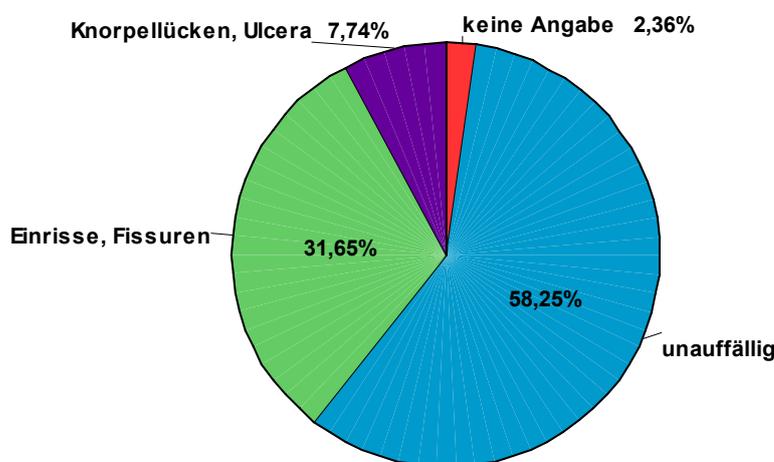


Abb.30 Häufigkeiten der Gelenkknorpelbeschaffenheit

In der Mehrheit (Abb.30) zeigte der Gelenkknorpel eine normale, unauffällige Oberfläche und Randstruktur. Bei etwa 32% der Gelenke konnte ich Einrisse/Fissuren auf der Oberfläche mit z.T. auch geringen Unebenheiten des Knorpelrandes. Ein kleiner Anteil (~8%) wies schwere, osteochondrale Degenerationen im Sinne von Ulcera, Knorpellücken oder –ausbuchtungen auf.

Auch bei Differenzierung nach Seite und Geschlecht ergibt die Verteilung bei nur leichtgradigen Abweichungen tendenziell obiges Bild.

Aus Abb.31 wird deutlich, dass Gelenke mit schwerem Knorpelschaden häufiger in der kaudalen BWS auftreten, allein 14 Gelenke zwischen T9-L1 gegen 10 zwischen C7-T9. Gelenke mit nur leichtem Knorpelschaden finden sich durchgehend mit einem geringen Schwerpunkt zwischen T1-T4 und die mit unauffälliger Oberfläche vor allem in der mittleren BWS.

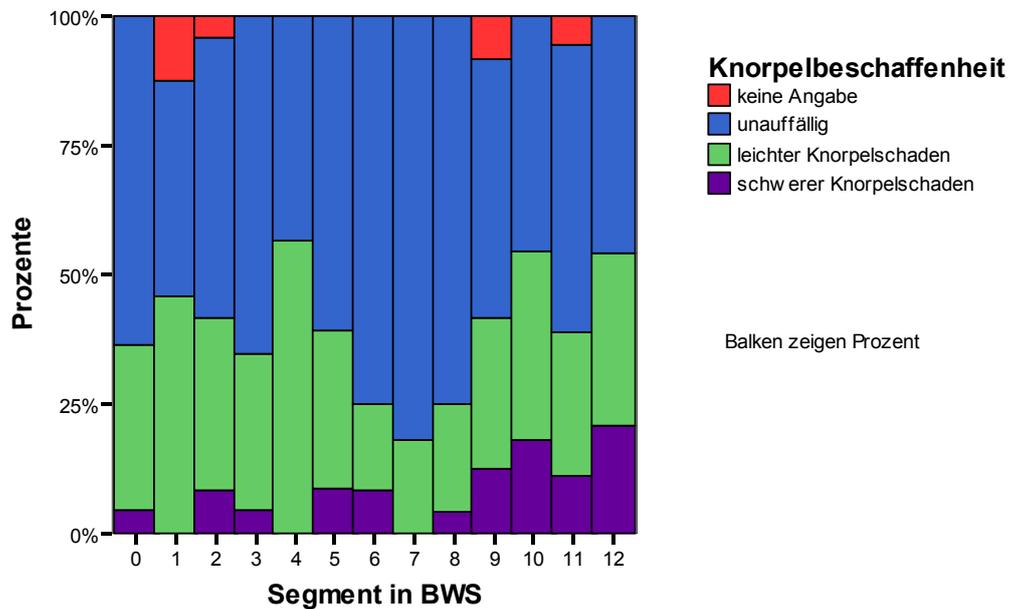


Abb.31 Prozentuale Aufteilung der Knorpelqualität nach Segment

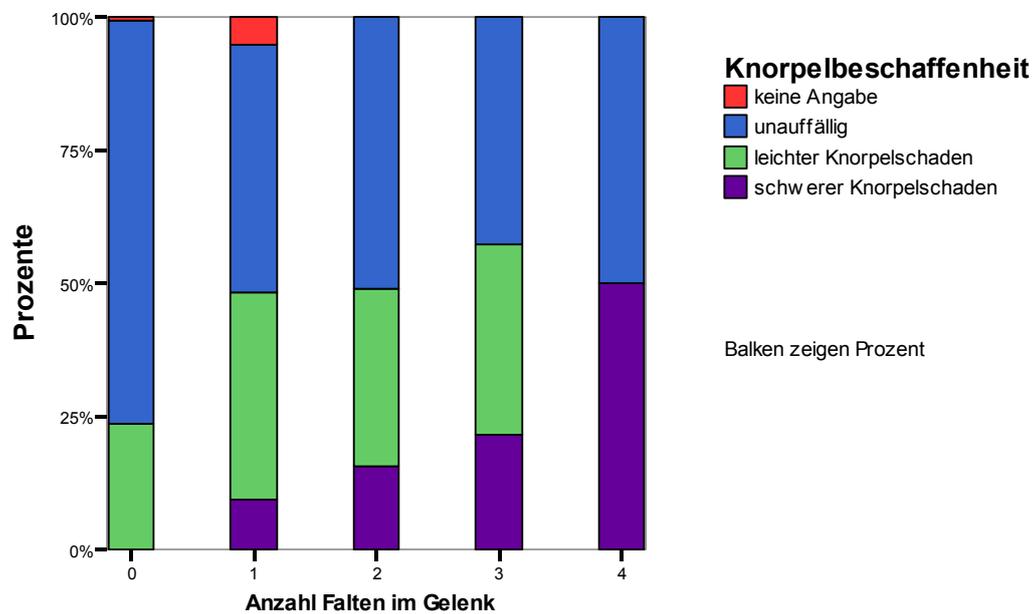


Abb.32 Gelenkknorpelqualität in Korrelation zur Faltenanzahl im Gelenk

Interessant ist, dass die Knorpelqualität umgekehrt proportional mit der Faltenanzahl im Gelenk einhergeht (Abb.32). Etwa 75% der Gelenke ohne eine Falte weisen eine unauffällige Knorpelschicht auf. Mit steigender Faltenanzahl

nimmt dieser Wert kontinuierlich ab, gleichzeitig nimmt der prozentuale Anteil der Gelenke mit schwerem Knorpelschaden stetig zu. Selbst beim Ausklammern der Anzahl mit 4 Falten, da sie nur 2 Gelenke betrifft, ist diese Feststellung gültig.

3.1.4.2. Zusammenhang mit Faltenantypen

Die Korrelation zwischen Knorpelbeschaffenheit und Faltenantyp (Tab.10) zeigt:

- Gelenke mit Typ-1 Meniscoide weisen ungefähr, abgesehen von 5% mehr schwerer Knorpelschaden, dieselbe Verteilung von unterschiedlicher Knorpelbeschaffenheit wie alle untersuchten Gelenke (Abb.30) auf.
- An 79,4% der Gelenke mit Fettpolstern konnte ich mindestens einen leichten Knorpelschaden nachweisen, bei 32,3% sogar einen schweren (Tab.10). Anders gesagt, in 24 (21,1%) von 114 Gelenken, die leichte bis schwere Knorpelschäden aufzeigten, fanden sich Fettpolster.
- Bei 5 randständigen Verdickungen konnte man leichte Knorpelschäden sehen, bei den restlichen 4 nicht. Da unter 7 Falten, die nicht ausgewertet werden konnten, allein 3 randständige Verdickungen sind, kann mit Typ-3-Falten in 9 Gelenken allenfalls eine Tendenz konstatiert werden.

Anzahl und Prozent	Gelenkknorpel			Gesamt
	unauffällig	leichter Schaden	schwerer Schaden	
Typ-1 Meniscoide	118 54,1%	73 33,5%	27 12,4%	218 100,0%
Typ-2 Fettpolster	7 20,6%	16 47,1%	11 32,3%	34 100,0%
Typ-3 Rändliche Verdickung	4 44,4%	5 55,6%	0 ,0%	9 100,0%
Gesamt	129 49,4%	94 36,0%	38 14,6%	261 100,0%

Tab.10 Faltenantypen in Korrelation mit Gelenkknorpelmerkmalen

Verarbeitete Fälle					
Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
215	97,3%	6	2,7%	221	100,0%

Knorpelbeschaffenheit	Mittelwert	N	Standardabweichung	Median
keine Angabe	2,33	3	,577	2,00
unauffällig	2,79	116	,870	3,00
leichter Knorpelschaden	3,07	69	1,062	3,00
schwerer Knorpelschaden	3,67	27	1,569	3,00
Insgesamt	2,99	215	1,074	3,00

Tab.11 Mittelwerte der Typ-1 Faltenlängen nach Knorpelbeschaffenheit

Um zu sehen, inwieweit es Längenunterschiede von Typ-1 Falten je nach Knorpelbeschaffenheit gibt, bestimmte ich ihre Längenmittelwerte, unterteilt nach den Knorpel-eigenschaften (Tab.11). Es zeigt sich, dass bei abnehmender Knorpelqualität die Typ-1 Faltenlängen zunehmen. Bei unauffälligem Knorpel liegen sie im Mittel 0,2 mm unter dem Gesamtmittelwert, bei schwerem Schaden 0,68 mm darüber.

