

4. BEFUNDE

Die folgende Beschreibung der prae- und perinatalen Entwicklung der Hundekralle erfolgt nach der Einteilung der Kralle in verschiedene Segmente, wie sie im Literaturteil aufgeführt sind. Dabei werden die sich ausdifferenzierenden Strukturen im Bereich der Unter-, Leder- und Oberhaut der foetalen Hundekralle aufgrund ihrer späteren Ausprägung (im juvenilen und adulten Stadium) bestimmten Segmenten zugeordnet. Unter Berücksichtigung der Entwicklung subkutaner und dermaler Gefäßstrukturen sowie der Ausbildung segment-spezifischer Strukturen des Papillarkörpers und der Oberhaut lässt sich die Entwicklung der Hundekralle in drei Phasen einteilen. Die ersten beiden Entwicklungsphasen finden prae- und perinatal statt, während die dritte Phase die juvenile und adulte Hundekralle umfasst und hier nur am Rande mit berücksichtigt wird.

Die ERSTE PHASE der Krallenentwicklung umfasst Foeten mit einer Scheitel-Steiss-Länge (SSL)¹⁷ von 44 mm bis zu einer SSL von 80 mm (30. Trächtigkeitstag bis 42. Trächtigkeitstag). Sie ist gekennzeichnet durch die Ausbildung spezifischer Gefäßplexus im subkutanen und tiefen dermalen Bereich, während der Papillarkörper noch weitgehend undifferenziert und damit noch nicht segmentspezifisch geformt ist.

Die ZWEITE PHASE umfasst Foeten mit einer SSL größer als 80 mm und endet nach den Ergebnissen dieser Untersuchung eine Woche post natum (44. Trächtigkeitstag bis eine Woche nach der Geburt). Neben der vollständigen Entwicklung subkutaner und tiefer dermaler Gefäßstrukturen steht in der zweiten Entwicklungsperiode der Hundekralle die Ausformung eines segmentspezifischen Papillarkörpers in Verbindung mit der Ausbildung oberflächlicher dermaler Gefäße sowie der weiteren Differenzierung der Epidermis im Vordergrund.

Die DRITTE PHASE der Krallenentwicklung berücksichtigt die juvenile und adulte Hundekralle nach der Ausbildung segmentspezifischer Gefäßplexus und nach der Ausformung des segmentspezifischen Papillarkörpers. Sie ist besonders gekennzeichnet durch die funktionell gekoppelte Weiterdifferenzierung der einzelnen Strukturen innerhalb der Unter-, Leder- und Oberhaut der Kralle.

¹⁷ Im weiteren Text wird statt der Formulierung: „bei einem Foetus mit x mm SSL“ die Kurzform: „bei x mm SSL“ verwendet.

Wird im weiteren Text nur der Begriff „Kralle“ verwendet, so ist darunter, wenn nichts weiter vermerkt ist, die „Kralle im weiteren Sinne“ nach ZIETZSCHMANN (1918) zu verstehen. Diese umfasst den dritten Zehenknochen mit Bändern und Sehnen als Grundlage und deren Überzug durch die modifizierte Haut.

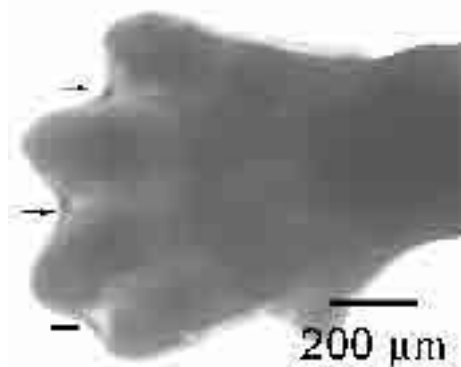
4.1 DIE PRAE- UND PERINATALE ENTWICKLUNG DER FORM DER HUNDEKRALLE

Dieses Kapitel beschreibt die Ausdifferenzierung der speziestypischen Form der Kralle des Hundes im Prae- und Perinatalstadium. Die Formentwicklung wird einerseits anhand mesoskopischer Betrachtungen sowie andererseits durch die Beurteilung lichtmikroskopischer Längs- und Querschnitte in einer Übersichtsvergrößerung vorgenommen.

Grundsätzlich sei an dieser Stelle noch einmal erwähnt, dass die Hundepfote an der Vordergliedmaße noch alle fünf ursprünglich angelegten Zehen (Digiti manus) besitzt, während an der Hintergliedmaße meist die erste Zehe (Digitus pedis primus) fehlt. In der folgenden Beschreibung der Entwicklung der Hundekralle wird nur die dritte und vierte Zehe der Vorder- bzw. Hintergliedmaße betrachtet.

4.1.1 DIE ENTWICKLUNG DER KRALLENFORM WÄHREND DER ERSTEN PHASE DER KRALLEN-ENTWICKLUNG

Die Darstellung der ENTWICKLUNG der Hundekralle beginnt in dieser Studie mit 44 mm SSL. In dieser Phase der Entwicklung zeichnen sich bereits im Bereich der Vorder- und Hintergliedmaße alle fünf (an der Hand) bzw. alle vier (am Fuß) Zehenanlagen (Textabb. 6) ab. Zwischen den einzelnen Phalangen liegt eine epitheliale Interdigitalmembran (Textabb. 6, Pfeile). Diese bildet sich im Verlaufe der Zehenentwicklung zurück. Die Anlage des jeweiligen letzten Zehengliedes und damit der Kralle hat bei 44 mm SSL die Form eines dorsal abgeplatteten, nach distal gerichteten stumpf zulaufenden Kegels.



TEXTABBILDUNG 6:

Lichtmikroskopische Aufnahme einer Vorderpfote eines Hundes mit 44 mm SSL. Nativaufnahme. Die Pfeilspitzen zeigen auf die Interdigitalmembran zwischen den einzelnen Phalangenanlagen.

Schon in diesem Entwicklungsstadium der Kralle lässt sich anhand der Gestaltung der Gliedmaßenspitze eine Dorsalseite von einer Palmarseite resp. Plantarseite¹⁸ unterscheiden. Die palmare Krallenoberfläche ist leicht konvex, während dorsolateral die Oberfläche geradlinig bis zur Krallenspitze verläuft (Abb. 2 a). Mit zunehmendem Alter (ab 50 mm SSL) wird der proximolaterale Rand der Krallenbasis durch einen aus Epithel und Mesenchym bestehenden Hautwall und einer sich dadurch ausbildenden distalen konkaven Rinne markiert. Palmar setzt sich diese Rinne als leicht konkaver Bogen fort (Abb. 2 b). Bei 63 mm SSL hat die Kralle eine im Längsschnitt pistolenähnliche Form, wobei der distale Spitzenbereich konvex gebogen ist. Die Kralle ist zu diesem Zeitpunkt leicht nach dorsal geneigt, so dass der Zehenballenbereich sehr weit nach distal ragt (Abb. 2 b). Legt man eine Achse zwischen die dorsale Rinne und den distalen Rand des sich ausbildenden Zehenballens, so verläuft diese von proximodorsal nach distopalmar (Abb. 1 b, Linie). Zwischen 63 mm SSL und 80 mm SSL kommt es neben der allgemeinen Größenzunahme der Kralle zu einem Längenwachstum besonders im Krallenspitzenbereich sowie zur Ausdifferenzierung des dorsolateralen Krallenwalles und des Zehenballens. Die sich aus dem dorsolateralen Hautwall proximal ausbildende Krallenfalte legt sich nun dachförmig dorsolateral bzw. dorsomedial¹⁹ über die Krallenbasis und bedeckt damit zirka die Hälfte der nach distal ragenden „Kralle im engeren Sinne“. Der Zehenballen differenziert sich aus dem palmaren Abschnitt des anfänglichen proximalen Rinnenbereiches. Er schiebt sich wulstartig nach distal vor und schlägt sich kurz darauf nach palmar um. Lateropalmar gehen Zehenballen und Krallentasche ineinander über. Die Kralle bekommt eine von proximal nach distal verlaufende stromlinienförmige Ausprägung (Abb. 2 c), wobei der Krallenrücken stärker konvex gekrümmt ist als die palmar liegende Krallensohle. Die „knubbelige“ Form der Kralle eines Foeten mit 63 mm SSL hat sich zu einem langgestreckten, kegelförmigen Körper differenziert. Aus der ursprünglichen im Querschnitt runden Form hat sich ein nun eher querovaler Körper ausgebildet.

¹⁸ Zur Vereinfachung des Textes wird im Folgenden anstelle der Begriffe palmar und plantar nur der Begriff palmar verwendet. Der Begriff „Palmar“ steht entsprechend stellvertretend für die beiden Begriffe palmar und plantar, da keine grundlegenden Unterschiede zwischen Vorder- und Hinterpfoten erkennbar waren.

¹⁹ Da die Hundekralle während ihrer prae- und perinatalen Entwicklung keine Unterschiede zwischen der lateralen und der medialen Seite aufweist, sie sich dementsprechend symmetrisch entwickelt, wird im folgenden Text nur der Begriff „lateral“ verwendet. Unter dem Begriff „lateral“ wird entsprechend, wenn nicht explizit anders verwiesen wird, auch immer die mediale Seite verstanden.

4.1.2 DIE ENTWICKLUNG DER KRALLENFORM WÄHREND DER ZWEITEN PHASE DER KRALLEN-ENTWICKLUNG (AB 80 mm SSL BIS EINE WOCHE POST NATUM)

In der ZWEITEN PHASE DER KRALLENENTWICKLUNG kommt es zur Ausdifferenzierung der Hundekralle in die speziestypische sichelähnliche FORM. Die sich mit 80 mm SSL schon andeutende Entwicklung zur speziestypischen Form prägt sich nun weiter aus. Durch die starke konvexe Krümmung im Krallenrückenbereich erhält die foetale Hundekralle eine im Längsschnitt sichelförmige Gestalt. Der dorsale Teil der Kralle ragt mit seinem distalen Ende sehr weit nach apikal und umschließt fast hakenförmig die Krallensohle. Diese Krallensohle ist nun ganz auf den palmaren Bereich der Kralle beschränkt und erreicht mit ihrem distalen Ende nicht mehr ganz den vordersten Teil der Krallenspitze. Die Krallensohle ist jetzt in Längsrichtung konkav gebogen (Abb. 2 d). Der Querschnitt zeigt jedoch, dass sich die Krallensohle trotz der konkav gebogenen Längsachse in Querrichtung deutlich konvex nach palmar vorwölbt (Abb. 3 d u. e). Die lateralen verhornten Abschnitte der Kralle (lateralen Teile der Krallenplatte) umschließen den palmaren Krallenabschnitt sehr weit. Während es proximal fast zu einem vollständigen Zusammenschluss der Krallenplatte im palmaren Bereich kommt, ist im distalen Krallendrittel die Krallensohle nur in den lateralen Teilen eingerahmt, jedoch noch nach palmar offen.

Bis zur Geburt kommt es im Hinblick auf die Entwicklung der Krallenform hauptsächlich zu einem proportionalen Größenzuwachs. Zum Zeitpunkt der Geburt bedeckt der Krallenwall zwischen einem Drittel und der Hälfte des proximalen Abschnittes der Krallenplatte (Abb. 2 e u. f). Durch die Aufrichtung der Phalanx media sowie die Aufrichtung der Achse zwischen dorsalem und palmaren Krallentaschengrund (Abb. 2 d - f) wird in Verbindung mit der weiteren Ausdifferenzierung der einzelnen Krallensegmente der Zehenballen weiter nach proximal verlagert. Während die Kralle im Querschnitt bei 80 mm SSL im gesamten Bereich der Kralle noch queroval erscheint, ist sie ab 130 mm SSL in zwei Abschnitte zu untergliedern. In der proximalen Krallenhälfte erscheint die Kralle längsoval. Dies ändert sich im mittleren Drittel. Die Kralle flacht dorsopalmar ab und erhält eine runde, zuweilen sogar querovale Form (Abb. 3 c - e; Abb. 13 c). Bis zum Zeitpunkt der Geburt ist der Krallensohlenbereich sowie der palmare Teil der Krallenspitze von toten Zellmassen – der hinfalligen Krallenkapsel – bedeckt. Durch die Ablösung dieser Zellmassen post natum erscheint die Krallensohle flacher. Der Querschnitt verdeutlicht den in lateromedialer Ausdehnung engen Bereich des Sohlenabschnittes der Kralle zum Zeitpunkt der Geburt. Die Krallensohle beginnt distal als schmaler Streifen mit fast waagrechter Oberfläche und verschmälert sich proximal keilförmig. Proximal kommt es zu einer immer ausgeprägteren

konvexen Wölbung der palmaren Sohlenoberfläche (Abb. 2 d). Dieser weitgehend vom Zehenballen bedeckte Abschnitt ist jedoch mit bloßem Auge nicht zu erkennen.

Mit zunehmendem Alter des Welpen stumpft das Krallenende der leicht konvex gebogenen Kralle ab. Die Krallenspitze erscheint von distal betrachtet als eine nach unten offene, längsovale Horntüte. Dabei hat das Horn, welches den äußeren Rand der Horntüte bildet, eine festere Struktur als das sich innerhalb der Horntüte befindende bröckelige Horn.

Die Haardichte des äußeren Krallentaschenabschnittes nimmt mit zunehmendem Alter des Hundes deutlich zu. Haarfollikel bzw. Haare bilden sich im distalen Innenbereich der Krallentasche aus, so dass sich einige Haare direkt der hornigen Krallentüte auflegen. Diese Haare schmiegen sich der Kralle an, sind aber nicht fest mit ihr verbunden (Abb. 2 f).

4.1.3 DIE ENTWICKLUNG DER KRALLENFORM WÄHREND DER DRITTEN PHASE DER KRALLEN- ENTWICKLUNG (AB EINE WOCHE POST NATUM)

Dieser Abschnitt der Entwicklung entspricht dem Zustand der Kralle eines JUVENILEN sowie ADULTEN Hundes, weshalb an dieser Stelle auf die Ausführungen im Literaturteil verwiesen wird. Die Übergänge von der Welpenkralle zur juvenilen bzw. adulten Hundekralle sind fließend.

4.1.4. DIE KRALLENTÜTE IM VERLAUFE DER FOETALEN UND PERINATALEN ENTWICKLUNG DER HUNDEKRALLE

Die KRALLENTÜTE umfasst den epidermalen Teil der Kralle, der sich aus dem Trennungsprozess von Lederhaut und Oberhaut auf der Ebene der Basalmembran ergibt. Sie setzt sich aus der Krallenplatte und der Krallensohle zusammen. An der nicht ausgeschuhten Kralle wird sie auf der Schnittfläche der median halbierten Krallen sowie auf den quer geführten Schnitte durch die gesamte Kralle deutlich. Die Krallentüte differiert in ihrer Dicke stark in den verschiedenen Krallenabschnitten. Bis 80 mm SSL bleibt die Dicke der Krallentüte im Krallenrückenbereich in proximodistaler Richtung weitgehend gleich stark. Die Sohle der Krallentüte wird in proximodistaler Richtung geringgradig dicker.

In der weiteren Entwicklung der foetalen Hundekralle, das heißt ab 80 mm SSL bis zum Welpenalter, wird der proximale Bereich sowie der dorsale Teil der Krallentüte wie auch die Krallensohle in proximodistaler Richtung kontinuierlich dicker, während der laterale Wandbereich nicht an Dicke zunimmt. Dabei wird das Sohlenhorn bis zur Geburtsreife des

Foetus im proximalen und mittleren Krallendrittel vom Horn der Krallenplatte (s. a.: Anhang 1), das heißt vom Kron- sowie vom Wandhorn, fast vollständig umschlossen, während die Krallenplatte im distalen Krallendrittel die Sohle frei lässt.

Die Krallentüte ist bei Hundefoeten mit einer SSL zwischen 44 mm und 63 mm noch nicht verhornt, da ihre Oberhaut bis dato nur aus einem unverhornten mehrschichtigen Epithel besteht. Das Epithel ist unpigmentiert, es hat eine weißliche, leicht ins Grau tendierende Farbe. Bei älteren Foeten tritt in unterschiedlichem Ausmaß eine Pigmentierung auf. Sie beginnt immer im proximalen Krallenabschnitt und ist dort zuerst in den Basalzellen anzutreffen. Damit liegt die dann pigmentierte Krallenplatte unter der zuerst gebildeten unpigmentierten Krallenplatte. Mit fortschreitender Entwicklung des Foetus schiebt sich die pigmentierte Krallenplatte nach distal vor. Mesoskopisch ist außer der Farbe kein Unterschied zwischen der pigmentierten und der unpigmentierten Krallenplatte zu erkennen.

Die im Laufe der foetalen Entwicklung der Kralle aufgebaute Hornkapsel hat eine derb-elastische Konsistenz. Bis zur Geburt lässt sie sich manuell mit mäßigem Druck noch leicht verformen. Die Hundekralle eines eine Woche alten Welpens ist demgegenüber schon deutlich fester und lässt sich manuell selbst mit kräftigem Druck nur noch schwer verformen.

4.2 LICHTMIKROSKOPISCHE BEFUNDE ZUR ENTWICKLUNG DER HUNDEKRALLE WÄHREND DER ERSTEN PHASE DER KRALLONENTWICKLUNG

4.2.1 DIE ENTWICKLUNG BINDEGEWEBIGER SOWIE EPITHELIALER STRUKTUREN

Diese Entwicklungsphase BINDEGEWEBIGER SOWIE EPITHELIALER STRUKTUREN in der Kralle erfolgt bei Hundefoeten mit einer SSL zwischen 44 mm und 80 mm. In dieser Phase der Krallenentwicklung besteht das Bindegewebe noch vorwiegend aus Mesenchymzellen. Einhergehend mit der Differenzierung mesenchymaler Strukturen an der Extremitätenspitze kommt es zur Ausbildung zweier übereinander angeordneter Gefäßplexus und zur Ausprägung des hyalinknorpeligen Krallenbeines. In Verbindung mit der Ausbildung der mesenchymalen Strukturen differenziert sich ein regional spezifisches Epithel innerhalb der sich entwickelnden Krallenabschnitte aus.

4.2.1.1 SEGMENTÜBERGREIFENDE BETRACHTUNG DES MESENCHYMALEN BINDEGEWEBES

Das MESENCHYMALE BINDEGEWEBE im Krallenspitzenbereich besteht mit 44 mm SSL aus einem dichten Zellverband weitgehend undifferenzierter, runder bis polygonaler Zellen. Kurze Zellfortsätze verbinden die embryonalen Bindegewebszellen zu einem dichten Netzwerk. Der runde bis ovale Zellkern der einzelnen Mesenchymzelle liegt zentral im Zelleib und füllt die Zelle fast vollständig aus. Der Zellkern hat eine hohe Affinität zu basophilen Farbstoffen. Der Zelleib hüllt den Zellkern in Form eines schmalen Zytoplasmasaumes ein. Eine hohe Kern-Plasma-Reaktion ist charakteristisch für diese mesenchymalen Zellen im Krallenbereich. Eine lockere, schwach basophile Masse zwischen den einzelnen Bindegewebszellen bildet die ungeformte Interzellulärsubstanz (Abb. 3 a). Im Verlaufe der foetalen Differenzierung der mesenchymalen Strukturen in der Extremitätenspitze nimmt die Dichte des Zellverbandes im Bindegewebe deutlich ab, während der Gehalt an geformten und ungeformten Interzellulärsubstanzen zunimmt. Aus den Zellen des mesenchymalen Gewebes differenzieren sich unter anderem Fibroblasten, Angioblasten, Chondroblasten sowie Osteoblasten aus. Fibroblasten bilden die zelluläre Grundlage für das Bindegewebe in Unter- und Lederhaut, Angioblasten sind verantwortlich für die Ausbildung von Endothelzellen, während die Chondroblasten das hyalinknorpelige Krallenbein bilden. Das hyalinknorpelige Krallenbein bildet sodann die Grundlage für das sich durch den Prozess der überwiegend indirekten Ossifikation entwickelnde knöcherne Krallenbein.

Fibroblasten²⁰ (Abb. 3 e) sind noch verhältnismäßig große, unregelmäßig geformte Zellen, welche über Zellausläufer miteinander in Verbindung stehen. Ihr euchromatischer Zellkern ist rund bis oval und stellt sich im histologischen Schnitt schwach basophil dar. Aus den Fibroblasten differenzieren sich die Fibrozyten. Die Fibrozyten²¹ stehen über lange Zellausläufer miteinander in Verbindung. Sie haben einen länglichen, teils spindelförmigen Zellkörper. Ihr Zellkern ist heterochromatisch und weist im histologischen Schnitt eine dreieckige bis längliche Form auf. Das seltene Auftreten von Kernteilungsfiguren ist Ausdruck der geringen mitotischen Aktivität der Bindegewebszellen. Angioblasten²² sind ebenfalls noch weitgehend undifferenzierte Zellen. Im Vergleich zu den Fibroblasten erscheinen Angioblasten meist etwas kleiner. Ihr Zellkern ist rund bis oval und von einem dünnen Zytoplasmasaum umgeben. Aus den Angioblasten differenzieren sich die Endothelzellen, die sich zu sogenannten Endothelzellrohren formieren und auf diese Weise

²⁰ Faserbildner, i.e., aktive Bindegewebszellen

²¹ ruhende Bindegewebszellen

²² Gefäßbildner

erste Kapillaren bilden (Abb. 4 d). Der Zellkern der einzelnen Endothelzelle erscheint abgeflacht, liegt in der Zellmitte und passt sich der gebogenen Form der Zelle an. Teilweise wölbt der Zellkern kuppelförmig die Zellmembran der Endothelzelle in das Lumen der Kapillare vor.

Die Zellkerne haben eine Affinität zu basophilen Farbstoffen, wohingegen sich das um den Zellkern befindliche Zytoplasma azidophil anfärbt.

Mit 80 mm SSL besteht das Bindegewebe der praesumptiven Unter- und Lederhaut der Kralle aus einer gleichmäßigen, zellreichen Bindegewebsschicht. Fibrozyten und Fibroblasten bilden einen dichten Zellverband aus dreieckigen sowie länglichen Bindegewebszellen, welche über längere Zellausläufer miteinander in Verbindung stehen. Der Zellkern der einzelnen Bindegewebszelle ist oval bis dreieckig und liegt überwiegend in der Zellmitte. Der PAS-positive, teils eu-, teils heterochromatische Zellkern hat eine Affinität zu basophilen Farbstoffen. Das Zytoplasma bildet um den Bindegewebszellkern einen eosinophilen Saum. Eingebettet werden die Bindegewebszellen in ein feines Netzwerk aus bichromatischen, das heißt teils eosinophil und teils basophilen, PAS-positiven Fasern. Subepithelial liegen diese kurzen Fasern parallel zur dermo-epithelialen Grenzfläche in proximodistaler Ausrichtung. In der weiteren Krallenentwicklung nimmt der Anteil an Kollagenfasern kontinuierlich zu, während die Zellanzahl weitgehend gleich bleibt. Das Verhältnis zwischen Zellen und Interzellulärsubstanz verschiebt sich im Verlaufe der Entwicklung von Unter- und Lederhaut also in Richtung Interzellulärsubstanz. Neben der geformten Interzellulärsubstanz kommt es auch zur Produktion von ungeformter Interzellulärsubstanz. Diese liegt als schwach PAS-positive, schwach basophile amorphe Substanz zwischen den kollagenen Fasern und den Bindegewebszellen. Chromophobe, also lichtmikroskopisch leere interzelluläre Bereiche geben der foetalen Lederhaut einen sehr lockere Struktur.

Die Entwicklung des Krallenbeines wird an entsprechender Stelle (Kapitel 4.2.1.3: Spezielle Betrachtung bindegewebiger und epithelialer Strukturen während der ersten Phase der Krallenentwicklung) beschrieben.

4.2.1.2 SEGMENTÜBERGREIFENDE BETRACHTUNG EPITHELIALER STRUKTUREN

Während dieser Phase der Krallenentwicklung lassen sich DREI EPITHELGENERATIONEN unterscheiden. Da das Epithel in diesem Entwicklungsabschnitt noch kein oder noch kein durchgehendes Stratum corneum aufweist, es sich also noch nicht um ein mehrschichtig

verhornendes Plattenepithel handelt, ist es angebracht, von einem Epithel anstelle einer Epidermis zu sprechen.

Die ERSTE EPITHELGENERATION wird vom Ektoderm gebildet. Das Ektoderm besteht aus einem einschichtigen Epithelzellverband iso- oder hochprismatischer Zellen. Ihr vorwiegend euchromatischer Zellkern ist oval und liegt zum Teil exzentrisch in der Peripherie der Zelle. Das Zytoplasma einer Ektodermzelle wird von einem lockeren, schwach basophilen Netzwerk aus feinen Filamenten durchzogen. Auffallend ist die starke Argyrophilie der apikalen Zellmembran der Ektodermzelle.

Genau wie die spätere Basalzelle, so ist auch die Ektodermzelle zur mitotischen Teilung fähig. Durch die mitotische Aktivität des Ektoderm entstehen als erste Tochterzellgeneration Peridermzellen. Diese bilden nun die oberflächliche Schicht des Epithels der ZWEITEN EPITHELGENERATION, wobei sich die jetzt als Basalzellen bezeichneten Ektodermzellen wiederum fortlaufend teilen und damit Zellen des Stratum intermedium generieren. Anfänglich stellen noch die Peridermzellen das Stratum superficiale der neuen Epithelgeneration dar, später wird dieses von weiter differenzierten Epithelzellen des Stratum intermedium aufgebaut. Das Stratum basale der zweiten Epithelzellgeneration der foetalen Krallenoberhaut wird von isoprismatischen Zellen gebildet. Die Basalzellen sitzen dicht nebeneinander angeordnet einer Basallamina auf. Jede Basalzelle besitzt einen runden bis ovalen Zellkern, der die Zelle fast vollständig ausfüllt. Heterochromatische, basophile Bereiche und feinfibrilläre, locker angeordnete, schwach angefärbte Teile geben dem Zellkern ein leicht marmoriertes Aussehen. Das Zytoplasma legt sich als schwach eosinophiles Band um den Zellkern herum.

Das Stratum intermedium der foetalen Krallenoberhaut entsteht durch die mitotische Teilung der Basalzellen und Parabasalzellen. Nach der mitotischen Teilung differenziert sich ein Teil der Zellen weiter und bildet dadurch die Zellen des Stratum intermedium. Diese Intermediärzellschicht besteht aus mehreren Zelllagen, welche sich parallel zur dermoepithelialen Grenzfläche der Krallenlederhaut ausrichten. Durch den gewebespezifischen Differenzierungsprozess kommt es zu einer Größenzunahme der einzelnen Zelle. Aus der Basalzelle differenziert sich eine große, polygonale Zelle. Durch die Größenzunahme nimmt die Kern-Plasma-Reaktion gegenüber der Mutterzelle deutlich ab. Richtung Oberfläche flachen die Intermediärzellen ab und ordnen sich in Längsrichtung, parallel der dermoepithelialen Grenzfläche an. Die einzelnen Zellen sind über dünne, kurze, azidophile Zellfortsätze miteinander verbunden. Der runde bis ovale Zellkern jeder einzelnen

Intermediärzelle enthält ein deutliches basophiles Kernkörperchen. Er wird sich im Laufe des Differenzierungsprozesses in die Zellperipherie verlagert. Ein schmaler basophiler Saum umrandet den Zellkern. Das Zytoplasma der jungen Intermediärzellen färbt sich in feiner netzförmiger Struktur blass azidophil an. Mit zunehmender Reifung der Zelle kommt es zu einer verstärkten Azidophilie des Zytoplasmas (Abb. 3 e u. f).

