

2. Literatur

2.1 Anatomische Grundlagen

2.1.1 Statik

Die Statik befasst sich mit der Erhaltung des Gleichgewichtes des gesamten Tierkörpers bei der Bewegung sowie im Ruhezustand. Ein Körper ist dann im Gleichgewicht, wenn sich die auf ihn einwirkenden Kräfte gegenseitig aufheben. Somit bezeichnet die Statik als Teilbereich der Kinetik den Gleichgewichtszustand eines Körpers. Auf den Pferdekörper bezogen beschreibt die Statik die passiven und aktiven Einflüsse des Bewegungsapparates, die zur Erhaltung des Gleichgewichts erforderlich sind. Die folgenden Ausführungen entstammen einem Artikel von KÖNIG & KASSIANOFF (1998).

Die Konstruktion des Rumpfes bei Pferden wird mit einer „Bogensehnenbrücke“ verglichen. Dabei bilden Brust- und Lendenwirbelsäule sowie das Becken den tragenden Brückenbogen, während Kopf- und Halswirbelsäule die vordere, Kreuzbein und Schwanzwirbel die hintere Konsole verkörpern. Die einzelnen Anteile des Systems sind eng miteinander verbunden, beeinflussen sich gegenseitig und beziehen auch die Extremitäten mit ein. Das gesamte Brückensystem zeichnet sich neben seiner Tragfähigkeit durch Elastizität und Beweglichkeit aus. Das Gewicht von Kopf und Hals wird größtenteils passiv durch das elastische Ligamentum nuchae (Nackenband) gehalten. Drei Muskeln, die vorwiegend statische Funktion haben und deshalb sehnig verstärkt sind, unterstützen das Nackenband. Der *M. longissimus cervicis* und der *M. spinalis thoracis et cervicis* sind dabei als Halsträger, der *M. semispinalis capitis* als Kopfträger anzusprechen.

Da das Nackenband an den Dornfortsätzen, die Kopf- und Halsträger an den Querfortsätzen und Gelenkfortsätzen der Brustwirbel befestigt sind, wölbt sich der Rücken bei langgestrecktem Hals und tiefem Kopf ohne Muskelkraft auf. Dies wird unter dem Reiter besonders bei jungen Pferden deutlich, da sie versuchen, durch tiefe Kopfhaltung die Rückenmuskeln zu entspannen.

Der hintere Teil der Brückenkonstruktion ist nur mit dem letzten Lendenwirbel beweglich verbunden, während er am Becken nahezu unbeweglich befestigt ist.

Die Lage des Körperschwerpunktes ist für statische sowie dynamische Aktionen von besonderer Bedeutung. Bei einem Pferd mit neutraler Kopfhaltung liegt er dort, wo die Medianebene von einer Transversalachse geschnitten wird, die durch die Mitte der 12. Rippe verläuft. Projiziert man diesen Punkt auf den Boden, dann wird deutlich, dass der Schwerpunkt näher an der Vorhand als an der Hinterhand liegt. Daraus ergibt sich, dass ca. 54% des Körpergewichtes auf der Schultergliedmaße und ca. 44% auf den Beckengliedmaßen lasten.

2.1.2 Anatomie des knöchernen Hinterhauptes

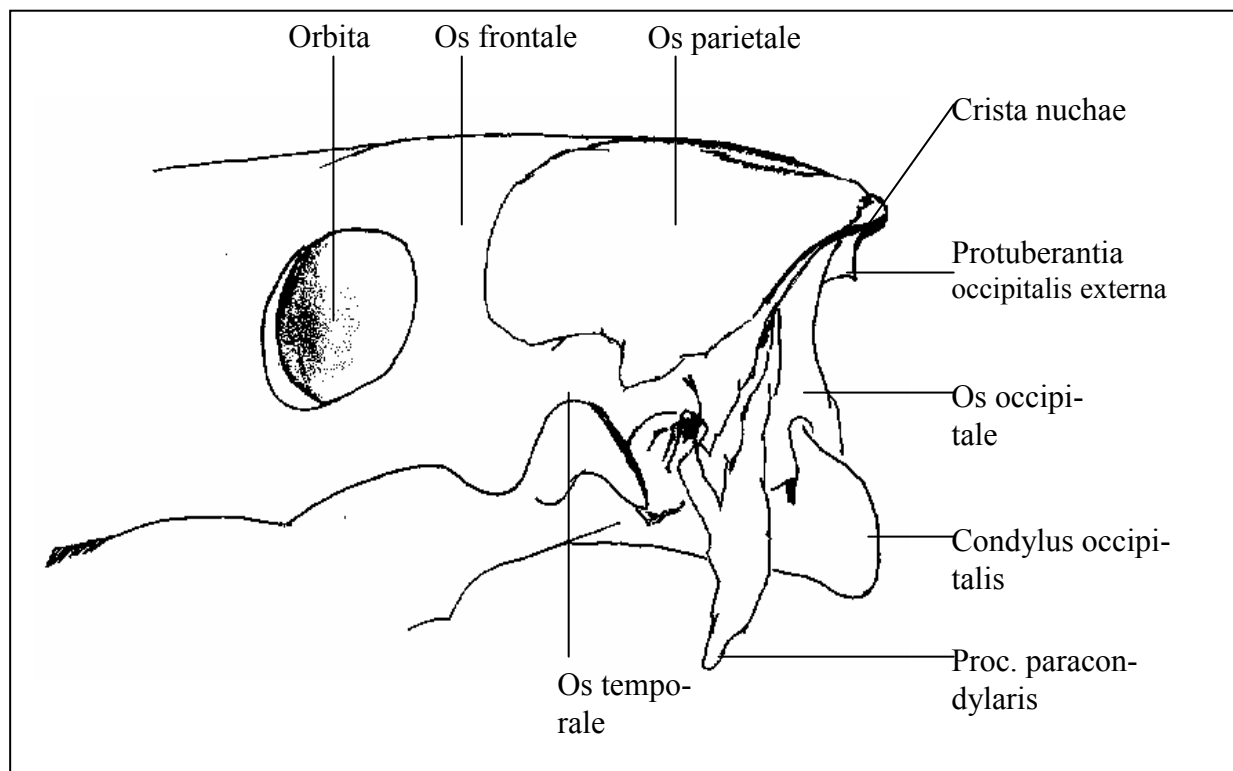


Abb. 1: Pferdeschädel, seitlich. Die für die Untersuchung relevanten Strukturen werden näher bezeichnet

Die Nackenfläche (Planum nuchae)

Nach WISSDORF et al. (1998) bildet allein das Hinterhauptbein, Os occipitale, die knöcherne Grundlage der Nackenfläche. Die Schuppe des Hinterhauptbeines, Squama occipitalis, und ihre Seitenstücke, Partes laterales, formen die rostral konvexe Nackenfläche. Nach dorsal wird die Nackenfläche von der Crista nuchae begrenzt.

Auf der Squama occipitalis erhebt sich die Protuberantia occipitalis externa, der sogenannte Hinterhauptstachel. Die Seitenstücke der Nackenfläche formen die Gelenkknorren, Condylus occipitalis und begrenzen mit ihnen das Hinterhauptloch, Foramen magnum. Lateral der Gelenkknorren ragt aus der Nackenfläche der lange Muskelfortsatz, Processus paracondylaris hervor, der in Richtung des Unterkiefers verläuft.