Schließlich können bezüglich der Typ-1 Faltenform noch zwei auffällige Feststellungen erhoben werden. Zum einen ist die breitbasige Form, die den größten Anteil ausmacht (s.Abb.14), bei schwerem Knorpelschaden etwa 65% weniger häufig vertreten, zum anderen lag bei beiden der insgesamt zwei gefundenen blattförmigen Typ-1 Falten ein schwerer Knorpelschaden zugrunde.

3.1.5. Zusammenfassung von Gelenken ohne Synovialfalten

In 114 (38,4%) von 297 untersuchten Gelenken wurden keine Gelenkfalten gefunden.

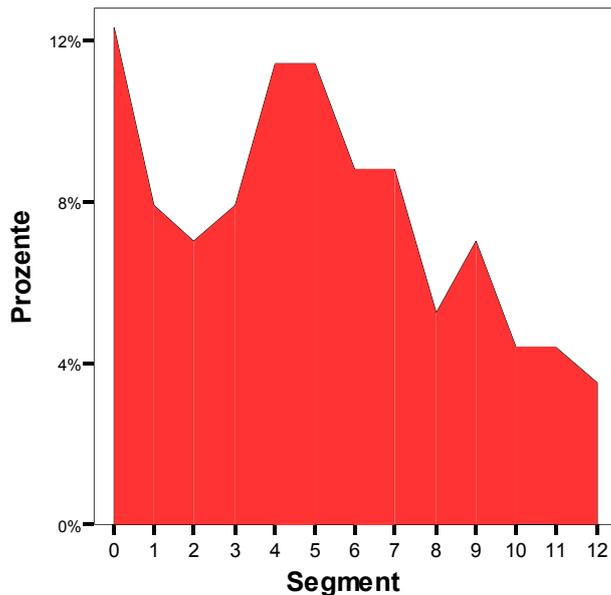


Abb.33 Prozentuale Verteilung der Gelenke ohne Falten in einzelnen Segmenten

Ihre Verteilung innerhalb der BWS stellt Abb.33 dar. Man erkennt, dass sie schwerpunktmäßig zwischen T3-T7 liegen und kaudal davon zunehmend weniger auftreten. Anders gesagt, Gelenke mit mind. einer Falte sind häufiger in der kaudalen BWS lokalisiert.

Beim weiblichen Geschlecht wiesen 42,8% der Gelenke keine Falten auf, beim männlichen nur 32,3% (s.Tab.4).

Hinsichtlich der Seitenlokalisation ist keine Bevorzugung erkennbar.

Der überwiegenden Mehrheit (75,4%) dieser Gelenke lag ein normaler, unauffälliger Knorpel, dem Rest ein Knorpel mit nur leichten Schäden zugrunde. Schwere Knorpelschäden konnten hier nicht gesehen werden.

3.2. Mikroskopische Befunde

3.2.1. Typ-1 fetthaltige und faserreiche Meniscoide

Die histologische Untersuchung von Typ-1 Meniscoiden zeigte, dass sie vorwiegend aus lockerem und dichtem Bindegewebe bestehen. Man kann einen Meniscoid in drei Abschnitte unterteilen, einen basalen, mittleren und apikalen.

In einigen Präparaten konnte ich in der Basis, die an die Membrana fibrosa der Gelenkkapsel befestigt ist, Blutgefäße und Fettgewebe sehen, das von Kollagenfasern umhüllt und teilweise auch durchzogen wird. In anderen fehlte Fettgewebe, stattdessen herrschten dort dann nur Gefäße und Bindegewebe vor.

Im mittleren Abschnitt formt sich das Bindegewebe oft zu Lamellen, häufig 3-6 Schichten übereinander, die von der Basis zur Faltenspitze ziehen. Zur Oberfläche hin erscheinen die Kollagenfasern dichter. Auch hier konnte ich mehrfach noch Fettgewebe und Gefäße ausmachen, jedoch in geringerem Ausmaß als in der Basis.

Die Faltenspitze besteht überwiegend nur aus derbem kollagenfasrigen Bindegewebe. Es scheint, dass das oberflächlich gelegene Kollagen, welches häufig wellenförmig verläuft, parallel zur Oberfläche orientiert ist, und das tiefer gelegene keine feste Ordnung aufweist. Vereinzelt konnte ich auch hier kleine Gefäße, jedoch nie Fettgewebe beobachten. Die Enden sind häufig, wie auch schon makroskopisch dokumentiert, ausgefranst.

Bei allen Meniscoiden konnte ich eine dünne, teils mit Zellkernen besetzte Schicht erkennen, die die ganze Falte umhüllt. Obwohl die Membrana synovialis wie ein einschichtiges Epithel erscheinen sollte, gehe ich davon aus, dass es sich um sie handelt.

Wegen der histologischen Zusammensetzung, wenig Fett- und viel Bindegewebe, ergänze ich die Bezeichnung Meniscoide um `fetthaltig und faserreich` (s.o.).

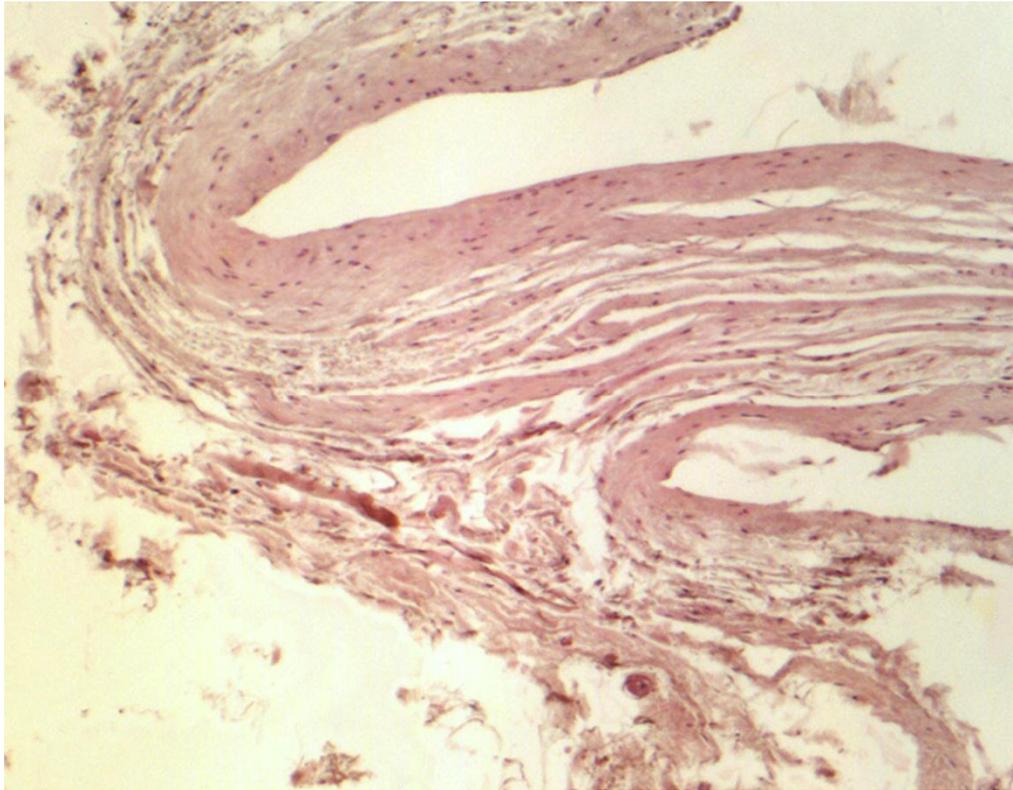


Abb.33 Basis eines Meniscoides, Färbung HE, Vergrößerung 4x
Deutlich die lamelläre Kollagenanordnung, kaum Fettgewebe und Gefäße in der Basis



Abb.34 Faltenmitte/-spitze eines Meniscoides, Färbung Azan, 4x
Bindegewebe lamellär, Faltenende ausgefranst

In einem Präparat (Abb.35, 36) fielen mir deutlich dilatierte Gefäße auf, die bis in die Spitze reichten. Diesen Meniscoid entdeckte ich im Segment T10/T11 links, der zugrunde liegende Knorpel wies schweren Schaden auf.

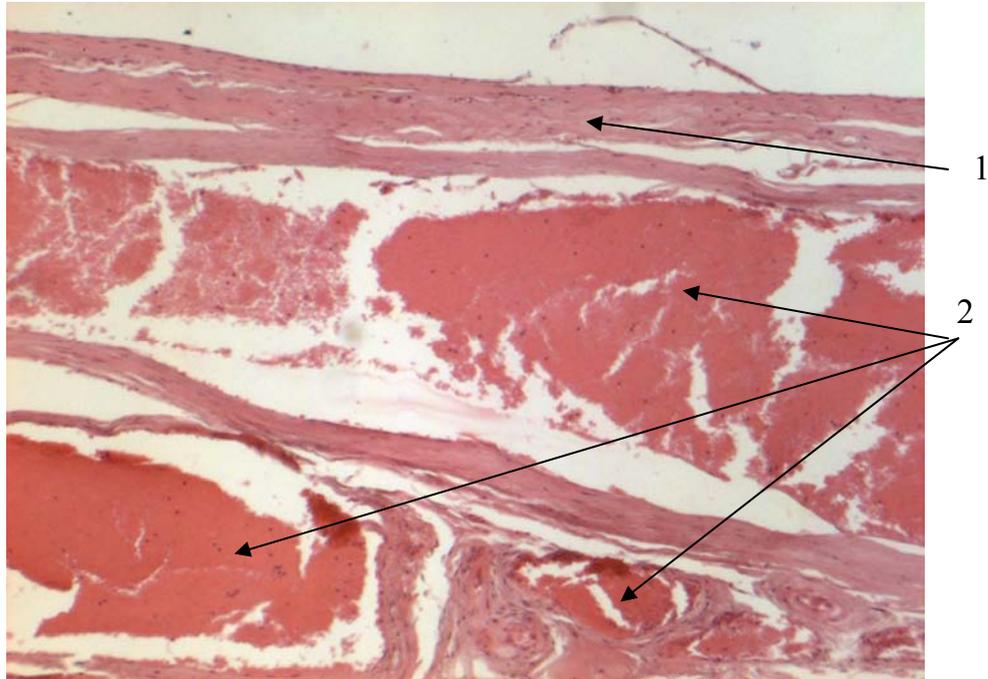


Abb.35 Ausschnitt aus Mitte eines Meniscoides mit massiv dilatierten Gefäßen und Erythrozyten (2)
(1) lamellär angeordnetes Bindegewebe