Das Stratum superficiale umfasst die obersten Zellschichten der Krallenepidermis, welche sich aus den Intermediärzellen differenzieren. An dem nicht verhornten Epithel ist das Stratum superficiale aus einer dünnen, ein bis zwei Zelllagen umfassenden abgeflachten Zellschicht zusammengesetzt. Diese obersten Zellschichten bilden somit die Abgrenzung des mehrschichtigen unverhornten Plattenepithels gegen die Umwelt (Abb. 3 f). Jede Zelle des unverhornten Stratum superficiale weist noch einen intakten Zellkern auf. Der Zellform angepasst, liegt dieser Zellkern flach in der Zellmitte und zeigt eine hohe Affinität zu basophilen Farbstoffen. Oberhalb der Superficialzellen sind häufig noch Reste des Periderm zu finden. Diese unterscheiden sich vom Stratum superficiale durch das Vorhandensein degenerierter Zellkerne sowie eine höhere Affinität des Zytoplasmas zu basophilen Farbstoffen.

In der zweiten Epithelgeneration sind neben unverhornten Superficialzellen bereits verhornte Zellen im Stratum superficiale zu erkennen. Dieses verhornte Stratum superficiale, auch Stratum corneum genannt, entwickelt sich aus den Zellen des Stratum intermedium. Es besteht vorerst nur aus einer dünnen, einzelligen Lage. Zwischen den Zellen des Stratum corneum sind lichtmikroskopisch nur noch ganz vereinzelt Zellgrenzen sowie Zellkernreste zu erkennen. Das Stratum corneum ist charakterisiert durch eine weitgehend homogene Schicht mit einer hohen Affinität zu azidophilen Farbstoffen, wodurch es sich gut von den darunter liegenden Intermediärzellen abgrenzen lässt. Über dem Stratum corneum sind teilweise noch Peridermreste zu erkennen. Durch die Basophilie des Zytoplasmas sowie durch das Vorhandensein von Kernresten lässt sich dieses gut von den verhornten Zellen des Stratum superficiale abgrenzen. Das Epithel der zweiten Generation ist an Krallen bei Hundfoeten ab 63 mm SSL zu finden.

Die DRITTE EPITHELGENERATION ist die Epidermis im eigentlichen Sinne. So bildet die dritte – verhornende – Epithelgeneration die erste Epidermisgeneration an der sich entwickelnden Hundekralle. Sie tritt ab 80 mm SSL auf. Die foetale Krallenepidermis ist ab diesem Entwicklungsstadium ein mehrschichtiges, verhorntes Epithel. Sie besteht aus einem Stratum basale, einem Stratum intermedium und einem Stratum corneum. Die Zellen des Stratum

intermedium durchlaufen einen gewebespezifischen Differenzierungsprozess. Im Verlauf dieses Prozesses bauen die Keratinozyten ein Netzwerk aus teils basophilen, teils azidophilen Filamenten auf, die durch ihr spezifisches Färbeverhalten als Keratinfilamentbündel anzusprechen sind. Neben den Keratinfilamenten synthetisieren die Zellen keratinfilamentassoziierte Proteine. Diese aggregieren jedoch noch nicht zu Keratohyalingranula, welche für ein Stratum granulosum charakteristisch wären. Des Weiteren wird im Verlaufe der Keratinisierung des Stratum intermedium ein PAS-positiver Interzellularkitt aufgebaut. Dieser wird gegen Ende des Differenzierungsprozesses aus der Zelle in den Interzellularraum ausgeschleust. Am Ende der Zelldifferenzierung kommt es in der foetalen Krallenepidermis zur Nekrobiose, das heißt zu einem programmierten Zelltod der keratinisierten Zellen. Lichtmikroskopisch wird dieses durch die Auflösung des Zellkernes in Verbindung mit einer veränderten Struktur des Zellkörpers sichtbar. Die Syntheseleistung der Zelle, der Zelltod und die Veränderungen in der Struktur des Zelleibes charakterisieren den Verhornungsprozess der foetalen Krallenepidermis.

Das Stratum basale der dritten Epithelzellgeneration der foetalen Krallenepidermis wird von iso- bis hochprismatischen Zellen aufgebaut. Die Basalzellen liegen nun einer deutlich PAS-positiven Basalmembran auf und sind palisadenförmig dicht nebeneinander angeordnet. Der meist ovale Zellkern füllt die Zelle fast vollständig aus. Heterochromatische, basophile Bereiche und feinfibrilläre, locker angeordnete, schwach angefärbte Teile geben dem Zellkern ein leicht marmoriertes Aussehen. Das Zytoplasma legt sich als schwach eosinophiler Saum um den Zellkern herum. Lichtmikroskopisch ist der Interzellularraum zwischen den einzelnen Basalzellen nur ganz vereinzelt als heller Spalt sichtbar. Über den Basalzellen liegen die Parabasalzellen. Diese sind nicht in jedem Krallenabschnitt anzutreffen, stellen sich aber, abgesehen von ihrer im Anschnitt eher dreieckigen Form in ihrem Aufbau wie die Basalzellen dar.

Das Stratum intermedium der foetalen Krallenepidermis entsteht durch die mitotische Teilung der Basal- und Parabasalzellen. Nach der mitotischen Teilung differenziert sich ein Teil der Zellen zu jungen Zellen des Stratum intermedium. Die Intermediärzellschicht besteht aus mehreren Zelllagen. Durch den gewebespezifischen Differenzierungsprozess kommt es zu einer deutlichen Größenzunahme der einzelnen Zelle. Aus der hochprismatischen Basalzelle differenziert sich eine große polygonale, im Schnitt teils quadratische Zelle, wodurch die Kern-Plasma-Relation gegenüber der Mutterzelle deutlich abnimmt. Zur Oberfläche hin platten die Zellen des Stratum intermedium ab und richten sich parallel zur Oberfläche der Krallenlederhaut aus. Jede Zelle des Stratum intermedium enthält einen runden bis ovalen

Zellkern, der ein deutliches basophiles Kernkörperchen beherbergt. Der Zellkern wird im Laufe des Differenzierungsprozesses unter den apikalen Rand der Zelle verlagert. Ein schmaler basophiler Zytoplasmasaum umrandet den Zellkern. Zur Verhornungsgrenze hin verdichtet sich der schmale, homogene basophile Saum um den Zellkern, während sich das Kernplasma immer schwächer anfärbt. Dies ist Ausdruck erster degenerativer Prozesse innerhalb der Zelle. Das Zytoplasma der jungen Intermediärzellen färbt sich in feiner netzförmiger Struktur blass azidophil an. Mit zunehmender Reifung der Zelle kommt es zu einer verstärkten Azidophilie des Zytoplasmas der einzelnen Intermediärzelle. Diese beginnt meist im Bereich um den Zellkern herum und breitet sich weiter im gesamten Zytoplasmabereich aus. Granula sind in den Intermediärzellen dieses Stadiums lichtmikroskopisch in keinem Abschnitt zu erkennen. Die Zellen des Stratum intermedium liegen dicht aneinander. Dünne, kurze, azidophile Zellfortsätze stellen die Zellgrenzen zwischen den benachbarten Intermediärzellen dar.

Das darüber gelegene alte Stratum superficiale wird von einer dünnen, abgeplatteten Zellschicht gebildet. Das Stratum corneum der foetalen Krallenepidermis wird von Epithelzellen aufgebaut, die den gewebespezifischen Verhornungsprozess durchlaufen haben. Die ausdifferenzierten Zellen sind in der Regel abgeflacht und kernlos. Vereinzelt enthalten sie noch Kernreste, die in der homogen azidophil angefärbten Zellen als basophile Schollen ins Auge fallen. Je älter die Hornzellen sind, desto weniger werden Zellgrenzen sichtbar und desto schwächer wird wieder die Affinität zu azidophilen Farbstoffen. Das Stratum corneum der foetalen Krallenepidermis ist durch seinen dauerhaften Zusammenhalt der Hornzellen charakterisiert. Im Verlaufe der foetalen Entwicklung nimmt das Stratum corneum an Dicke deutlich zu. Dort, wo die Zellgrenzen der einzelnen Epithelzelle noch zu erkennen sind, besteht der Zellverband aus polygonalen Zellen, die sich parallel zur Lederhautoberfläche anordnen.

Die HINFÄLLIGE KRALLENKAPSEL, welche hauptsächlich im Bereich der Krallensohle gebildet wird, entsteht aus den Zellen der dritten Epithelgeneration, die im Unterschied zu dem Epithel der ersten und zweiten Generation durch ein kontinuierliches Stratum corneum gekennzeichnet ist.

4.2.1.3 SPEZIELLE BETRACHTUNG BINDEGEWEBIGER UND EPITHELIALER STRUKTUREN

Die weitere Befundbeschreibung der Entwicklung der prae- und perinatalen Hundekralle erfolgt entsprechend der Reihenfolge im Literaturteil vom Kralleninnern in die weiter außen

gelegenen Schichten. An der voll entwickelten Kralle eines adulten Tieres werden diese Strukturen von innen nach außen durch das KRALLENBEIN, die SUBKUTIS, die DERMIS und die EPIDERMIS repräsentiert. Da sich Unterhaut und Lederhaut aus demselben mesenchymalen Gewebe differenzieren und sie sich deshalb in frühen Entwicklungsstadien aufgrund der Ausprägung des Bindegewebes noch nicht unterscheiden lassen, wird während der ersten Phase der Krallenentwicklung noch von der praesumptiven²³ Unter- und Lederhaut gesprochen.

4.2.1.3.1 DIE FOETALE HUNDEKRALLE WÄHREND DES ENTWICKLUNGSZEITRAUMES

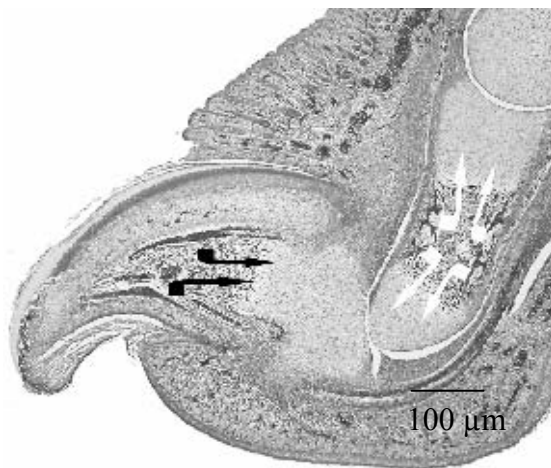
UM 44 mm SSL

Die Extremitätenspitze eines Foeten mit 44 mm SSL besteht aus MESENCHYMALEM BINDEGEWEBE. Eine Einteilung der Kralle in ihre Segmente sowie eine Unterscheidung zwischen einer Subkutis und einer Dermis sind in diesem Entwicklungsstadium noch nicht möglich. Bei einem Foetus von 44 mm SSL kommt es distal im Zentrum der Extremitätenanlage zur Kondensation von Mesenchymzellen und damit zur Ausbildung des Primordialskelettes im distalen Zehenabschnitt. Diese Mesenchymzellen bilden die Grundlage der Phalanx distalis. Die Zellen sind in diesem Bereich groß und rund bis oval. Ihr Zytoplasma färbt sich schwach basophil an. Die ovalen Zellkerne liegen zentral im Zellkörper und weisen eine hohe Affinität zu basophilen Farbstoffen auf. In einigen Zellkernen ist ein deutlicher Nucleolus sichtbar. Am Übergang in die Phalanx media befindet sich ein besonders stark verdichteter Mesenchymzellbereich. Dieser stellt die sogenannte „Interzone“ dar, aus welcher sich der spätere Gelenkspalt des dritten Zehengelenkes bildet. Die Zellen innerhalb dieser Interzone haben eine ovale bis polymorphe Gestalt. Ihre Zellkerne erscheinen kleiner als in den umliegenden Mesenchymzellen. Das Zytoplasma der Zellen der Interzone wird von feinen, netzartig verzweigten Fasern durchzogen, welche sich bei einer Haematoxylin-Eosinfärbung (HE-Färbung) schwach azidophil darstellen.

Die Entwicklung der Phalanx media und Phalanx proximalis ist bei Hundefoeten mit einer SSL von 44 mm schon deutlich weiter fortgeschritten als diejenige der Phalanx distalis. Aus den verdichteten zentralen Mesenchymzellbereichen bilden sich hyalinknorpelähnliche Zellen heraus. Um diese knorpelähnlichen Zellen herum legt sich eine homogene, basophile Masse. Zusammen stellen sie das Vorknorpelblastem dar. Durch diesen Entwicklungsprozess lässt sich an der Phalanx proximalis und der Phalanx media erstmalig eine aus hyalinem Knorpel

²³ lateinisch: praesumptivus = vorausnehmend, vorwegnehmend

bestehende Diaphyse von den beiden mesenchymalen Epiphysenenden unterscheiden. Perichondral um die Diaphyse bildet sich eine weitere zellarme, faserreiche, basophile, PAS-positive, dünne Schicht. Sie stellt das erste morphologische Äquivalent der Bildung einer perichondralen diaphysären Knochenmanschette dar. Der Differenzierungsgradient der Phalanx proximalis und Phalanx media verläuft von der Diaphyse auf die beiden Epiphysen zu – und damit sowohl nach proximal wie auch nach distal. Zudem beginnen sich Gelenkspalten zwischen der ersten und der zweiten Phalangenanlage auszubilden. Der Differenzierungsgradient des sich entwickelnden Krallenbeines (Os unguiculare) verläuft nur von distal nach proximal und unterscheidet sich somit wesentlich von den anderen beiden Zehenknochen (Textabb. 7).



TEXTABBILDUNG 7:

Längsschnitt durch die Kralle eines Foetus mit 130 mm SSL.

Die dunklen Pfeile geben die Verknöcherungsrichtung der indirekten Verknöcherung der Phalanx distalis wieder, die hellen Pfeile markieren die Richtung der Knochenbildung der Phalanx media.

Um das bis dato noch aus lockeren Mesenchymzellen bestehende kegelförmige Krallenbein bildet sich eine kompaktere Bindegewebsschicht. Die Zellen sind in ihrem Durchmesser kleiner als die umliegenden embryonalen Bindegewebszellen, zeigen ansonsten denselben Aufbau wie die im allgemeinen Abschnitt beschriebenen Mesenchymzellen. Zwischen dieser kompakteren embryonalen Bindegewebsschicht und dem Epithel bildet sich eine Schicht großlumiger, dünnwandiger Gefäße aus. Diese trennen das dichtere, über dem Primordialskelett liegende Gewebe von dem lockerer strukturierten, subepithelialen Bindegewebe. Die Gefäße in der distalen Extremitätenspitze eines Foetus mit einer SSL von 44 mm sind als große, unregelmäßige Spalten zwischen den Mesenchymzellen zu erkennen. Die Zellen, welche die Gefäßwand zu diesem Zeitpunkt der Entwicklung bilden, sind noch weitgehend undifferenziert. Sie unterscheiden sich kaum von den übrigen Mesenchymzellen. Vereinzelt befinden sich kernhaltige Erythrozyten in den Gefäßen.

Die dermo-epitheliale Grenzfläche ist in allen Krallenabschnitten glatt. Das EPITHEL wird bei 44 mm SSL von einer Schicht Basalzellen und dem darüber liegendem Periderm gebildet. Im Bereich der Krallenspitze ist schon ein Stratum intermedium vorhanden. Dieses besteht vorerst nur aus einer einzigen Zelllage. Die Epithelzellen sind so aufgebaut, wie im allgemeinen Teil beschrieben.

4.2.1.3.2 DIE FOETALE HUNDEKRALLE WÄHREND DES ENTWICKLUNGSZEITRAUMES UM 63 mm SSL

Mit einer SSL VON 63 mm hat das KRALLENBEIN die Form einer in proximodistaler Richtung angeordneten, distal abgerundeten Säule. Die Säulenbasis, also die Krallenbeinbasis, verbreitert sich radiär, wobei diese Verbreiterung palmar stärker ausgeprägt ist als dorsal. Dadurch bekommt die Phalanx distalis im medianen Längsschnitt eine pistolenähnliche Form (Abb. 3 b). Das proximale Ende des Krallenbeines ist leicht konkav eingezogen und bildet die Gelenkfläche (Facies articularis) für das distale Zehengelenk. Im histologischen Querschnitt stellt sich das zentral liegende, hyalinknorpelige Krallenbein proximal queroval und distal kreisförmig dar. Umrandet wird dieses Os unguiculare von einer dicken Schicht mesenchymaler Bindegewebszellen. Im Bereich der Interzone bildet sich zwischen der Phalanx medialis und der Phalanx distalis der Gelenkspalt des distalen Zehengelenkes aus (Abb. 3 b). Mit der Entwicklung des distalen Zehengelenkes verändert sich der Winkel der Phalanx distalis zur Phalanx media. Es kommt zu einer Aufrichtung der Phalanx media. Bei einem Foetus mit 63 mm SSL stehen Phalanx media und Phalanx distalis in einem Winkel von 130° zueinander.

Die Spitze des sich entwickelnden Krallenbeines weist großblasige Zellen auf. Diese Zellen scheiden eine homogen basophile Substanz aus, welche die Zellen einbettet. Die Mesenchymzellen erhalten dadurch einen knorpelzellähnlichen Charakter, vergleichbar mit den knorpeligen Zellen der Diaphyse der proximalen Zehenknochen. Ebenso wie um den Schaft der proximalen Zehenknochen, so legt sich auch um den distalen Bereich der Phalanx distalis ein dünnes, stark verdichtetes, faserreiches und zellarmes, PAS-positives Gewebe. Diese perichondrale Manschette umschließt kappenartig den gesamten distalen Abschnitt der Phalanx distalis. Bei einem Hundefoetus mit 63 mm SSL gleicht die Stärke dieser perichondralen Spitzenmanschette der perichondralen Manschette um die Diaphyse der Phalanx media und Phalanx distalis. Die BINDEGEWEBSSCHICHT um das Krallenbein herum erscheint bei 63 mm SSL zellreicher und dadurch kompakter. Die embryonalen

Bindegewebszellen differenzieren sich einerseits weiter zu Fibroblasten, andererseits bilden sich deutliche GEFÄßE innerhalb dieses Bindegewebes aus. Somit sind innerhalb der bindegewebigen Schicht der foetalen Kralle zwei unterschiedliche, in proximodistaler Richtung verlaufende Gefäßnetze zu unterscheiden. Besonders im apikalen Krallenbereich reagieren die gefäßbildenden Zellen histochemisch mit dem Lektin BSL I, wodurch eine gute Darstellung der beiden Gefäßplexus möglich ist. Anhand der BSL I-Reaktion sind nun ein tiefes, krallenbeinnahes und ein oberflächliches, epithelnahes Gefäßnetz zu unterscheiden. Im dorsalen Krallenabschnitt sind beide Gefäßplexus bis in die Krallenspitze zu verfolgen, palmar ist dieses nicht immer möglich (Abb. 3 b; Abb. 4 a u. b). Beide Gefäßnetze stehen über strickleiterartige Gefäße miteinander in Verbindung (Abb. 4 b). Die gefäßendothelbildenden Angioblasten haben eine etwas längliche, teilweise abgeflachte Form. Der Zellkern eines Angioblasten ist im Gegensatz zu dem eines Fibroblasten oval. Palmar werden die Gefäße des krallenbeinnahen Gefäßplexus von zahlreichen, stark basophilen Fasern umgeben. Diese Kollagenfasern bilden die Grundlage des sich später ausbildenden Geflechtknochens in diesem Krallenabschnitt (Abb. 3 d).

Die DERMO-EPITHELIALE GRENZEBENE der Kralle ist glatt. Die Basalzellen sitzen einer PAS-negativen, schwach basophilen, deutlich argyrophilen Basallamina auf. Dorsolateral an der Krallenbasis bildet sich eine aus Bindegewebe und Epithel bestehende konkave Rinne aus. Palmar entsteht am Übergang von der Krallensohle in den Zehenballens eine leicht konvexer Bogen. Die dorsolaterale Rinne stellt die erste, von außen sichtbare Grenze zwischen der unmodifizierten äußeren Haut und der sich entwickelnden modifizierten Haut der Kralle dar.

Das EPITHEL der Kralle eines Foetus mit einer SSL von 63 mm unterscheidet sich deutlich von dem weiter proximal gelegenen. Ab dem Bereich der dorsolateralen konkaven Rinne der Kralle, also ab der Krallenbasis, differenziert sich das Krallenepithel weiter. Im Krallenbereich bildet sich durch die gewebespezifische Differenzierung der Epithelzellen das Epithel der zweiten Generation. Während das Stratum intermedium proximal der dorsalen konkaven Rinne nur aus zwei Zellschichten besteht, ist das Stratum intermedium im Krallenrückenbereich sowie lateral auf drei bis vier Zellschichten, im palmaren Sohlenabschnitt sogar auf fünf Zellschichten angewachsen. Dabei ist die Epithelschicht im Krallenrücken- und Krallenwandabschnitt gleichbleibend dick, während die Krallenspitze im Stratum intermedium nur zwei Zellschichten aufweist. Im Bereich der Krallensohle ist im mittleren Krallenabschnitt das Maximum mit fünf Zelllagen im Stratum intermedium erreicht. Der Bereich des Zehenballens ähnelt der Epithelstruktur der äußeren Haut proximal der dorsalen Rinne. Das Stratum intermedium ist hier zwei- bis dreilagig. Der Aufbau des

Epithels der zweiten Generation gleicht dem im allgemeinen Teil beschriebenen Aufbau. Neben dem mehrschichtigen unverhornten Plattenepithel (Abb. 3 f) im Krallenrücken, Krallensohlen-, lateralem Krallenwand- und Zehenballenbereich ist erstmals ein Stratum corneum im Krallenspitzenbereich zu finden (Abb. 3 e).

Ergänzt sei noch, dass die obersten Zellschichten des Stratum intermedium sowie das Stratum superficiale im Bereich der dorsalen Rinne und der palmaren konkaven Rinne im Zellmembranbereich eine deutliche Argyrophilie aufweisen (Abb. 3 b). Mit der Ausbildung des Epithels der zweiten Generation im Bereich der foetalen Extremitätenspitze wird das Periderm distal geschoben, wo es sich von dem darunter liegenden Zellverband ablöst.

4.2.1.3.3 DIE FOETALE HUNDEKRALLE WÄHREND DES ENTWICKLUNGSZEITRAUMES UM 80 mm SSL

Zwischen 63 mm SSL und 80 mm SSL findet ein deutlicher Entwicklungsschub der Kralle statt. Dabei setzt im apikalen Teil des KRALLENBEINES die Verknöcherung ein. Aus den an das knorpelige Krallenbein angrenzenden Mesenchymzellen differenzieren sich Osteoblasten. Diese stellen sich lichtmikroskopisch als große runde Zellen mit einem großen runden basophilen Zellkern dar. Um die einzelnen knochenbildenden Zellen herum entsteht eine homogene Knochenmatrix. Bei 80 mm SSL bedeckt diese perichondrale Knochenmanschette zirka die distale Hälfte des Krallenbeines (Abb. 4 c). Die Knochenmanschette ist etwa doppelt so dick wie die Knochenmanschette um die Diaphyse der Phalanx media. Faserartige, basophile Ausläufer der Knochenmanschette strahlen in das umliegende Bindegewebe und umhüllen die Gefäße des praesumptiven subkutanen Gefäßplexus. Knochenbälkchenartige Strukturen treten zwischen dem Faser-Gefäßgeflecht auf. Im Gegensatz zu dieser aufgefaserten Struktur der Knochenkappe im Bereich der distalen Phalanx liegt die diaphysäre Knochenmanschette der Phalanx media dieser glatt an. Der Innenbereich des von der Knochenmanschette umhüllten Abschnittes der Phalanx distalis besteht aus großblasigen Knorpelzellen, die von einer dünnen homogenen, basophilen Masse – der verkalkenden Knorpelgrundsubstanz – umhüllt werden. Der proximale Abschnitt des Krallenbeines setzt sich noch vollständig aus hyalinen Knorpelzellen zusammen. Distal ordnen sich die hyalinen Knorpelzellen säulenförmig an. Im histologischen Längsschnitt ist diese Zone in der Mitte des Os unguiculare lokalisiert. Darauf folgt die zentral konkav eingebuchtete Eröffnungszone, so dass der Bereich der Eröffnungszone sich wulstartig emporwölbt (Abb. 4 c). Der Krallenbeinfortsatz wächst nach distal.

Neben der Entwicklung des Krallenbeines differenzieren sich die praesumptive Dermis sowie die praesumptive Subkutis ebenfalls weiter. Allein durch ihren Zell- und Fasergehalt sind Subkutis und Dermis in diesem Entwicklungsstadium noch nicht zu unterscheiden. Aufgrund der konstanten Lage der beiden GEFÄßPLEXUS an der Hundekralle im adulten Stadium lässt sich das tiefe Gefäßnetz identifizieren als das praesumptive subkutane Gefäßnetz und das darüber liegende Gefäßnetz als das praesumptive tiefe dermale Gefäßnetz erkennen und auf diese Weise in diesem Entwicklungsstadium Dermis und Subkutis voneinander abgrenzen. Während im Krallenrückenbereich beide Plexus bis an die Krallenspitze zu verfolgen sind, werden die subkutanen Gefäße im Krallensohlenbereich von den knochenbildenden Zellen des Krallenbeinfortsatzes eingemauert (Abb. 4 c). Damit ist im distalen Krallenabschnitt nur noch das tiefe dermale Gefäßnetz im kollagenfaserigen Bindegewebe zu sehen. Diese Differenzierung in Verbindung mit der Ausbildung der Form der foetalen Kralle und der Differenzierung des Epithels ermöglichen erstmals eine Einteilung der foetalen Hundekralle in Segmente²⁴.

SAUMSEGMENT

Aus der dorsolateralen, aus Bindegewebe und Epithel bestehenden Rinne hat sich der distal gerichtete Krallenwall differenziert. Durch diese Differenzierung des Krallenwalls ist eine Krallentasche entstanden. Das äußere Blatt der Krallentasche bildet das innere Blatt des Krallenwalles. In diesem Innenblatt des Krallenwalles liegt das Saumsegment der Kralle. Dieses Segment dehnt sich bei 80 mm SSL über den freien Rand der Krallentasche proximal auf die Außenseite des Krallenwalles aus. Durch die Entwicklung von Epithelprossen resp. den Haaranlagen (Abb. 4 d) wird die proximale Grenze zwischen Saumsegment und äußeren Haut gebildet. Innerhalb der Krallentasche reicht das Saumsegment nicht ganz bis in den Krallentaschengrund hinein, sondern geht schon vorher in das Kronsegment über.