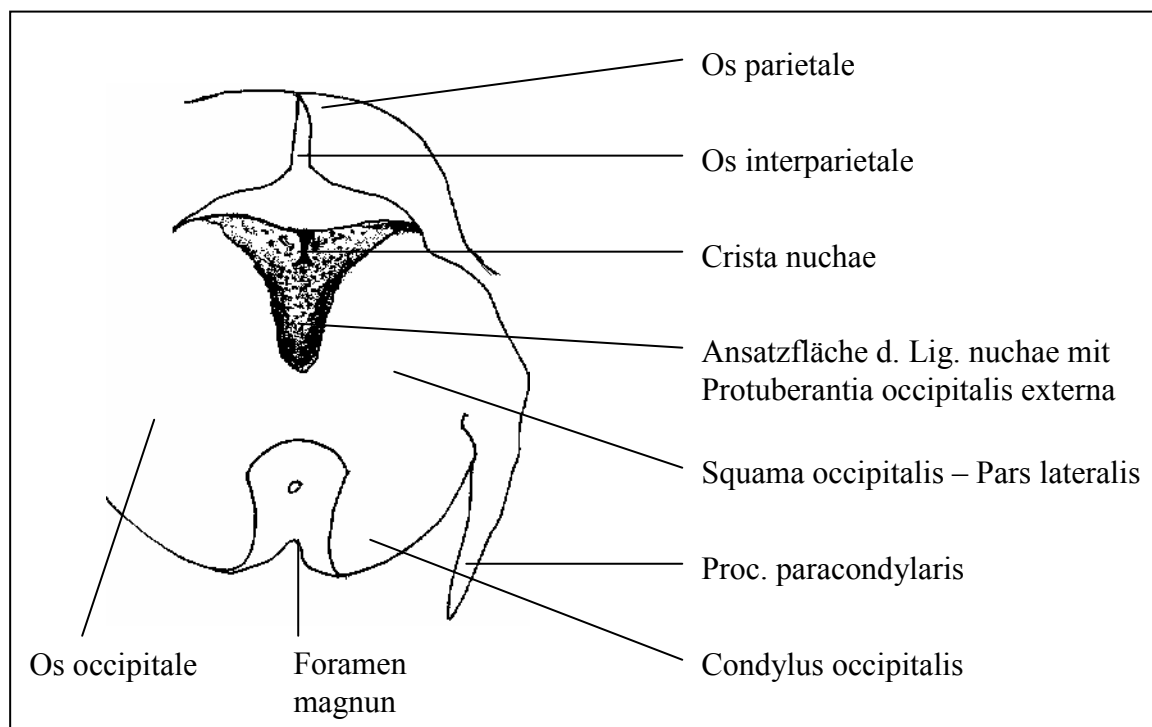


Abb. 2: Nackenfläche in kaudo-kranialer Richtung, halbschematisch

2.1.3 Anatomie des Nackenbandes

Das Nackenband (Ligamentum nuchae) wird nach ELLENBERGER & BAUM (1943), NICKEL et al. (1984), DYCE et al. (1987), BUDRAS & RÖCK (1991) und WISSDORF et al. (1998) folgendermaßen beschrieben:

Das Nackenband besteht aus zwei paarigen Anteilen:

Dem Nackenstrang = Funiculus nuchae oder Pars occipitalis

Der Nackenplatte = Lamina nuchae oder Pars cervicalis

Der Nackenstrang (Funiculus nuchae)

Der Nackenstrang entspringt auf jeder Seite des Hinterhauptes an der Protuberantia occipitalis externa und der ventral davon gelegenen Grube. Er ist paarig, rein elastisch und besitzt eine gelbliche Färbung. Die beiden ovalen Stränge sind median fest durch Bindegewebe verbunden, dorsal bleibt jedoch eine deutliche mediane Längsfurche zwischen ihnen sichtbar. Das zuerst recht kräftige, elastische, abgeflachte Faserbündel wird schnell zu einem runden Strang, der die ersten Halswirbel überquert, ohne Verbindung mit ihnen aufzunehmen. Ab Höhe des dritten Halswirbels beginnend, vereinigt sich der Nackenstrang kaudal mit der Nackenplatte. Nach dem vierten Halswirbel beginnt das Band sich seitlich zu verbreitern, um sich ab dem dritten bis vierten Brustwirbel an den Dornfortsätzen der folgenden Brustwirbel zu befestigen. So formt es den Anfang der Widerristkappe, mit der sich die Nackenplatte verbindet. Nach der Vereinigung des Nackenbandes mit der Nackenplatte geht dieses in das Rückenband, Ligamentum supraspinale, über. Oberhalb des Nackenstranges befindet sich das Kammfett, das fest mit beiden Strängen verbunden ist.

Die occipitale Verankerung des Funiculus nuchae ist unter funktionellen Gesichtspunkten als eine Insertion zu bezeichnen. Anatomisch wird die Verankerung des Funiculus nuchae an der Protuberantia occipitalis externa als Ursprung (Origo) des Funiculus nuchae bezeichnet. Die Untersuchungen von WEILER (2001) ergaben, daß der Funiculus nuchae zusätzlich zu der Verankerung seines Hauptanteils mit einem laminären Anteil an der Crista nuchae befestigt ist. Diesen laminären Anteil entläßt der Hauptstrang des Funiculus nuchae wenige Zentimeter

vor der Verankerung an der Protuberantia occipitalis externa. Nach WEILER (2001) verliert sich im Insertionsbereich die strangförmige Kontinuität der bis hierher dicht gelagerten, parallel verlaufenden elastischen Fasern des Funiculus nuchae. Die elastischen Faserbündel des Funiculus nuchae spleißen stark auf, wobei die einzelnen elastischen Fasern über die entstehenden Verzweigungen untereinander netzförmig verbunden bleiben.

Mit der Aufzweigung der elastischen Fasern nimmt gleichzeitig der Anteil an kollagenfaserigem Bindegewebe, der die Faserbündel sowie schließlich auch die einzelne elastische Faser umgibt, erheblich zu. WEILER (2001) stellte fest, dass kollagenes Fasergewebe im Insertionsgebiet dominiert und elastische Faserqualitäten nur noch als feinste Strukturen erkennbar sind. Der im Insertionsbereich des Funiculus nuchae zwischen den elastischen Fasern gelegene Kollagenfaseranteil wird als Elastizitätsbremse zum Schutz vor Rupturen in diesem Bereich verstanden. Während nämlich die elastischen Fasern gegenüber den kollagenen Fasern eine viel höhere Dehnungsfähigkeit besitzen, ist die Zugfestigkeit der kollagenen Fasern deutlich größer als die der elastischen Fasern.

Die Nackenplatte (Lamina nuchae)

Die Nackenplatte entspringt an jeder Seite in drei Hauptbündeln an den Processus spinosi des zweiten bis vierten Halswirbels, wobei das Bündel am zweiten Halswirbel am stärksten ausgeprägt ist. Die einzelnen Bündel ziehen im spitzen Winkel auf den Funiculus nuchae zu, dabei vereinigen sie sich zu einer Platte. Diese ist vollständig paarig angelegt. Die rechte und linke Platte sind median nur sehr locker durch Bindegewebe verbunden. In Höhe des dritten bis vierten Halswirbel beginnend inserieren die beiden Nackenplatten median an der ventralen Seite des Funiculus nuchae. Diese Insertion zieht sich kranial der Bursa supraspinalis, also bis oberhalb des zweiten Brustwirbels hin.

Im ventralen Bereich trennen sich beide Blätter der Nackenplatte kranial der Dornfortsatzspitzen des zweiten Brustwirbels, um an deren lateralen Flächen sowie dorsal auf ihrem Gipfel wie auch auf dem Gipfel des dritten Brustwirbels anzusetzen. Oft reicht die Insertion, die nicht rein elastisch ist sondern von derben, fibrösen Fasern unterstützt wird, bis auf den Gipfel des vierten Brustwirbels. Zwischen diesem Ansatz der Nackenplatte über dem dritten Brust-

wirbeldorn und dem Funiculus nuchae liegt stets die Bursa subligamentosa supraspinalis. Von den Dornfortsatzspitzen entspringt in diesem Bereich auch die Widerristfaszie.

Der mittlere Teil der Nackenplatte verbreitert sich oberhalb des zweiten Brustwirbeldorns nach lateral und geht in die Widerristfaszie über. Der untere Teil der Nackenplatte tritt zum großen Teil in Höhe der Dornfortsätze des zweiten bis sechsten Brustwirbels unter die von dem verbreiterten Nackenstrang gebildete Widerristkappe und setzt sich mit dem Nackenstrang im Rückenband fort.