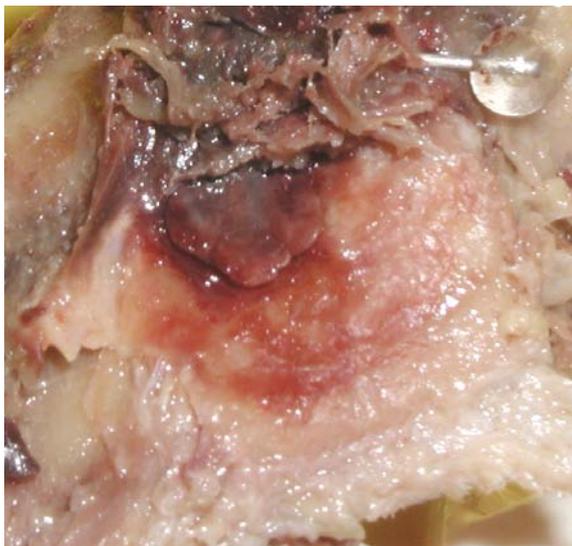


Abb.36 Makroskopisches Bild von Abb.35
Ungewöhnlich rötlicher und dicker Meniscoid (nur 1x insgesamt beobachtet),
Gelenkfläche mit schwerem Knorpelschaden und Blutauflagerung

3.2.2. Typ-2 Fettpolster

Die Fettpolster bestehen neben lockerem Bindegewebe und Gefäßen vorwiegend aus Fettgewebe, welches zur Namensgebung beiträgt. Innerhalb dessen unterteilen Bindegewebsstränge es in kleinere Läppchen. Das Fettgewebe wird zur Oberfläche hin von einigen Kollagenschichten umgeben. Auch bei diesem Typ konnte ich regelmäßig in der Vergrößerung eine dünne Schicht ausmachen, die der Membrana synovialis entsprechen müsste, die die Oberfläche überzieht.

Die Fettpolster, die noch dünne Faltenfortsätze aufweisen, zeigen einen Übergang vom Fett- zum Bindegewebe. Distal davon sind die Ausläufer nach meinen Befunden, wie schon durch ihre makroskopische Erscheinung vermutet, wie Meniscoide aufgebaut.



Abb.37 Typisches Fettpolster, Azan, 4x

- (1) Fettgewebe, Läppchen erkennbar
- (2) Blutgefäße mit Erythrozyten
- (3) umgebende Kollagenschichten
- (4) Membrana synovialis



Abb.38 Fettpolster mit Faltenausläufer, Azan, 4x
(1) Übergang von Fettgewebe zu Bindegewebe und Gefäßen

Das Ausläuferende (Abb.39) von Abb.38 zeigte Auffälligkeiten, die ich in keinem anderen Präparat vorgefunden habe. Man konnte dort über 20 kleine, diffus verteilte Kreisformationen (Pfeile) mit farbintensivem Rand und zentraler Aufhellung erkennen.



Abb.39 Azan, 4x

3.3. Zusammenfassung eigener Befunde

Zur besseren Übersicht folgt eine in Stichworten gehaltene Zusammenfassung der Befunde.

Allgemeines

- insgesamt mehr Gelenkfalten beim männlichen Geschlecht, keine Seitensymmetrie in der Gesamtanzahl
- positive Korrelation zwischen Faltenanzahl/Gelenk und Schwere des Gelenkknorpelschadens, Zunahme Knorpelschaden in der kaudalen BWS

Typ-1 Meniscoide (82,5% aller Falten)

- dünne, derbe, teils transparente Falten
- von der Kapsel ausgehend, zwischen den Gelenkflächen gelegen
- Vorkommen in 50,8% der Gelenke, auch mehrere Meniscoide/Gelenk möglich
- Lokalisation im Gelenk: kaudal> kranial> lateral> medial
- Faltenlänge im Mittel 3 mm (1,07 mm Standardabweichung), Zunahme in kaudaler Richtung und bei abnehmender Gelenkknorpelqualität
- Histologie: Basis mit Binde-, Fettgewebe und Gefäßen, nach zentral hin zunehmend derbfibrös

Typ-2 Fettpolster (13% aller Falten)

- weiche „Kissen“, in Recessus (kaudal> kranial) peripher gelegen
- Vorkommen in 10,8% der Gelenke, überwiegend in unterer BWS, Häufigkeit korreliert proportional mit Schwere des Gelenkknorpelschadens
- von ihnen abgehende sog. Faltenausläufer (bei 57% der Fettpolster beobachtet) ragen zwischen die Gelenkflächen, Länge im Mittel 4 mm
- in mind. 45% Verbindung zum extrakapsulären Gewebe, v.a. am thorakolumbalen Übergang
- Histologie: Fettgewebe, lockeres Bindegewebe, Gefäße, Ausläufer wie Meniscoide aufgebaut

Typ-3 Rändliche Kapselverdickung (4,5% aller Falten)

- keilförmige Kapselinnenseite, peripher gelegen, 20-40% Kapselumfang

4. Diskussion

Insgesamt wurde das Ziel der Arbeit erreicht. Die Ausgangsfragen in der Problemstellung können beantwortet werden.

Es gab keine nennenswerten Probleme bei der Präparation der Brustwirbelsäulen. Zwar konnten 15 von 312 Wirbelgelenken wegen vorausgegangener Beschädigungen nicht ausgewertet werden, jedoch fällt dies bei der hohen Gesamtzahl nicht ins Gewicht.

Rückblickend erwies sich der von mir gewählte ventrale Zugangsweg zu den Gelenken als zweckmäßig, da hierunter, nach Entfernung der Wirbelkörper und des Rückenmarkes mitsamt seiner Häute, die Fortsetzung des Fettgewebes der Typ-2-Fettpolster durch die Gelenkkapsel in das subepidurale Fettgewebe zu beobachten war (s.o.).

Während einige Autoren, z.B. Yu (57), Singer (53), Sagittalschnitte durch die Wirbelgelenke durchführten und somit lediglich einen Teil der intraartikulären Strukturen in der Sagittalansicht vorfinden konnten, konnten durch meine oben beschriebene, wie auch von anderen Autoren gewählte Gelenkeröffnung alle vorhandenen Binnenstrukturen erfasst werden.

Anders als in vielen Arbeiten, die oft allgemein gehalten sind, erfolgt in meiner eine detaillierte Dokumentation der Falten hinsichtlich ihrer Häufigkeit, Lokalisation, Morphologie, Größe (in mm) wie auch der Beschaffenheit des zugrunde liegenden Gelenkknorpels, so dass mithilfe eines modernen Statistikprogrammes (SPSS, Version 11.5.1.) mögliche Korrelationen unter den Variablen grafisch und tabellarisch gezeigt werden können.

Da in dieser Arbeit Gelenkfalten von älteren Körperspendern mit einem Durchschnittsalter von 81 Jahren (s. Tab.1.) dokumentiert wurden, ergibt sich die Frage, inwieweit diese eine Folge von degenerativen Veränderungen sind, oder ob sie sich mit gleicher Häufigkeit und Typisierung auch bei jüngeren Menschen nachweisen lassen. Somit sei eine nachfolgende Studie, die sich mit thorakalen Zygapophysealgelenken jüngerer Körperspendern befasst, sinnvoll.

4.1. Vergleich eigener Befunde mit Literaturangaben

Die Existenz intraartikulärer Einschlüsse von Zygapophysealgelenken wird von kaum einem Autor angezweifelt. In vielen anatomischen Lehrbüchern werden sie eher minder ausführlich erwähnt.

Viele Autoren befassten sich insbesondere mit Binnenstrukturen zervikaler (2, 17,26,32,46,52,57) und lumbaler (3,19-21,24,26,27,34,42,54,55,56) Wirbelgelenke sowie mit denen des thorakolumbalen Überganges (53). Während andere alle Abschnitte der Wirbelsäule untersuchten (1,9,10,14,15,36-39,40,41, 45,48,58,59) und oft den Thorakalbereich weniger präzise beschrieben, widmete sich bisher nur Ley (44) speziell den thorakalen Wirbelgelenken und ihren Einschlüssen.

Die verschiedenen Auffassungen der Autoren über die Morphologie, den Ursprung und die Aufgaben der interstitiellen Faltenbildungen der Wirbelgelenke spiegeln sich in den unterschiedlichen Bezeichnungen wider, die diesen intraartikulären Strukturen gegeben werden (Täger,54).

Umstritten und oftmals diskutiert ist die Bezeichnung von „echten Menisci“. Schmincke und Santo (52) berichten in ihrer Arbeit über zervikale Wirbelgelenke als eine der ersten von „echten Menisci“, da sie embryologisch gesehen aus „stehengebliebenem Mesenchym“ hervorgehen, welches initial zwischen den Gelenkflächen angelegt ist. Sie vergleichen die Zwischenscheiben mit den bekannten von z.B. Handgelenken. Dörr (9) und Zaccheo/Reale (58) schließen sich dieser Meinung an, zusätzlich erhärten sie dies mit dem Nachweis von „Sehnenknorpel“ (Dörr) bzw. „Faserknorpel“ (Zaccheo) in einem ihrer Faltentypen. Schließlich benennen auch Ley (44), Lewin (42) und Zukschwerdt (59) v.a. aus genannten embryologischen Gesichtspunkten mindestens einen ihrer Typen als echten Meniscus.

Die Mehrheit der Autoren kann dieser Auffassung nicht zustimmen. Ähnlich wie Bogduk (2,3), der in histologischen Untersuchungen kein Knorpelgewebe und auch sonst keine Ähnlichkeiten zu bekannten Menisci, z.B. des Kniegelenkes, gefunden hat, lehnen auch Kos (39), Lutz (45), Hadley (27), Keller (36-38), Putz (48) und Inami (32) die Bezeichnung „echte Menisci“ ab und wählten stattdessen Begriffe wie Synovialzotten, Synovial- und Fettfalten, Mencoide und Kapselfortsätze (Täger,54). Nach Töndury (46) entstehen die Falten, anders als im Kniegelenk, aus unspezifischem Füllgewebe, und können daher mit echten Zwischenscheiben nicht gleichgestellt werden. Benini (1) beschreibt in seiner

Habilitationsschrift auch lediglich „Meniscoide“, da seiner Meinung nach sie sich aus periartikulärem Mesenchym entwickeln und sich erst später sekundär ins Gelenkinnere „hineinstülpen“.