Die GEFÄßVERSORGUNG des Saumsegmentes erfolgt aus dem von proximal kommenden praesumptiven subkutanen Gefäßplexus der äußeren Haut. Dieser zieht bis an den distalen Rand des Krallenwalles und bildet damit die Grenze zwischen praesumptiver Dermis und Subkutis im Saumsegment. Subepithelial liegt der praesumptive tiefe dermale Gefäßplexus.

²⁴ Eine Einteilung der Kralle in ihre Segmente ist eigentlich erst mit dem mit Abschluss der zweiten Phase der Krallenentwicklung möglich, da sich erst nach Abschluss dieser Entwicklungsphase die Krallenstrukturen so weit ausdifferenziert haben, dass eine genaue Beschreibung der Topographie der einzelnen Krallensegmente vorgenommen werden kann. Für ein leichteres Verständnis über die sich entwickelnden Strukturen der Hundekralle wird jedoch auch schon in den frühen foetalen Phasen der Krallenentwicklung eine Einteilung in – damit praesumptive - Segmente vorgenommen.

Dieser verläuft parallel zur dermo-epithelialen Grenzfläche sowie zum praesumptiven subkutanen Gefäßplexus. Eine kompakte Bindegewebsschicht aus Fibroblasten, Fibrozyten und Interzellulärsubstanz charakterisiert das Bild von praesumptiver DERMIS und SUBKUTIS im Saumsegment.

Die DERMO-EPITHELIALE GRENZFLÄCHE ist glatt, das EPITHEL des Saumsegmentes sitzt einer PAS-positiven Basallamina auf. Die Epithelzellen gleichen den Epithelzellen der zweiten Generation. Die Intermediärzellen innerhalb der Krallentasche sind im Gegensatz zu denen im äußeren Bereich abgeplattet. Die Intermediärzellen im äußeren Bereich des Krallenwalles gleichen den Zellen der sich proximal anschließenden äußeren Haut und sind isoprismatisch. Chromophobe, das heißt lichtmikroskopisch leere Räume innerhalb des Zytoplasmas um den Zellkern herum sind charakteristisch für die einzelne Intermediärzelle des Saumsegmentes und der äußeren, unmodifizierten Haut. Durch die unterschiedliche Form der Intermediärzellen im Innenbereich und im Außenbereich der Krallentasche erscheint das Saumepithel innerhalb der Krallentasche flacher als das der äußeren Seite. Die Anzahl der Zelllagen ist innen und außen mit jeweils drei Lagen jedoch gleich. Das Stratum superficiale des Saumepithels besteht aus einer einzelnen, sehr dünnen Schicht stark abgeflachter Zellen. Zellgrenzen sind lichtmikroskopisch nicht mehr sichtbar, vereinzelt sind Kernreste zu sehen. Im Gegensatz zu dem Stratum corneum an der Krallenspitze sind diese Superfizialzellen nur schwach azidophil. Sie haben jedoch eine hohe Affinität zu argyrophilen Farbstoffen. Am freien Rand der Krallentasche legen sich die Zellen des Stratum superficiale des Saumsegmentes als lockere, dünne Schicht proximodistal auf die Epidermis der Krallenplatte. Dabei vereinigt sich die Superfizialzellschicht des Saumsegmentes des Innen- und des Außenbereiches des Krallenwalles zu einer Schicht.

KRONSEGMENT

Dem Saumsegment schließt sich das Kronsegment einschließlich des gesamten Krallenrückenabschnittes an. Das Kronsegment beginnt proximal noch im dorsalen und lateropalmaren Außenbereich der Krallentasche und schlägt sich im Taschengrund auf den Innenteil der Krallentasche um. Mit der weiteren Differenzierung des Krallenbeines und damit auch des Wandsegmentes beschränkt sich der proximale Kronsegmentbereich nur noch auf den Bereich der Kralle, welcher innerhalb der Krallentasche liegt, der distale Teil wiederum zieht dorsal als Krallenrücken in Richtung Krallenspitze und endet in der Kralle eines Foetus von 80 mm SSL an der Krallenspitze.

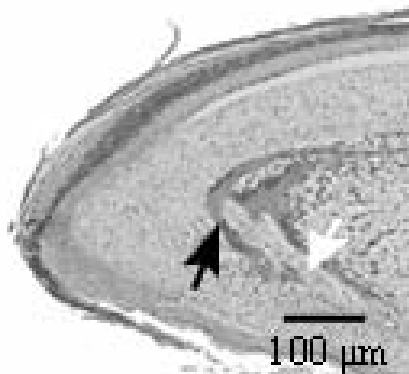
Der PRAESUMPTIVE SUBKUTANE GEFÄßPLEXUS der äußeren, unmodifizierten Haut und des Saumsegmentes, sowie der praesumptive tiefe dermale Gefäßplexus dieser beiden genannten Bereiche lassen sich distal in das Kronsegment verfolgen (Abb. 4 d). Dabei dient die histochemische Reaktion der Gefäße mit dem Lektin BSL I wiederum der Identifikation der einzelnen Plexus. Die subkutane Gefäßschicht liegt sehr dicht dem sich entwickelndem Krallenbein an, während der tiefe dermale Gefäßplexus sich auf halber Höhe zwischen dem dorsolateralen Epithel und dem mittig liegendem Krallenbein im Bindegewebe befindet. Wie bereits schon bei 63 mm SSL sichtbar, stehen beide in proximodistaler Richtung ziehende Gefäßnetze über feine Verbindungsäste miteinander in Kontakt (Abb. 4 b). Im Bereich des Kronsegmentes treten bei 80 mm SSL erstmals weitere Gefäßäste vom tiefen dermalen Gefäßplexus direkt unter die Haut. Sie stellen erste subepitheliale Gefäßäste dar, die sich weiter zum oberflächlichen dermalen Gefäßplexus ausdifferenzieren werden (Abb. 4 d: Linie c). Wie für das Saumsegment beschrieben, lassen sich auch in diesem Krallensegment Unter- und Lederhaut nur aufgrund der Lokalisation der unterschiedlichen Gefäßnetze voneinander abgrenzen. Der tiefe dermale Gefäßplexus stellt die Grenze zur praesumptiven Unterhaut dar. Dieser schmale Bereich, sowie die zwischen praesumptivem tiefen dermalen Gefäßplexus und Epidermis gelegene praesumptive Lederhaut setzen sich aus einer sehr zellreichen Bindegewebsschicht zusammen, welche noch die gleiche Struktur aufweisen, wie sie im allgemeinen Abschnitt über die Entwicklung der foetalen Hundekralle bei 80 mm SSL beschrieben ist. Die Bindegewebsschicht bleibt proximodistal im gesamten Bereich etwa gleich stark. Die dermo-epidermale Grenzfläche ist im gesamten Kronsegmentabschnitt glatt. Das Kronsegmentepithel besteht aus einer mehrschichtig verhornten Epidermis. Sie sitzt einer PAS-positiven Basalmembran auf und gleicht im Aufbau dem bereits beschriebenen Epithel der dritten Epithelgeneration. Das Stratum intermedium besteht aus drei Lagen junger, isoprismatischer und drei Zelllagen älterer oberflächenparallel abgeplatteter, in proximodistaler Richtung ausgerichteter Zellen. Im Bereich des Taschengrundes vereinigen sich die vom Innenbereich und vom Außenbereich der Krallentasche kommenden Intermediärzellen. Die Differenzierungsrichtung der Zellen des Stratum intermedium erfolgt in proximodistaler Richtung. Die Epithelzellen innerhalb der Krallentasche sind in diesem Entwicklungsstadium unverhornt. Erst nach Austritt der Epithelzellen aus der Krallentasche differenziert sich ein aus verhornten Zellen bestehendes Stratum superficiale. Dieses Stratum corneum stellt sich lichtmikroskopisch als dünnes, stark azidophiles Band oberhalb der noch unverhornten Zellen dar. Das Stratum corneum wird dorsal von proximal nach distal kontinuierlich dicker. Es beinhaltet sowohl verhornte Zellen aus den von proximal nach distal schiebenden, im

proximalen Teil des Kronsegmentes differenzierten Zellen, als auch jene aus der Reifung der Epidermiszellen im Krallenrückenabschnitt. Die Hornzellen der dritten Epithelgeneration bilden darüber einen lockeren, faserartigen Verband. Dieser unterscheidet sich damit wesentlich von den Epidermiszellen älterer Hundefoeten im Kronsegmentabschnitt.

WANDSEGMENT

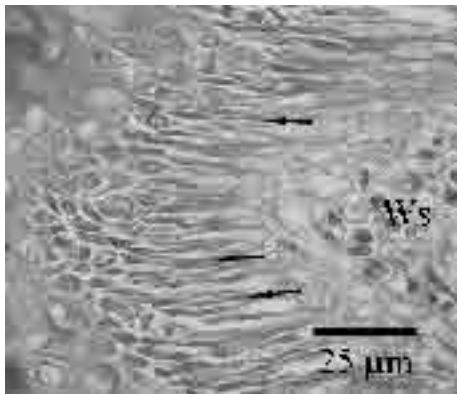
Distal des Kronsegmentes schließt sich das Wandsegment an. Dieses Wandsegment liegt lateral zuerst als schmaler Streifen zwischen dem dorsal gelegenen Krallenrückenbereich des Kronsegmentes und dem palmaren Sohlensegment. Bei 80 mm SSL ist der laterale Teil des Wandsegmentes noch weitgehend undifferenziert und unterscheidet sich kaum vom Kronsegment. Ein deutlicher Unterschied im Vergleich zum Aufbau des Kronsegments besteht im Bereich der Krallenspitze, wo der PRAESUMPTIVE SUBKUTANE GEFÄßPLEXUS vollständig vom knöchernen Krallenbein umschlossen ist (Textabb. 8), während sich der TIEFE DERMAL GEFÄßPLEXUS an der Krallenbeinspitze um diese in einem konvexen Bogen herumzieht und dann in die Sohlenlederhaut der Kralle eintritt. Der bindegewebige Abschnitt zwischen der Spitze des Processus unguicularis des Krallenbeines und der dermo-epidermalen Grenzfläche an der Krallenspitze wird von einem lockeren, zellreichen Bindegewebe ausgefüllt. Mit fortlaufender Krallenentwicklung wird der Bereich zwischen Krallenbein und Epidermis an der Krallenspitze immer kleiner. Durch die Verlagerung des subkutanen Gefäßplexus in das Gewebe des Krallenbeines wird der Bereich zwischen dem praesumptiven tiefen dermalen Gefäßplexus und praesumptiven subkutanen Gefäßplexus, also die spätere SUBKUTIS, auf den äußeren Teil des Krallenbeines reduziert.

TEXTABBILDUNG 8:



Längsschnitt durch die Kralle eines Foetus mit 80 mm SSL. Trichrom-Färbung. Die Abbildung zeigt einen Bereich der Krallenspitze. Der dunkle Pfeil deutet auf die verknöcherten Bereiche an der Krallenspitze. Der helle Pfeil deutet auf Gefäße des subkutanen Gefäßplexus, welche vom knöchernen Krallenbein umschlossen werden und innerhalb des Krallenbeines eine „Gefäßstraße“ bilden.

Der bindegewebige Bereich um die Krallenspitze, zwischen dem späteren tiefen dermalen Gefäßplexus und der dermo-epidermalen Grenze, bildet nun die praesumptive DERMIS des Wandsegmentes. Während in dieser Entwicklungsperiode in allen anderen Bereichen der foetalen Hundekralle die DERMO-EPIDERMALRE GRENZFLÄCHE noch glatt ist, entstehen an der Krallenspitze erste Mikroleisten (Textabb. 9).



TEXTABBILDUNG 9:

Längsschnitt durch die Kralle eines Foetus mit 80 mm SSL. Trichrom-Färbung. Die Abbildung zeigt das Wandsegment (Ws) im Krallenspitzenbereich. Die Pfeilspitzen markieren die Ausbildung von Mikroleisten im Bereich der Krallenspitze. Sie entstehen durch die Ausstülpung der basalen Zellmembran einer Basalzelle.

In der weiteren Krallenentwicklung schreitet der Prozess der Leistenbildung von distal nach proximopalmar auf den Sohlenbereich der Kralle fort. Unter Mikroleisten werden Ausstülpungen der basalen Abschnitte der Zellmembran einer Basalzellen verstanden. Leisten stellen die etwas größere Einheit dar und entstehen durch die Zusammenlagerung mehrerer Basalzellen zu Basalzellsprossen (Textabb. 19 u. 20 [siehe Seite 104]). Die im Bereich der Krallenspitze ausgebildeten Mikroleisten bestehen aus einer PAS-positiven Basalmembran, welche auf der Dermis zugewandten Seite nur etwas ungeformte, schwach basophile Interzellulärsubstanz einschließt. Zwischen dem leistenförmigen Papillarkörper und dem sich darunter anschließendem Bindegewebe liegt eine lockere Schicht ungeformter Interzellulärsubstanz mit einigen kurzen, netzartig angeordneten, basophilen Fasern. Chromophobe Bereiche lockern diesen subepidermalen Abschnitt der Wandlederhaut etwas auf.

Die BASALZELLEN der Wandepidermis ruhen im Krallenspitzenabschnitt auf einer PAS-positiven Basalmembran. Längliche, spindelförmige, in Gruppen angeordnete Basalzellen bilden Basalzellsprosse aus und verformen so die dermo-epidermale Oberfläche zu kleinen Leisten. Über den Basalzellen ordnen sich Parabasalzellen an. Das Stratum intermedium besteht im Krallenspitzenbereich nur aus zwei Zelllagen isoprismatischer Zellen. Diese differenzieren sich zu einem Stratum corneum, ohne vorher ein Stratum granulosum

aufzubauen. Das Stratum corneum der Krallenspitze ist stark azidophil und erscheint lockerer strukturiert als das Stratum corneum im Rückenbereich der Kralle. Distal geht die Epidermis der Krallenspitze in diejenige der Krallensohle über.

SOHLESEGMENT

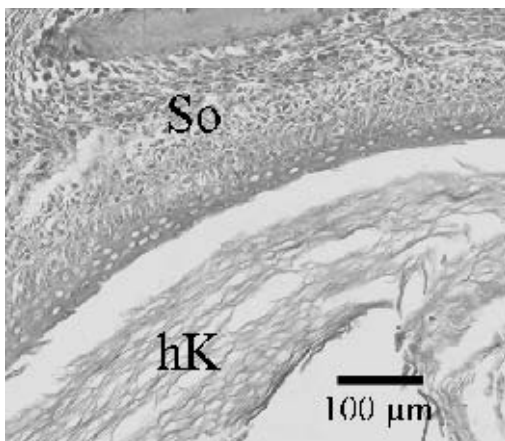
Der palmare Bereich der Kralle eines Hundefoetus von 80 mm SSL ist die Krallensohle oder das Sohlensegment. Die Krallensohle wird proximolateral vom Kronsegment, proximopalmar vom Zehenballen sowie lateral vom Wandsegment begrenzt.

Wie für das Wandsegment beschrieben, so werden auch im Bereich des Sohlensegmentes die krallenbeinnahen, PRAESUMPTIVEN SUBKUTANEN GEFÄßE vom kollagenfaserhaltigen, teils verknöcherten Gewebe eingeschlossen. Noch deutlicher als im Bereich des Wandsegmentes ist dieses Einmauern der späteren Zehenendarterie im proximopalmaren Abschnitt des Krallenbeinfortsatzes zu erkennen (Abb. 4 c). Mit dem Einmauern der subkutanen Gefäße formieren sich diese im Krallenbein zu einer Gefäßstrasse (praesumptive Zehenendarterie), dem Arcus terminalis. Mit der Bildung des Arcus terminalis und zugleich mit dem „Eintritt“ der von proximal nach distal ziehenden subkutanen Gefäße in das Krallenbein lässt sich das Sohlensegment erstmals proximal vom Kron- und Ballensegment abgrenzen. Durch die Verlagerung der subkutanen Gefäße in das Krallenbein setzt sich die praesumptive Unterhaut wiederum aus einem Teil des Krallenbeines sowie aus einem schmalen bindegewebigen Abschnitt zwischen dem Krallenbein und dem späteren tiefen dermalen Gefäßnetz zusammen.

Um den KRALLENBEINFORTSATZ herum bildet sich eine faserreichere, aber zellärmere Schicht. Die überwiegend basophilen kollagenen Fasern ordnen sich parallel zum Krallenbeinfortsatz an. Zwischen Krallenbein und Epidermis der Sohle ist ein lockeres, zellreiches Bindegewebe entstanden, das in seiner Struktur identisch mit dem Bindegewebe der Krallenkrone und -wand ist. Diese Bindegewebsschicht beherbergt das auf halber Strecke zwischen Krallenbein und Epidermis gelegene tiefe dermale Gefäßnetz, welches die praesumptive Lederhaut von der dünnen praesumptiven Unterhaut trennt. Der lockere bindegewebige subkutane Anteil reduziert sich mit fortlaufender Entwicklung der Kralle fast vollständig auf den verknöcherten palmaren Abschnitt des Krallenbeinfortsatzes.

Die DERMO-EPIDERMALRE GRENZFLÄCHE ist proximodistal leicht s-förmig geschwungen. Dabei ist der Teil, der sich der Krallenspitze anschließt, leicht konkav geformt, während der Bereich, der in den Ballen übergeht, konvex ist. Der PAPILLARKÖRPER des Sohlensegmentes ist in diesem Entwicklungsstadium glatt. Mit fortschreitender Entwicklung differenzieren sich

jedoch vom Krallenspitzenabschnitt proximal ausgerichtete, parallel angeordnete Mikroleisten und Leisten aus. Sie sind die Fortsetzung der Leisten des Wandsegmentes im Krallenspitzenabschnitt. Die Basalzellen der EPIDERMIS im Sohlensegment sitzen einer PAS-positiven Basalmembran auf. Stratum basale und Stratum intermedium zeigen die Struktur der Epithelzellen der dritten Generation. Im Gegensatz zum Stratum intermedium im Kronsegment ist das Stratum intermedium im Sohlensegment nur aus zwei bis drei Zelllagen zusammengesetzt. Diese flachen in Längsrichtung, parallel zur dermo-epidermalen Grenzfläche ab. Eine Besonderheit stellen in der Sohlenepidermis die Zellen des Stratum superficiale dar. Sie liegen als lockere, aus vier bis fünf Zelllagen bestehende Schicht über dem Stratum intermedium. In ihrer Gesamtheit weisen sie eine wabenartige Struktur auf. Die Zellgrenzen sind größtenteils als basophile Grenzlinien zwischen den einzelnen Zellen noch sichtbar. Die Superfizialzellen des Sohlensegmentes bei 80 mm SSL sind rhomboid bis polymorph und erscheinen etwas aufgequollen. Das in den jüngeren Superfizialzellen blass basophile Zytoplasma entwickelt mit zunehmender Reifung eine Affinität zu azidophilen Farbstoffen. Diese ist im Bereich der Zytoplasmamembran am stärksten. Die oberste Schicht des Stratum superficiale bildet ein dünner Saum homogen azidophil angefärbten Materials, welches sich teilweise vollständig von seiner Auflagefläche ablöst (Textabb. 10). Innerhalb der lockeren Zellmassen des Stratum superficiale lassen sich vereinzelt noch Zellkernreste erkennen.



TEXTABBILDUNG 10:

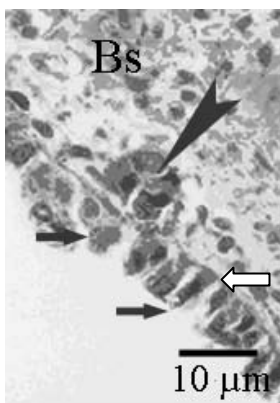
Längsschnitt durch die Kralle eines Hundes mit 80 mm SSL. Trichrom-Färbung. Die Abbildung gibt einen Ausschnitt des Sohlensegmentes (So) wieder. Die hinfallige Krallenkapsel (hK) stellt sich als aufgelockerte Struktur im unteren Bildabschnitt dar.

BALLENSEGMENT

Bei einer SSL von 80 mm hat sich der bereits bei 63 mm SSL durch eine konkave Furche abgegrenzte Hautwall palmar weiter zum Zehenballen differenziert. Dieser ragt nun, ähnlich wie der dorsolaterale KRALLENWALL, mit seinem freien Rand nach distal, bedeckt mit jener

der Kralle zugewandten Seite etwa ein Drittel bis die Hälfte der Kralle und schlägt sich, einen konvexen Bogen beschreibend, proximal um. Lateral geht der Zehenballen in den Krallenwall über. Der Zehenballen wird in dieser Entwicklungsphase von zwei Gefäßplexus, dem späteren SUBKUTANEN sowie dem praesumptiven TIEFEN DERMALEN GEFÄßPLEXUS vaskularisiert. Das subkutane Gefäßnetz liegt zentral. Es zieht, von proximal kommend, parallel zur tiefen Beugesehne unterhalb des Tuberculum flexorium weiter Richtung Sohlensegment, um dann als Arcus terminalis in den Canalis solearis des Krallenbeines einzutreten (Abb. 4 d). Der tiefe Lederhautplexus liegt zwischen dem Unterhautgefäßnetz und dem Epithel. Zahlreiche kleinere Gefäßäste verbinden strickleiterartig Unterhautgefäßnetz mit dem tiefen Lederhautgefäßplexus (Abb. 4 d). Das Bindegewebe des Zehenballens ist noch weitgehend undifferenziert. Es handelt sich hierbei um ein lockeres, sehr zellreiches Bindegewebe. Der Bereich zwischen den beiden oben genannten Gefäßplexus erscheint durch die verbindenden Gefäßäste dabei noch lockerer, wohingegen der Abschnitt zwischen Epithel und tiefem dermalen Gefäßplexus durch eine höhere Zelldichte und weniger ungeformte Interzellulärsubstanz kompakter wirkt. Durch die beiden bis dato ausgebildeten Gefäßplexus lassen sich hier eine zukünftige SUBKUTIS (zwischen tiefem dermalen und subkutanen Gefäßnetz) von einer praesumptiven DERMIS (zwischen Epithel und tiefem dermalen Gefäßnetz) differenzieren. Die Differenzierung in die einzelnen bindegewebigen Abschnitte erfolgt allein durch die Gefäßausbildung resp. den Gefäßverlauf.

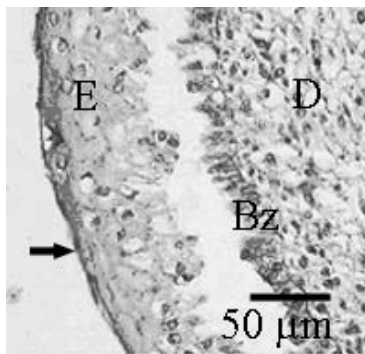
Die DERMO-EPITHELIALE Grenzfläche ist in diesem Entwicklungsstadium noch glatt. Stellenweise bilden einzelne Basalzellen an der dermo-epithelialen Oberfläche des Ballens halbmondförmige Einbuchtungen. Diese sind die ersten Anlagen der späteren subkutanen Schweißdrüsen (Textabb. 11).



TEXTABBILDUNG 11:

Längsschnitt durch den Zehenballen eines Foetus mit 80 mm SSL. Trichrom-Färbung. Die kleinen schwarzen Pfeile sind auf die Basalzellen des Ballensegmentes (Bs) gerichtet, die große Pfeilspitze markiert die halbmondförmige Ausbuchtung der Basalzellen, welche praesumptive Zehenballendrüsen darstellen. Das Stratum intermedium sowie das Stratum superficiale des Epithels fehlen. Die dermo-epitheliale Grenzfläche wird wiederum durch eine PAS-positive Basalmembran (weißer Pfeil) gebildet.

Das EPITHEL gleicht in seinem Aufbau dem Epithel der dritten Generation. Dabei ähnelt das Epithel des Zehenballens noch sehr dem Epithel der äußeren, unmodifizierten Haut. Das Stratum intermedium auf der der palmaren Fläche der Kralle zugewandten Seite wächst teilweise auf vier bis fünf Zellschichten an, wohingegen dieses an seiner palmaren, freien Seite nur aus zwei Intermediärzellschichten besteht. Die Intermediärzellen sind in allen Bereichen isoprismatisch und enthalten einen zentral liegenden Zellkern. Das Stratum superficiale ist größtenteils noch unverhornt. Im Bereich der Umschlagstelle von der der Kralle zugewandten Seite auf die palmare Zehenballenseite ist eine erste dünne Schicht toter Zellen zu erkennen. Diese gleicht sehr den Zellen des Stratum superficiale des Sohlensegmentes und verbindet sich auch mit dieser. Die lockeren toten Zellmassen des Sohlensegmentes bilden mit den toten Zellmassen des Ballensegmentes die hinfallige Krallenkapsel. Zellgrenzen sowie Zellkernreste sind in den einzelnen Superfizialzellen des Ballensegmentes noch zu erkennen. Diese schollenartige Zellschicht ist jedoch nur im Bereich des distalen freien Randes des Zehenballens anzutreffen, proximopalmar ist das Epithel noch unverhornt. Reste des Periderm bilden die oberste Schicht des Epithels des Zehenballens bei 80 mm SSL. Diese stellen sich als stark azidophiles, dünnes Band auf dem unverhornten mehrschichtigen Plattenepithel dar (Textabb. 12).



TEXTABBILDUNG 12:

Längsschnitt durch den Zehenballen eines Foetus mit 80 mm SSL. Trichrom-Färbung. Die Abbildung zeigt das Epithel (E) des Zehenballens im Bereich der apikalen Umschlagstelle nach proximal. Das Epithel ist an der Grenzfläche zwischen Stratum basale und Stratum intermedium auseinandergerissen, die Basalzellen (Bz) sind noch durch eine Basalmembran mit der Dermis (D) des Zehenballens verbunden. Der Pfeil ist auf die noch vorhandenen Reste des Periderm gerichtet.

4.3 RASTERELEKTRONEN- UND LICHTMIKROSKOPISCHE BEFUNDE ZUR ENTWICKLUNG DER HUNDEKRALLE WÄHREND DER ZWEITEN PHASE DER KRALLONENTWICKLUNG

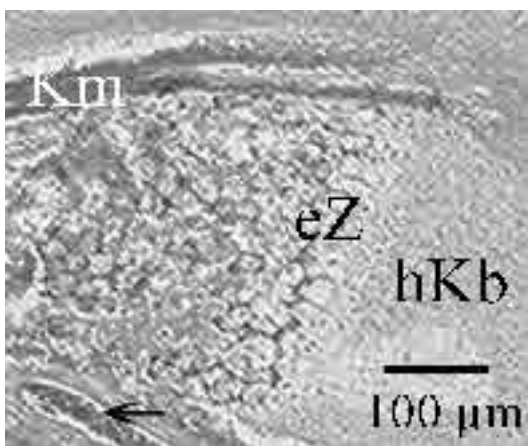
Diese Phase der Entwicklung der Hundekralle im Foetal- sowie Perinatalstadium umfasst die weitere Ausdifferenzierung subkutaner sowie tiefer dermaler Gefäßstrukturen, die einhergehen mit der Ausformung des segmentspezifischen oberflächlichen dermalen Gefäßplexus. Sie beginnt bei Foeten ab 80 mm SSL und endet in dieser Untersuchung mit Welpen eine Woche post natum (44. Trächtigkeitstag bis eine Woche nach der Geburt).