2.1.4 Anatomie der Schleimbeutel

Zwischen dem Nackenstrang und den beiden ersten Halswirbeln sind zwei Genickschleimbeutel ausgebildet:

1. Bursa subligamentosa nuchalis cranialis:

Dieser Schleimbeutel liegt zwischen dem Tuberculum dorsale des Atlas und dem Funiculus nuchae.

2. Bursa subligamentosa nuchalis caudalis:

Dieser Schleimbeutel befindet sich in Höhe des Processus spinosus axis zwischen diesem und dem Funiculus nuchae.

Nur der kraniale Schleimbeutel kann nach außen aufbrechen und eine Genickfistel bilden. Die Schleimbeutel bilden sich erst im Laufe des Lebens durch mechanische Einwirkung des Nackenstrangs auf die beiden Halswirbel aus, zum Beispiel durch Beugen des Kopfes.

Ein weiterer Schleimbeutel, Bursa subligamentosa supraspinalis, liegt nach MARTIN (1914), ELLENBERGER & BAUM (1943) und NICKEL et al. (1984) über den freien Enden des dritten (zweiten bis vierten) Brustwirbeldorns, der von der Widerristkappe bedeckt ist. Dieser Schleimbeutel liegt regelmäßig von Geburt an zwischen dem Brustwirbeldorn und der Widerristkappe. Er hat nur ein geringes Lumen und ist ca. 4 cm lang.

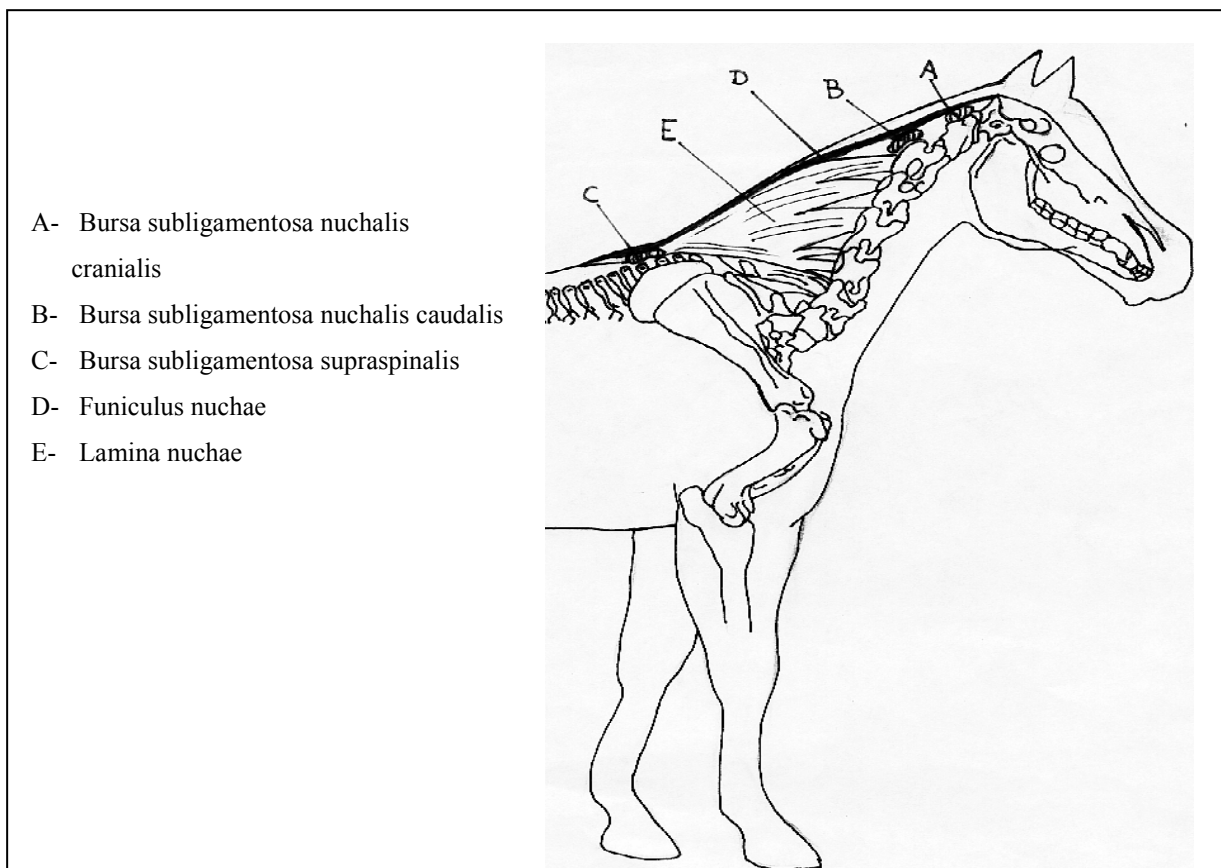


Abb. 3: Die Schleimbeutel des Pferdes im Genick-, Hals- und Widerristbereich, nach RIEGEL & HAKOLA (1999)

2.1.5 Das Rückenband (Ligamentum supraspinale)

Nach ELLENBERGER & BAUM (1943), BUDRAS & RÖCK (1991) und WISSDORF et al. (1998) stellt das Ligamentum supraspinale die kaudale Fortsetzung des Nackenbandes nach seiner Vereinigung mit der Nackenplatte dar. Vom Processus spinosus des dritten bzw. vierten Brustwirbels an inseriert das Rückenband an den Dornfortsätzen der folgenden Brustwirbel und deren Knorpelkappen. Weiterziehend heftet es sich auf den Dornfortsätzen der folgenden Lenden- und den ersten Kreuzbeinwirbeln an.

In der Arbeit von KADAU (1991) wird das Lig. supraspinale präzise beschrieben. In früheren Arbeiten gab es zum Teil widersprüchliche Angaben über die Anatomie des Rückenbandes.

Nach MARTIN (1914) ist das Rückenband fest mit den Dornfortsätzen der Brust- und Lendenwirbelsäule verbunden und geht an der Ventralleiste in die Lig. interspinalia über. SCHMALITZ (1928) sah in dem Lig. Interspinalia zwischen Kreuzbein und letztem Lendenwirbeldorn die Wurzel des Rückenbandes, welches über die Dornfortsätze bis zum zwölften Brustwirbel zieht, wo seiner Meinung nach das Rückenband entspringt. 1947 betrachtet NICKEL in seinem Artikel über die Topographie des Widerristes das Ligamentum supraspinale als Teil des Nacken- Rückenbandes (Ligamentum nucho dorsale). Laut NICKEL et al (1984) beginnt das Rückenband ab dem vierten Brustwirbel mit der Vereinigung der paarigen Anteile des Funiculus nucae, heftet sich an den Dornfortsätzen an, verbreitert sich bis hin zum zwölften Brustwirbel und ist in seinem kaudalen Abschnitt sehnig. Auch KOCH (1980) beschreibt es als unpaaren Faserzug der über die Dornfortsätze läuft. Es befestigt sich an den Dornfortsatzspitzen und reicht bis zum Kreuzbein

KADAU (1991) kommt zu dem Schluss, dass das Lig. nucae und das Lig. supraspinale nicht getrennt voneinander betrachtet werden sollten und dass die in der älteren Literatur gebrauchte Bezeichnung Lig. nucho dorsale fast sinnvoller erscheint als die heutige nach rein räumlichen Gesichtspunkten getroffene Unterteilung. Nach KADAU (1991) wird das Rückenband in drei Abschnitte unterteilt, wobei sich der zweite und dritte Teil überschneiden. Der erste Teil besteht fast ausschließlich aus elastischen Fasern und bildet eine nach dorsal nicht geteilte Fläche. Der Hauptteil der longitudinalen Fasern verläuft jedoch neben den Dornfortsatzgipfeln. Direkt oberhalb der Dornen ist das Band dünn, viele Fasern verkehren nur zwischen benachbarten Dornen. Die kranialen Gipfelabschnitte können leicht durch das Band palpirt werden. Die Bedeutung des Bandes als Druckschutz für den Widerrist wird von der Autorin in Frage gestellt.