Da ich in meinen histologischen Untersuchungen der Gelenkfalten nicht eindeutig (s.u.) Knorpelgewebe fand, distanziere auch ich mich von dem Begriff „Menisci“ und wähle stattdessen die Bezeichnungen „Meniscoide, Fettpolster und Rändliche Kapselverdickung“ für die vorgefundenen Faltentypen. Zudem fand ich wie auch andere Autoren (2,3,32,44) eine die Falten umhüllende, teils mit Zellkernen besetzte Schicht vor, die hochwahrscheinlich der Membrana synovialis entspricht, die jedoch an den Menisci der Kniegelenke fehlt.

Typ-1-Menicoide

Die überwiegende Mehrheit (~82%) der intraartikulären Strukturen in meiner Arbeit weist makroskopisch eine dünne, derbe Konsistenz milchig-transparenten Aussehens auf. Sie sind an der Gelenkkapsel befestigt und ragen unterschiedlich weit zwischen die Gelenkflächen. Wegen morphologischer Ähnlichkeit zu echten Gelenkmenisci klassifiziere ich diese Falten als Meniscoide.

Viele Autoren unterteilen die von ihnen entdeckten intraartikulären Einschlüsse hinsichtlich Morphologie, Lokalisation und Histologie ebenfalls in einzelne, meistens 2-3, Typen, von denen einige hinsichtlich der genannten Merkmale meinen Typ-1-Meniscoiden ähneln bzw. ihnen gleichkommen.

Ley (44) beschrieb in thorakalen Wirbelgelenken neben weichen Synovialfalten auch „steife, blättrige Menisci“, die von der Kapsel ausgehend sich unterschiedlich weit, bis hin zum gegenüberliegenden Rand, intraartikulär erstrecken können. Benini (1) klassifiziert nur einen Grundtyp, den Meniscoid, der sich mit einer unterschiedlichen Verteilung der Bauelemente (Bindegewebe, Gefäße, Fettgewebe) vorwiegend in lumbalen Gelenken (Prävalenz 35%) zeigt. Interessant ist, dass Benini keinen einzigen Meniscoid in thorakalen Wirbelgelenken nachweisen konnte. Putz (48) hingegen wies sie in allen Abschnitten nach, im Brustwirbelbereich erschienen sie als kleine, breitbasige Falten, die umso größer waren, je medialer sie gelegen waren. Dörr (9) sah seine derben, gefäßarmen, „echten“ Menisci vorwiegend im medialen und lateralen Gelenkanteil lokalisiert. Kos (40) und Emminger (14,15) schrieben in ihren

Ausführungen von nur „gering entwickelten“ thorakalen Meniscoiden (40) bzw. von „großer Mühe, bindegewebige Lamellen im Brustwirbelbereich nachzuweisen“ (14). Zaccheo und Reale (58) bezeichnen einen ihrer 3 Typen als derben, zungenförmigen Meniscus, der von superior und inferior ausgehend zwischen die Gelenkflächen ragt, jedoch überwiegend im Lumbalbereich lokalisiert ist.

In meinem Untersuchungsgut konnte ich in 50,8% aller Gelenke mind. einen Meniscoid aufzeigen, in knapp über der Hälfte alleinstehend, der Rest mit mindestens einem weiteren Mensicoid oder einem anderen Faltenantyp.

Bogduk, der sich zum einen mit rein zervikalen Gelenken (2) befasste, erhob eine weitaus höhere Prävalenz (83-100%) seiner sog. „fibro-adipösen Meniscoide“ in den Segmenten C1-7. In seiner Arbeit über lumbale Gelenke (3) konnte er diesen Typ in 54% nachweisen, welches annähernd meiner Prävalenz entspricht. Auch nach ihm (2) ist die Mehrheit (66%) der Falten im Gelenk einzeln vorhanden, eine zweiter Meniscoid würde sonst, in Übereinstimmung mit meinen Befunden, auf der gegenüberliegenden Seite lokalisiert sein. Des Weiteren kann sich Benini (1) in etwa dieser Häufigkeitsverteilung anschließen. Singer (53) betrachtete den thorakolumbalen Übergang und wies, abweichend von meinem Befund, in 15% der Gelenke sog. „fibröse“ Falten auf. Yu (57) stellte bei 33%, Inami (32) bei ca. 45% von zervikalen Z-Gelenken sog. Typ-3 Meniscoide, die morphologisch meinen Meniscoiden nahe stehen, dar. Singer (53) und Yu (57) bedienten sich allerdings mit Sagittal- (57) als auch Transversalschnitten (53) durch die Gelenke einer anderen Methodik, was zur Beurteilung der Diskrepanz der Prävalenz miteinbezogen werden sollte. In den übrigen, mehrheitlichen Arbeiten konnte ich keine genauen Zahlenangaben über Häufigkeiten ausmachen.

Die höchste Prävalenz meiner Typ-1-Meniscoide konnte in den Segmenten T 1-3 und die niedrigste an den Übergängen zur Hals- und Lendenwirbelsäule dokumentiert werden. Abgesehen von wenigen Autoren (2,3,32,57), die teils tabellarisch die Häufigkeiten in den einzelnen, jedoch nur zervikalen und lumbalen Segmenten auflisteten, nahmen die übrigen, insbesondere u.a. Ley (44), der sich speziell dem Brustwirbelbereich widmete, diese Unterteilung nicht vor. Nach Bogduk (2,3) und Inami (32) ist die Verteilung annähernd homogen, Yu (57) hingegen erkennt einen Schwerpunkt bei C1-2.

Anhand meiner Dokumentation sind etwa doppelt so viele Meniscoide als im kranialen (27%) im sog. „kaudalen Aspekt“ (59%) ohne Hinweis auf eine segmentäre Abhängigkeit lokalisiert. Dieser Verteilung können Bogduk, der einen „ventro-lateralen“ und „dorso-medialen“ Schwerpunkt sieht, und Inami (32) in etwa für den Zervikalbereich zustimmen, Dörr (9) hingegen fand seine „echten Menisci“ im Brustwirbelbereich vorwiegend im medialen als auch im lateralen Gelenkbereich vor. Im Lumbalbereich entspringen die dünnen, derben Falten häufig von der ventralen Gelenkkapsel (3,24).

Die von mir beschriebenen Hauptformen wie auch die oftmals beobachteten ausgefranzten, freien Faltenenden werden in der Literatur (2,3,44,48) bestätigt, Zaccheo (58) hingegen schreibt von einer zungenförmigen Form.

Abgesehen von zwei Ausreißern (8-9 mm) beim weiblichen Geschlecht, stimmen die Längenangaben der derben, dünnen Meniscoide aus der Literatur (2,3,53,57) mit meinen überein. Die häufigste Längenspanne wird mit 2-5 mm angegeben, welche auch meiner beim männlichen Geschlecht entspricht. Nur Ley (44) berichtete auch von ungewöhnlich großen Ausmaßen mit bis zu 10 mm. Die von Bogduk (3) dokumentierten durchgehenden „Zwischenscheiben“, die die Gelenkflächen im Lumbalbereich vollständig voneinander trennen, konnte ich in meinen Präparaten nicht darstellen. Eine Unterteilung der Längen nach Segment, wie ich es grafisch in Abb.17 darstelle, habe ich in der Literatur nicht vorgefunden. Hiernach nehmen die Typ-1-Faltenlängen ab T7 in kaudaler Richtung bis T11/12 stetig zu. Die Annahme, dass Meniscoide in kaudaler Richtung an Größe zunehmen, könnte von Putz (48), der berichtet, dass Faltengrößen in lordotischen Abschnitten zunehmen, erhärtet werden. Ferner schließt sich auch Ley (44) dieser Meinung an, stützt sich dabei allerdings auf einen Falten Typ, der eher meinem Typ-2-Fettpolster entsprechen würde.

Bezüglich einer möglichen Geschlechter- oder Seitenpräferenz machten lediglich Bogduk (3) und Benini (1) Angaben. Nach meinen Befunden treten Meniscoide in männlichen (0,92 Falten/Gelenk) thorakalen Z-Gelenken häufiger auf als in weiblichen (0,62 Falten/Gelenk). Diese Ansicht kann von Benini (1), der keinen Zusammenhang sieht, nicht bestätigt werden, allerdings beruft er sich auf Lumbalgelenke. Eine eindeutige Seitenbevorzugung konnte weder die Literatur noch ich nachweisen.

Typ-2-Fettpolster

Nach den Meniscoiden konnte ich in meiner Präparation einen zweiten Faltenantyp, der sich makro- und mikroskopisch von dem ersten abgrenzt, klassifizieren. Bei weitaus geringerer Prävalenz (13% aller Falten) erscheint dieser Typ als weiche, dicke, braun-gelbe Struktur, die vor allem in der kaudalen Brustwirbelsäule in den kranialen und kaudalen Recessus gelegen ist und, abgesehen von sog. dünnen Ausläufern, nicht zwischen die Gelenkflächen reicht.

Die meisten Autoren beschreiben ebenfalls nach den erstgenannten dünnen, derbfibrösen Strukturen einen zweiten weichen, aus lockerem Binde- und Fettgewebe mit Gefäßreichtum bestehenden Typ, der dann entweder auch als Fettpolster/-körper (2,3,42,55,59) oder Kapselfalte (46), Typ-4-Falte (57), Synovialfalte/-franse (44,52,56), meniskus-, „like“-Falte (9) oder Synovialzotte (35-37) bezeichnet wird. Leider gibt nur die Arbeit von Ley (44) relevante Informationen über den Thorakalbereich wider, wenige andere (9,39,48,58) erwähnen diesen nur am Rande.