In Anlehnung an eine Einteilung in Segmente entsprechend der Gliederung homologer Zehenendorgane kann mit fortschreitender Differenzierung spezifischer Abschnitte der prae- und perinatalen Hundekralle diese auch in ein Saum-, Kron-, Wand-, Sohlen- und Ballensegment eingeteilt werden (Abb. 5 u. 6).

4.3.1 DIE ENTWICKLUNG DES KRALLENBEINES, DER LEDER- UND DER UNTERHAUT SOWIE DER EPIDERMIS WÄHREND DER ZWEITEN PHASE DER KRALLONENTWICKLUNG

4.3.1.1 ENTWICKLUNG DES KRALLENBEINES

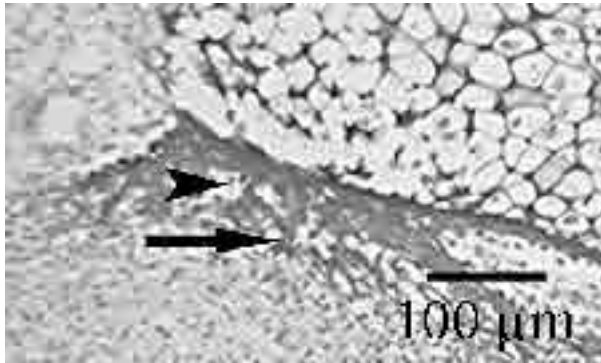
Am Ende der ersten praenatalen Entwicklungsphase der Hundekralle, das heißt mit einer SSL von 80 mm, hat das KRALLENBEIN schon weitgehend die speziespezifische Form einer juvenilen Hundekralle angenommen. Dabei kommt es im distalen Krallenbeinabschnitt zur weiteren Verknöcherung des Krallenbeinfortsatzes. Dieser Prozess schreitet von distal nach proximal fort (Textabb. 6). Das Krallenbein verknöchert durch die von der Krallenbeinspitze zur Krallenbeinbasis gerichteten chondralen Ossifikation (Textabb. 13).



TEXTABBILDUNG 13:

Längsschnitt durch das Krallenbein eines Foetus mit 130 mm SSL. HE-Färbung. Die Verknöcherungsrichtung des hyalinknorpeligen Krallenbeines (hKb) erfolgt von distal nach proximal. Die erste Verknöcherung erfolgt im Bereich der perichondralen Knochenmanschette (Km). Die Eröffnungszone (eZ) bildet den Abschnitt zwischen dem ersten Knochengewebe und dem noch vorhandenen Knorpelgewebe.

Ab 63 mm SSL werden um den Krallenbeinfortsatz herum zahlreiche, stark basophile Kollagenfasern produziert und es sind innerhalb der Kollagenfasern Knochenbälkchen zu erkennen (Textabb. 14).



TEXTABBILDUNG 14:

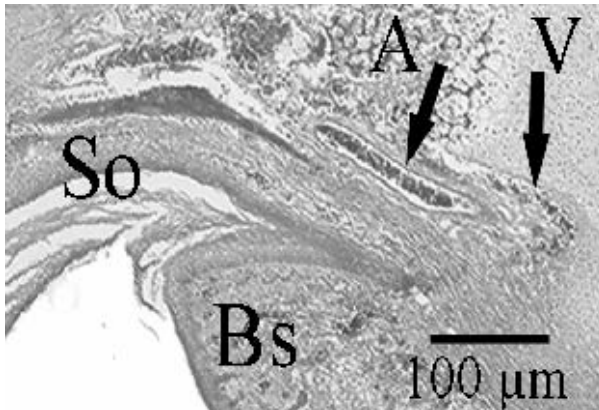
Längsschnitt durch die Kralle eines Foetus mit 80 mm SSL. Trichrom-Färbung. Die subkutanen Gefäße (Pfeilkopf) im Sohlen- und Wandabschnitt werden in ein Netz aus Kollagenfasern und Knochengewebe (Pfeil) eingebunden.

Diese strahlen mehr oder weniger ungerichtet in das umliegende lockere Bindegewebe ein und umhüllen im Sohlen- und Wandsegment die krallenbeinnahen Gefäße des praesumptiven SUBKUTANEN GEFÄßNETZES. Durch diese Einbindung und Integration des subkutanen Gefäßnetzes in den Bereich des Krallenbeinfortsatzes besteht die praesumptive Subkutis in diesen Krallensegmenten aus dem äußeren Teil des Krallenbeinfortsatzes.

Der proximale Bereich des Krallenbeines besteht noch vollständig aus hyalinem Knorpelgewebe und endet mit einer konkaven Vertiefung, welche die Facies articularis des distalen Zehengelenkes darstellt (Abb. 2 d). Palmar an der Krallenbeinbasis kommt es zur Entwicklung des noch knorpeligen Bandhöckers für den Ansatz der tiefen Beugesehne. Mit 130 mm SSL fehlt die für den muren Zustand typische, den Krallenbeinkörper dorsal und lateral flankierende Crista unguicularis noch.

Das Krallenbein ist bis zum Zeitpunkt der Geburt distal zu etwa zwei Dritteln verknöchert. Durch die perichondrale Verknöcherung im Bereich des Krallenbeinfortsatzes hat sich um diesen ein Knochenmantel gebildet. Deutliche Gefäßspalten innerhalb dieser Knochenmanschette dienen dem Austritt von Gefäßen. Auffallend große Gefäßlöcher im Bereich des Processus unguicularis sind dorsal im letzten Drittel der Krallenbein Spitze und direkt apikal für die Vaskularisation der Krallenspitze sowie palmar in der Mitte der palmaren Fläche des Krallenbeinfortsatzes zu erkennen (Abb. 2 e). Innerhalb des Krallenbeines liegt der Canalis solearis, welcher den Knochenkanal für den Arcus terminalis bildet. Der im Canalis solearis liegende Arcus terminalis entsteht im Zuge der Verknöcherung der Phalanx distalis

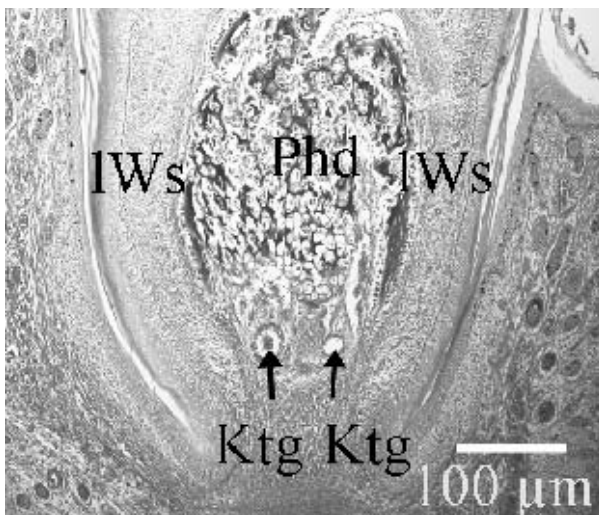
durch den Einmuerung der jeweiligen subkutanen Gefäße (Zehenendarterie) (Textabb. 15 u. 16).



TEXTABBILDUNG 15:

Längsschnitt durch die Kralle eines Foetus mit 130 mm SSL. HE-Färbung. Die Abbildung zeigt die Gefäßanordnung im proximalen Teil des Sohlensegmentes (So) am Übergang in das Ballensegment (Bs). Die von proximal kommende Arterie (A) zieht nach distal Richtung Krallenspitze und bildet dort als praesumptives subkutanes Gefäß eine Gefäßstraße, den praesumptiven Arcus terminalis. Eine entsprechende Vene verlässt das Krallenbein nach proximal.

Auf diese Weise entsteht ein mit dem Foramen soleare mediale sive axiale bzw. laterale sive abaxiale (Textabb. 16) beginnender Knochenkanal, der Canalis solearis. Im Bereich der Krallenbeinspitze kommt es zu einer bogenförmigen Vereinigung der lateralen mit der medialen Zehenendarterie. Von diesem Gefäßbogen ziehen radiäre Gefäße durch die Spalten der perichondralen Knochenmanschette und vaskularisieren die entsprechenden Krallensegmente.



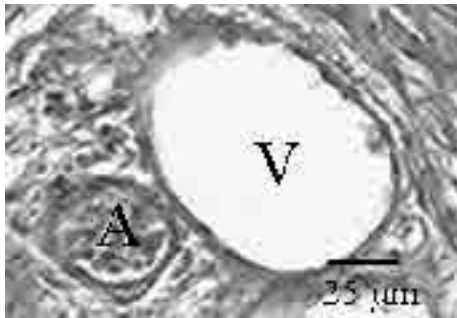
TEXTABBILDUNG 16:

Querschnitt durch die Kralle eines Foetus mit 150 mm SSL. HE-Färbung. Die Schnittachse liegt im proximalen Teil der Kralle. Die Pfeilspitzen markieren die axiale und abaxiale Zehenendarterie (= subkutaner Gefäßplexus) bevor sie weiter distal vollständig von Knochengewebe eingeschlossen werden. Phalanx distalis (Phd); lateraler Teil des Wandsegmentes (IW); Krallentaschengrund (Ktg).

4.3.1.2 SEGMENTÜBERGREIFENDE ENTWICKLUNG VON UNTER- UND LEDERHAUT

Auch in der zweiten Phase der prae- und perinatalen Entwicklung der Hundekrallen lassen sich UNTER- und LEDERHAUT vorwiegend nur durch die Ausbildung und Anordnung der Gefäßnetze, aber noch nicht durch ihre unterschiedliche Struktur (Zell- und Fasergehalt) voneinander abgrenzen. Gleiches gilt auch für die Abgrenzung des STRATUM SUPERFICIALE

und PROFUNDUM innerhalb der Lederhaut. Deshalb definiert das tiefe dermale Gefäßnetz²⁵ die Grenze zur sich ausdifferenzierenden Unterhaut. Die SUBKUTIS umfasst dementsprechend den Bereich des Bindegewebes zwischen dem Unterhautgefäßnetz und dem tiefen Lederhautgefäßnetz. Unter dem Begriff der LEDERHAUT wird entsprechend der bindegewebige Abschnitt zwischen der Epidermis und dem tiefen Lederhautgefäßnetz verstanden. Ab 80 mm SSL bilden sich ausgehend vom tiefen dermalen Gefäßplexus weitere Gefäße aus. Diese entwickeln sich segmentspezifisch zum oberflächlichen dermalen Gefäßplexus und von dort ausgehend, je nach Segment, weiter zum subepithelialen Gefäßplexus. Bei den Gefäßen handelt es sich in dieser Entwicklungsphase der Kralle überwiegend um Gefäße der Endstrombahn, welche zwar unterschiedliche Gefäßlumina aufweisen, jedoch vorwiegend aus einem einschichtigen Endothelzellrohr bestehen (Textabb. 17).

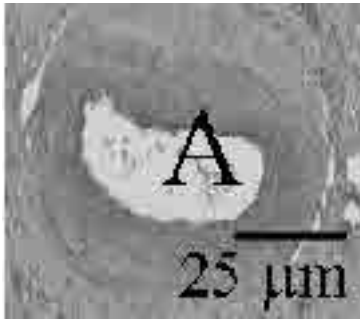


TEXTABBILDUNG 17:

Querschnitt durch die Kralle eines einwöchigen Welpen im Bereich des Zehenrückenteiles der Kralle. Die schon recht weitlumigen Gefäße bestehen aus einem einschichtigen Endothelzellrohr. Die Arteriole (A) hat ein kleineren Durchmesser, als die Venule (V).

Im Verlaufe der weiteren Entwicklung des Hundefoetus und post natum mit der weiteren Entwicklung des Welpen zum juvenilen Hund passt sich auch das Gefäßsystem innerhalb der Kralle den wachsenden Ansprüchen des Zehenendorgans an. Dabei bestehen die Gefäße der Hundekralle während dieser zweiten Entwicklungsphase überwiegend aus Kapillaren sowie Arteriolen und Venulen. Größere Gefäße sind an der foetalen sowie an der perinatalen Hundekralle nur im proximalen Abschnitt am Übergang von der Phalanx media in die Phalanx distalis in Form der Zehenarterien zu erkennen. Dabei ist die Tunica media der Arterien in den proximalen Krallenabschnitten zum Zeitpunkt der Geburt mit den hier verwendeten histologischen Methoden nur als eine sehr dünne Schicht zu erkennen. Arterien vom muskulösen Typ sind erst an der Kralle eines juvenilen sowie adulten Hundes nachzuweisen (Textabb. 18).

²⁵ Mit der Ausbildung einer vollständigen Epidermis sind auch die vorerst nur als „praesumptiv“ bezeichneten Gefäßnetze als subkutanes, tiefes dermales sowie oberflächliches dermales Gefäßnetz anzusprechen.



TEXTABBILDUNG 18:

Querschnitt durch die Kralle eines adulten Hundes im Bereich des Kronsegmentes. Trichrom-Färbung. Die Arterienwand hat sich durch eine deutliche Tunica media im Vergleich zum Gefäß eines einwöchigen Welpen (Textabb. 17) stark verdickt. Arterie (A).

Bis zu einer SSL von 130 mm differenziert sich das noch undifferenzierte mesenchymale Bindegewebe innerhalb aller Segmente zu einem lockeren, mehr oder weniger faserarmen Bindegewebe aus. Die zelluläre Grundlage bilden Fibroblasten und Fibrozyten. Eingebettet werden diese Bindegewebszellen in ein feines Netzwerk aus PAS-positiven, schwach basophilen, kollagenen Fasern. Die Ausprägung kollagener Fasern ist mit 80 mm SSL noch recht spärlich, nimmt jedoch mit zunehmender Entwicklung des Foetus kontinuierlich zu. Das Fasergeflecht setzt sich bis zur Geburtsreife des Foetus überwiegend aus kurzen, bichromatisch anfärbbaren, also in der HE-Färbung blass azidophilen, in der Trichromfärbung blass basophilen Fasern zusammen. Mit zunehmender Differenzierung der Hundekralle lockert der Zellverband auf und es kommt zu einer weiteren Zunahme an geformten Interzellulärsubstanzen. Die Kollagenfasern ordnen sich dabei immer mehr zu Kollagenfaserbündeln an. Bis eine Woche post natum hat sich aus den teilweise noch sehr ungerichteten, kurzen kollagenen Fasern ein Netzwerk aus längeren, scherengitterartig angeordneten, in der Trichromfärbung kräftig basophilen, in der HE-Färbung eosinophilen, deutlich PAS-positiven, stark argyrophilen Kollagenfaserbündeln ausdifferenziert.

Neben der geformten Interzellulärsubstanz nimmt auch der Gehalt an ungeformter Interzellulärsubstanz zu. Diese liegt als schwach PAS-positive, schwach basophile unstrukturierte, aufgelockerte Substanz zwischen den kollagenen Fasern und den Bindegewebszellen. Chromophobe, das heißt lichtmikroskopisch leere interzelluläre Bereiche geben der foetalen Lederhaut einen sehr lockeren Charakter.

Die Anordnung der Bindegewebsfasern und der Gefäße weisen in Abhängigkeit der PAPILLARKÖRPERKONFIGURATION lokale, segmentspezifische Unterschiede auf.

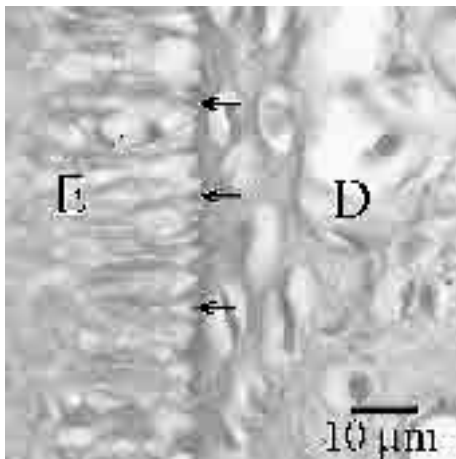
Die lokale Proliferation des Stratum basale des sich entwickelnden Krallenepithels in Verbindung mit einer veränderten Anordnung der Bindegewebszellen und einer Auflockerung

der epithelnahen Schicht der Dermis führt zur Verformung der DERMO-EPIDERMALEN GRENZFLÄCHE der Kralle zu einem dreidimensionalen Papillarkörper.

Dieser Papillarkörper setzt sich aus Grundformen zusammen, die lokal variiert werden.

MIKROLEISTEN

Mikroleisten stellen die kleinste Einheit eines Papillarkörpers dar. Sie entstehen durch Ausstülpungen der basalen Membran einer Basalzelle meist in Verbindung mit der Ausbildung langer Wurzelfüßchen, durch die dann die Basalmembran der dermo-epidermalen Oberfläche leistenförmig gestaltet wird. Lichtmikroskopisch lassen sich Mikroleisten und kleine Leisten kaum voneinander differenzieren (Textabb. 19 u. 20).

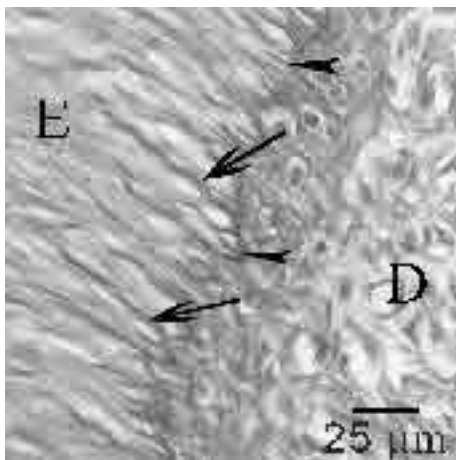


TEXTABBILDUNG 19:

Querschnitt durch die Kralle eines Foetus mit 150 mm SSL. PAS-Färbung.

Die Abbildung gibt einen Ausschnitt aus dem proximalen Bereich des lateralen Teiles des Wandsegmentes wieder. Die Pfeile deuten auf die girlandenartige Basalmembran. Die Spitzen bilden dabei die ersten sich ausbildenden Mikroleisten.

Dermis (D); Epidermis (E).



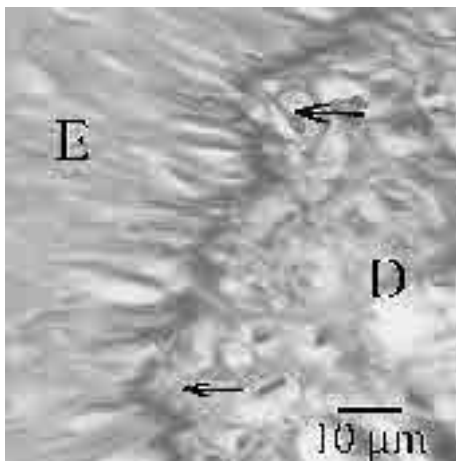
TEXTABBILDUNG 20:

Querschnitt durch die Kralle eines geburtsreifen Foetus. PAS-Färbung.

Die Abbildung gibt einen Ausschnitt aus dem proximalen Bereich des lateralen Teiles des Wandsegmentes wieder. Die Pfeile deuten auf lange Wurzelfüßchen, welche mit der basalen Membran einer Basalzelle die dermo-epidermale Oberfläche leistenförmig gestalten. Die Pfeilköpfe sind auf niedrigere Ausstülpungen der Basalmembran gerichtet. Die Mikroleisten sind hier schon zu niedrigen Leisten weiterentwickelt. Dermis (D); Epidermis (E).

LEISTEN

Als nächst größere Form eines Papillarkörpers entwickeln sich aus den Mikroleisten Lederhautleisten. Solche Lederhautleisten entstehen in Folge der weitergehenden dermo-epidermalen Interaktion im Bereich der Grenzfläche zwischen Epidermis und Dermis. Im Bereich der Hundekralle sind sie überwiegend parallel zur Längsachse der Kralle ausgerichtet und zeigen damit eine vorwiegend proximodistale Ausrichtung. Schwach PAS-positive, schwach basophile Zellausläufer von Fibroblasten, umgeben von ungeformter Interzellulärsubstanz bilden die Grundlage der dermalen Leisten. Die überwiegend runden bis ovalen euchromatischen Zellkerne der Bindegewebszellen ordnen sich an der Lamellenbasis an. Die dermo-epidermale Grenze wird durch eine deutlich PAS-positive Basalmembran dargestellt. Die Anordnung ebenfalls proximodistal orientierter Kapillaren an der Basis der Lederhautleiste ist kennzeichnend für das histologische Bild der Lederhautleisten (Textabb. 21).

**TEXTABBILDUNG 21:**

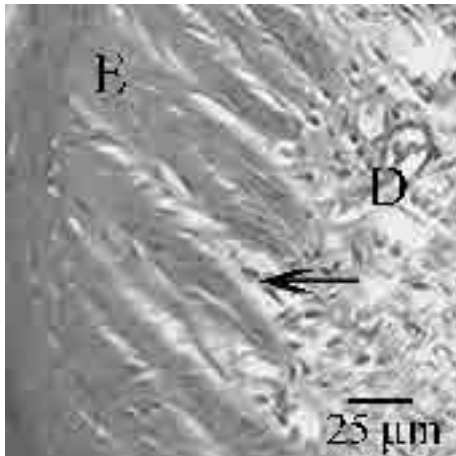
Querschnitt durch die Kralle eines geburtsreifen Foetus, PAS-Färbung. Die Abbildung gibt einen Ausschnitt aus dem distalen Bereich des lateralen Teiles des Wandsegmentes wieder. Die Pfeile deuten auf die dermalen Leisten.

BLÄTTCHEN

Mit der fortschreitenden Krallenentwicklung werden die Lederhautleisten zu Blättchen umgeformt (Textabb. 22). Diese sind in der Hundekralle geburtsreifer Foeten besonders im Zehenrückenteil sowie in den distolateralen Bereichen des Wandsegmentes zu finden. Die Blättchen enthalten im Gegensatz zu den Leisten zahlreiche Bindegewebszellen sowie geformte und ungeformte Interzellulärsubstanz. Die Fibrozyten innerhalb eines Blättchens sind meist von länglicher, zum Teil spindelförmiger Gestalt. Ihre Zellkerne sind klein, polymorph, überwiegend heterochromatisch. Ungeformte Interzellulärsubstanz umhüllt in Verbindung mit fein geschlängelten, basophilen kollagenen Fasern die Bindegewebszellen. Während die Kapillaren in den Lederhautleisten nur an der Basis liegen, befinden sich

innerhalb der Lederhautblättchen ganze Kapillarschlingen. Von diesen (primären) dermalen Blättchen²⁶ ausgehend bilden sich weitere Papillarkörperformen aus. Entwickeln sich aus den Seitenflächen oder Firsten der Blättchen weitere Leisten, so werden diese als sekundäre Leisten bezeichnet.

Bindegewebige Leisten und Blättchen unterscheiden sich überwiegend aufgrund ihrer Größe, also eher quantitativ als qualitativ. Dementsprechend ist der Übergang zwischen Leisten und Blättchen fließend. Während man lichtmikroskopisch bestimmte Kriterien, wie die Angioarchitektur, die Anzahl und die Anordnung von Bindegewebszellen sowie die Quantität an ungeformter und geformter Interzellulärsubstanz als Unterscheidungsmerkmal hinzuziehen kann, basiert die rasterelektronenmikroskopische Beurteilung auf der Dimension der Papillarkörperform (Abb. 14 h).



TEXTABBILDUNG 22:

Querschnitt durch die Kralle eines einwöchigen Welpen. HE-Färbung.

Die Abbildung gibt einen Ausschnitt aus dem distalen Bereich des lateralen Teiles des Wandsegmentes wieder. Der Pfeil markiert eine Kapillare innerhalb eines Lederhautblättchens. Die aufgefaserte Struktur der Lederhautblättchen deutet auf die Ausbildung von sekundären Leisten hin. Dermis (D); Epidermis (E).

LEDERHAUTPAPILLEN

Lederhautpapillen treten an der foetalen Hundekralle immer in Verbindung mit Lederhautleisten auf. Dabei sieht es so aus, als ob die Lederhautpapille aus der Zergliederung der Lederhautleiste entsteht (Abb. 11 c).

Primäre Lederhautpapillen, das heißt Papillen, die sich aufgrund von Aufspaltungen einer Leiste differenziert haben und nun als alleinige Grundstruktur den Papillarkörper bilden, sind an der geburtsreifen Hundekralle im proximalen sowie distalen Teil des Kronsegmentes, an der Krallensohle und im Bereich des Zehenballens anzutreffen. Auf den Firsten der Lederhautblättchen des Wandsegmentes entstehen erst im juvenilen sowie adulten Stadium

²⁶ Als primäre Blättchen bezeichnet man die Blättchen, die sich zuerst innerhalb des Papillarkörpers differenzieren und von der Basis der dermo-epidermalen Grenzfläche ausgehen. Primäre Blättchen sind meist größer, als die sich zeitlich erst etwas später entwickelnden sekundären Lederhautstrukturen. Wird im folgenden Text kein weiterer Zusatz zu dem Begriff des Blättchens gegeben, so handelt es sich immer um primäre Blättchen.

sogenannte Kappenpapillen. Sie entstehen im distalen Drittel eines Blättchenfirsten (Textabb. 23). Terminalpapillen kommen sowohl als terminale Wandsegmentpapillen, als auch als terminale Kronsegmentpapillen (Abb. 12 e) vor.



TEXTABBILDUNG 23:

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme nach der Exunguikulation mittels Essigsäuremazeration. Dorsalaufsicht auf den Papillarkörper des distalen Bereiches des lateralen Teiles des Wandsegmentes. Der lange Pfeil deutet auf ein dermales Wandblättchen, der Pfeilkopf ist auf eine Kappenpapille des Wandsegmentes gerichtet, der weiße Pfeil deutet auf eine Terminalpapille, welche vom distalen Rand eines Blättchens entspringt und distal gerichtet ist.

Die dermalen Papillen haben in den verschiedenen Bereichen der Kralle eine unterschiedliche Gestalt. Genauso wie bindegewebige Leisten und Blättchen bestehen sie jedoch alle aus einem lockeren, zellarmen bindegewebigen Grundgerüst. Je nach Durchmesser und Länge der einzelnen Papille wird diese durch eine eigene Kapillarschleife (Abb. 10 d) oder durch an der Papillenbasis liegende subepidermale Kapillaren vaskularisiert.

Die mit der Umgestaltung des Papillarkörpers einhergehenden Veränderungen im Bereich des Epithels werden im Kapitel „Allgemeine, segmentübergreifende Entwicklung der Epidermis während der zweiten Phase der Krallenentwicklung“ dargestellt.