Der zweite Teil des Rückenbandes stellt sich als das kaudal verankernde und allmählich verlierende Ende dieser Bändeinheit dar. Er ist wieder paarig angelegt, hat aber keinen direkten Kontakt zu den Dornfortsatzgipfeln. Unter ihm beginnt bereits das funktionelle Lig. supraspi-

nale, welches aus den Ursprungssehnen der epaxialen Muskulatur besteht. In der kaudalen Hälfte der Brustwirbelsäule findet man sowohl das weiter dorsal liegende, allmählich auslaufende Ende des elastischen zweiten Teils, als auch den darunter beginnenden sehnigen dritten Teil.

Dieser ist demnach nicht die kontinuierliche Fortsetzung der vorhergehenden Teile. Lediglich ihre funktionelle und topographische Verwandtschaft erlauben die gleiche Bezeichnung. Funktionell gehören das Nackenband und der erste und zweite Teil des Rückenbandes zusammen. Ihre gemeinsame Aufgabe ist es, die kranialen Brustwirbeldornfortsätze aufzurichten, dadurch werden die Wirbelkörper gegeneinander gepreßt und ein ventrales Einsinken der Wirbelkette verhindert. Dieses wird durch den Kopf als Gegengewicht oder durch die Spannung des elastischen Nackenstrangs durch Anwinkelung des Kopfes (Beizäumung) erreicht. Der elastische Bau erlaubt außerdem eine größtmögliche Bewegungsfreiheit des Halses.

2.1.6 Das Ligamentum nuchae bei verschiedenen Tierarten

Die Ausbildung des elastischen Lig. nuchae mit seinen Unterabschnitten ist abhängig vom Gewicht des Kopfes sowie von der Länge und dem Grad der Bemuskulung des Halses (FREWEIN 1991). Das Nackenband aller Tierarten besteht aus Bündeln elastischer Fasern, die in einem dichten Bindegewebe eingeschlossen sind. Im Nackenstrang haben die elastischen Fasern eine kranio- kaudale Richtung. Die Form der elastischen Fasern bietet bei den verschiedenen Tierarten Unterschiede, die vor allem in Querschnitten deutlich werden.

Bei den Equiden (Pferdeartige) und Carnivoren (Fleischfresser) weisen die Fasern eine regelmäßig rundliche bis ovale Form auf; bei den Wiederkäuern sind die Fasern eher unregelmäßig und weisen eckige Umrisse auf. Bei allen Tierarten sind die elastischen Fasern durch Anastomosen verbunden. Es ergibt sich eine netzförmige Anordnung mit engen, länglichen Maschen, die eine perfekte Solidarität der elastischen Bestandteile mit den einzelnen Bündeln gewährleistet. Bei allen untersuchten Arten haben die elastischen Fasern der einzelnen Bündel des Nackenbandes sehr verschiedene Durchmesser.

Im allgemeinen ist das Lig. nuchae der Ruminantia (Wiederkäuer) durch dickere Fasern als das der Equiden (Pferdeartige) und Carnivoren (Fleischfresser) charakterisiert. Bei der Katze fehlt das Nackenband völlig und ist beim Schwein nur in der kaudalen Hälfte des Halses in

Form einer dünnen Lamina nuchae vorhanden. Beim Hund kommt nur der paarige Funiculus nuchae zwischen dem kaudalen Rand des Kammes des Axis und dem freien Ende des Proc. spinosus des ersten Brustwirbels zur Ausbildung.

Beim Pferd und bei den Wiederkäuern reicht der paarige Funiculus nuchae vom Occiput bis zu den freien Enden der hohen Processus spinosi im Bereich des Widerristes und setzt sich von dieser Anheftung nach kaudal ohne Grenze in das Lig. supraspinale fort. Die ebenfalls paarige Lamina nuchae verbindet bei diesen Tierarten die Dornfortsätze der kaudal vom Axis folgenden Halswirbel entweder mit dem Funiculus nuchae oder mit dem kranialen Rand des Processus spinosus des ersten (Wiederkäuer) oder zweiten (Pferd) Brustwirbels. In der Lamina nuchae ist in Fortsetzung der Processus spinosi des vierten bis sechsten Halswirbels für den Ansatz der kranialen Endzacke des Musculus spinalis cervicis beider Seiten jeweils kollagenes Bindegewebe eingelagert.

Während des postnatalen Wachstums wurden histologisch im Nackenband klare Strukturänderungen nachgewiesen. Sie sind nach FREWEIN (1991) auf die folgenden parallel ablaufenden Prozesse zurückzuführen:

- Dicken- und Längenwachstum der ursprünglichen elastischen Fasern
- Progressive Erhöhung der Teilungszahlen der Fasern, sowie der Zahl der kollateralen Bündel, welche aus den einzelnen Fasern entstehen
- Neubildung elastischer Fasern, die sich den Bestehenden hinzufügen

Bei den Rindern haben die größten elastischen Fasern sechs Monate postnatal die endgültige Dicke erreicht. Die Frequenzvielecke, die den Prozentsatz der Fasern verschiedenen Durchmessers ausdrücken, haben in diesem Alter Form und Ordnung erreicht, die denen des erwachsenen Tieres sehr ähnlich sind.

Die Größenzunahme des Nackenstranges, die bis zum Ende des somatischen Wachstums fort-dauert, ist nach FREWEIN (1991) durch die Dickenzunahme und die Neubildung dünner elastischer Fasern, die sich den bereits Bestehenden hinzufügen, bedingt.