Es ist auffällig, dass die Prävalenz meiner Fettpolster in kaudaler Richtung fast exponentiell zunimmt. Sind sie in den Segmenten C7-T9 in etwa 5-8% der Gelenke vorzufinden, so sind es zwischen T10-12 schon 22% und allein am thorakolumbalen Übergang sogar 50-60%. Ley (44), der keine Zahlenangaben macht, berichtet zumindest von einer Größenzunahme in kaudaler Richtung.

Abgesehen von 2 Falten, die Knorpellücken ausfüllten, waren alle Fettpolster in sog. Recessus (s.o.) gelegen, doppelt so viele in kaudalen als in kranialen. Bei ca. der Hälfte von ihnen konnte ich eine transkapsuläre Faltenfortsetzung nach periartikulär erkennen. Auffallend ist, dass diese Untergruppe nur im kaudalen thorakalen Abschnitt (T9-L1) vorzufinden ist und den Großteil der Falten des thorakolumbalen Überganges stellt.

Nach Ley (44) sind die Synovialfalten im Brustwirbelbereich, die ebenfalls nicht zwischen die artikulierenden Flächen ragen, in Recessus („cul-de-sac, zwischen dem Facettenrand und der Kapselinsertion“) als auch nur in „Gelenkin-kongruenzen“, wie ich es insgesamt zweimalig beobachtet habe, lokalisiert. Desweiteren gibt er an, dass sie zum einen rein intraartikulär, dann vor allem im „superioren Pol“ als eher kleine Falte, und zum anderen auch teils extraartikulär, dann insbesondere im „inferioren Pol“ mit größerem Ausmaß, auftreten können. Auch er dokumentierte, dass dieser Typ mit dem extrakapsulären Gewebe

„kommunizieren“ kann. Nach meinen Erkenntnissen sind die Falten mit transkapsulärem Fortsatz genauso häufig wie die ohne beide mehr im kaudalen als im kranialen Recessus vorhanden, so dass ich Ley hinsichtlich der besonderen Lokalisation der Subtypen nicht zustimmen kann. Bezüglich der Größenangabe der Faltenkörper kann zu meiner Arbeit kein Vergleich gezogen werden, da ich nur stichprobenweise diese komplett herauspräpariert und vermessen habe. Jedoch sind die vom Körper in Richtung Gelenkmitte abgehenden Faltenausläufer (s.u.) in meinen Aufzeichnungen im Mittel länger, wenn die Falte im kranialen Recessus liegt.

Andere Autoren (1,9,24,42,56,59) stellten im Lumbalbereich ebenso kranial oder/und kaudal gelegene, bzw. ventral oder/und dorsal, mit Fettgewebe gefüllte Recessus dar, nach Giles (24) in Übereinstimmung mit meinen Ergebnissen mehr kaudal, nach Benini (1) und Töndury (56) jedoch mehr kranial häufig. Interessant ist, dass Benini (1) in allen Recessus Fettgewebe vorgefunden hat, im Gegensatz dazu konnte ich wenige auch ohne Fettpolster nachweisen.

Hinsichtlich der Kommunikation mit dem extrakapsulären Gewebe gibt es in der Literatur, die sich hauptsächlich mit dem Lumbalabschnitt befasst, Schwankungen. Während Putz (48) keinen Zusammenhang mit dem periartikulären Gewebe sieht und einige dieses Thema erst gar nicht erwähnen, stellen andere (1,3,9,42,46,53,56,58) ähnlich wie ich eine transkapsuläre Fortsetzung der zumeist weichen und fettreichen Falten dar. Während Singer (53) es als Rarität („2 von 102 Falten“) bezeichnet, wies Benini (1) es für alle seine Falten nach. Bogduk (3) konnte im Lumbalbereich sogar bei 27% seiner derben Meniscoide jenes beobachten. Letztendlich kann auch durch meine Arbeit wegen der großen Variationsbreite in der Literatur bezüglich der Prävalenz von peri-/extrakapsulären Faltenfortsetzungen keine endgültige Klärung erbracht werden.

Die überwiegend dreieckige Form mit basalem „Stiel“, der gegebenenfalls die Kapsel penetriert, wird u.a. von Ley (44), Putz (48) und Zaccheo (58) bestätigt.

Die sogenannten Faltenausläufer (s.o.), die bei 57% der Fettpolster nachgewiesen werden konnten, deren Anzahl und Länge im Mittel 1 mm länger als die Meniscoide sind und in kaudaler Richtung zunehmen, wurden im Detail in der Literatur so nicht beschrieben. Die „fat pads“ in Bogduks (2) Arbeit sind streng peripher lokalisiert, wohingegen bei anderen (32,39,58) korrelierende fettreiche Strukturen sehr wohl mit einer dünnen, derbfibrösen Spitze zwischen

die Gelenkflächen ragen können. Möglicherweise ordnete Bogduk diejenigen mit intraartikulärem Fortsatz streng zu seinen Meniscoiden, welchem ich mich wegen dem unterschiedlichen Aufbau, der Lokalisation wie auch der Besonderheit mit der transkapsulären Penetranz nicht anschließen möchte.

Typ-3 Randständige Kapselverdickung

An wenigen (4,0%) Gelenken fiel mir eine bis zu 2 mm breite, keilförmige, stets nur randständig gelegene Verdickung der Kapselinnenseite auf. Da sich diese Struktur somit morphologisch von der üblichen Kapsel abgrenzt, entschied ich mich trotz ihrer geringen und unscheinbaren Ausprägung jene als eigenständigen, dritten Faltenantyp zu dokumentieren. Aufgrund der geringen Prävalenz (4,5% aller Falten) können keine signifikanten Korrelationen zu anderen Merkmalen erhoben werden.

Die meisten Autoren berichten gewöhnlich von nur 2 Faltenantypen, die oft meinen ersten beiden ähneln. Yu (57) hingegen beschreibt seine Typ-3-Falte im Zervikalbereich als prominente Gelenkkapsel, die sich durch vermehrtes Binde- und Fettgewebe auszeichnet. Ähnliches wird von Bogduk (2,3) berichtet, der eine Prävalenz dieser Strukturen von 20% in zervikalen als auch lumbalen Gelenken angibt und sie als „Connective tissue rims“ bezeichnet. Inami (32) lehnt bewusst eine Aufzeichnung von „Capsular rims“ ab, da möglicherweise postmortale Prozesse, die mit einer Kapselverdickung einhergehen können, eine signifikante Prävalenz verfälschen würden.

Da ich im Übrigen eine unauffällige, glatte Kapselinnenseite erkennen konnte, was bei einem solchen ubiquitären, postmortalen Veränderungsprozeß eher unwahrscheinlich wäre, schließe ich mich dieser Haltung nicht an.

Es ist zu diskutieren, ob Autoren, die diesen Typ nicht erwähnen, ihn schlichtweg aufgrund seiner unscheinbaren Morphologie übersehen, welches bei Sagittalschnitten anstelle einer Gelenkeröffnung noch wahrscheinlicher wird, oder ihn als Normalbefund interpretiert haben. Wie oben schon erwähnt, stelle ich mich nicht davon frei, keine Typ-3-Falte übersehen zu haben, so dass die wahre Prävalenz in meiner Arbeit womöglich höher liegt.

Gelenkknorpel

Die Dokumentation der Gelenkknorpelqualität zeigt, dass diese in kaudaler Richtung tendenziell abnimmt. Analog dazu nimmt die Faltenanzahl pro Gelenk mit abnehmender Knorpelqualität zu. Einige andere Autoren (s.u.) beschreiben ebenfalls eine Korrelation zwischen Gelenkfalten und Gelenkknorpelqualität, Bogduk (3) hingegen konnte keinen Zusammenhang feststellen.

Anders als bei meinen Typ-2-Fettpolstern (s.u.) lag den Meniscoiden mehrheitlich (54%), annähernd der allgemeinen Verteilung, ein unauffälliger Gelenkknorpelbelag zugrunde. Nur 12% der Meniscoide wurden in Gelenken mit schwerem Knorpeldefekt vorgefunden. Im Gegensatz dazu zeigt die Arbeit von Inami (32), dass seine Typ-3-Falten, die meinen Typ-1-Meniscoiden ähneln, im Zervikalbereich in 50% der Fälle mit hochgradigen Knorpelschäden, wie z.B. Ulcera, assoziiert sind. In meiner Arbeit ist bemerkenswert, dass Meniscoide bei schwerem Knorpeldefekt im Mittel 0,88 mm länger als jene bei unauffälliger Knorpelbeschaffenheit sind. Dieser mögliche Zusammenhang wurde auch von Kos (40) beschrieben. Ferner konnte dann auch eine flächenmäßig größere Form, wie die blattförmige anstelle der sonst eher breitbasigen angetroffen werden.

Neben zunehmender Prävalenz der Typ-2-Fettpolster und Länge ihrer Faltenausläufer in kaudaler Richtung kann in meinem Untersuchungsgut eindeutig eine Korrelation zwischen diesem Faltenantyp und Gelenkknorpelschaden gesehen werden. Die Fettpolster sind zu 79% in Gelenken mit leichtem oder schwerem Knorpelschaden vertreten. Gewöhnlich füllen sie in Recessuslage Unregelmäßigkeiten des Facettenrandes bis hin zu Knorpellücken oder Ausbuchtungen aus. In Analogie dazu berichtet Yu (57), dass seine korrelierende Typ-4-Fettfalte in nur degenerativ veränderten Gelenken präsent ist. Benini (1) postuliert, dass sogar alle Gelenkfalten entweder nur in Recessus oder in Knorpellücken auftreten. Auch nach Putz (48) und Ley (44) sind sie, ohne dass konkrete Angaben über Prävalenzen gemacht werden, in „inkongruentem“ Knorpelbelag vorzufinden. Taylor (55) beobachtete, dass die in degenerierten Gelenken befindlichen Fettpolster besonders groß seien. Inami (32) hingegen kann bei seinen Faltenantypen 1 und 2, die meinen Fettpolstern nahe kommen, keinen Zusammenhang erkennen.

4.2. Embryologische Gesichtspunkte

Es fällt auf, dass zwischen Gelenkflächen befindliches Faltengewebe wenig oder keine Blutgefäße als auch Fettgewebe beinhaltet.