4.3.1.3 SEGMENTÜBERGREIFENDER AUFBAU DER GEFÄßE DER UNTER- UND LEDERHAUT

Größere GEFÄßE kommen in der foetalen sowie in der perinatalen Hundekralle nur im proximalen Abschnitt, am Übergang von der Phalanx media in die Phalanx distalis in Form der Zehenendarterien vor. Diese differenzieren sich ab 150 mm SSL zu Arteriolen und Venulen sowie später weiter zu Arterien und Venen aus. Die übrigen Gefäße im Bereich der Dermis und der Subkutis der Hundekralle bestehen im Perinatalstadium nur aus Gefäßen der Endstrombahn (Arteriolen, Kapillaren, Venulen).

Die sich im proximalen Krallenabschnitt differenzierten Blutgefäße weisen mit zunehmender Entwicklung eine immer dickere Gefäßwand auf. Um die einfachen Endothelzellrohre ordnen sich ab 150 mm SSL periendotheliale Zellen an.

4.3.1.4 SEGMENTÜBERGREIFENDE ENTWICKLUNG DER EPIDERMIS

Mit der Ausbildung des segmentspezifischen Papillarkörpers kommt es zu einer weitergehenden Differenzierung der Epithelzellen in der Epidermis. Dabei durchlaufen die neuen Zellgenerationen der Krallenepidermis einen segmentspezifischen Differenzierungsprozess. Allen Bereichen liegt ein mehrschichtig verhorntes Plattenepithel zugrunde. Die Basalzellen haben einen entscheidenden Anteil bei der Ausformung des segmentspezifischen Papillarkörpers. Das Stratum intermedium hat sich weiter zu einem Stratum spinosum ausdifferenziert. Das Vorkommen eines Stratum granulosum sowie eines Stratum lucidum ist segmentspezifisch und wird an entsprechender Stelle besonders hervorgehoben. Bei dem nun ausdifferenzierten Stratum superficiale handelt es sich immer um ein Stratum corneum.

Zusammen mit den während der ersten Phase der Krallenentwicklung entstandenen Epithelzellgenerationen entsteht die vierte Epithelzell- bzw. zweite Epidermisgeneration.

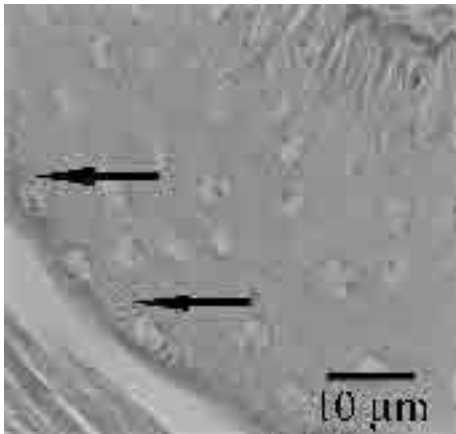
STRATUM BASALE

Die BASALZELLEN sind iso- bis hochprismatisch und sitzen einer deutlich PAS-positiven Basalmembran auf. Jede Basalzelle enthält einen Zellkern, der entweder in der Zellmitte (isoprismatische Basalzellen) oder im apikalen Bereich der Zelle (hochprismatische Basalzelle) liegt. Die euchromatischen, teilweise argyrophilen Zellkerne erscheinen schwach basophil, groß und meist längsoval. Ein schwach eosinophiler Zytoplasmasaum umgibt den basophilen Zellkern. Vereinzelt treten Basalzellen auf, die als Parabasalzellen etwas oberhalb der Basalzellen liegen, diesen in ihrer Struktur gleichen, aber keinen Kontakt zur Basalmembran haben.

STRATUM SPINOSUM

Das STRATUM SPINOSUM differenziert sich aus den Basal- und Parabasalzellen. Es setzt sich aus einer unterschiedlichen Anzahl von Zelllagen zusammen. Im Allgemeinen sind die Zellen des Stratum spinosum isoprismatisch oder polygonal und meist größer als die Zellen des Stratum basale. Mit zunehmender Differenzierung flachen die Spinosazellen ab und ordnen sich parallel zur dermo-epidermalen Grenzebene an. Die einzelnen Zellgrenzen sind mit den hier angewandten Färbemethoden häufig schwer zu erkennen. Der blass basophile, heterochromatische, runde bis längsovale Zellkern einer Spinosazelle liegt in der Zellmitte. In der Kernmitte befindet sich häufig ein stärker basophil angefärbtes Kernkörperchen. Der Zellkern wird vom anfänglich eher blass basophilen, mit zunehmender Zellreife jedoch

immer stärker werdenden azidophilem Zytoplasma umgeben. Innerhalb des Zytoplasmas lässt sich ein feinfibrilläres Fasernetzwerk erkennen. Die Fasern weisen eine hohe Affinität zu azidophilen Farbstoffen auf. Von der jungen zur älteren Spinosazelle verdichtet sich das Fasernetzwerk und damit die Azidophilie der reifenden Spinosazelle. Einhergehend mit der Zellreifung werden auch die Zellgrenzen zwischen den einzelnen Spinosazellen deutlicher. Dies ergibt sich aus der höheren Affinität zu azidophilen Farbstoffen besonders im Zellmembranbereich. Die stärker azidophilen Zellschichten des Stratum spinosum sind die Übergangszellen zur Verhornung (Abb. 10 e). Ähnlich der kontinuierlich zunehmenden Affinität zu sauren Farbstoffen während der Differenzierung der Spinosazelle ist auch eine stärkere Anfärbbarkeit des Zytoplasmas mittels einer Versilberung von der jungen bis zur reiferen Spinosazelle zu verzeichnen.



TEXTABBILDUNG 24:

Querschnitt durch die Krallen eines Foetus mit 150 mm SSL. PAS-Färbung.

Die Abbildung zeigt die Epidermis des Sohlensegmentes mit einem deutlichen Stratum granulosum (Pfeile).

STRATUM GRANULOSUM

Abhängig vom jeweiligen Verhornungsmodus tritt entweder ein STRATUM GRANULOSUM auf oder es fehlt dieses. Das Stratum corneum differenziert sich aus den reifen Zellen des Stratum spinosum. Die granulierten Zellen sind dorsoventral abgeflacht und liegen parallel zur Verhornungsgrenze (Textabb. 24).

Die Zellen des Stratum granulosum besitzen noch einen intakten Zellkern, der jedoch mit zunehmender Differenzierung der Zelle anfängt zu degenerieren. Dieser längsoval ausgerichtete, dem Zellkörper angepasste, überwiegend heterochromatische Kern liegt mittig in der Zelle. Innerhalb des Zytoplasmas treten in den granulierten Zellen unterschiedlich große, basophile Granula auf. Ihre Größe variiert stark und reicht von einem Zwanzigstel bis zu einem Viertel der Größe des Zellkerns. Die Affinität der Granula zu basophilen Farbstoffen ist charakteristisch für die während dieses Differenzierungsstadiums gebildeten

Keratohyalingranula der Epidermiszelle. Diese Keratohyalingranula lassen sich auch mittels einer Versilberung darstellen. Dabei erscheinen sie als unterschiedlich große, dunkelblaue bis schwarze Einschlüsse in der Zelle. Neben den basophilen Keratohyalingranula färbt sich das Zytoplasma weiterhin stark eosinophil an. Dieses tritt besonders im Zellmembranbereich auf, wodurch die Zellgrenzen deutlicher hervortreten.

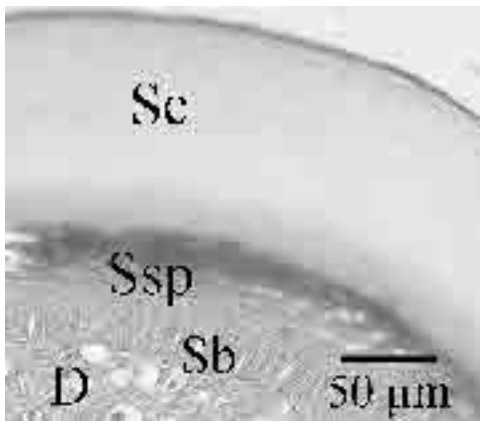
STRATUM LUCIDUM

Ein STRATUM LUCIDUM, wie es von einigen Autoren in der Krallenepidermis adulter Hunde beschrieben wird, ist in keinem Epidermisabschnitt im Verlauf der prae- und perinatalen Entwicklung der Hundekralle zu diagnostizieren.

STRATUM CORNEUM

Das Stratum corneum entsteht durch die Keratinisierung mit anschließender Verhornung der Epithelzelle. Je nach Verhornungsmodus bildet sich die Hornzelle aus den Zellen des zuvor aus den Spinosazellen entstandenen Stratum granulosum (weicher Verhornungsmodus) oder es differenziert sich direkt aus den reifen Spinosazellen (harter Verhornungsmodus), also ohne den Zwischenschritt eines Stratum granulosum. In der geburtsreifen foetalen Hundekralle und der Kralle junger Welpen verhornen die Epithelzellen im Saum-, im Sohlen- sowie im Ballensegment unter Bildung eines Stratum granulosum, während sie im Kron- und Wandsegment ohne Ausbildung eines Stratum granulosum verhornen.

Die einzelne Hornzelle bzw. das Stratum corneum weist segmentspezifische Unterschiede auf, weshalb an dieser Stelle auf die segmentspezifische Beschreibung des jeweiligen Stratum corneum verwiesen wird. Allen gemein ist jedoch der Zerfall des Zellkernes sowie eine starke Azidophilie der jungen Hornzellen, wohingegen sich ältere Hornzellen nur noch blass azidophil anfärben lassen. Zellgrenzen sind noch mehr oder weniger gut sichtbar (Textabb. 25).

**TEXTABBILDUNG 25:**

Querschnitt durch die Krallen eines geburtsreifen Foetus. HE-Färbung.

Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt der Epidermis des Rückenwulstes der Krallen. Die oberen Zellschichten des Stratum spinosum (Ssp) sowie die jungen Hornzellen des Rückenwulstes haben eine hohe Affinität zu azidophilen Farbstoffen. Darüber liegt das reifere Horn (Sc) des proximalen Teiles des Kronsegmentes. Diese Hornzellschicht färbt sich nur noch blass azidophil an. Dermis (D)

Während der Entwicklung der dermalen Leisten, Blättchen und Papillen kommt es neben den Veränderungen innerhalb der Dermis auch zu Veränderungen im Bereich der Epidermis (PRINZIP DER MATRIZE-PATRIZE). Vor der Ausbildung erster Leisten sind im Bereich der Basalzellen der Epidermis erste Kondensationen der basalen Zellen zu erkennen. Es bilden sich aus drei bis vier spindelförmigen Basalzellen sogenannte Basalzellsprosse aus. Diese stülpen in Interaktion mit dem dermalen Bereich die dermo-epidermale Oberfläche ein (Abb. 10 d) und führen so zu einer Ausbildung des dreidimensionalen Papillarkörpers. Während sich dadurch auf der dermalen Seite Leisten und Blättchen sowie durch erneute Epithelzellsprossbildung und damit Zerteilung der Leisten Papillen ausdifferenzieren, entstehen korrespondierend zu den dermalen Strukturen im Bereich des Epithels an der Hundekralle überwiegend nur Rinnen oder Einkerbungen in den basalen Zellschichten. Die untersten Spinosazellschichten führen innerhalb der Epidermis der foetalen Hundekralle immer zu einem ausgleichenden Wachstum der Epidermis, so dass die reiferen Spinosazellschichten wieder auf einer Ebene liegen und damit nur die unteren Epithelzellschichten mit an der Bildung von Leisten, Papillen sowie Blättchen beteiligt sind. Erste Blättchen aus Epithelzellen bilden sich erst an der Krallen eines geburtsreifen Foetus aus. Sie entstehen aus der Formierung von Basal- und Spinosazellen, die die Räume zwischen den dermalen Blättchen ausfüllen.

Die Bildung der sekundären dermalen Leisten sowie Papillen geschieht ebenso durch eine erneute Basalzellsprossbildung und damit einer weiteren dermo-epidermalen Interaktion. Diese sind an der Hundekralle erst post natum an den Blättchen des Wandsegmentes zu erkennen.

4.3.2 SEGMENTEINTEILUNG DER KRALLE EINES GEBURTSREIFEN HUNDES ANHAND LICHT- UND RASTERELEKTRONENMIKROSKOPISCHER BEFUNDE

An der Kralle eines geburtsreifen Hundes lassen sich ein Saum-, Kron-, Wand-, Sohlen- sowie ein Ballensegment unterscheiden. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen licht- bzw. rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen, welche eine Übersicht über die Segmententeilung einer Hundekralle im geburtsreifen Entwicklungsstadium wiedergeben.

Das SAUMSEGMENT liegt innerhalb des äußeren Blattes der Krallentasche bzw. des inneren Teiles des Krallenwalles. Distal wird das Saumsegment von behaarter Haut begrenzt. Der Abschnitt der behaarten Haut schlägt sich am freien Rand proximal um und bildet den äußeren Bereich des Krallenwalles. Proximal geht das Saumsegment noch vor Erreichen des Taschengrundes in das Kronsegment über. Lateral liegt das Saumsegment als ein nach palmar schmal zulaufendes Band im äußeren Blatt der Krallentasche. Lateropalmar bildet der palmare Krallentaschengrund den Übergang in das weiter proximopalmar sich anschließende Ballensegment sowie in das weiter distal liegende Kronsegment.

Noch im Bereich des äußeren Teiles der Krallentasche folgt dem Saumsegment Richtung Taschengrund das KRONSEGMENT. Im Krallentaschengrund schlägt sich dieses nach distal um und zieht in Form des Rückenwulstes zur Krallenspitze. Der Rückenwulst geht als distaler Teil des Kronsegmentes noch vor Erreichen der Krallenspitze in den Zehnrückenteil des Wandsegmentes über (Abb. 5). Im proximalen Krallenabschnitt reicht das Kronsegment lateropalmar bis an das Sohlensegment heran. Weiter distal beschränkt sich das Kronsegment nur noch auf den Rückenteil der Kralle. Damit beschreibt der Übergang des proximalen Teiles in den distalen Teil des Kronsegmentes einen konkaven, von proximopalmar nach dorsodistal ziehenden Bogen.

Der proximale Kronsegmentabschnitt ist entsprechend seiner Ausdehnung innerhalb der Krallentasche in einen äußeren proximalen Teil des Kronsegmentes und einen inneren proximalen Teil des Kronsegmentes zu gliedern. Beide Teile liegen vollständig innerhalb der Krallentasche. Der äußere proximale Teil des Kronsegmentes liegt dorsolateral innerhalb des äußeren Blattes der Krallentasche und schlägt sich im Krallentaschengrund in den inneren proximalen Teil des Kronsegmentes um. Der innere proximale Teil des Kronsegmentes grenzt palmar an das Sohlensegment, verläuft lateral in einem leicht konkav geschwungenem Bogen nach dorsal und bildet dort einen fließenden Übergang zum distalen Teil des Kronsegmentes, den Rückenwulst. Dieser Rückenwulst beginnt noch innerhalb der Krallentasche und setzt

sich als im Querschnitt pilzförmige, von einem bindegewebigen Wulst getragene Erhebung im Bereich des Krallenrückens bis kurz vor die Krallenspitze fort. Vom lateralen Teil des Wandsegmentes grenzt sich der bindegewebige Rückenwulst durch eine konkave bindegewebige Einziehung ab. Diese beginnt proximopalmar als seichte Rinne und gewinnt dorsodistal an Tiefe, wo sie im Bereich der Krallenspitze sukzessive verschwindet. Die dorsal konvexe Krümmung des Rückenwulstes ist im proximalen Krallendrittel am deutlichsten ausgeprägt. In den distalen zwei Dritteln nimmt die konvexe Krümmung etwas ab.

Das WANDSEGMENT schließt sich proximal mit seiner lateralen Fläche dem proximalen Teil des Kronsegmentes an und reicht laterodistal bis ganz an die Krallenspitze heran. Der proximolaterale Rand des Wandsegmentes verläuft in einem nach distal offenen, konkaven Bogen und liegt damit an der Grenzlinie, die sie dorsal als Übergangslinie für den proximalen Teil des Kronsegmentes in den distalen Teil des Kronsegmentes ausbildet (Abb. 11 a). Die dorsale Begrenzung des lateralen Teiles des Wandsegmentes bildet der Rückenwulst. Am Grunde der lateral konkaven bindegewebigen Einbuchtung zum Rückenwulst setzt sich der laterale Teil des Wandsegmentes palmar fort. Individuell etwas unterschiedlich ausgeprägt, verläuft der bindegewebige Teil dieses Abschnittes erst weit ausladend waagrecht nach lateral und schlägt sich dann ungefähr auf gleicher Breite mit dem bindegewebigen Grundkörper des Rückenwulstes palmar um. Dadurch erscheint der bindegewebige Übergangsbereich zwischen Rückenwulst und Wandsegment als tiefe Rinne (Abb. 6 b). Dorsodistal bildet das Ende des Rückenwulstes den Übergang in den Zehenrückenteil des Wandsegmentes. Dieser Zehenrückenteil des Wandsegmentes umschließt die gesamte Krallenspitze einschließlich der von lateral kommenden Bereiche des Wandsegmentes. Die palmare Fortsetzung von der Krallenspitze nach proximal sowie der laterale Umschlagrand des lateralen Teiles des Wandsegmentes nach palmar bilden den Übergang in das Sohlensegment.

Das SOHLENSEGMENT wird lateral sowie distal vom Wandsegment eingerahmt. Proximal setzt es sich lateral in den proximalen Teil des Kronsegmentes, proximopalmar in den Zehenballen bzw. das Ballensegment fort. Damit liegt das Sohlensegment palmar auf der gesamten Längsausdehnung der Kralle. Seine latero-laterale Ausdehnung nimmt von distal nach proximal ab und beschränkt sich am Übergang in das Kronsegment nur noch auf einen ganz schmalen Streifen.

Der Zehenballen, bzw. das BALLENSEGMENT, beginnt an der palmaren Krallenbasis als Fortsetzung des Sohlenabschnittes. Dorsal und lateral von der Krallentasche umschlossen,

setzt sich der zum Sohlensegment gewandte Teil des Ballensegmentes distal fort, schlägt sich mit seinem distalen freien Ende in einem konvexen Bogen palmar um und verläuft, einen Halbkreis beschreibend, proximal weiter. Dort reicht es bis über die Höhe des distalen Zehengelenkes hinweg. Der Übergang in die äußere behaarte Haut stellt die proximale Begrenzung des Ballensegmentes dar, dorsolateral geht der Zehenballen in die Krallentasche bzw. den Krallenwall über. Bis eine Woche post natum bedeckt der Zehenballen mit seiner der Sohle zugewandten Seite zirka die proximale Hälfte des Sohlensegmentes (Abb. 17 a).

4.3.3 SPEZIELLE BETRACHTUNG DER ENTWICKLUNG DER UNTER-, LEDER- UND OBERHAUT

Die Beschreibung der Befunde der einzelnen Krallenabschnitte erfolgt nach der Reihenfolge der Differenzierung sowie vom Kralleninneren zum Krallenäußeren und wird in folgender Reihenfolge aufbereitet:

1. Beschreibung der Angioarchitektur innerhalb der einzelnen Segmente
2. Beschreibung der Subkutis und der Dermis unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung des Papillarkörpers
3. Beschreibung der Epidermis

SAUMSEGMENT

Mit zunehmender Differenzierung der äußeren Haut und damit auch des Krallenwalles – bzw. der Krallentasche – beschränkt sich der Bereich des Saumsegmentes vollständig auf den Innenabschnitt der Krallentasche. Die Lage des Saumsegmentes entspricht mit 130 mm SSL derjenigen in der juvenilen Hundekralle (Abb. 8 e). Der distale Abschnitt des Außenblattes der Krallentasche gehört nicht mehr zum Saumsegment, sondern zur behaarten Haut. Durch die Einsprossung epithelialer Strukturen und die sich daraus differenzierenden Haaranlagen und Haare lässt sich dieser, distal des Saumsegmentes liegende Abschnitt des Krallenwalles leicht vom Saumsegment abgrenzen. Die sich dort entwickelnden Haare wachsen ab 130 mm SSL in distaler Richtung, parallel zur Krallenoberfläche und legen sich dieser direkt an. Das Saumsegment reicht nicht ganz bis in die Tiefe des Krallentaschengrundes hinein, sondern wird noch im Bereich des Außenblattes der Krallentasche proximodorsal und proximolateral vom äußeren Abschnitt des proximalen Teiles des Kronsegmentes eingerahmt.

Die aus dem subkutanen Bereich der äußeren unmodifizierten Haut stammenden UNTERHAUTGEFÄßE der Kralle ziehen parallel zur dermo-epidermalen Grenzebene der

äußeren Haut in den Krallentaschengrund. Mit 130 mm SSL sind neben quer angeschnittenen Kapillaren, Arteriolen und Venulen im histologischen Längsschnitt auch längs angeschnittene Gefäße zu sehen. Eine Zuordnung der Gefäße in eine einheitliche Ebene ist in diesem Bereich der Kralle lichtmikroskopisch nicht zu erkennen, wodurch die Bezeichnung als subkutanen Gefäßplexus im Sinne eines in einer Ebene liegenden Gefäßnetzes an dieser Stelle nicht ganz zutreffend ist. Hingegen sind die Gefäße im Bereich des tiefen dermalen Gefäßplexus gleichmäßig ausgerichtet. Diese vorwiegend aus Kapillaren bestehenden Gefäße ordnen sich parallel der dermo-epidermalen Grenzfläche in proximodistaler Richtung an. Erst bei einem geburtsreifen Foetus werden vereinzelt subepidermale Kapillaren im Bereich der glatten dermo-epidermalen Grenzfläche sichtbar. Subepidermale Kapillaren sind jedoch im Saumsegment dieses Entwicklungsstadiums weit weniger häufig anzutreffen als in Krallensegmenten mit einem deutlich ausgeprägteren Papillarkörper in älteren Entwicklungsstadien.

DERMIS sowie SUBKUTIS bestehen in dieser Phase der Krallenentwicklung aus einem lockeren, faserarmen Bindegewebe. In das lockere Maschenwerk aus Bindegewebszellen sowie kurzen, argyrophilen sowie basophilen kollagenen Fasern ist reichlich schwach basophile, amorphe Grundsubstanz eingelagert. In Höhe des Krallentaschengrundes entwickelt sich ein in Längs- und Querrichtung ausgerichtetes, sehr gefäßreiches Bindegewebe. Die Bindegewebsfasern, sowie Zellen im Bereich der Lederhaut des Saumsegmentes deuten eine Ausrichtung parallel zu der dermo-epidermalen Oberfläche an. Diese Ausrichtung erscheint bis zur Geburt des Hundes noch relativ undeutlich. Erst post natum kommt es im Bereich der Dermis zu einer noch deutlicheren Ausrichtung des Bindegewebes parallel zur dermo-epidermalen Oberfläche (Abb. 18 c). Im Zuge der weiteren Differenzierung der Kralle nimmt der Gehalt an kollagenen Fasern im Bindegewebe zu, wobei ihre proximodistale Ausrichtung immer deutlicher wird. Eine glatte, PAS-positive Basalmembran bildet die Grenze zwischen Lederhaut und Oberhaut im Saumsegment.

Aus dem bei 80 mm SSL noch weitgehend undifferenzierten Oberhautepithel hat sich bis zu 130 mm SSL eine typische EPIDERMIS entwickelt. Diese gleicht der im allgemeinen Teil dieser Entwicklungsphase beschriebenen Epidermis. Das Stratum basale besteht aus iso- bis hochprismatischen Zellen. Dem Stratum basale folgt ein mehrschichtiges Stratum spinosum. Die Anzahl der Zelllagen des Stratum spinosum nehmen von proximal nach distal von drei auf sechs zu. Mit zunehmender Differenzierung der Spinosazellen kommt es auch zu einer zunehmenden Azidophilie des Zytoplasmas dieser Zellen. Bis zu einer SSL von 150 mm ist noch kein Stratum granulosum im Bereich der Saumsegmentepidermis zu erkennen. Erst bei einem geburtsreifen Welpen lassen sich lichtmikroskopisch deutlich basophile Keratohyalin-

granula in den Epidermiszellen zwischen dem Stratum spinosum und dem Stratum corneum nachweisen. Dabei kommt es zu einer Granulazunahme innerhalb der Zellen des Stratum granulosum von proximal nach distal. Die Granula des Stratum granulosum des distalen, der behaarten Haut zugeneigten Bereiches, sind dichter angeordnet als in den proximalen, dem Kronsegment zugewandten Abschnitten. Aus den granulierten Zellen bzw. aus den Zellen des Stratum spinosum bei Foeten bis 150 mm SSL differenzieren sich die Zellen des Stratum corneum. Diese sind sowohl bei Foeten mit bei einer SSL von 130 mm sowie bei eine Woche alten Welpen dorsoventral abgeplattet. Zellgrenzen sowie Zellkernreste sind lichtmikroskopisch nicht zu erkennen. Das Stratum corneum liegt als lockere, aus zwei bis drei Schichten aufgebaute, proximodistal ausgerichtete, stark eosinophile Hornschicht auf dem Kronhorn. Dabei bedeckt das Saumhorn bei einem geburtsreifen Foeten bis zu zwei Drittel der dorsolateralen Fläche der Krallentüte. Bei Welpen eine Woche post natum ist das Saumhorn distal des freien Randes der Krallentasche nur noch vereinzelt vorhanden.

KRONSEGMENT

Das Kronsegment wird in einen proximalen und einen distalen Teil unterteilt. Der proximale Teil des Kronsegmentes wiederum ist in einen äußeren, im Außenblatt der Krallentasche gelegenen und einen inneren, im Innenabschnitt der Krallentasche gelegenen Bereich zu untergliedern (Abb. 5 a).