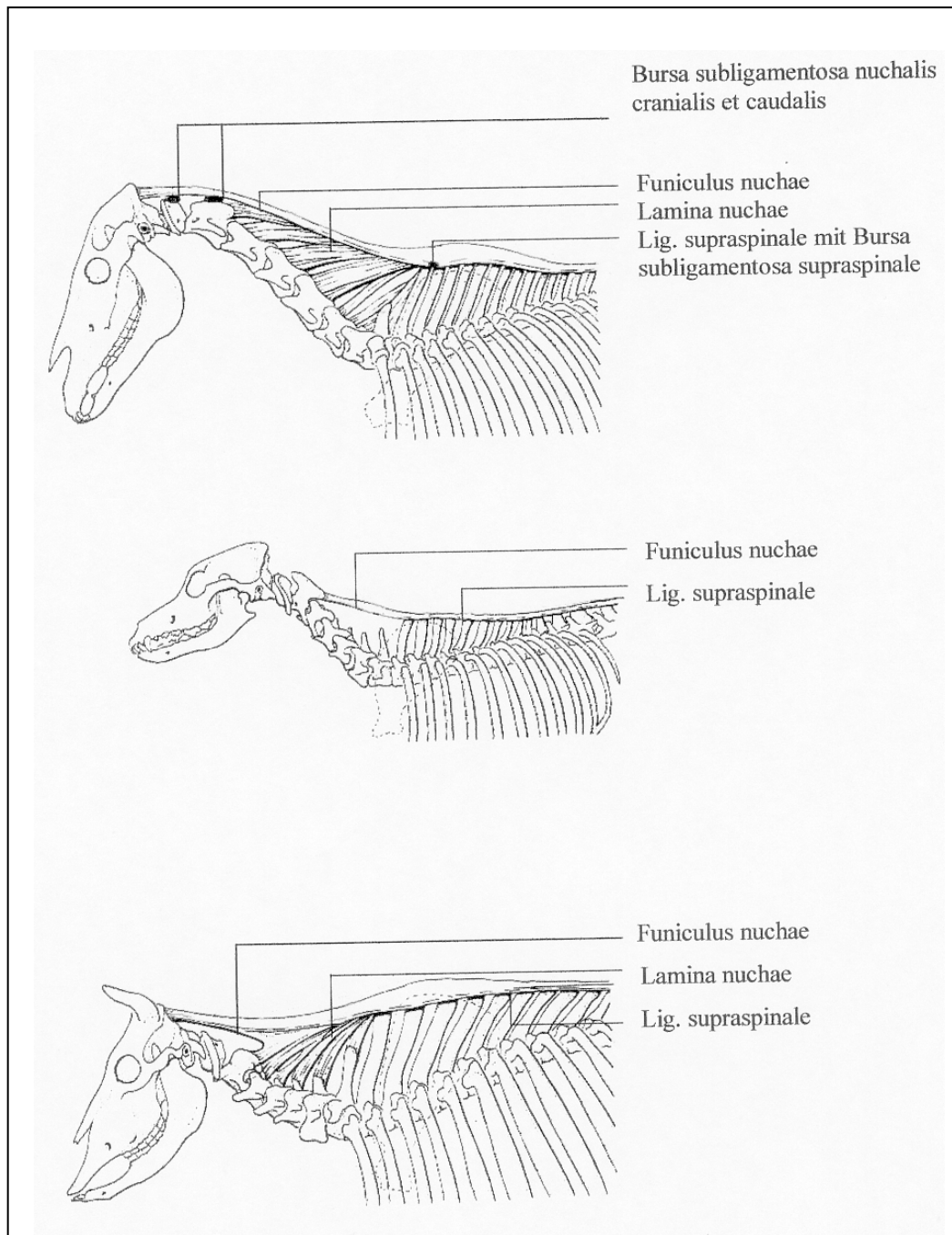


Abb. 4: Schematische Darstellung des Nacken- und Rückenbandes von Pferd, Hund und Rind (Lateralansicht), nach ELLENBERGER & BAUM, 1943

2.1.7 Anatomie der Wirbelsäule des Pferdes

Die folgende Beschreibung der Wirbelsäule, der Halsmuskulatur und der Rückenmuskulatur ist eine Zusammenstellung, die sich aus den Beschreibungen der folgenden Autoren ergibt:

BUDRAS & RÖCK (1991), DYCE et al. (1987), ELLENBERGER & BAUM (1943), NICKEL et al. (1984), REMINGER (1953), STECHER (1962) und WISSDORF et al. (1998).

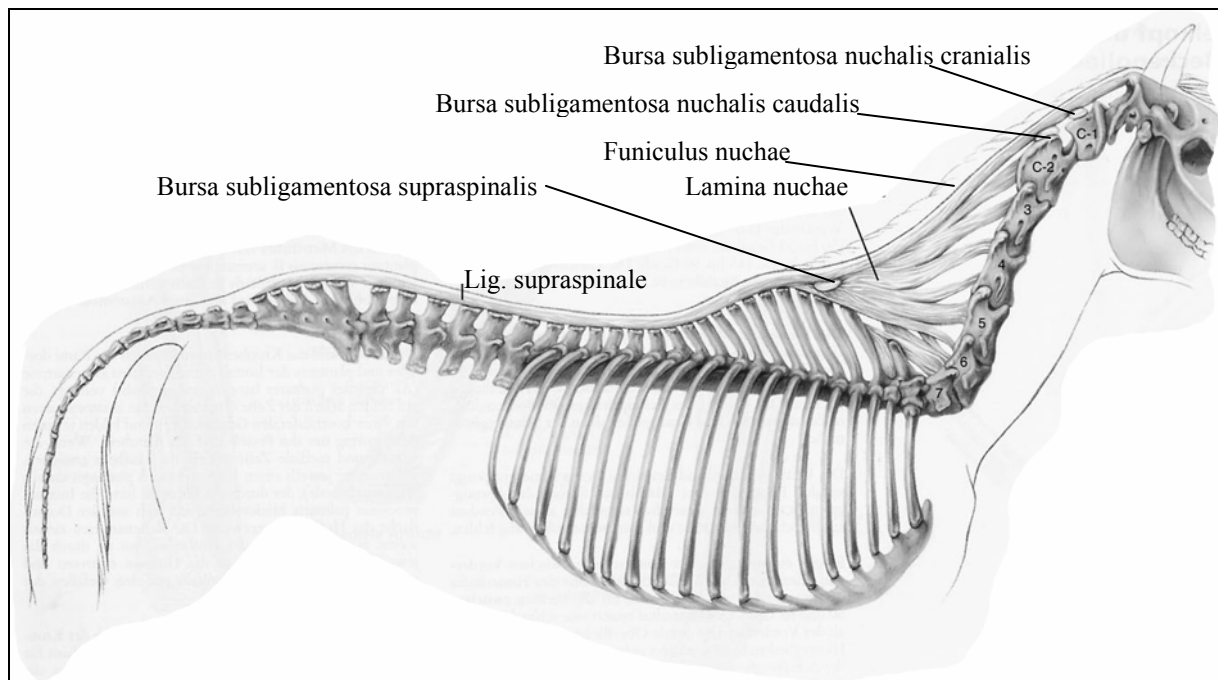


Abb. 6: Übersicht über die Wirbelsäule des Pferdes und die Schleimbeutel im Genick- und Wiederristbereich, verändert nach RIEGEL & HAKOLA (1999)

Die Wirbelsäule, *Columna vertebralis*, ist das bewegliche Achsenskelett des Körpers. Sie hat die Aufgabe, das Rückenmark zu schützen und die Last von Kopf, Hals und Rumpf zu tragen, sowie bei Bewegung den Impuls von der Hintergliedmaße auf den übrigen Körper zu übertragen (REMINGER, 1953). Sie besteht aus einer Vielzahl von Knochen (Wirbeln), den Zwischenwirbelscheiben und Bändern. Man unterscheidet beim Pferd 7 Halswirbel, 18 Brustwirbel, 6 Lendenwirbel, 5 Kreuzbeinwirbel und 15 bis 20 Schwanzwirbel. STECHER (1962) berichtete von einer gewissen Variation in der Anzahl im Bereich der Brust- und Lendenwirbel.

Die Wirbelsäule weist drei Krümmungen auf, von denen die Halswirbelsäule eine dorsal konvexe Kopf-Hals-Krümmung und eine dorsal konkave Hals-Brust-Krümmung ausführt. Im

Bereich des Übergangs Brust-Lendenwirbelsäule zeigt die Wirbelsäule eine schwache konvexe Brust- Lendenkrümmung.

Die einzelnen Wirbel haben eine gemeinsame Grundform, die aber abhängig von ihrer Funktion ist.

Aufbau eines Wirbels

Ein Wirbel besteht aus dem Wirbelkörper, *Corpus vertebrae*, mit seinen beiden kranial bzw. kaudal am Wirbelkörper gelegenen Epiphysenscheiben, *Extremitas cranialis* bzw. *caudalis*.

Auf dem Wirbelkörper sitzt der Wirbelbogen, *Arcus vertebrae*, mit seinen beiden Querfortsätzen, *Processus transversii*, sowie den kranial bzw. kaudal gelegenen Gelenkfortsätzen, *Processus articulares cran.* und *caud.*

Der Dornfortsatz, *Proc. spinosus*, ist an den einzelnen Wirbeln in unterschiedlicher Länge ausgebildet.

Der Wirbelkörper und der Wirbelbogen begrenzen das Wirbelloch, *Foramen vertebrale*. Die Wirbellöcher der einzelnen Wirbel bilden aneinandergereiht den Wirbelkanal, *Canalis vertebralis*, der das Rückenmark und seine Hüllen beinhaltet.