Embryologische Untersuchungen (3) zeigten, dass initial die primitive Gelenkhöhle von einer „mesenchymalen Platte“, die aus unspezifischem Füllgewebe mit Fettgewebs- und Gefäßkomponenten besteht, komplett durchzogen wird. In der weiteren Entwicklung bildet sie sich zentral zurück und erfährt, so Bogduk, an Orten hoher mechanischer Belastung, die gewöhnlich vor allem in Gelenkmitte bestehen, eine fibröse Metaplasie. Das Ausmaß der Regression bestimmt die spätere Größe der intraartikulären Strukturen. Ähnliches wird von Emminger (14) berichtet, der Blutgefäße beim Embryo, nicht jedoch beim Erwachsenen nachweisen konnte. Kos (40) erkannte eine Häufung von „Synovialfalten“ bei jungen sowie „fibrösen“ Falten bei älteren Menschen, Penning (46) fiel auf, dass die zentrale Faltenspitze „komprimiert“ erscheine.

Wie Inami (32), Singer (53) und Ley (44) kann auch ich mich anhand der makro- und mikroskopischen Befunde dieser Vorstellung, dass initial gefäß- und fettreiches Füllgewebe durch mechanische Einwirkungen regressive Veränderungen zeigt und folglich in derbfibröses Gewebe umgebaut wird, anschließen. Der Ansicht von Töndury (56), wonach fettreiche Meniscoide Degenerationserscheinungen von initial fibrösen sind, kann ich nicht zustimmen. Die Tatsache, dass die sonst derben Meniscoide in der kapselnahen Basis noch Gefäße und Fettgewebe enthalten, wonach ich sie auch als faserreiche und fetthaltige Meniscoide bezeichne, untermauert diese Auffassung. Die beschriebenen ausgefranst Falten spitzen dürften als Folge der dauernden mechanischen Belastung aufzufassen sein. Da nach Bogduk (3) regressive Veränderungen überwiegend an Stellen hoher Druckwirkung vorkommen, scheint der kaudale und kraniale Lokalisationsschwerpunkt meiner Meniscoide damit in Zusammenhang zu stehen, da die Brustwirbelsäule besonders eine Rotation ermöglicht und somit große Belastungen auf die seitlichen Gelenkanteile ausgeübt werden, wonach sich dort bestehende Falten demnach durch z.B. Abrieb rascher „zurückbilden“.

Für den Thorakalbereich kann diese Hypothese bis jetzt noch nicht bewiesen werden, da mir nur ältere Körperspender zur Verfügung standen. Es kann also nicht ausgeschlossen werden, dass die Falten z.B. reine Degenerationserscheinungen sind, obwohl dies durch die Korrelation von Meniscoiden und

unauffälliger Knorpelbeschaffenheit als wenig wahrscheinlich gilt. Eine nachfolgende Arbeit, die auch junge Körperspender einbezieht, könnte über den Nachweis einer höheren Faltenprävalenz die Arbeitshypothese festigen und weitere Aussagen über degenerativ bedingte Veränderungen treffen.

Unter Annahme der genannten Arbeitshypothese und meinen bisherigen Befunden kann man die Meniscoide als primäre, da sie Abkömmlinge der embryonalen Mesenchymalplatte darstellen, und die Fettpolster als sekundäre Faltenbildungen unterteilen, da diese sich wohl erst später ins Gelenkinnere hineinstülpen. Die extrakapsuläre Verbindung erhärtet diese Auffassung.

4.3. Histologie

Die Ergebnisse meiner histologischen Untersuchungen decken sich im Allgemeinen mit denen anderer Autoren, die allerdings hauptsächlich andere Wirbelsäulenabschnitte untersuchten. Während wenige (1,48) einen Grundtyp mit verschiedener, je nach Lage und Beanspruchung, Verteilung der typischen Bauelemente postulieren, nehmen die meisten Mediziner ebenfalls eine nach Faltenantyp getrennte histologische Darstellung vor.

So beschreibt Ley (44) seine fett- und gefäßreichen Synovialfalten als „intraartikuläre Verlängerungen der Membrana synovialis“, die unter mechanischer Belastung sich dann in einen derbfibrösen, gefäßarmen Meniscus umbauen können. Dieser Meniscus erscheine mikroskopisch wie eine „Überlagerung“ vieler einfacher, komprimierter Synovialfalten. Hinsichtlich der genannten embryologischen Überlegungen (s.o.) bin auch ich der Überzeugung, dass initial homogenes intrartikuläres „Grundgewebe“ sich durch unterschiedliche mechanische Einflüsse verschiedenartig differenziert. So erscheinen in meiner Arbeit die Typ-2-Ausläufer und die zentral gelegenen Meniscoidenspitzen anders als das basisnahe Gewebe auch aufgrund der lamellären und zur Oberfläche hin dichteren, parallelen Bindegewebsanordnung als komprimiert. In Anlehnung daran wurde in einigen Aufzeichnungen (2,3,32) die umhüllende Synovialmembran im basalen Abschnitt als zellreich und im zentralen als zellarm bezeichnet.

In einem Ausläuferende (s.Abb.39) wurden mehrere unklare, rundliche Strukturen mit farbintensivem Rand und zentraler Aufhellung bei Azan-Färbung gesehen. Im Rahmen differentialdiagnostischer Erwägungen sind rezepptive Strukturen eher auszuschließen, da diese deutlich größer sind. Giles (19-26) konnte zwar eine nervale Versorgung der Synovialfalten mit freien Nervenendigungen nachweisen, beschrieb aber keine komplexeren rezepativen Strukturen. Gleiches gilt für Kapillaren, da Erythrozyten bei dieser Färbung gelblich glänzen (s.Abb.37). Obwohl ich im sonstigen histologisch kein Knorpelgewebe erkennen konnte, kann es sich möglicherweise doch um Faserknorpelgewebe handeln. In Annahme dessen kann ich allerdings trotz typischer kleiner, spärlicher Chondrone darin keine echten Chondrozyten erkennen.

Diesbezüglich weist die Literatur unterschiedliche Angaben auf. Während die meisten Autoren kein Knorpelgewebe in den Falten finden konnten, wiesen jedoch Dörr (9), Jones (34) und Hadley (27) im Lumbalbereich Sehnen- bzw. Faserknorpelgewebe in jenen nach. Jones (34) konnte sogar eine enchondrale Ossifikation im Alter über 68 Jahren dokumentieren. Hinsichtlich des Brustwirbelbereiches berichtet Ley (44) von „chondroidalen Strukturen“ in seinen Menisci, Zaccheo (58) beschreibt einen „ringförmigen, fibrösknorpeligen Meniscus“, der inkonstant und am besten im Thorakalbereich zu sehen sei. Gemäß der beschriebenen Inkonstanz muss demnach Faserknorpelgewebe in meinem Präparat in Erwägung gezogen werden. Nach Bogduk (4), der selber nie Knorpel vorfand, könne dieser sich durch mechanische Einflüsse mit der Zeit aus derbfibrösem Gewebe entwickeln, ähnlich wie letzteres sich aus fettreichem zu differenzieren mag.

Eine nachfolgende Arbeit mit histologischem Schwerpunkt zur Klärung der Frage, ob Faserknorpel tatsächlich in thorakalen Synovialfalten auftritt, ist wünschenswert. Darin könne dann auch eine immunhistochemische Kollagentypisierung erfolgen, die bisher in der Literatur nicht beschrieben ist.

In einem anderen Präparat (Meniscoid, Abb.35) fielen massiv dilatierte Blutgefäße auf, die bis in die Spitze reichen. Bei zugrunde liegendem schweren Gelenkknorpelschaden scheint es, als fülle der Meniscoid die Knorpelinkongruenz mit dieser Volumenerhöhung aus. Weitere Ausführungen zu möglichen funktionellen Bedeutungen folgen weiter unten.

4.4. Funktionelle Bedeutung

Viele Mediziner äußerten gemeinsame als auch unterschiedliche Überlegungen zur funktionellen Bedeutung.

Wie auch vielfach behauptet (9,40,44,46,48,52) ist anzunehmen, dass die zentral gelegenen Strukturen, d.h. Typ-1-Meniscoide und Typ-2-Ausläufer Inkongruenzen der Gelenkflächen ausgleichen. Als Grundlage sei nochmals das fetale Mesenchym (s.o.) zu nennen, welches initial sich komplett durch die Gelenkhöhle erstreckt. Regressive Veränderungen treten bevorzugt an Stellen hoher mechanischer Belastung und bei unauffälligen, symmetrischen Knorpelflächen auf. In Mutmaßung, dass es auch schon in der fetalen Periode geringe Inkongruenzen zwischen den Knorpelflächen gibt, persistiert wegen der geringeren Druckbelastung dort das Mesenchym. Durch das Ausfüllen mit Faltengewebe kommt es zu einer gleichmäßigeren Druckverteilung (57,52,48) im Gelenk, und punktförmige Belastungen des hyalinen Knorpels können vermieden werden. Untermauert wird diese Ansicht dadurch, dass in meiner Arbeit die Meniscoiden- und Ausläuferlängen wie auch die Größe der Formen mit abnehmender Knorpelqualität zunehmen. Ferner zeigt sich die Anzahl an Falten pro Gelenk umgekehrt proportional mit der Knorpelqualität. Schließlich konnte Inami (32) einen eindeutigen Zusammenhang zwischen seinen dicken, dünnen Falten und zugrunde liegendem Knorpelschaden aufzeigen, ihnen jedoch keine signifikante Funktion beimisst. Da die Meniscoide in meiner Arbeit nicht mit dem periartikulären Gewebe in Verbindung stehen, tragen sie anders als die Fettpolster (s.u.) höchstens nur geringfügig zur Regulation des intraartikulären Druckes bei.

Bogduk (2,3) fasst die Meniscoide als Schutzeinrichtungen bei Subluxationen auf, die bei normalen Bewegungsausschlägen auftreten können. Sie gewährleisten auch dann einen steten Überzug der Gelenkflächen mit Synovialflüssigkeit.