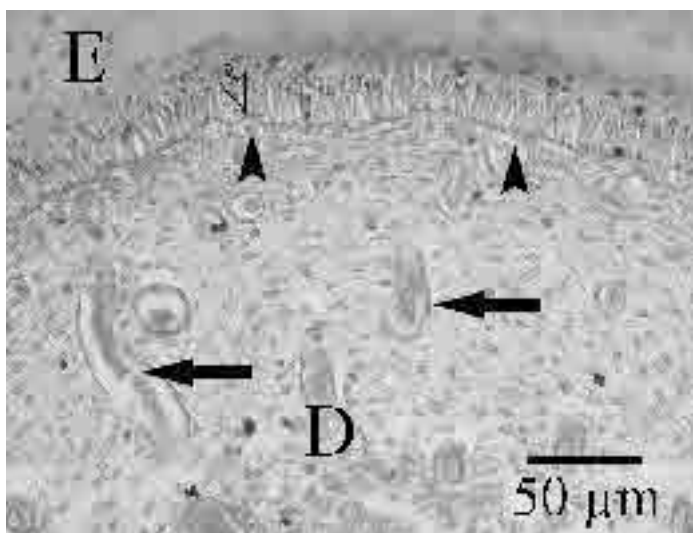
Die VASKULARISATION des Kronsegment erfolgt durch die von proximal kommenden Gefäße des Saumsegmentes. Die SUBKUTANEN GEFÄßE der äußeren unmodifizierten Haut verlaufen parallel zur knöchernen Phalanx media bzw. parallel zur dermo-epidermalen Grenzfläche der äußeren, unmodifizierten Haut und bilden, weiter distal ziehend das subkutane Gefäßnetz des Kronsegmentes. Als solcher Gefäßplexus sind lichtmikroskopisch zahlreiche Gefäße dorsal und lateral um die Krallenbeinbasis sowie dorsal über dem Rücken des knöchernen Krallenbeinfortsatzes zu erkennen (Abb. 9 a u. b). Im proximalen Kronsegmentabschnitt kommt es ab 150 mm SSL zu einer deutlichen Dickenzunahme der Gefäßwände. Distal sind die Gefäßwände weiterhin noch einschichtig. Die lateral über dem Perichondrium der Krallenbeinbasis liegenden Gefäße ziehen distal. Mit fortschreitender Entwicklung der Kralle werden diese lateral verlaufenden subkutanen Gefäße von Knochengewebe umhüllt und somit in den äußeren Teil des Krallenbeinfortsatzes eingebaut. Dadurch lassen sich diese Gefäße nicht mehr innerhalb des Bindegewebes bis an die Krallenspitze verfolgen, sondern sie ziehen in Form des sich ausbildenden Arcus terminalis weiter distal.

Die dorsalen Gefäße bleiben bis zum Perinatalstadium der Hundekralle als dünne Gefäßschicht dicht über dem fortschreitend verknöchernenden Krallenbeinfortsatz liegen. Aus dem Krallenbein treten in Höhe der Hälfte des Krallenbeinfortsatzes dorsal sowie lateral radiäre Gefäße aus dem Arcus terminalis in das umliegende Gewebe aus (Abb. 9 a). Diese stellen die aufsteigenden Gefäßäste vom ursprünglichen subkutanen Gefäßplexus des Wandsegmentes - jetzt Arcus terminalis - zum tiefen dermalen Gefäßplexus dar.

Der distale Bereich des Rückenwulstes wird prae- sowie perinatal dementsprechend sowohl von Gefäßen des Arcus terminalis, als auch von den von proximodorsal kommenden subkutanen Gefäßen des proximalen Bereiches des Kronsegmentes vaskularisiert.

Eine TIEFE DERMALE GEFÄBSCHICHT ist oberhalb des subkutanen Gefäßnetzes ausgebildet. Diese ordnet sich parallel der dermo-epidermalen Grenze an. Der tiefe dermale Gefäßplexus lässt sich, parallel zum Krallenbeinfortsatz verlaufend, bis in den Krallenspitzenbereich verfolgen.

Bis 130 mm SSL hat sich zwischen dem tiefen dermalen Gefäßplexus und der Epidermis ein weiteres Gefäßnetz, das oberflächliche dermale Gefäßnetz, ausdifferenziert. Dieses steht durch verbindende Gefäßäste mit dem tiefen dermalen Gefäßplexus in Kontakt (Textabb. 26). In dieser Phase der Krallenentwicklung sprosst aus dem oberflächlichen dermalen Gefäßnetz ein subepidermalen Gefäßplexus im Bereich der dermo-epidermalen Grenzzebene aus. Die Kapillaren dieses subepidermalen Gefäßnetzes liegen direkt unter dem Epithel. In Interaktion mit dieser entsteht der segmentspezifische Papillarkörper.

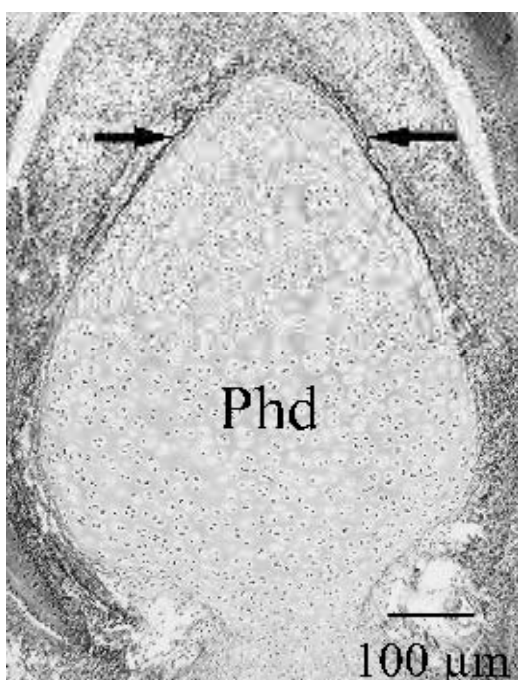


TEXTABBILDUNG 26:

Querschnitt durch die Kralle eines geburtsreifen Foetus. PAS-Färbung. Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt des Rückenwulstes. Die großen Pfeile markieren die strickleiterartigen Gefäßverbindungen zwischen dem tiefen und dem oberflächlichen Lederhautgefäßnetz. Die Pfeilköpfe sind auf die subepidermalen Gefäße gerichtet. Der leere Pfeil markiert die Ausbildung von kleinen Leisten im Bereich des Papillarkörpers.

Die SUBKUTIS des Kronsegmentes liegt zwischen dem tiefen dermalen Gefäßplexus und dem subkutanen Gefäßplexus. Aufgrund der Angioarchitektur der Kralle des geburtsreifen Hundes ist nun die Unterhaut des Kronsegmentes gut von der Unterhaut des Wandsegmentes zu unterscheiden. Das Unterhautgefäßnetz des Kronsegmentes und des Rückenwulstes ist bis zum Zeitpunkt der Geburt nicht von Knochengewebe umgeben, während die Unterhautgefäße des Wandsegmentes durch die Verknöcherungsprozesse des Krallenbeinfortsatzes zu Ästen des Arcus terminalis im Canalis solearis werden.

Die Subkutis des im äußeren Bereich der Krallentasche liegenden Teiles des Kronsegmentes gleicht der Subkutis des Saumsegmentes. Lockeres Bindegewebe aus kurzen, basophilen kollagenen Fasern, Bindegewebszellen und noch relativ viel ungeformte, schwach basophil anfärbbare Grundsubstanz dient als Verteilerschicht der subkutanen Gefäße im Bereich des Krallentaschengrundes. Von dort ausgehend bildet das Bindegewebe der Unterhaut mit zunehmender Differenzierung der Kralle distal eine immer kompaktere, relativ schmale Schicht über dem verknöchernden Krallenbein. So differenziert sich zwischen den Unterhautgefäßen und den Gefäßen des tiefen Lederhautgefäßnetzes eine relativ kompakte, faserreiche Schicht aus (Abb. 9 b). Während die kollagenen Fasern in der Kralle bei einem geburtsreifen Foeten noch relativ kurz und ungerichtet sind, kommt es post natum zu einer Zusammenlagerung der Fasern zu dichteren sowie dickeren kollagenen Faserbündeln. Diese ordnen sich laterolateral ausgerichtet über den dorsalen Teil des Krallenbeinfortsatzes an und sind färberisch gut mit einer Versilberung darzustellen (Textabb. 27).



TEXTABBILDUNG 27:

Querschnitt durch die Kralle eines geburtsreifen Foetus. Versilberung.

Die Abbildung zeigt einen proximalen Querschnitt der Kralle. Die Pfeile markieren kollagene Fasern, welche sich dorsal um das Krallenbein (Phd) anordnen.

Während die Subkutis im Kronsegment einen relativ schmalen Bereich um das Krallenbein herum einnimmt, kommt es im Bereich der DERMIS des Kronsegmentes der Hundekralle im Prae- und Perinatalstadium zwischen 80 mm SSL und 130 mm SSL zu einer auffallenden Zubildung des lockeren Bindegewebes. Dieses ist im Bereich des distalen Teiles des Kronsegmentes als sogenannter dermaler Teil des Rückenwulstes am deutlichsten ausgeprägt.

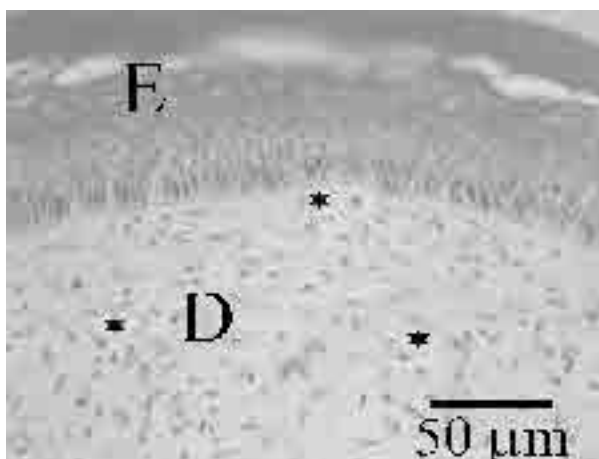
Die Dermis des im ÄUßEREN ABSCHNITT DER KRALLENTASCHE liegenden Teiles des PROXIMALEN ABSCHNITTES DES KRONSEGMENTES differenziert sich zwischen 130 mm SSL und 150 mm SSL zu einer faserreicheren Schicht. Die leicht gewellten, kurzen, basophilen kollagenen Fasern verlaufen parallel der dermo-epidermalen Grenzfläche proximodistal. In das lockere Bindegewebe ist der tiefe dermale, ebenfalls proximodistal orientierte Gefäßplexus eingebettet. Um den Krallentaschengrund ordnen sich die kollagenen Fasern in einem konkaven Bogen an und bilden so den Übergang in den inneren Bereich des proximalen Teiles des Kronsegmentes. Im Bereich des PAPILLARKÖRPERS richten sich Gefäße an der glatten dermo-epidermalen Grenzfläche direkt subepidermal unter der PAS-positiven Basalmembran aus.

Die Dermis des INNEREN BEREICHES DES PROXIMALEN sowie des DISTALEN TEILES DES KRONSEGMENTES fällt besonders in seinem dorsalen Abschnitt durch die enorme Zubildung von Bindegewebe auf. Allgemein ist die Dermis in diesem Krallenabschnitt in zwei Abschnitte zu gliedern. Eine lockere Bindegewebsschicht, welche sich der Subkutis Richtung Epithel anschließt und durch den tiefen dermalen Gefäßplexus von der Subkutis zu trennen ist (Stratum profundum der Lederhaut) wird von einer kompakteren subepidermalen Schicht, die wesentlich schmaler ist und den Abschnitt direkt unter der Epidermis ausfüllt (Stratum superficiale der Lederhaut), eingehüllt. Diese deutliche Trennung der beiden Schichten ist in anderen Krallenabschnitten noch weniger deutlich ausgeprägt.

Die bis zu einer SSL von 130 mm entstandene Bindegewebszubildung der tieferen Schicht der Lederhaut im Bereich des Krallenrückens beginnt proximal um die hyalinknorpelige Krallenbeinbasis und erreicht im Bereich des proximalen Viertels der Kralle seine maximale Höhe. Von dort reicht diese, als eine in dorsaler Ausrichtung konstant starke, dann leicht abnehmende Schicht bis zur Krallenspitze. Der dorsale Übergang des Rückenwulstes in den Zehenrückenteil der Wandsegmentlederhaut verläuft relativ kontinuierlich ohne eine deutliche Abnahme der lockeren dermalen Schicht. Lichtmikroskopische Aufnahmen histologischer medianer Längsschnitte zeigen, dass die Schichtdicke des lockeren Bindegewebes im dorsalen Krallenabschnitt bis in die Krallenspitze konstant gleich dick bleibt (Abb. 2 f). Lateral sowie

medial ragt die Bindegewebschicht der Dermis im distalen Teil des Kronsegmentes weit über die äußere laterale Begrenzung des Rückenbereiches des Krallenbeinfortsatzes hinweg (Abb. 5 c). Der dorsale Abschnitt des Krallenbeinfortsatzes bildet die Unterlage für den Rückenwulst. Während dieser jedoch im proximalen Drittel der Kralle noch leicht in den Rückenwulst hineinragt, liegt der Krallenbeinfortsatz in den distalen Abschnitten der Krallen weiter palmar, so dass die lateralen, konkaven, dermalen Einkerbungen mit dem oberen Rand des knöchernen Krallenbeinfortsatzes eine waagrechte Ebene bilden. Durch die beidseitige laterale konkave Einziehung an der Basis dieses bindegewebigen Rückenwulstes entsteht die im histologischen Querschnitt pilzförmige Gestalt des Krallenrückenwulstes. Die konkaven Rinnen beginnen jeweils am lateralen Übergang zwischen proximalen und distalen Teil des Kronsegmentes als seichte konkave Einkerbung (Abb. 6 b). Diese vertieft sich distal bis zur Spitze des Rückenwulstes. Durch die proximodistale Krümmung der Kralle in ihrer Längsachse und einhergehend mit einer lateromedialen Abnahme des Bindegewebes der Dermis laufen die lateralen Rinnen in der Blättchenformation (Abb. 14 g) der Krallenspitze aus. Das distale Ende des Rückenwulstes endet unabhängig von der jeweiligen Entwicklungsphase bei den hier untersuchten Krallen individuell unterschiedlich.

Die tiefere Schicht der Lederhaut schließt sich der Unterhaut als lockere Bindegewebschicht an. Sie setzt sich aus einem lockeren, ungerichteten Geflecht aus Bindegewebszellen sowie kurzen kollagenen Fasern zusammen (Textabb. 28). In das Netzwerk aus geformter Interzellulärsubstanz und Zellen ist reichlich blass basophil anfärbbare, amorphe Grundsubstanz eingelagert. Radiär verlaufende, von der Krallenmitte in Richtung Epidermis ziehende Kapillaren bilden die verbindenden Gefäße zwischen tiefem und oberflächlichem Lederhautgefäßnetz. Im Zeitraum zwischen 130 mm SSL und der Geburt des Hundes verändert sich die Zusammensetzung dieser Bindegewebschicht kaum.

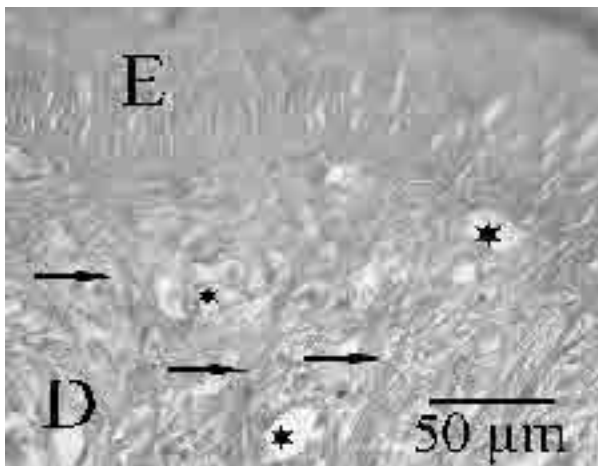


TEXTABBILDUNG 28:

Querschnitt durch die Kralle eines Foetus mit 150 mm SSL. HE-Färbung.

Die Abbildung zeigt einen Querschnitt durch den Rückenwulst in Höhe des mittleren Drittels. In dieser Phase der Krallenentwicklung setzt sich das Bindegewebe der Lederhaut (D) aus einem ungerichteten Geflecht aus vorwiegend kurzen kollagenen Fasern und Bindegewebszellen zusammen. In das Geflecht sind zahlreiche Gefäße eingelagert (Sternchen). Epidermis (E)

Erst post natum kommt es zu einer verstärkten Zubildung kollagener Fasern. Diese lagern sich zu kollagenen Faserbündeln zusammen und bilden ein scherengitterartig angeordnetes Fasergeflecht (Textabb. 29). Die Zubildung der kollagenen Fasern ist distal im Bereich des Rückenwulstes stärker ausgeprägt als im proximalen Bereich. Dieses hat zur Folge, dass der proximale Rückenwulstabschnitt eine Woche post natum noch die Struktur wie in der Kralle eines geburtsreifen Foeten hat, während der distale Bereich faserreicher und daher dichter und kompakter aufgebaut ist. Die Kollagenfaserbündel ziehen vom dorsalen Bereich des Krallenbeines oberhalb der Subkutis in Richtung Epidermis. Zwischen den Faserbündeln ordnen sich die Kapillaren der einzelnen Gefäßplexus an.



TEXTABBILDUNG 29:

Querschnitt durch die Kralle eines eine Woche alten Welpen. PAS-Färbung.

Die Abbildung zeigt einen Querschnitt durch den Rückenwulst in Höhe des mittleren Drittel. Post natum kommt es zu einer deutlichen Zunahme an Kollagenfaserbündeln (Pfeile) im Bereich der Lederhaut (D). Zwischen die scherengitterartig angeordneten Kollagenfaserbündel sind zahlreiche Gefäße angeordnet (Sternchen). Epidermis (E)

Im Bereich der subepidermalen Dermis liegt der oberflächliche dermale Gefäßplexus, der aus zahlreichen Kapillaren besteht, die im histologischen Querschnitt meist als kreisförmige Gebilde auftreten. Die subepidermale Dermis bildet das Stratum superficiale der Kronsegmentlederhaut, welche an der Hundekralle aufgrund seiner geringen Ausdehnung mit dem PAPILLARKÖRPER des Kronsegmentes gleichzusetzen ist. Die Lederhaut ist im Papillarkörper zell- und faserreicher und daher dichter als das darunter liegende Bindegewebe der Lederhaut. Im Abschnitt der Umschlagstelle vom äußeren zum inneren Bereich des proximalen Teiles des Kronsegmentes ordnen sich vereinzelt einfache Kapillaren subepidermal unter der glatten dermo-epidermalen Grenzfläche an.

Ab 130 mm SSL entstehen im inneren Abschnitt des proximalen Teiles des Kronsegmentes kleine, parallel verlaufende Leisten. Die Entwicklung dieser Leisten beginnt dorsal im mittleren Drittel des Segmentabschnittes und setzt sich mit der weiteren Entwicklung der Kralle sowohl proximal als auch distal sowie in palmarer Richtung fort. Der Papillarkörper eines geburtsreifen Foetus weist in diesem Krallenabschnitt parallel verlaufende, von

proximopalmar nach dorsodistal, bzw. direkt auf dem Krallenrücken proximodistal ziehende Leisten auf (Abb. 11 d). Die Leistenhöhe nimmt dabei von palmar nach dorsal zu (Abb. 11 c), distal flachen die Leisten ab.

Ab 150 mm SSL entstehen durch die Aufspaltung und Zerteilung der Leisten im proximalen Teil des Kronsegmentes erste Papillen. Diese Entwicklung beginnt dorsal im mittleren Drittel dieses proximalen Abschnittes des Kronsegmentes und setzt sich in proximaler sowie distaler Richtung fort. Die dorsalen Papillen sind am höchsten und zeigen fast senkrecht in die Höhe. Lateropalmar sind die Papillen kleiner und gedrungener. Sowohl in der Kralle eines geburtsreifen Foetus als auch in der Kralle eines Welpen, eine Woche post natum, ist der Prozess der Papillenbildung im Kronsegment noch nicht abgeschlossen, so dass sowohl Leisten als auch Papillen nebeneinander vorkommen (Abb. 11 c u. 12 b). Während der Papillarkörper am Übergang vom proximalen Teil des Kronsegmentes in den distalen Teil (Rückenwulst) bei 130 mm SSL lichtmikroskopisch noch weitgehend glatt erscheint, entstehen ab 140 mm SSL als Fortsetzung der von proximal kommenden, leistenförmigen Strukturen mit der Anordnung subepidermaler Kapillaren kleine Mikroleisten. Diese Mikroleisten ziehen weiter distal bis an die Spitze des Rückenwulstes. Veränderungen der Papillarkörperform beginnen im Bereich des Rückenwulstes schon mit 130 mm SSL an der Rückenwulstspitze. Hier werden dorsolateral und distal gerichtete Mikroleisten und kleine Leisten ausgeformt. Aus diesen distalen Mikroleisten entstehen wiederum bis zur Geburt größere von distal nach proximal ziehende Leisten sowie kleine Blättchen. Distal gehen die Leisten in die Leisten des Zehenrückenteiles des Wandsegmentes über (Abb. 14 g). Leisten und Blättchen lassen die Rückenwulstspitze im rasterelektronenmikroskopischen Präparat des Papillarkörpers in der Kralle eines geburtsreifen Foetus grob zerfurcht erscheinen. Proximal flachen die Blättchen zu Leisten und diese wiederum bis zum Übergang in den proximalen Teil des Kronsegmentes zu Mikroleisten ab. Dort gehen sie kontinuierlich in die von proximal kommenden Mikroleisten über. Der Papillarkörper des Rückenwulstes in der Kralle eines Welpen besteht eine Woche post natum im ganzen Rückenwulstabschnitt aus kleinen, proximodistal ausgerichteten Leisten.

An den distalen Enden der Rückenwulstleisten entstehen kurz vor der Geburt kuppelförmige distal gerichtete Papillen, die sogenannten terminalen Kronpapillen (Abb. 12 e). Proximal werden die Leisten zu kleinen, „knubbeligen“ Papillen umgestaltet. Diese bilden sodann die distalen Kronpapillen. Vor den Leisten und distalen Kronpapillen ordnen sich in diesem Krallenabschnitt proximodistal ziehende Mikroleisten an. Diese spalten sich teilweise gabelförmig auf und ziehen - parallel verlaufend - weiter distal.

Mit der fortlaufenden Entwicklung der Leisten im distalen Rückenwulstabschnitt bilden sich lateral in dem konkaven Übergang des Rückenwulstes in Richtung auf den lateralen Teil des Wandsegmentes niedrige Mikroleisten aus. Diese gewinnen palmar immer weiter an Höhe und bilden so den Übergang in den leisten- und blättchenförmigen Papillarkörper des Wandsegmentes. Die Ausbildung dieser lateralen Übergangisleisten beginnt bei 140 mm SSL am Übergang vom mittleren in das distale Drittel des Rückenwulstes und ist mit zunehmender Differenzierung der Kralle auch in den proximalen Abschnitten des Rückenwulstes zu erkennen.

Die EPIDERMIS des Kronsegmentes sitzt einer PAS-positiven Basalmembran auf. In allen Abschnitten des Kronsegmentes handelt es sich um ein mehrschichtig verhornendes Plattenepithel. Die Epidermis des im Außenblatt der Krallentasche liegenden Bereiches des Kronsegmentes schließt sich proximal der Epidermis des Saumsegmentes an und füllt den Krallentaschengrund aus. Im Anschluss an die Saumepidermis sind die senkrecht zur dermo-epidermalen Grenzfläche ausgerichteten Basalzellen noch isoprismatisch, nehmen jedoch Richtung Umschlagrand zunehmend eine hochprismatische Form an. Neben den Basalzellen differenziert sich eine Schicht Parabasalzellen aus. Diese schieben sich als pyramidenförmige Zellen keilförmig zwischen die Basalzellen. Die Zellen des Stratum spinosum bilden mit den vom inneren Abschnitt des proximalen Teiles des Kronsegmentes kommenden Zellen innerhalb der Krallentasche im Krallentaschengrund eine einheitlich dicke Zellschicht. Dadurch wächst das Stratum spinosum im Krallentaschengrund auf zehn bis zwölf Zellreihen an, während es weiter distal (Richtung Saumsegment) nur aus zwei Zelllagen besteht. Die großen Zellen der Stachelzellschicht werden dabei distal, bzw. diejenigen, die vom Krallentaschengrund aus kommen, dorsodistal geschoben. Mit zunehmender Differenzierung der einzelnen Zellen kommt es zu einer dorsoventral parallel der dermo-epidermalen Grenzfläche in Längsrichtung ausgerichteten Abflachung sowie zu einer verstärkten Azidophilie des Zytoplasmas der reifen Spinosazellen. Durch den Schub nach distal sind die ersten Zellen des Stratum corneum erst relativ weit distal zu erkennen. Der Übergang von der lebenden Spinosazelle in die tote Hornzelle erfolgt ohne Ausbildung eines Stratum granulosum. Die Verhornung erfolgt dementsprechend nach dem Prinzip der harten Verhornung. Das Stratum corneum ist eine dorsoventral abgeplattete, relativ kompakte, aus zwei bis drei Lagen toter Zellen bestehende Schicht. Vereinzelt sind noch Kernreste vorhanden. Zellgrenzen sind lichtmikroskopisch nicht sichtbar, jedoch ist eine deutliche proximodistale Ausrichtung des schwach azidophilen Kronhornes in Form einer schwachen Längsstreifung zu erkennen.

Vom Krallentaschengrund nach distal entwickelt sich die Epidermis des inneren Bereiches des proximalen Teiles des Kronsegmentes. Sie liegt vollständig in der Krallentasche. Ab einer SSL von 130 mm entstehen im Stratum basale des mittleren Teiles dieses Krallenabschnittes lokale Zellverdichtungen. Bei diesen Kondensationen von Epithelzellen handelt es sich um drei bis vier sehr schlanke, stiftförmige Basalzellen. Bis 150 mm SSL entstehen aus diesen Zellverdichtungen leistenförmige Basalzellsprosse, welche die dermo-epidermale Grenzebene einstülpen und so zur Ausbildung des dreidimensionalen, leistenförmig Papillarkörpers beitragen (Abb. 10 d). Durch die Entwicklung weiterer Basalzellsprosse wird der leistenförmige Papillarkörper in Papillen zergliedert. Der Prozess dieser dermalen Papillenbildung beginnt im mittleren Drittel dieses Segmentabschnittes und setzt sich von dorsal nach palmar und von der dorsalen Krallenmitte aus proximal und distal fort.

In der weiteren prae- sowie perinatalen Entwicklung der Kralle kommt es mit zunehmendem Wachstum der dermalen Leisten und Papillen auch im Bereich der Epidermis zu einer segmentspezifischen Anordnung der Zellen. Diese vollzieht sich besonders im Bereich der Basal- sowie unteren Lagen der Spinosazellen. Nach der Ausbildung der Basalzellsprosse und der Entstehung der dermalen Leisten und Papillen ordnen sich die Basalzellen konzentrisch um die Leisten resp. Papillen an. Die an der Leisten- bzw. Papillensbasis sitzenden Basalzellen haben eine spindelförmige Gestalt. Die sich dorsal um die Leisten resp. Papillen anordnenden Zellen sind überwiegend klein, isoprismatisch bis polygonal. Je nach Leisten- bzw. Papillenhöhe kommt es zu einer Beteiligung der unteren Zellschichten des Stratum spinosum an der Ausbildung der dermalen Leisten oder Papillen. Auf epidermaler Seite bilden sich entsprechend kleine Rinnen oder Vertiefungen aus. Sind die unteren Stachelzellschichten an der Bildung dieser Rinnen und Vertiefungen beteiligt, so ordnen sich die unteren Lagen dieser Schicht dachförmig um die Papille oder Leiste an (Abb. 10 f). Eine vermehrte Bildung von Spinosazellen im interpapillären Bereich führt schon innerhalb der unteren Spinosazellschichten zu einem ausgleichendem Wachstum dieser Zellschicht, so dass die oberen Zellschichten des Stratum spinosum nicht mehr von der Form der dermalen Papillen beeinflusst werden. Während mit 150 mm SSL noch vorwiegend dermale und epitheliale Leisten vorliegen, sieht man eine Woche post natum an der Welpenkralle im proximalen Teil des Kronsegmentes überwiegend dermale Papillen und daher auf der korrespondierenden epithelialen Seite seichte Vertiefungen.