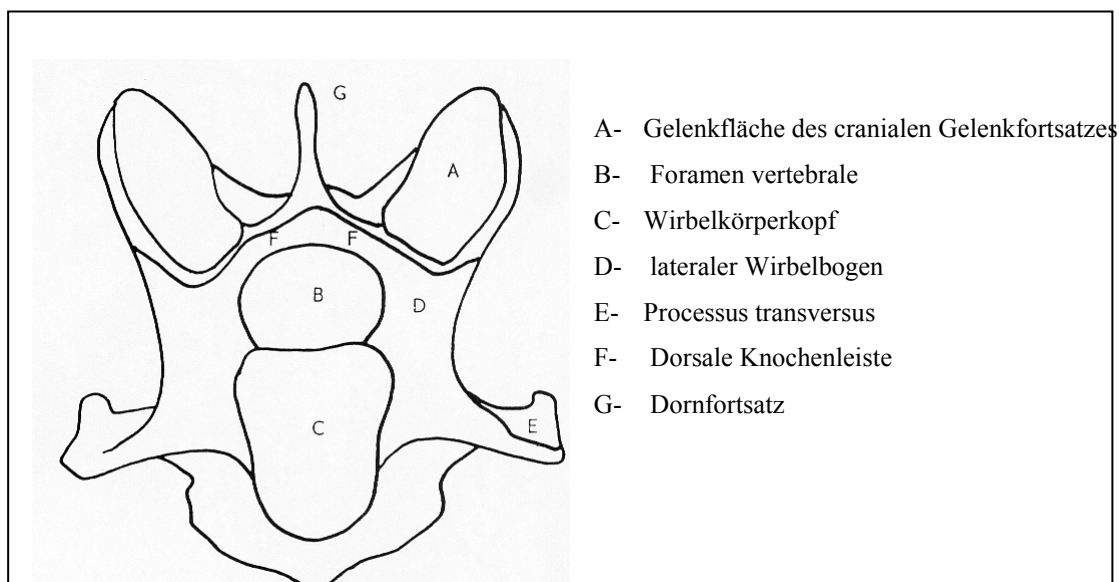


Abb. 5: Schematische Darstellung von C 7 aus kaudokranieler Sicht
 (WHITWELL & DYSON 1987)

Die Halswirbelsäule

Von den sieben Halswirbeln unterscheiden sich nur der erste und zweite Halswirbel in Form und Funktion von den anderen.

Der erste Halswirbel, den man als Atlas bezeichnet und der zweite Halswirbel, der Axis heißt, sind für die Beweglichkeit des Kopfes verantwortlich.

Ab dem dritten Halswirbel nimmt die Länge der Wirbelkörper in Richtung auf die Brustwirbel deutlich ab.

Die Brustwirbelsäule

Die Gestalt der Brustwirbel entspricht dem allgemeinen Bau eines Wirbels. Die Brustwirbel sind durch die Rippengelenkfläche gekennzeichnet, die durch die Foveae costalis cran. und caudales gebildet werden.

An den letzten drei Brustwirbeln verschmelzen die Foveae costalis craniales mit den Foveae costalis transversalis der Processus transversi.

Die Wirbelkörper nehmen bis zum elften Brustwirbel an Länge ab, danach werden sie wieder länger. Die Dornfortsätze, Processus spinosi, der ersten Brustwirbel sind besonders kräftig ausgebildet und werden bis zum vierten (fünften) zunehmend länger. Sie bilden die knöcherne Grundlage des Widerristes. Den höchsten Dornfortsatz der Wirbelsäule besitzt gewöhnlich der sechste Brustwirbel (JEFFCOTT, 1975). Bis zum achten Brustwirbel werden die Dornfortsätze allmählich kürzer und von dort bis zum zwölften Brustwirbel verlieren sie rasch an Länge, um dann identisch mit denen der Lendenwirbel zu sein. Die distalen Abschnitte der Dornfortsätze sind vom dritten Brustwirbel an zur Tuberositas processus spinosi verdickt und tragen bei jungen Tieren apophysäre Knorpelkappen.

Diese besitzen vom fünften bis achten Brustwirbel eigene Ossifikationszentren, die sich im Alter von einem halben bis zu einem Jahr heranbilden. Sie haben mit etwa drei Jahren ihre endgültige Form erreicht und lassen eine deutliche Apophysenfuge erkennen, die erst zwischen dem siebten und fünfzehnten Lebensjahr geschlossen wird (GRIMMELMANN, 1977).

Die Richtung der Processus spinosi ändert sich in den verschiedenen Abschnitten der Wirbelsäule. Während sie im kranialen Bereich nach kaudal geneigt sind, sind sie im kaudalen Bereich nach kranial geneigt. Die Neigung vom zweiten bis neunten Brustwirbel ist zuerst recht

stark, danach sind die Dornen steiler gestellt bis hin zum senkrecht stehenden antiklinalen (diaphragmatischen) Wirbel. Kaudal dieses Wirbels, der der vierzehnte (NICKEL, 1947) bis sechzehnte (NICKEL et al., 1984) der Brustwirbelsäule sein kann (im allgemeinen der fünfzehnte, JEFFCOTT, 1975), sind die Dornfortsätze nach kranial geneigt.

Welche Abstände zwischen den Dornfortsätzen (besonders der mittleren Brustwirbelsäule) physiologisch sind, scheint allgemein noch nicht geklärt.

Nach NICKEL et al. (1984) sind zwischen den Dornen des dreizehnten, vierzehnten und fünfzehnten Brustwirbels vor allem bei älteren Tieren oft Gelenke ausgebildet. Diese Beobachtung wurde auch von GRIMMELMANN (1977) und PETIT (1939) beschrieben, sie bezeichneten diese Gelenke als echte Gelenke mit knorpelüberzogenen Gelenkflächen und synovialer Gelenkhöhle. PETERSON et al. (1987) beschrieben, dass beim gesunden Pferd eine deutliche Weichteilzone zwischen den Dornfortsätzen nachzuweisen ist und sie sich an keiner Stelle berühren. Sie stellten keine Altersabhängigkeit der Häufigkeit von röntgenologischen Veränderungen an den Dornfortsätzen fest.

JEFFCOTT (1975) berichtete, dass die Interspinalräume im Widerristbereich im allgemeinen gleich groß sind und zum antiklinalen Wirbel hin schmaler werden. Bei einigen Pferden fand er in diesem Bereich Berührungen von benachbarten Dornfortsätzen. Er stellte fest, dass Berührungen mit weniger schwerwiegenden röntgenologischen Veränderungen auch bei Pferden ohne klinische Symptome auftreten und zwar häufiger mit zunehmendem Alter.

NOWAK (1988) stellte fest, dass oft keine Relation zwischen röntgenologischen Veränderungen der Dornfortsätze und dem klinischen Bild besteht. Im Rahmen von Untersuchungen über die Beweglichkeit der Pferdewirbelsäule und der Diskussion hinsichtlich ihres Konstruktionsprinzips wurden zum Teil die Abstände von Dornfortsätzen bzw. ihre Änderung während der Bewegung als Parameter herangezogen.

JEFFCOTT & DALIN (1980) maßen an frischen Kadavern die Abstände der Dornen vom zehnten Brustwirbel bis zum zweiten Lendenwirbel an ihrer engsten Stelle. In normaler Position fanden sie die kleinsten Werte im Bereich des antiklinalen Wirbels (3,4 mm zwischen vierzehnten und fünfzehnten Brustwirbel), kranial und kaudal davon wurden die Abstände dann breiter (8,2 mm zwischen siebzehnten und achtzehnten Brustwirbel). Eine Ausnahme machte der Abstand zwischen letztem Brustwirbel und erstem Lendenwirbel, der wieder schmal ist (4,8 mm). Erster und zweiter Lendenwirbeldorn waren 11 mm voneinander entfernt.

FAUQUEx (1982) versuchte, die Abstandsänderungen der Dornfortsätze am lebenden Pferd zu messen. Er kam zu dem Ergebnis, dass verschiedene Kopfhaltungen und Gliedmaßenstellungen einen entscheidenden Einfluss auf die Abstände der Dornfortsätze haben und dass die

Messwerte insbesondere bei Dorso- und Ventroflexion wesentlich kleiner ausfallen. Außerdem zweifelte er die Richtigkeit der gebräuchlichen Bogen- Sehnentheorie und die der Fachwerkbrücke bezüglich der Statik der Pferdewirbelsäule an.

Die Lendenwirbelsäule

Die Lendenwirbelkörper sind länger und massiger als die der Brustwirbel. Die Dornfortsätze sind platt, nahezu gleich lang und etwas nach kranial geneigt, die freien Enden der ersten vier sind zu einem Kamm verdickt.