Meines Erachtens sind die Fettpolster, die in Zusammenhang mit dem periartikulären Gewebe stehen, an der Regulation des intraartikulären Druckes beteiligt. Je nach Gelenkausschlag resultieren mehr oder weniger große intraartikuläre Volumen- und Druckschwankungen. Der Bewegungsausschlag wird neben ligamentärer und muskulärer Anspannung auch durch den zunehmenden negativen intraartikulären Druck gehemmt, welches sicherlich zum Schutz vor unphysiologischen Ausmaßen gewünscht ist. Wenn in einem

Wirbelsäulenabschnitt eine größere Bewegungsfreiheit notwendig ist, empfiehlt sich eine bedarfsgerechte Modifizierung der Gelenkeinrichtungen. Mit der nachgewiesenen transkapsulären Penetranz der Fettpolster in das extrakapsuläre Gewebe scheint jene realisiert zu sein. Sobald sich der Gelenkraum vergrößert und damit der Unterdruck zunimmt, können die Fettpolster „eingesaugt“ werden und somit druckausgleichend wirken. Die extraartikulären Faltenanteile würden als Materialreserve dienen, damit das intraartikuläre Faltenvolumen je nach Bedarf variiert werden kann.

Da die extrakapsuläre Faltenfortsetzung vor allem am thorakolumbalen Übergang zu beobachten war, scheinen hier größere Bewegungsausschläge vorzuliegen.

Ähnliche Überlegungen werden von Penning/Töndury (46) und Benini (1) beschrieben. Nach Töndury können die Falten zur optimierten Verteilung der Synovia über Gefäßerweiterung sogar gezielt „anschwellen“, welches ich, auch wegen der Einzigartigkeit in der gesamten Literatur, als fragwürdig ansehe.

Die Fettpolsterkörper liegen wie mehrfach beschrieben in Gelenkrecessus und sind daher keiner unmittelbaren Druckbelastung ausgesetzt. Sie dienen sicherlich als Platzfüller (1,2,3,9,32,42,44,48,53), daher die Namensgebung, und tragen durch Füllung des intraartikulären Volumens zur Einsparung als auch Verteilung von Synovialflüssigkeit (2,3,4) bei. Gemäß der Korrelation mit schweren degenerativen Knorpelveränderungen füllen sie zudem rändliche Gelenkknorpelbuchten aus.

Den randständigen Kapselverdickungen ordne ich außer einer gewissen Füllfunktion, die auch zur Synovialverteilung beiträgt, keine signifikante Funktion zu. Vermutlich stellen sie Reste der einstigen, nicht vollständig zurückgebildeten Mesenchymalplatte dar.

4.5. Klinische Aspekte

Eine Vielzahl von Ursachen kann für die Schmerzentstehung im Bereich der Facettengelenke angegeben werden. Dazu zählen u.a. humoral-entzündliche Mechanismen, Kompression wie auch Zug an einer Nervenwurzel, Instabilität oder segmentale Funktionsstörungen (Jerosch, 33).

Die klinische Signifikanz dieser Arbeit bezieht sich vor allem auf die „Einklemmungstheorie“ einer meniscoiden Falte als eine Ursache für akut einschließenden Rückenschmerz mit begleitender Gelenkblockierung. Entwickelt wurde sie vor etwa 30 Jahren von Kos und Wolf (39), die unter Annahme einer Deformierbarkeit des hyalinen Gelenkknorpels, welches sie in experimentellen Untersuchungen nachweisen konnten, eine Einklemmung von „Menisci“ zwischen die Gelenkflächen postulieren. Durch eine atypische Gelenkbewegung können diese in Knorpelfurchen festgeklemmt werden und sekundär Zug auf den nerval innervierten Faltenstiel als auch die reichlich innervierte Gelenkkapsel ausüben, wodurch die Schmerzsymptomatik entsteht. Über reaktiven Muskelspasmus wird die weitere Bewegungsmöglichkeit eingeschränkt und es kommt zum Vollbild einer Gelenkblockierung. Chiropraktische Maßnahmen können diesen Zustand sofort beheben.

Lewit (43) erhärtete Kos' Ansicht, indem er in seinen Experimenten mit einem Muskelrelaxans aufzeigen konnte, dass die primäre Ursache einer Gelenkblockierung im Gelenk selbst und nicht in der periartikulären Umgebung liegt. Viele weitere Mediziner gehen mit der Einklemmungstheorie konform (12,14,19-27,34,41,48,59). Nach Kraft (41) prädisponiert eine segmentale Höhenminderung, z.B. durch Bandscheibendegeneration verursacht, über Stabilitätsab- und Bewegungsmöglichkeitszunahme zu einer Einklemmung. Eine begleitende Ödembildung würde dann eine schmerzhaft Kapseldehnung verursachen. Putz (48) kann sich eine Gelenkblockade nur bei kleineren Falten vorstellen. Ley (44), der sich, wie schon mehrfach erwähnt, nur mit thorakalen Wirbelgelenken befasste, nahm keine Stellung zu einer klinischen Relevanz.

Bezüglich der von Kos angenommenen Nervenversorgung der intraartikulären Strukturen konnte Giles (19-26) in aufeinanderfolgenden Arbeiten in lumbalen Synovialfalten neben wohl motorischen paravaskulären Nervenfasern auch vereinzelte, von Gefäßen entferntere, vermutlich nocizeptive Nervenfasern darstellen. Der von ihm als auch von Inami (31) immunhistochemisch erbrachte Nachweis der Substanz P in den Falten nährt die Existenz von nocizeptiven, afferenten Fasern. Jedoch sind auch Leukozyten imstande, Substanz P zu

sezernieren. Die Innervation der Membrana fibrosa durch den Ramus dorsalis ist unumstritten.

Von anderen Autoren (2,3,7,35-37,46,54,57) hingegen wird die Einklemmungstheorie mit konsekutiver Wirbelblockierung angezweifelt oder abgelehnt. Die Falten seien dafür zu zart (35-37,46) oder zu klein (57) und die Kapsel zu straff (35-37). Ferner würde bei einer tatsächlichen Einklemmung unter Zug eher das fibro-adipöse Faltenmittelstück reißen als Traktion auf die innervierte Kapsel ausüben (3). Allenfalls durchgehend derbfibröse Meniscoide kämen dafür in Frage, die jedoch nicht gesehen werden konnten (3). Nach Cihak (7) müssten als Voraussetzung eine Störung der Segmentmuskulatur und erhöhte Variabilität der Gelenkformen vorliegen.

Anhand meiner Untersuchungsergebnisse betrachte auch ich die Einklemmungstheorie mit sekundärer Wirbelblockade als fraglich.

Die randständigen Kapselverdickungen sind nur peripher gelegen und können nicht erfasst werden.

Gleiches gilt für die in den Recessus gelegenen Fettpolster. Die von ihnen ausgehenden Ausläufer sind jedoch grundsätzlich einklemmbar, die entstehende Zugkraft würde sich dann aber bei denjenigen mit periartikulärem Ursprung auf dieses Gewebe übertragen und sich so verlieren. Ebenso wenig dürfte die Membrana synovialis einer relevanten Zugkraft ausgesetzt sein, da sie sich in die Recessus stülpt und somit Materialreserve hergibt. Das subsynoviale Fettgewebe ist zudem sehr verformbar, so dass bei diesem Typ Falte eine nennenswerte Zugwirkung auf die straffe Membrana fibrosa mit sekundärer Schmerzsymptomatik und Wirbelblockade unwahrscheinlich erscheint.

Meine Typ-1-Meniscoide erfüllen noch am ehesten die Voraussetzungen. Zwar konnte ich den von Kos (39) geforderten intraartikulären Stiel, der unter Kompression eine Knorpeleinbuchtung mit nachfolgender Einklemmung hervorrufen würde, nicht antreffen, jedoch können meines Erachtens nach zumindest die wenigen zungen- oder blattförmigen Meniscoide aufgrund der teils durchgehend derben Konsistenz eine relevante Zugwirkung auf die Kapsel mit genannten Folgereaktionen ausüben. Bei den häufigen breitbasigen Meniscoiden halte ich dieses wegen des weitaus breiteren Ursprungs und somit verteilterer Zugwirkung für noch unwahrscheinlicher. Insgesamt zweifle ich die darüber vermittelte Gelenkblockade an, da es eine normale Funktion der Meniscoide ist, zwischen den Gelenkflächen zu liegen.

Eine andere Auffassung (2,32,40), wonach die intraartikulären Strukturen, meiner Ansicht nach am ehesten die Meniscoide, eine Rolle in der Pathogenese einer Wirbelblockade zu spielen scheinen, ist ebenfalls zu diskutieren. Hiernach können die Falten selber als auch frei, flottierende Faltenanteile, die durch mechanische Einflüsse abgetrennt worden sind, bei einer Extrembewegung sich zwischen der Kapsel und dem Gelenkrand aufrollen bzw. einnisten („extrapment“). Eine anschließende Gegenbewegung würde die Dislokation noch weiter festigen, so dass diese wegen der korpuskulär bedingten, zunehmenden Kapseldehnung mit reaktiv sekundärem Muskelspasmus oft unmöglich sei. Das klinische Bild wäre dann z.B. der akute „Schiefhals“ (Torticollis) im Sinne einer fixierten Subluxation, der jedoch auch wie die zentrale Einklemmung einer manuellen Therapie zugänglich sei.

Heutzutage ist es möglich, in Schnittbildverfahren (CT, MRT) intraartikuläre Strukturen bildgebend darzustellen (47,55,57). Zeitnahe bildgebende Untersuchungen von Patienten, die über einen akut aufgetretenen Wirbelsäulenschmerz klagen, können eventuell die Rolle der Synovialfalten in der Pathogenese des Rückenschmerzes aufdecken und demnach einen Beitrag zur kausalen Therapie des dann spezifischen Rückenschmerzes leisten, was eine Einsparung der in der Einleitung beschriebenen immensen Behandlungskosten bedeuten könnte.