Die entsprechenden Veränderungen vollziehen sich auch an den Basal- und Spinosazellen im Bereich des distalen Teiles des Kronsegmentes, dem Rückenwulst. Dabei kommt es mit der weiteren Differenzierung des Papillarkörpers in diesem Krallenabschnitt - ab 130 mm SSL

Mikroleisten- und Leistenbildung im distalen Bereich des Rückenwulstes bis zur Ausbildung der Blättchen und Leisten eine Woche post natum - auch zu den sich gegenseitig beeinflussenden Veränderungen innerhalb der basalen Zellen der Epidermis.

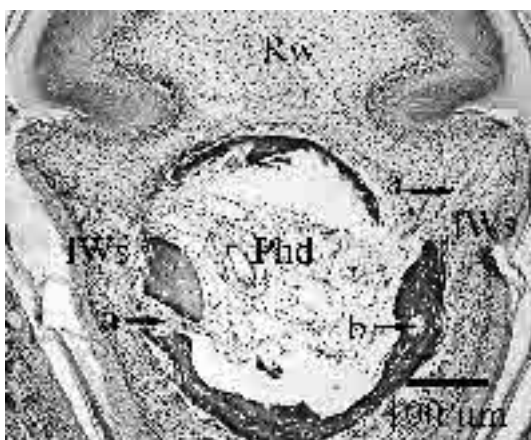
Das Stratum spinosum ist nun im inneren proximalen sowie im gesamten distalen Teil des Kronsegmentes (Rückenwulst) relativ dick und setzt sich aus zehn bis zwölf Zellschichten zusammen (Abb. 10 e). Die maximale Anzahl der Zellschichten ist schon bei 130 mm SSL erreicht und verändert sich bis eine Woche post natum nicht mehr. Die weitere Differenzierung der Zellen erfolgt von proximobasal nach dorsodistal. Die unteren vier bis fünf Zellschichten des Stratum spinosum färben sich blass basophil an. Mit zunehmender Reifung kommt es in den oberen Zellschichten zu einer verstärkten Azidophilie. Das Stratum spinosum des Kronsegmentes verfügt im Vergleich zur Saumepidermis über eine deutlich ausgeprägte Übergangszellschicht. Diese reagiert lektinhistochemisch ab einer SSL von 150 mm mit dem Lektin BSL I. Eine Besonderheit bildet das Stratum spinosum des lateralen Teiles des Rückenwulstes am Übergang zum Wandsegment. Hier kommt es durch eine Zubildung von Spinosazellen, insbesondere von Übergangszellen zu einem ausgleichenden Wachstum der Kronepidermis, so dass die dermale konkave Einbuchtung durch die Spinosazellen ausgeglichen wird. Dadurch erhält die Kralle von außen betrachtet eine einheitlich glatte Oberfläche (Abb. 10 c).

Aus den reifen Spinosazellen aller Teile des inneren proximalen sowie distalen Teiles des Kronsegmentes differenzieren sich direkt ohne Ausbildung eines Stratum granulosum die Zellen des Stratum corneum. Die Kronepidermis verhornt also nach dem harten Verhornungsmodus. Das Stratum corneum ist die distale Fortsetzung des Stratum corneum der Hornschicht des bereits zuvor beschriebenen Kronsegmentabschnittes und stellt sich entsprechend dar. Durch die kontinuierliche Reifung der Keratinozyten zu Hornzellen und deren Anlagerung von basal an die von proximal kommenden, sich über die jüngeren Epidermiszellschichten legenden älteren Hornzellschichten nimmt das Stratum corneum des Kronsegmentes stetig von proximal nach distal zu. Die proximal nur aus zwei bis drei Schichten bestehende Hornschicht wird daher im distalen Teil des Kronsegmentes bis an die Spitze des Rückenwulstes bis zu zehn bis fünfzehn Zellschichten dick. Junge Hornzellen haben noch eine hohe Affinität zu azidophilen Farbstoffen, diese nimmt mit der weiteren Reifung der Hornzelle ab, weshalb sich die reifen, älteren Hornzellen nur noch ganz blass azidophil anfärben lassen (Abb. 10 e). Eine Besonderheit der praenatalen Hundekralle ist eine stark azidophile, homogene, dünne Hornschicht, welche sich über die blassen älteren Hornzellen

legt. Diese Schicht ist das Stratum superficiale der dritten Epithelzellgeneration. Bei Welpen eine Woche post natum ist diese Hornzellschicht nicht mehr zu sehen.

WANDSEGMENT

Das Wandsegment ist in der zweiten Phase der prae- und perinatalen Entwicklung der Hundekralle in zwei laterale Teile und einen distalen Zehenrückenteil zu untergliedern. Die GEFÄßE, welche für die Vaskularisation des Wandsegmentes sorgen, kommen von proximal und ziehen nach distal. Die krallenbeinnahen subkutanen Gefäße des Wandsegmentes werden von einem faserreichen, teils knöchernen Gewebe umhüllt und in den äußeren Teil des Krallenbeinfortsatzes integriert. Dieser Prozess beginnt mit 80 mm SSL an der Spitze des Krallenbeinfortsatzes und setzt sich in in proximaler Richtung fort. Mit Abschluss der Verknöcherung des Krallenbeinfortsatzes in der Kralle eines Foetus von 130 mm SSL sind die lateralen, in jüngeren foetalen Stadien parallel zum Krallenbein verlaufenden Gefäße vollständig in den äußeren knöchernen Teil des Krallenbeinfortsatzes eingefügt. Innerhalb des Krallenbeines bilden die subkutanen Gefäße mit zunehmender Entwicklung der Kralle eine Gefäßstrasse aus (Abb. 13 a). Mit der Ausbildung dieses ARCUS TERMINALIS erfolgt die weitere Vaskularisation des Wandsegmentes über die Verbindungsäste zum tiefen dermalen Gefäßnetz, welche distal aus der Krallenbeinspitze, dorsolateral sowie lateral aus dem Arcus terminalis herausziehen (Textabb. 30). Der Arcus terminalis und die von diesem abzweigenden radär ziehenden Äste sind ein Teil des Unterhautgefäßnetzes des Wandsegmentes.



TEXTABBILDUNG 30:

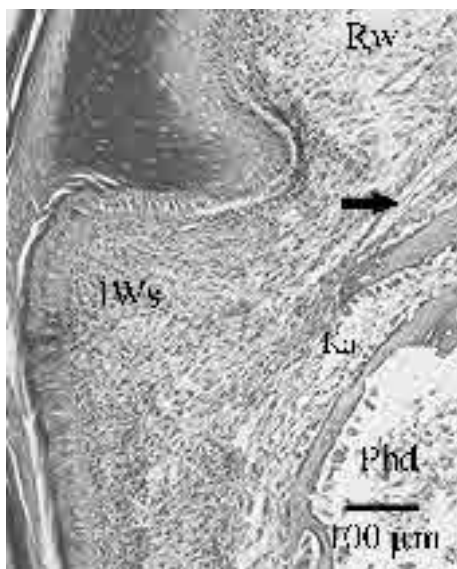
Querschnitt durch das mittlere Drittel der Kralle eines Foetus mit 150 mm SSL. PAS-Färbung. Die Pfeile a markieren die radiären Gefäßäste des Arcus terminalis, welche aus dem Canalis solearis herausziehen. Die Pfeile b zeigt auf subkutane Gefäße, welche vollständig von Knochengewebe umschlossen sind. Rückenwulst (Rw), lateraler Teil des Wandsegmentes (IWs).

Der laterale Teil des Wandsegmentes wird ab 130 mm SSL von zwei Gefäßplexus versorgt. Dabei sind die Gefäße im Bereich des lateralen Teiles des Wandsegmentes durch die dichtere

bindegewebige Struktur der Dermis lichtmikroskopisch weniger gut zu erkennen als im Kronsegment. Das krallenbeinnahe Gefäßnetz bildet den TIEFEN DERMALEN GEFÄßPLEXUS, wohingegen der epithelnahe den oberflächlichen dermalen Gefäßplexus repräsentiert. Vom OBERFLÄCHLICHEN GEFÄßNETZ ziehen mit zunehmender Differenzierung des Papillarkörpers im distalen Bereich des lateralen Abschnittes des Wandsegmentes weitere Kapillaräste in Richtung der dermo-epidermalen Grenzfläche. Diese formieren sich mit der Ausbildung eines blättchenförmigen Papillarkörpers zu einem SUBEPIDERMALEN GEFÄßNETZ (Abb. 13 c). Tiefes sowie oberflächliches dermales Gefäßnetz haben eine proximodistale Ausrichtung und vaskularisieren auch die Krallenspitze bzw. den Zehnrückenteil des Wandsegmentes.

Vom oberflächlichen dermalen Gefäßplexus sprossen Gefäße Richtung der dermo-epidermalen Grenzfläche. Diese sind wiederum wesentlich an der Ausbildung des segmentspezifischen Papillarkörpers in diesem Krallenabschnitt beteiligt. Während die Kapillaren bei 130 mm SSL relativ noch wenig gewunden subepidermal auf einer Ebene angeordnet sind, bilden sich bis zur Geburt echte Kapillarschleifen aus, welche deutlich in die Blättchen und Papillen hineinziehen (Textabb. 22).

Die SUBKUTIS des Wandsegmentes beschränkt sich entsprechend der Ausbildung der oben beschriebenen Gefäße ab 130 mm SSL vollständig auf den äußeren Teil des Krallenbeines, das Periost sowie einen schmalen bindegewebigen Abschnitt zwischen Periost und tiefen dermalen Gefäßplexus. Dorsolateral, am Übergang vom Rückenwulst in das Wandsegment, entsteht ein Übergangsbereich, in dem Ausläufer des von dorsal nach palmar sowie von proximal nach distal ziehenden subkutanen Gefäßnetzes des Rückenwulstes neben noch nicht vollständig in den Arcus terminalis integrierten subkutanen Gefäßen des Wandsegmentes vorliegen (Textabb. 31).



TEXTABBILDUNG 31:

Querschnitt durch die Kralle eines Foetus mit 150 mm SSL. Trichrom-Färbung. Dieser Bildausschnitt zeigt den Übergang von Rückenwulst (Rw) in den lateralen Teil des Wandsegmentes (IW). Der Pfeil deutet auf ein Gefäß des subkutanen Gefäßplexus im Bereich des Rückenwulstes, palmar davon ist ein aus dem knöchernen Krallenbeinfortsatz herausziehendes Gefäß (Ka) zu sehen. Phalanx distalis (Phd).

Dieser schmale, dorsolaterale Übergangsbereich ist im proximalen Drittel des lateralen Teiles des Wandsegmentes am deutlichsten sichtbar und nimmt von proximal nach distal kontinuierlich ab. Eine lockere, gefäß- und faserreiche Schicht ist charakteristisch für das Gewebe in diesem Krallenabschnitt. Die kurzen basophilen Fasern haben eine dorsopalmarer Verlaufsrichtung und legen sich, palmar ziehend, dem Krallenbein direkt an. Eine undeutlich ausgeprägte Gefäßschicht trennt die lockere, faserreichere Bindegewebsschicht von dem Bindegewebe, welches den Hauptteil des Gewebes zwischen Epidermis und Krallenbein ausmacht. Es handelt sich hierbei um den tiefen dermalen Gefäßplexus. Dieser liegt im lateralen Teil des Wandsegmentes dem Krallenbein sehr dicht an. Nur das sehr faserreiche Periost sowie eine ganz schmale lockere Bindegewebsschicht trennt Krallenbeinfortsatz und tiefen dermalen Gefäßplexus voneinander.

Die Bindegewebsschicht zwischen dem tiefen Lederhautplexus und der dermo-epidermalen Grenzfläche bildet die DERMIS des Wandsegmentes. Diese besteht im lateralen Teil des Wandsegmentes bis zur Geburt des Foetus aus einer Schicht lockeren Bindegewebes. Es erscheint lichtmikroskopisch kompakter als das des Kronsegmentes. Im Gegensatz zur Dermis des Kronsegmentes, insbesondere des Rückenwulstes, ist die des Wandsegmentes zell- und faserreicher, enthält weniger amorphe Grundsubstanz und erscheint weniger dicht vaskularisiert. Innerhalb der Dermis des Wandsegmentes lassen sich in dieser Entwicklungsperiode zwei Abschnitte unterscheiden. Der sich direkt dem Krallenbein anschließende Teil stellt den größeren Bereich der Lederhaut dar, ist lockerer strukturiert und enthält zwischen den Fibroblasten und Fibrozyten sowie kurzen kollagenen Fasern reichlich ungeformte Grundsubstanz. Die subepidermal liegende kompaktere und zellreichere Schicht bildet den Papillarkörper der Dermis des Wandsegmentes. Zwischen beiden Schichten liegt das oberflächliche dermale Gefäßnetz. Es besteht aus netzartig verzweigten Kapillaren und hat stellenweise Verbindung zum tiefen dermalen Gefäßnetz.

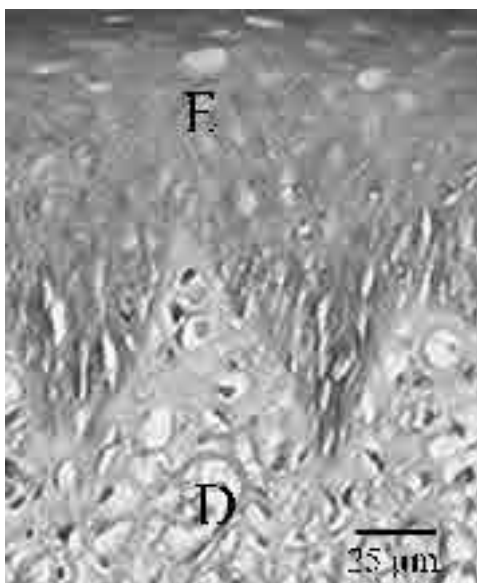
Im proximalen Drittel des lateralen Bereiches des Wandsegmentes ziehen die kurzen kollagenen Fasern parallel zum Krallenbein von dorsal nach palmar. Im distalen Drittel des Wandsegmentes, Richtung Krallenspitze ändert sich die Faserausrichtung. Die kollagenen Fasern ziehen in diesem Krallenabschnitt vom Krallenbein nach dorsal zur dermo-epidermalen Grenzfläche.

Das kollagene Fasergeflecht setzt sich bis zur Geburt überwiegend aus kurzen, bichromatischen Fasern zusammen. Eingebettet sind in die reichliche amorphe Grundsubstanz Fibrozyten sowie Fibroblasten. Bis eine Woche post natum hat sich aus den teilweise noch

sehr ungerichteten, kurzen kollagenen Fasern ein Netzwerk aus längeren, scherengitterartig angeordneten, in der Trichromfärbung kräftig basophilen, in der HE-Färbung eosinophilen, deutlich PAS-positiven, stark argyrophilen Kollagenfaserbündeln entwickelt. Die Ausbildung der Kollagenfaserbündel ist im Krallenspitzenbereich am deutlichsten ausgeprägt und nimmt von distal nach proximal deutlich ab. Von der Krallenmitte nach dorsolateral ziehend, enden die Fasern in den Blättchen des distalen Abschnittes des Wandsegmentes (Abb. 13 d).

Der subepidermale Bereich der Lederhaut bildet den PAPILLARKÖRPER. Ab 80 mm SSL kommt es im Bereich der dermo-epidermalen Grenzebene der Krallenspitze zur Entwicklung von Mikroleisten und Leisten. Mit der weiteren Differenzierung der zuerst nur im Krallenspitzenabschnitt vorkommenden Leisten entstehen bis zum Welpenalter Blättchen. Diese Entwicklung der Leisten und Blättchen vollzieht sich von distal nach proximal. Dabei liegen distal die größeren Blättchen vor, während proximal bis zur Geburt nur Leisten entstanden sind. Ab 140 mm SSL sind im proximalen Drittel des lateralen Teiles des Wandsegmentes an der dermo-epidermalen Grenzfläche kurze, senkrecht zur dermo-epidermalen Oberfläche stehende Mikroleisten bzw. Leisten als proximale Fortsetzungen der distalen Blättchen sichtbar.

Der Papillarkörper besteht in der Kralle eines geburtsreifen Foetus im Bereich des Zehenrückenteiles des Wandsegmentes aus proximodistal orientierten, parallel und längs ausgerichteten Blättchen. Ihre Höhe nimmt distal ab, proximal gehen sie im Bereich der Rückenwulstspitze in die Leisten des distalen Abschnittes des Kronsegmentes über. Die Firste der dorsalen Wandsegmentblättchen sind spitz zulaufend (Textabb. 32).



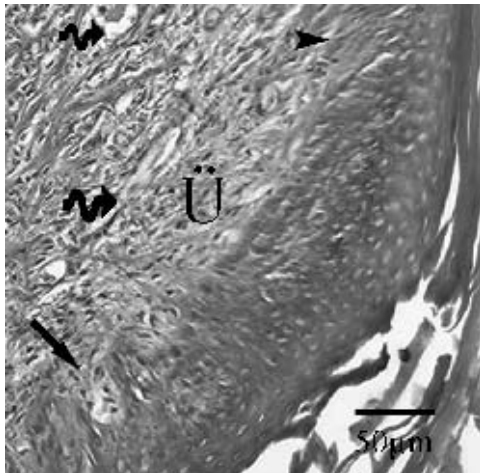
TEXTABBILDUNG 32:

Querschnitt durch die Kralle eines geburtsreifen Foetus. Trichrom-Färbung.

Die Abbildung zeigt ein im Querschnitt dachfirstförmiges Lederhautblättchen im Zehenrückenteil des Wandsegmentes. Dermis (D); Epidermis (E).

Die lateralen Blättchen sind etwas höher als die dorsalen und stehen in einem Winkel von zirka 45° nach dorsolateral gerichtet auf der dermo-epidermalen Grundfläche. In proximaler Richtung nehmen die Blättchen wieder an Höhe ab (Abb. 14 g u. h), werden zu Leisten und Mikroleisten. Die Lederhautoberfläche des proximalen Drittels des lateralen Teiles des Wandsegmentes erscheint am Übergang zum proximolateralen Teil des Kronsegmentes damit rasterelektronenmikroskopisch weitgehend glatt.

Im Bereich der Krallenspitze schlagen sich die Blättchen in einem leicht konvexen Bogen nach distopalmar um die Krallenspitze herum und werden von den Lederhautleisten in der Krallensohle fortgesetzt. Bei einem geburtsreifen Foetus sind die Blättchen an der Krallenspitze dicker als die übrigen Blättchen des Wandsegmentes. Aus den abgerundeten Enden der Lederhautblättchen entspringen warzenförmige, distal und palmar gerichtete Papillen, die terminalen Wandpapillen (Abb. 14 g). Die im lateropalmaren Bereich vorkommenden Blättchen des Wandsegmentes enden in einem leicht hakenförmigen palmaren Bogen vor dem Übergang in die Krallensohle. Dieser Übergang ist durch eine licht- und rasterelektronenmikroskopisch glatte, sich von distal nach proximal verbreiternde Lederhautoberfläche gekennzeichnet (Textabb. 33).

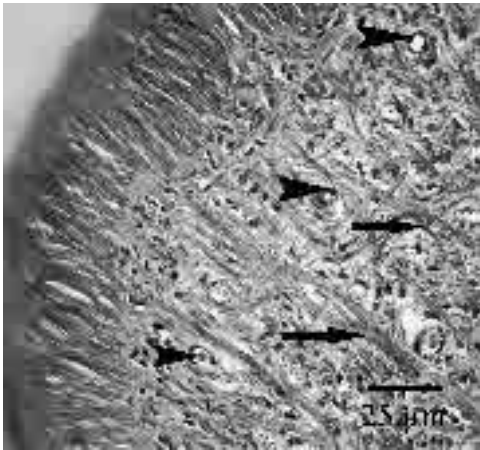


TEXTABBILDUNG 33:

Querschnitt durch die Kralle eines geburtsreifen Foetus. Trichrom-Färbung.

Die Abbildung zeigt den lateralen glatten Übergangsbereich (Ü) zwischen dem Wandsegment und dem Sohlensegment. Die gewundenen Pfeile markieren Gefäße, welche dorsolateral ausgerichtet sind. Der längliche Pfeil zeigt auf eine Sohlenpapille, der Pfeilkopf ist auf ein Wandblättchen gerichtet.

Während der ersten Woche post natum kommt es außer der Zunahme und der verstärkten Ausrichtung der Kollagenfaserbündel (Textabb. 34) im Bindegewebe zu einer weiteren Differenzierung der Lederhautblättchen. Aus den größeren Blättchen differenzieren sich nun weitere, sekundäre Leisten aus. Diese Blättchen erhalten im histologischen Querschnitt eine aufgefaserte Struktur. Die dermo-epidermale Grenzebene stellt sich durch eine deutlich PAS-positive Basalmembran dar.



TEXTABBILDUNG 34:

Querschnitt durch die Kralle eines Welpen eine Woche post natum. Trichrom-Färbung.

Die Abbildung zeigt einen Querschnitt des Zehenrückenteiles des Wandsegmentes. Die Pfeile sind auf die sich ausdifferenzierenden, dorsolateral orientierten Kollagenfaserbündel gerichtet. Die Pfeilköpfe markieren die Gefäße, welche sich zwischen den Kollagenfaserbündeln anordnen.

Das EPITHEL des Wandsegmentes zeigt als Charakteristikum in dieser Entwicklungsphase bereits ein mehrschichtiges verhornendes Plattenepithel, die Wandepidermis. Diese entspricht in ihrem allgemeinen Aufbau derjenigen des Kronsegmentes.

Einhergehend mit der Bildung von Mikroleisten, Leisten und Blättchen des Papillarkörpers, verändern sich auch die Zellen des Stratum basale sowie Stratum spinosum der Epidermis des Wandsegmentes.

Die Basalzellen des LATERALEN TEILES DES WANDSEGMENTES sitzen als hochprismatische oder spindelförmige Zellen senkrecht zur dermo-epidermalen Oberflächen der Basalmembran auf. Zwischen die Basalzellen schieben sich keilförmig Parabasalzellen, welche pyramidenförmig sind. Einhergehend mit der Umgestaltung der dermo-epidermalen Grenzfläche zu Mikroleisten sowie Leisten am distalen Ende des proximalen Drittels der lateralen Teile des Wandsegmentes formieren sich ab 140 mm SSL im Bereich der Epidermis aus mehreren spindelförmigen Basalzellen zusammengesetzte Basalzellsprossen aus. Durch die Ausstülpung der dermo-epidermalen Oberfläche entstehen in diesem Krallenabschnitt erste Leisten. Distal, Richtung Krallenspitze, nehmen die Leisten an Höhe zu. Die spindelförmigen Basalzellen ordnen sich um die Lederhautleisten an, dabei schmiegen sich ihre Zellkörper eng der nach außen gerichteten dermo-epidermalen Grenzfläche an. Ab der Geburtsreife haben sich die Leisten zu deutlichen Blättchen weiter ausdifferenziert (Abb. 13 c). Spindelförmige Basalzellen ordnen sich um die Blättchen herum an. Richtung Epidermisoberfläche flachen die Basalzellen etwas ab. Die sich aus den Basalzellen differenzierenden Spinosazellen liegen als große, überwiegend isoprismatische Zellen über den basalen Zellen. Ihr Zytoplasma färbt sich blass basophil, ihr euchromatischer Zellkern liegt als großes rundes Gebilde zentral in der Zellmitte und füllt die Zelle zu einem großen Teil aus. Das Stratum spinosum besteht aus ein bis zwei Zelllagen und nimmt palmar am

Übergang zum Sohlensegment sowie distal am Übergang in die Krallenspitze auf vier bis fünf Zelllagen zu. Durch die Größe der Blättchen sind bei einem geburtsreifen Foetus auch die Zellen des Stratum spinosum mit an der Ausformung der Epidermisblättchen beteiligt. Die anfänglichen nur von Basalzellen gebildeten Rinnen werden tiefer und enthalten Zellen des Stratum basale sowie des Stratum spinosum (Abb. 14 e).

Aus der Spinosazellschicht differenziert sich eine dünne Lage junger Hornzellen (Abb. 13 b). Die Hornzellen sind parallel zur Krallenoberfläche abgeflacht und haben eine hohe Affinität zu sauren Farbstoffen. Zellgrenzen sowie Zellkernreste sind lichtmikroskopisch nicht mehr zu erkennen. Über der jungen, stark anfärbaren Hornzellschicht des lateralen Teiles des Wandsegmentes schiebt sich von proximal die dicke Hornschicht des proximalen Bereiches des Kronsegmentes. Diese Hornzellen färben sich im Vergleich nur noch schwach azidophil an und enthalten teilweise noch Zellkernreste.

Der DISTALE TEIL DES WANDSEGMENTES bildet die Fortsetzung der lateralen Teile des Wandsegmentes im Bereich der Krallenspitze. Aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften der Epidermis des Zehenrückenteiles im histologischen Bild ist es sinnvoll, diesen für die Beschreibung der Epidermis in einen dorsolateralen Zehenrückenteil und einen distopalmaren terminalen Teil des Wandsegmentes zu gliedern (Abb. 13 a).

Der DORSOLATERALE ZEHENRÜCKENTEIL umfasst den dorsalolateralen Bereich der Krallenspitze bis kurz vor dem eigentlichen distalen Ende der Kralle. Er bildet die distale Fortsetzung des Rückenwulstes. Durch die dermo-epidermale Interaktion differenzieren sich in einem Zeitraum zwischen 140 mm SSL und der Geburtsreife große, proximodistal ausgerichtete dermale und epidermale Leisten und Blättchen aus.

Das darüber gelegene Stratum spinosum setzt sich im Wandsegment der Kralle eines geburtsreifen Foetus bis eine Woche post natum proximal aus drei bis vier Zellreihen zusammen und reduziert sich nach distal auf zwei Zelllagen, während es palmar im Übergang zum Sohlensegment wieder aus vier bis fünf Zelllagen besteht. Die untere Lage der Spinosazellen liegt zum Teil noch zwischen den Basalzellen, die oberen Spindelzelllagen bilden eine einheitliche Schicht. Innerhalb des Stratum spinosum kommt es zu einem ausgleichenden Wachstum. Eine dünne, kräftig eosinophil anfärbare Schicht bildet das Stratum corneum in diesem Krallenabschnitt. Dieses entsteht ohne die Bildung eines Stratum granulosum. Im histologischen Längs- und Querschnitt sind über den jungen Hornzellen des Zehenrückenteiles des Wandsegmentes proximal große polygonale, blass azidophile Spindelzellen sowie junge und ältere Hornzellen sichtbar. Diese stammen vom distalen Ende

des Rückenwulstes (Abb. 13 a u. e). Weiter distal sind nur noch die älteren Hornzelllagen des Kronsegmentes über dem Stratum corneum des Wandsegmentes zu erkennen.