Die Lendenwirbelkörper besitzen horizontal gestellte, platte Querfortsätze, die Rippenrudimente darstellen und deshalb als Processus costarii bezeichnet werden. Der erste Lendenwirbel trägt stets den kürzesten Querfortsatz, der längste befindet sich am dritten oder vierten Lendenwirbel.

In der Regel sind beim Pferd 6 Lendenwirbel angelegt. Eine Ausnahme bildet der Araber, bei dem man häufiger eine Reduktion auf 5 Lendenwirbel antrifft; auch das Przewalski - Pferd und der Esel haben in der Regel 5 Lendenwirbel. Seltener findet man 7 Lendenwirbel, dann eher 19 anstatt 18 Brustwirbel (STECHER, 1962).

2.1.8 Die wichtigsten Muskeln im Kopf- Hals- und Rückenbereich

Dorsale Kopfbeweger:

M. rectus capitis dorsalis major	Ursprung: Proc. spinosus axis Ansatz: Crista nuchae Funktion: Kopfheber
M. rectus capitis dorsalis minor	Ursprung: Arcus dorsalis atlantis Ansatz: Os occipitale Funktion: Kopfheber
M. obliquus capitis caudalis	Ursprung: Proc. spinosus axis Ansatz: Ala atlantis Funktion: Dreher des Atlas um den Dens
M. obliquus capitis cranialis	Ursprung: Ala atlantis Ansatz: Crista nuchae und basal am Proc. jugularis Funktion: Kopfstrecker und Kopfdreher

Dorsale Wirbelsäulenmuskulatur:

M. splenius	Ursprung: Dornfortsätze der 3. bis 5. Brustwirbel an Nackenband F. thorakolumbalis Ansatz: Crista nuchae und Proc.mastoideus des Schläfenbeines; sowie Querfortsätze der 3. Bis 5. Halswirbel Funktion: Stecken, Heben und Seitwärtsbiegen von Kopf und Hals
-------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

M. iliocostalis cervicis	Ursprung/ Ansatz zwischen den Querfortsätzen des 4. Hals- und 1. Brustwirbels sowie der 1. Rippe Funktion: siehe bei M. ilicostalis thoracis
M. ilicostalis thoracis:	Ursprung: Lendenwirbelquerfortsätze und fleischig an den Rippen Ansatz: Kaudalrand der Winkel der 1. - 15. Rippe und Querfortsatz des letzten Halswirbel Funktion: Feststellen von Lende und Rippen; Aufwärtsrichten und Seitwärtsbiegen der Wirbelsäule; Hilfsexpirator
M. semispinalis capitis	Ursprung: Querfortsätze der ersten 6-7 Brustwirbel; Gelenkfortsätze der letzten 5-6 Halswirbel Ansatz: Squama occipitalis Funktion: Heben und Seitwärtsbiegen von Kopf und Hals
M. longissimus mit seinen Anteilen:	Ursprung: Dornfortsätze des Kreuzbeines, der Lenden- und Brustwirbel; Darmbeinflügel; Querfortsätze der Brust- und Halswirbel Ansatz: Hilfs- und Querfortsätze der Wirbel; Rippenhöckerchen; Atlasflügel und Proc. mastoideus des Schläfenbeines Funktion: Feststellen und Strecken der Wirbelsäule; Aufrichten des Oberkörpers; Heben von Hals und Kopf; Halsbieger bei einseitiger Kontraktion

-
- M. spinalis thoracis et cervicis Ursprung: Dornfortsätze der Lendenwirbel und der 6 letzten Brustwirbel, Sehnenspiegel des M. longissimus
Ansatz: Dornfortsätze der ersten 6-7 Brustwirbel sowie der letzten 5 Halswirbel
Funktion: Fixation von Rücken und Hals; Heben und Seitwärtsbiegen des Halses
- M. multifidus mit seinen Anteilen Ursprung: Gelenk- und Zitzenfortsätze vom 2. Halswirbel bis zum Kreuzbein
Ansatz: Dornfortsätze der vorausgehenden Wirbel
Funktion: Feststeller und Dreher der Wirbelsäule; Dreher des Halses
- M. longus capitis Ursprung: Querfortsätze der Halswirbel 2-5
Ansatz: nach Vereinigung beider Seiten am Tuberculum musculare der Schädelbasis
Funktion: Beuger und Seitwärtszieher von Kopf und Hals
- M. longus colli Ursprung: Brustportion: seitlich an den Körpern der ersten Brustwirbel Halsportion: Querfortsätze der Halswirbel 3-7
Ansatz: Querfortsätze der 2 letzten Halswirbel; ventral an den vorausgehenden Halswirbeln bis zum Atlas
Funktion: Beuger des Halses
- M. rectus capitis ventralis Ursprung: Arcus ventralis atlantis
Ansatz: kaudal des M. longus capitis an der Schädelbasis
Funktion: Beuger des Atlantooccipitalgelenks

2.2 Literatur zur klinischen Untersuchung

2.2.1 Erläuterungen zur Palpation des Rückens

Es werden in der Literatur eine Vielzahl von Palpationsverfahren beschrieben, die von JEFFCOTT (1985) zusammengefasst wurden. STASHAK (1989) fertigte zu diesem Thema erläuternde Skizzen an. Nach Durchsicht der Literatur zu diesem Thema erfolgt die Palpation des Rückens in der vorliegenden Untersuchung nach der Vorgehensweise, die SAGER (1997) in seiner Dissertation empfiehlt:

Die Hand fährt mit sanftem Druck vom Widerrist zum Schweifansatz. Hierbei ist es schwer, mehr als nur die Spitzen der Dornen zu palpieren, obwohl bei normalen Pferden die Zwischenräume fühlbar sein sollten. Verkrampfung des *Musculus longissimus dorsi*, aber auch Vorwölbungen und Verlagerungen der Dornfortsatzenden können auf diese Weise häufig festgestellt werden.

Dünnhäutige und sensible Pferde können sich bei dieser Manipulation ducken, doch wenn nicht gerade dramatische Antworten, wie Ausschlagen, Losreißen oder Grunzen erfolgen, so ist dies nach STASHAK (1989) nicht als klinisches Zeichen zu werten sondern als Laster, schlechte Angewohnheit oder Ausweichreaktion. Speziell bei Trabern und Kutschpferden finden die sakralen Dornfortsätze Beachtung, da hier Schmerzreaktionen am sehnigen Ansatz des *M. longissimus dorsi* an den Dornen von S2 und S3 vorkommen können. Schweif und Kruppe werden auf Schlaffheit oder Paralyse untersucht, die ein Anzeichen für neuronale Probleme im Bereich der *Cauda equina* sein können.

Ein Durchbiegen des Rückens nach dorsal wird durch Kneifen in die Kruppe oder mittels eines stumpfen Gegenstandes, der über diesen Bereich geführt wird, ausgelöst. Dies führt zu einer Aufwölbung der Wirbelsäule im Übergang von den Brustwirbeln zu den Lendenwirbeln, sowie zu einem Einziehen der Kruppegegend.

Das Ausbleiben der seitlichen Biegung der Wirbelsäule weist oft auf Schäden der Weichteilgewebe oder der Knochen in der Brust- und Lendenwirbelsäule hin. Bei chronischen Knochen- oder Muskelproblemen im Mittelrücken kann so eine ein- oder beidseitige Verweigerung bzw. Unfähigkeit zur lateralen Flexion diagnostiziert werden.

2.2.2 Diagnostische Anästhesie

Lokale Anästhesien werden in der Pferdepraxis verwendet, um die Lokalisation einer oder mehrerer schmerzhafter Prozesse zu identifizieren, auch wenn keine offensichtlichen pathologischen Veränderungen vorliegen. Darüber hinaus kann mit Hilfe einer Anästhesie abgeklärt werden, ob beispielsweise eine röntgenologisch sichtbare pathologische Veränderung ursächlich für einen schmerzhaften Prozess ist und somit zu einer Lahmheit führt.

Die Anästhesie kann

- als Leitungsanästhesie (perineurale Infiltrationsanästhesie),
- als Ringblock (zirkuläre Umspritzung),
- durch Anästhesie synovialer Strukturen (Gelenkkapseln, Schleimbeutel und Sehnen-scheiden)
- oder als direkte Infiltrationsanästhesie eines sensiblen Gebietes

erfolgen.