6. Literaturanhang

1. **Benini A**, Das kleine Gelenk der Lendenwirbelsäule (Zur Kenntnis seiner funktionellen Anatomie unter besonderer Berücksichtigung der meniskoiden Einschlüsse); Fortschritte der Medizin 1979; 97: 2103-2106
2. **Bogduk N, Mercer S**, Intra-articular inclusions of the cervical synovial joints; British Journal of Rheumatology 1993; 32: 705-710
3. **Bogduk N, Engel R**, The menisci of the lumbar zygapophyseal joints; J Anat 1982; 135: 795-809
4. **Bogduk N, Engel R**, The menisci of the lumbar zygapophyseal joints (A review of their anatomy and clinical significance); Spine 1984; 9: 454-460
5. **Bogduk N**, Zygapophyseal joint and annulus fibrosus; Spine 1994; 19: 532-538
6. **Bogduk N, Long DM**, The anatomy of the so-called „articular nerves“ and their relationship to facet denervation in the treatment of low-back pain; J Neurosurg 1979; 51: 172-177
7. **Cihak R**, Die Morphologie und Entwicklung der Wirbelbogengelenke; Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis 1981; 87: 13-28
8. **Delank HW**, Innervation der Wirbelbogengelenke; Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis 1981; 87: 43-47
9. **Dörr WM**, Nochmals zu den Menisci in den Wirbelbogengelenken, Z Orthop 1962; 96: 457-461
10. **Dörr WM**, Über die Anatomie der Wirbelgelenke, Archiv für orthopädische und Unfall-Chirurgie 1958; 50: 222-234
11. **Dory MA**, Arthrography of the lumbar facet joints; Radiology 1981; 140: 23-27

12. **Dreyer SJ, Dreyfuss PH**, Low Back Pain and the Zygapophyseal (Facet) Joints; Arch Phys Med Rehabil 1996; 77: 290-300
13. **Dreyfuss PH, Tibiletti C, Dreyer SJ**, Thoracic Zygapophyseal Joint Pain Patterns; Spine 1994; 7: 807-811
14. **Emminger E**, Die Anatomie und Pathologie des blockierten Wirbelgelenks; Hippokrates Verlag Stuttgart 1967; 38(7): 253-258
15. **Emminger E**, Die Gelenkdisci an der Wirbelsäule (eine mögliche Erklärung wirbelsäulenabhängiger Schmerzzustände); Hefte zur Unfallheilkunde 1955; 48: 142-148
16. **Fick R**, Spezielle Gelenk- und Muskelmechanik; Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke 1911; 3. Teil
17. **Fletcher G, Haughton VM, Ho KC, Yu S**, Age-related changes in the cervical facet joints: Studies with cryomicrotomy, MR an CT; AJNR 1990; 11: 27-30
18. **Gerneck I**, Über die Innervation der Synovialmembran beim Menschen; Z Anat Entwickl.gesch 1932; 97: 515-534
19. **Giles LGF**, Human Lumbar Zygapophyseal Joint Inferior Recess Synovial Folds: A Light Microscope Examination; The Anatomical Record 1988; 220: 117-124
20. **Giles LGF, Taylor JR**, Human zygapophyseal joint capsule and synovial fold innervation; British Journal of Rheumatology 1987; 26: 93-98
21. **Giles LGF, Taylor JR, Cockson A**, Human zygapophyseal joint synovial folds; Acta anat 1986; 126: 110-114
22. **Giles LGF, Harvey AR**, Immunohistochemical demonstration of nociceptors in the capsule and synovial folds of human zygapophyseal joints; British Journal of Rheumatology 1987; 26: 362-364

23. **Giles LGF, Taylor JR**, Innervation of lumbar zygapophyseal joint synovial folds; *Acta Orthop Scand* 1987; 58: 43-46
24. **Giles LGF, Taylor JR**, Intra-articular synovial protrusions in the lower lumbar apophyseal joints; *Bulletin of the hospital for joint diseases* 1982; 42: 248-255
25. **Giles LGF**, Lumbar apophyseal joint arthrography; *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 1984; 7(1): 21-24
26. **Giles LGF**, Lumbo-sacral and cervical zygapophyseal joint inclusions; *Manual Medicine* 1986; 2: 89-92
27. **Hadley LA**, Anatomico-roentgenographic studies of the posterior spinal articulations; *American journal of roentgenology* 1961; 86: 270-276
28. **Hadley LA**, Intervertebral joint subluxation, bony impingement and foramen encroachment with nerve root changes; *Amer J Roentgenol* 1951; 65: 377-402
29. **Henle J**, *Handbuch der Bänderlehre des Menschen*; Braunschweig 1856
30. **Herzog W**, Zur Morphologie und Pathologie des Ligamentum Flavum; *Frankfurter Zeitschrift für Pathologie* 1949; 61: 250-267
31. **Inami S, Shiga T, Tsujino A, Yabuki T, Okado N, Ochiai N**, Immunohistochemical demonstration of nerve fibres in the synovial fold of the human cervical facet joint; *J Orthop Res* 2001; 19(4): 593-596
32. **Inami S, Kaneoka K, Hayashi K, Ochiai N**, Types of synovial fold in the cervical facet joint; *J Orthop Sci* 2000; 5: 475-480
33. **Jerosch J, Castro WHM**, *Das Facettensyndrom*; Bücherei des Orthopäden (Beihefte zur Zeitschrift für Orthopädie) 1994; Band 62
34. **Jones TR, James JE, Adams JW, Garcia J, Walker SL, Ellis JP**, Lumbar zygapophyseal joint meniscoids: evidence of their role in chronic intersegmental

hypomobility; Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics 1989; 12(5): 374-385

35. Keller G, Die Arthrose der Wirbelgelenke in ihrer Beziehung zum Rückenschmerz; Z Orthop 1959; 91: 538-550

36. Keller G, Die Bedeutung der Veränderungen an den kleinen Wirbelgelenken als Ursache des lokalen Rückenschmerzes (Auswertung der histologischen Befunde); Z Orthop 1953; 83: 517-547

37. Keller G, Die Bedeutung der Veränderungen an den kleinen Wirbelgelenken als Ursache des lokalen Rückenschmerzes; Z Orthop 1953; 83: 219-228

38. Keller G, Nochmals zu den Menisci in den Wirbelbogengelenken (Erweiterung zum Artikel von W.M. Dörr); Z Orthop 1962; 96: 537

39. Kos J, Wolf J, Die „Menisci“ der Zwischenwirbelgelenke und ihre mögliche Rolle bei Wirbelblockierung; Man Med 1972; 10: 105-114

40. Kos J, Hert J, Sevcik P, Meniscoids of the intervertebral joints; Acta Chir Orthop Traumatol Cech 2002; 69(3): 149-157

41. Kraft GL, Levinthal DH, Facet synovial impingement; Surgery, Gynecology and Obstetrics 1951; 93: 439-443

42. Lewin T, Moffett B, Viidik A, The morphology of the lumbar synovial intervertebral joints; Acta morphologica Neerlando-Scandinavica 1962; 4: 299-319

43. Lewit K, Beitrag zur reversiblen Gelenksblockierung; Zeitschrift für Orthopädie 1969; 105: 150-157

44. Ley F, Contribution a l'étude des cavités articulaires vertebrales thoraciques; Arch Anat Histol Embryol 1974; 57(1): 61-114

45. Lutz G, Die Entwicklung der kleinen Wirbelgelenke; Z Orthop 1968; 104: 19-27

- 46. Penning L, Töndury G**, Entstehung, Bau und Funktion der meniskoidalen Strukturen in den Halswirbelgelenken; Z Orthop 1964; 98: 1-13
- 47. Peuker ET, Szuwart GA, Kriener P, Grönemeyer DHW, Filler TJ**, Intraartikuläre Synovialfalten thorakaler Synovialfalten (Vergleich CT, MRI); AG Klinische Anatomie, WWU Münster 2000
- 48. Putz R**, Funktionelle Anatomie der Wirbelgelenke; Normale und Pathologische Anatomie 1981; Band 43
- 49. Rahlmann JF**, Mechanisms of intervertebral joint fixation: a literature review; Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics 1987; 10(4): 177-187
- 50. Santo E**, Die Zwischenscheiben in den kleinen Gelenken; Anat Anz 1937; 85: 223-229
- 51. Santo E**, Zur Entwicklungsgeschichte und Histologie der Zwischenscheiben in den kleinen Gelenken; Z Anat Entwickl.gesch 1935; 104: 623-634
- 52. Schmincke A, Santo E**, Zur normalen und pathologischen Anatomie der Halswirbelsäule; Zentralblatt für Allgemeine Pathologie 1932; 55(10): 369-372
- 53. Singer KP, Giles LGF, Day RE**, Intra-articular synovial folds of thoracolumbar junction zygapophyseal joints; The anatomical record 1990; 226: 147-152
- 54. Täger KH**, Wirbelmeniskus oder Synovialfortsatz; Z Orthop 1965; 439-447
- 55. Taylor JR, McCormick CC**, Lumbar facet joint fat pads: their normal anatomy and their appearance when enlarged; Neuroradiology 1991; 33: 38-42
- 56. Töndury G**, Beitrag zur Kenntnis der kleinen Wirbelgelenke, Z Anat Entw.Gesch 1940; 110: 568-575

57. Yu S, Sether L, Haughton VM, Facet joint menisci of the cervical spine: correlative MR imaging and cryomicrotomy study; *Radiology* 1987; 164: 79-82

58. Zaccheo D, Reale E, Contributo alla conoscenza della articolazioni tra i processi articolare delle vertebre dell'uomo; *Archivio ital. anatom. e embriol* 1956; 61: 1-16

59. Zukschwerdt L, Emminger E, Biedermann F, Zettel H, Wirbelgelenk und Bandscheibe; Hippokrates Stuttgart 1960; 2. Aufl.

8. Danksagung

Zunächst bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. Pera für die Überlassung dieser Arbeit.

Ich danke Herrn Prof. Dr. Filler und Herrn Dr. Peuker für die gute Betreuung, Hilfsbereitschaft und Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Den Laborassistentinnen Fr. Kemming und Fr. Kupich möchte ich ebenfalls meinen Dank für die Hilfe bei den histologischen Tätigkeiten ausrichten.

Des Weiteren danke ich den Präparatoren für ihre oft unkomplizierte Mithilfe, Bereitstellung der anatomischen Instrumente und Organisation der Körperspender.

Großen Dank gilt meinen Eltern, die mich in allen Zeiten moralisch und finanziell in bemerkenswerter Weise unterstützt haben.