Mittels Leitungsanästhesie und zirkulärer Umspritzung kann die Lokalisation der schmerzhaften Vorgänge, die zu einer Lahmheit führen, bestimmt werden. Die Anästhesie synovialer Strukturen und die direkte Infiltrationsanästhesie dienen dazu, die Bedeutung spezifischer Strukturen als Ursache für einen schmerzhaften Prozess zu ermitteln. Für die Anästhesie des Gebiets der Insertionsdesmopathie des Lig. nuchae am Os occipitale käme daher einzig die direkte Infiltrationsanästhesie infrage, wie sie auch von NOWAK et al. (1995) durchgeführt worden ist. Im folgenden wird daher nicht näher auf die anderen Anästhesien eingegangen, sondern ausschließlich die direkte Infiltrationsanästhesie beschrieben.

Direkte Infiltrationsanästhesie

Die direkte Infiltrationsanästhesie kann nach STASHAK (1989) überall dort eingesetzt werden, wo sensible Gebiete an Ansätzen von Bändern oder Sehnen, an den Kreuzdarmbeinbändern oder an Knochenvorsprüngen (z.B. an Überbeinen oder Schwellungen) liegen. Durch direkte Infiltration des betreffenden Gebietes mit einem Lokalanästhetikum kann die Beteiligung der zu untersuchenden Region am Gesamtbild des schmerzhaften Prozesses in den meisten Fällen sicherer beurteilt werden. Eine infiltrative Anästhesie des Nackenstrangursprungbereichs wurde in der vorliegenden Untersuchung jedoch nicht durchgeführt, obwohl diese bei NOWAK et al. (1995) ein positives Ergebnis erzielt hatte. Die vorliegende Untersuchung soll ermitteln,

ob Pferde mit einer Insertionsdesmopathie des Lig. nuchae die klinischen Symptome rückenkranker Pferde zeigen, wobei sie aufgrund eines schmerzhaften Prozesses im Genick eine Schonhaltung einnehmen, die zu Verspannungen im Rücken führt. Die infiltrative Anästhesie des Genickbereichs kann die Schmerzhaftigkeit des Rückens, als Folge einer länger bestehenden Schonhaltung, allerdings nicht beseitigen, so dass die untersuchten Pferde weiterhin die klinischen Symptome rückenkranker Pferde zeigen würden.

2.3 Insertionsdesmopathie

Nach NOWAK & TIETJE (1999) versteht man unter einer Insertionsdesmopathie eine krankhafte Veränderung im Ursprungs- oder Ansatzbereich von Bändern, Sehnen oder Gelenkkapseln, wobei der Knochen und die Knochenhaut des Insertionsgebietes in der Regel beteiligt sind.

Die Insertion von Sehnen, Bändern und der Gelenkkapsel verläuft nur teilweise im Periost, der größte Teil des Gewebes inseriert direkt am Knochen. Die Insertion des elastischen Funiculus nuchae erfolgt über eine nicht mineralisierte chondroide Zone und eine mineralisierte chondroide Zone in die Knochenmatrix der Nackenwand des Os occipitale.

Eine Insertionsdesmopathie entsteht durch akute oder chronische Traumatisierung von Weichteil- oder Knochengewebe. Eine einmalige oder wiederholte Traumatisierung des paarigen Nackenstranges führt an seiner Insertion beiderseits an der Protuberantia occipitalis externa der Squama occipitalis zu partiellen Zerreißen des Weichteil- und Knochengewebes. In schweren Fällen kann sogar Knochengewebe ausreißen, was dann zu einer narbigen Abheilung des Bindegewebes und zur Verbreiterung und Verstärkung des knöchernen Teils der Insertionsstelle führt und als Insertionsexostose bezeichnet wird.

Im frühen Stadium der Erkrankung kann man meistens keine röntgenologischen Veränderungen erkennen. Diese werden erst nach 2 bis 3 Wochen als vom Periost ausgehende, ungeordnete Verschattungen sichtbar. Im weiteren Verlauf der Erkrankung zeigen sich die Insertionsexostosen als röntgenologisch sichtbare unförmige Gebilde, die in Richtung des dort inserierenden Bandes ausgebildet sind (vgl. Abb. 8, S. 25).

Differentialdiagnostisch sind die Insertionsexostosen von den Randexostosen, die sich, ausgehend von synovialen Gewebe, in der Nähe von Gelenkflächen etablieren und von Randwülsten, die vom Chondroblastem ausgehen, zu unterscheiden.

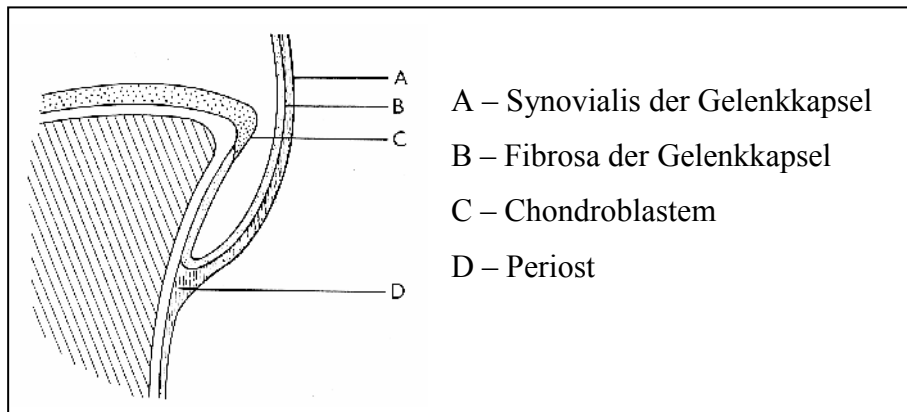


Abb. 7: Darstellung eines Gelenkteiles, umgezeichnet nach einer Skizze von K. Dämmrich, Berlin (HUSKAMP & NOWAK 1988)

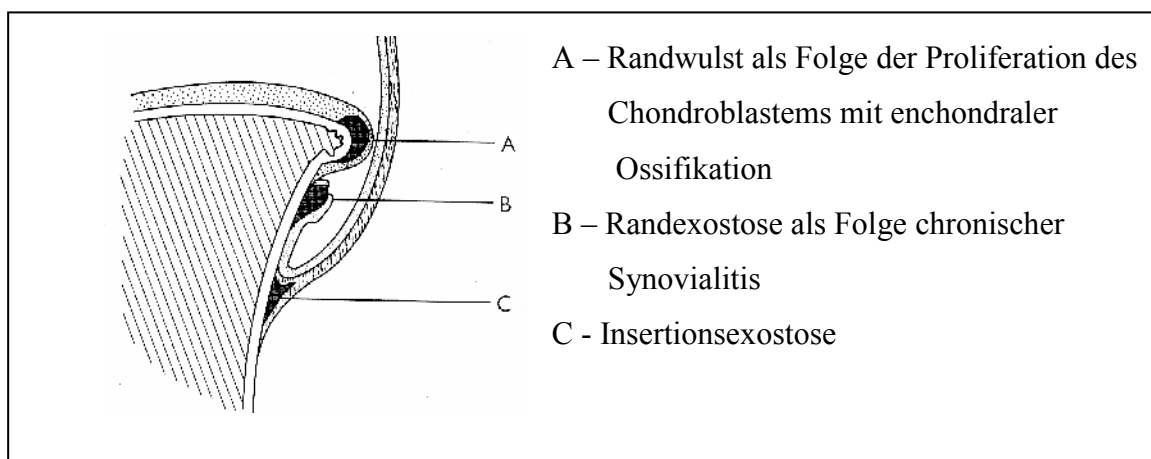


Abb. 8: Schemazeichnung eines Gelenkteiles mit verschiedenen Exostosen, umgezeichnet nach einer Skizze von K. DÄMMRICH, Berlin (HUSKAMP & NOWAK 1988)