Als Besonderheit der Kralle eines geburtsreifen Foetus bildet das Stratum corneum der distolateralen Teile des Zehenrückenabschnittes palmar eine dünne, kräftig azidophil anfärbbare Hornzelllage aus. Diese schiebt sich als eine Art Hülle in Form eines dünnen Saumes über die hinfalligen Zellmassen des Sohlensegmentes (Abb. 13 e). Nach der Geburt des Welpen schilfern die hinfalligen Zellmassen im Bereich des Sohlensegmentes und auch die azidophilen Hornzellen der Wandepidermis ab.

Der TERMINALE TEIL DES WANDSEGMENTES umfasst die Krallenspitze einschließlich des apikalen Umschlagbereiches auf den palmaren Abschnitt der Kralle. Erste dermo-epidermale Veränderungen treten hier schon mit 80 mm SSL in Form von Mikroleisten und kleinen dermalen Leisten auf. Bis zur Geburtsreife haben sich aus den Leisten dicke, distal gerichtete Blättchen differenziert. Weitere Basalzellsprosse sind ab 140 mm SSL an der Bildung distal gerichteter terminaler Wandpapillen an den Enden der dermalen Blättchen beteiligt. Die Ausbildung terminaler Papillen hinterlässt im Bereich der Basalzellen der Epidermis kleine Vertiefungen.

Die Basalzellen gleichen denjenigen des übrigen Wandsegmentes und sitzen einer PAS-positiven Basalmembran auf. Das Stratum spinosum wächst im Bereich der Firsten der Blättchen von proximal nach distal von zwei auf fünf Zelllagen an. Zwischen den Blättchen liegt nur eine Spinosazellschicht, die sich mit den Spinosazellen der gegenüberliegenden Seite verbindet. Mit zunehmender Differenzierung bekommt das zuerst nur sehr schwach azidophil gefärbte Zytoplasma eine immer stärker werdende Affinität zu sauren Farbstoffen, zudem lösen sich auch die Zellkerne auf. Die intensiv azidophile Färbung innerhalb des Zytoplasmas, wie sie in den Übergangszellen des Stratum spinosum im Bereich des Kronsegmentes auftritt, ist in diesem Krallenabschnitt jedoch nicht zu sehen. Aus den Spinosazellen differenzieren sich ohne Ausbildung eines Stratum granulosum Hornzellen.

Im Gegensatz zu der konstanten Dicke des schmalen Hornzellsaumes in den lateralen Teilen sowie im Zehenrückenteil des Wandsegmentes kommt es im terminalen Teil des Wandsegmentes zu einer deutlichen Zubildung an jungen Hornzellen. Das Stratum corneum wächst von proximal nach distal von ein auf vier bis fünf Zelllagen an. Stark azidophile, große polymorphe Zellkörper mit noch sichtbaren Zellgrenzen aber ohne sichtbare Zellkernreste bilden das Stratum corneum im Terminalbereich der Kralle. Palmar wird ein

stufenloser Übergang zum Stratum corneum des Sohlensegmentes gebildet. Über das Terminalhorn schiebt sich von proximal das Kronhorn.

SOHLENSEGMENT

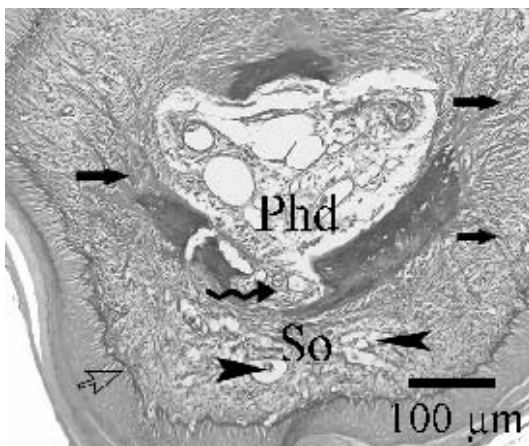
Das Sohlensegment umfasst den palmaren Krallenabschnitt. Dieser wird distal und lateral zu beiden Seiten vom Wandsegment, proximolateral vom Kronsegment und proximopalmar vom Ballensegment eingerahmt.

Die Entwicklung des GEFÄßSYSTEMS im Bereich der Krallensohle während der zweiten Phase der Krallenentwicklung lässt sich lektinhistochemisch mit dem Lektin BSL I gut darstellen. Durch den Einschluss der subkutanen Gefäße in das Knochengewebe des Krallenbeines (Canalis solearis) werden auch im Sohlenbereich die subkutanen Gefäße als Teil des Arcus terminalis integriert. In der Kralle eines Foetus von 80 mm SSL tritt die jeweilige Zehenarterie proximopalmar medial und lateral durch das jeweilige Foramen soleare in den Canalis solearis des Krallenbeines ein (Abb. 5 b). Diese Eintrittsstelle der Zehenarterie in das Krallenbein bildet die proximale Begrenzung des Sohlensegmentes.

Innerhalb des Krallenbeines entwickelt sich im CANALIS SOLEARIS aus den subkutanen Gefäßen des Sohlensegmentes und den subkutanen Gefäßen des Wandsegmentes eine Gefäßstrasse, die zum ARCUS TERMINALIS ausgeweitet wird. Korrespondierend mit den Befunden der subkutanen Gefäße des Wandsegmentes sind auch im Bereich der Krallensohle die subkutanen Gefäße vollständig vom äußeren Teil des knöchernen Krallenbeinfortsatzes eingeschlossen. Aus dem Arcus terminalis abzweigende Äste ziehen zu den tiefen dermalen Gefäßen. Der Austritt dieser Gefäße aus dem knöchernen Krallenbeinfortsatz ist in unregelmäßigen Abständen besonders im lateropalmaren Bereich zu finden. Innerhalb der bindegewebigen Strukturen zwischen Krallenbeinfortsatz und dermo-epidermaler Grenzebene sind ab 130 mm SSL zwei, parallel zur dermo-epidermalen Grenze und zum Krallenbeinfortsatz ausgerichtete Gefäßnetze zu erkennen. Beide stehen untereinander über strickleiterartige Gefäßäste in Verbindung (Abb. 15 c). Der krallenbeinnahe Gefäßplexus bildet den TIEFEN DERMALEN GEFÄßPLEXUS, während die unter der Epidermis gelegenen Gefäße den OBERFLÄCHLICHEN DERMALEN GEFÄßPLEXUS repräsentieren. Ab 150 mm SSL kommt es im Bereich dieses oberflächlichen dermalen Gefäßplexus zur einer Zunahme von Kapillaren. Die hier gebildeten Gefäße ordnen sich subepidermal an und sind an der weiteren Differenzierung des Papillarkörpers im Sohlensegment beteiligt. Eine Woche post natum sind in den großen Papillen des Sohlensegmentes Kapillarschleifen zu finden (Abb. 15 e). Die

subepidermalen Gefäße im Bereich der Leisten und Papillen können als subepidermaler Gefäßplexus zusammengefasst werden. Neben Kapillaren sind hier auch kleine Arteriolen und Venulen zu erkennen.

Die UNTERHAUT besteht aus dem äußeren Teil des palmaren Krallenbeinfortsatzes sowie dem bindegewebigen Bereich zwischen dem Krallenbeinfortsatz und dem tiefen dermalen Gefäßplexus. Um den in dieser Phase der Krallenentwicklung schon verknöcherten Krallenbeinfortsatz legt sich eine kompaktere Bindegewebsschicht. Diese setzt sich aus einer dichten Schicht kurzer, kollagener Fasern zusammen und reicht bis an die Grenze des tiefen dermalen Gefäßplexus heran. Die PAS-positiven Fasern sind längs und dabei parallel zum Krallenbeinfortsatz ausgerichtet. Einige Fibroblasten und Fibrozyten, eingebettet in wenig ungeformter Grundsubstanz, lockern das Erscheinungsbild dieser Bindegewebsschicht etwas auf. Mit zunehmender Differenzierung der Kralle kommt es auch in diesem Krallenabschnitt zu einer Verdichtung des Fasergeflechtes. Post natum bilden sich aus den einzelnen Kollagenfasern in Subkutis und Dermis besonders lateropalmar dickere und längere Kollagenfaserbündel aus. Insbesondere im distalen Krallenbereich orientieren sich diese Kollagenfaserbündel vom Krallenbein in Richtung dermo-epidermale Grenzzebene (Textabb. 35).



TEXTABBILDUNG 35:

Querschnitt durch die Kralle eines Welpen eine Woche post natum. PAS-Färbung.

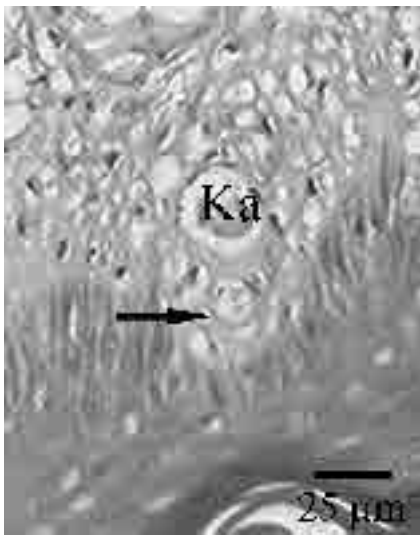
Die Abbildung zeigt die Kollagenfasern (längliche Pfeile) des Wand- und Sohlensegmentes (So). Die Pfeilköpfe sind auf den tiefen dermalen Gefäßplexus des Sohlensegmentes gerichtet. Der gewundene Pfeil zeigt auf Gefäße des subkutanen Gefäßplexus des Sohlensegmentes innerhalb des Krallenbeines. Der helle Pfeil markiert die deutlich PAS-positive Basalmembran.

Der tiefe dermale Gefäßplexus bildet die Grenze zwischen Sohlenlederhaut und -unterhaut. Ähnlich wie die LEDERHAUT des Wandsegmentes ist auch die Dermis des Sohlensegmentes ab 130 mm SSL in zwei Abschnitte zu gliedern, in einen schmalen, direkt subepidermal gelegenen Bereich und einen etwas breiteren Abschnitt, der sich zwischen dem tiefen und dem oberflächlichen Lederhautgefäßplexus anordnet. Der tiefe dermale Gefäßplexus ist eingebettet in ein lockeres, aus reichlich amorpher Grundsubstanz, Bindegewebszellen und Fasern bestehendes Bindegewebe. Während sich die Anordnung des vorwiegend aus

Arteriolen und Venulen bestehenden tiefen Lederhautgefäßplexus mit 130 mm SSL weitgehend auf eine Ebene konzentriert, erscheinen die Gefäße des tiefen Gefäßnetzes im mittleren und distalen Drittel des Sohlensegmentes eine Woche post natum gewundener und daher unregelmäßig im Bindegewebe verteilt (Textabb. 35). Durch die hohe Gefäßdichte wirkt das Bindegewebe eine Woche post natum in diesem Bereich des Sohlensegmentes viel aufgelockerter als im Wandsegment. Mit zunehmender Reifung der Kralle kommt es auch in der Lederhaut dieses Krallenabschnittes zu einer Erhöhung der geformten Interzellularsubstanz und damit zu einer Zunahme der Dichte des dermalen Bindegewebes. Im Gegensatz zu den Faserbündeln, die direkt vom Krallenbein dorsolateral an die dermo-epidermale Grenze ziehen, bilden die Kollagenfaserbündel palmar des Krallenbeines ein dichtes, komplexes Netzwerk, in welches zahlreiche Gefäße eingebettet sind. Im proximalen Drittel des Sohlensegmentes erscheint die Dermis weniger zell- und faserreich. Lichtmikroskopisch chromophobe Bereiche lassen diesen Lederhautabschnitt der Sohle lockerer erscheinen als die distalen zwei Drittel des Sohlensegmentes. Der Übergang in die tiefere Dermissschicht des lateralen Teiles des Wandsegmentes ist an den Krallen von Welpen eine Woche post natum gut anhand der Ausrichtung der Kollagenfaserbündeln zu erkennen. Die nach dorsolateral gerichteten Faserbündel ziehen in die Dermis des Wandsegmentes, während die vom Krallenbein nach palmar ausgerichteten Faserbündel in die untere Dermissschicht des Sohlensegmentes gerichtet sind (Textabb. 35). In den proximalen Abschnitten des Sohlensegmentes ist durch den geringeren Fasergehalt und eine weniger deutliche Ausrichtung eine solche Unterteilung nicht mehr möglich.

Der subepidermale Bereich der Sohlenlederhaut ist der Abschnitt zwischen dermo-epidermalen Grenzfläche und dem oberflächlichen dermalen Gefäßplexus. Dieser bildet den PAPILLARKÖRPER des Sohlensegmentes. Allgemein ist diese Schicht kompakter, zellreicher und faserärmer als die sich Richtung Krallenbein anschließende tiefe dermale Bindegewebsschicht. Mit der Anordnung subepidermaler Kapillaren im Krallenspitzenbereich beginnt die Papillarkörperentwicklung in diesem Sohlenabschnitt. Ab 80 mm SSL entstehen erste Mikroleisten und Leisten im palmaren Krallenspitzenbereich. Diese bilden die Fortsetzung der von distal kommenden Leisten des Zehenrückenteiles des Wandsegmentes und haben eine distoproximale Ausrichtung. Bis 140 mm SSL lassen sich kleine, an den Firsten abgerundete Leisten nur im distalen Drittel der Krallensohle erkennen. Bis zur Geburtsreife haben sich diese Leisten bis auf das mittlere Drittel der Krallensohle ausgedehnt. Im proximalen Drittel ist der Papillarkörper licht- und rasterelektronenmikroskopisch glatt. Aus den Leisten differenzieren sich bis zur Geburtsreife des Foetus im distalen Krallensegment kurze,

palmar gerichtete Papillen. Diese liegen als plumpe, abgerundete Erhebungen im Bereich der distopalmaren Krallenspitze. Am Übergang vom distalen in das mittlere Sohlendrittel sind die Papillenenenden distal geneigt. Im Gegensatz zu den distalen, im Querschnitt eher runden Papillen der Sohlenspitze erscheinen diese Papillen seitlich abgeflacht und rasterelektronenmikroskopisch betrachtet haifischflossenähnlich (Abb. 16 e). In dem Zeitabschnitt bis eine Woche post natum kommt es zu keiner größeren Veränderung im Bereich des Papillarkörpers des Sohlensegmentes. Die Leisten werden in proximodistaler Richtung in Papillen zergliedert (Textabb. 36).



TEXTABBILDUNG 36:

Querschnitt durch die Kralle eines Welpen eine Woche post natum. Trichrom-Färbung.

Die Abbildung zeigt eine dermale Sohlenpapille (Pfeil) mit einer Kapillare (Ka).

Distal gehen die Leisten des Sohlensegmentes in die terminalen Leisten des Wandsegmentes über. Distolateral bildet ein glatter, proximodistal ausgerichteter Papillarkörper den Übergang zwischen Sohlen und Wandsegment. Im proximalen Drittel des Sohlensegmentes ist der Übergang in das Wandsegment fließend ohne deutliche Veränderungen in der Papillarkörperform.

Die EPIDERMIS des Sohlensegmentes stellt sich weitgehend so dar, wie sie segmentübergreifend während der zweiten Phase der Krallenentwicklung beschrieben ist. Die Basalzellen der Epidermis des Sohlensegmentes sitzen einer deutlich PAS-positiven Basalmembran auf. Hervorzuheben ist in dieser Epidermisgeneration des Sohlensegmentes das Vorhandensein eines Stratum granulosum.

Mit den Veränderungen der dermo-epidermalen Grenzzebene ab 80 mm SSL modifiziert sich auch die Epidermis in diesem Krallenabschnitt. Lokale Zellverdichtungen führen zur

Ausbildung von basalen Epithelzellsprossen, die die Lederhautoberfläche zu Leisten und weitergehend zu Papillen umgestalten.

Die Basalzellen im Sohlensegment sitzen als hochprismatische, schmale Zellen senkrecht der PAS-positiven Basalmembran auf. Im Bereich der Epithelsprossenbildung entwickeln sich die basalen Zellen zu langen, spindelförmigen Zellen. Zwischen den Basalzellen liegen vereinzelt Parabasalzellen.

Aus den Zellen des Stratum basale differenzieren sich die Zellen des Stratum spinosum. Große, isoprismatische Zellen bilden die unteren Zelllagen der Stachelzellschicht. Durch ein ausgleichendes Wachstum in der unteren Stachelzelllage liegen die oberen Stachelzellen trotz der zuvor beschriebenen Leisten bzw. Papillenbildung auf einer Ebene. Das Stratum spinosum setzt sich im gesamten Sohlenabschnitt aus vier bis sechs Zelllagen zusammen. Als Besonderheit zu den Strata spinosa der bereits dargestellten Segmente reagiert das Zytoplasma der Spinosazellen des Sohlensegmentes histochemisch ab 130 mm SSL (mit der neuen Epidermisgeneration) deutlich mit dem Lektin BSL I (Abb. 15c). Im Gegensatz zu den Spinosazellen des Kronsegmentes kommt es während der Reifung der Keratinozyten im Stratum spinosum des Sohlensegmentes zu keiner lichtmikroskopisch sichtbaren Zunahme der Azidophilie innerhalb des Zytoplasmas dieser Zellen. Während ihrer Reifung flachen die Spinosazellen ab und entwickeln sich durch die Kertohyalinsynthese zu Zellen des Stratum granulosum. Diese Zellen haben ein etwas intensiver azidophil gefärbtes Zytoplasma, welches mit unterschiedlich großen, meist sehr kleinen basophilen Granula durchsetzt ist. Das Stratum granulosum besteht aus ein bis zwei Zelllagen (Abb. 15 e). Aus diesem Stratum granulosum entstehen die Zellen des Stratum corneum. Dieses besteht aus einer flachen Schicht junger, stark eosinophiler Zellen. Ihre Zellgrenzen sind teilweise noch sichtbar, während der Zellkern nicht mehr zu erkennen ist. Zwischen einer Entwicklungsphase von 130 mm SSL und der Geburtsreife differenzieren sich die jungen Hornzellen weiter und bilden eine lockere, aus mehreren Lagen bestehende Hornzellschicht. Die Zellen sind weniger azidophil als die jungen Hornzellen. Wie in der jungen Hornzelllage, so lassen sich auch an den etwas reiferen Hornzellen teilweise noch Zellgrenzen erkennen. Die Dicke der Hornschicht nimmt von proximal nach distal kontinuierlich zu. An der Krallenspitze und laterolateral ist das Sohlenhorn mit dem Terminalhorn des Wandsegmentes verbunden, welches sich durch seine starke Affinität zu sauren Farbstoffen deutlich von dem lockeren Sohlenhorn abhebt.

Über der Hornschicht dieser Epidermisgeneration befindet sich bis zur Geburt des Foetus noch das Stratum superficiale der dritten Epithelgeneration, die sich in der ersten Phase der

Krallenentwicklung ausdifferenziert hat. Es handelt sich hierbei um eine dicke, locker zusammengefügte Schicht aus aufgequollenen, toten Zellmassen (Abb. 15 d). Die Zellen färben sich nur ganz blass eosinophil an und sind palmar umgeben von einem dünnen Saum stark azidophiler Hornzellen aus dem laterodistalen Bereich des Wandsegmentes. Post natum verschwinden diese Zellmassen im Bereich des Sohlensegmentes.

BALLENSEGMENT

Das Ballensegment hat mit 130 mm SSL weitgehend die Lage des Ballensegmentes einer perinatalen Kralle erreicht. Bis 130 mm SSL hat sich das GEFÄßSYSTEM im Ballensegment deutlich weiter entwickelt. Über der tiefen Beugesehne, palmar der Krallenbasis, liegt das subkutane Gefäßnetz (Abb. 17 a). Die Arteriolen und Venulen des subkutanen Gefäßplexus des Zehenballens sind stark gewunden. Vom subkutanen Gefäßplexus des Ballensegmentes verlaufen einige Gefäße weiter dorsodistal zum Kron- und Sohlensegment.

Die SUBKUTANEN GEFÄßE, welche distal in Richtung des freien Endes des Zehenballens verlaufen, vaskularisieren den distalen Abschnitt des Zehenballens. Diejenigen, die sich proximal orientieren, dienen der Vaskularisation des proximalen Abschnittes des Ballensegmentes. Der TIEFE DERMAL GEFÄßPLEXUS, welcher sich schon mit 80 mm SSL gebildet hat, differenziert sich bis ins Perinatalstadium weiter aus. Neben einer Zunahme der Gefäßwanddicke sowie einer Größenzunahme der Gefäßlumina lässt sich eine deutlichere parallele Ausrichtung der Gefäße zur epidermalen Oberfläche erkennen. Tiefer und subkutaner Gefäßplexus stehen über zahlreiche strickleiterartig angeordnete Gefäßverzweigungen miteinander in Verbindung.

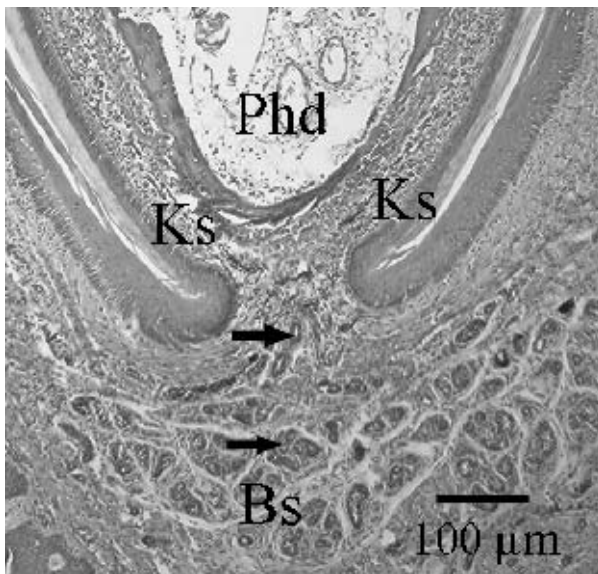
Ab 130 mm SSL differenziert sich zwischen der Epidermis²⁷ sowie dem tiefen dermalen Gefäßplexus ein weiteres Gefäßnetz, das OBERFLÄCHLICHE DERMAL GEFÄßNETZ aus. Dieses verläuft parallel der dermo-epidermalen Grenze. Zudem entwickeln sich ab 130 mm SSL subepidermal im distalen Teil des Zehenballens zusätzliche feine Kapillaren. Diese repräsentieren den Beginn der Entwicklung eines subepidermalen Gefäßnetzes und entwickeln sich mit zunehmender Reifung der Kralle auch proximal. Mit 150 mm SSL sind diese subepidermalen Kapillaren lichtmikroskopisch bereits im gesamten Zehenballenbereich sichtbar.

²⁷ Mit 130 mm SSL besteht im Bereich des Ballensegmentes vorerst nur ein mehrschichtiges, noch unverhorntes Epithel. Erst zwischen 140 mm SSL und 150 mm SSL differenziert sich auch im Ballensegment ein mehrschichtiges, verhorntes Epithel aus, weshalb auch erst ab 150 mm SSL von einer dermo-epidermalen Grenze gesprochen werden darf (siehe: Abschnitt Epithel).

Die SUBKUTIS des Ballensegmentes ist im Vergleich zu den bereits dargestellten Krallensegmenten recht auffällig. Sie liegt zwischen dem subkutanen Gefäßplexus und dem tiefen dermalen Gefäßplexus und erstreckt sich über zirka zwei Drittel der Dicke der gesamten Zehenballenhaut. Mit 130 mm SSL erscheint der Bereich der Unterhaut des Zehenballens relativ locker. Kurze, vorwiegend ungerichtete kollagene Fasern, eingebettet in amorphe Grundsubstanz und einigen Fibroblasten sowie Fibrozyten, bestimmen die Struktur der Subkutis zu diesem Zeitpunkt der Krallenentwicklung. Um die größeren Kapillaren des subkutanen Gefäßnetzes ordnen sich längere, parallel zum Gefäß ausgerichtete Fasern an (Abb. 17 a). Zwischen das lockere Bindegewebe schieben sich vereinzelt vom Oberflächenepithel kommende Sprossen. Diese ordnen sich mit ihren abgerundeten Enden gleichmäßig verteilt in der Unterhaut an. Mit zunehmender Differenzierung und Reifung des Zehenballens verdichtet sich das Gewebe im Bereich der Unterhaut. Dieser Prozess ist an den Zehenballen besonders postnatal zu beobachten. Durch eine Zunahme an ungeformter und geformter Interzellulärsubstanz erscheint die Unterhaut zellärmer, aber entsprechend faserreicher. Die zuvor noch diffus verteilten, kurzen kollagenen Fasern lagern sich zu dichteren und kompakteren Fasersträngen zusammen. Zwischen 130 mm SSL und 150 mm SSL differenzieren sich die Epithelsprossen zu Ballendrüsen mit den entsprechenden Drüsenausführungsgängen und Drüsenendstücken. Die Drüsenendstücke lagern sich in der Unterhaut zu größeren, inselförmigen Komplexen zusammen und werden von den sich ausbildenden, kräftig argyrophil anfärbbaren Kollagenfasersträngen in Drüsenpakete verpackt (Abb. 2 e u. f). Durch die Ausbildung dieser Drüsenpakete erhält die Unterhaut ab 150 mm SSL eine gekammerte Struktur. Die im Anschnitt vorwiegend kreisförmig angeordneten Drüsenendstücke bestehen aus einschichtigen isoprismatischen Drüsenepithelzellen. Ein großer, runder, basal liegender, euchromatischer Zellkern bestimmt das lichtmikroskopische Aussehen der Drüsenzelle. Die mit 130 mm SSL noch überwiegend geraden Ausführungsgänge werden bis zur Geburtsreife immer geschlängelter. Vereinzelt sind Anschnitte drüsenähnlicher Strukturen am Übergang zwischen der Unterhaut des Ballensegmentes und der Unterhaut des Kronsegmentes zu finden. Diese, sehr weit dorsal angeordneten Drüsenendstücke sind nur bis zur Geburtsreife zu finden (Textabb. 37).

Zwischen dem tiefen dermalen Gefäßplexus und der dermo-epidermalen Grenzebene liegt die LEDERHAUT des Ballensegmentes. Im Gegensatz zur Unterhaut erscheint die Dermis des Zehenballens zellreicher und mit weniger Fasern durchsetzt. Außer dem oberflächlichen dermalen Gefäßplexus werden ab 130 mm SSL im Bereich des distalen freien Endes des Ballensegmentes weitere subepitheliale Gefäße gebildet. Diese ordnen sich entsprechend des

Verlaufes der dermo-epidermalen Grenzebene an. Mit der Ausbildung dieser Gefäße verformt sich die dermo-epidermale Grenzebene.



TEXTABBILDUNG 37:

Querschnitt durch die Kralle eines geburtsreifen Hundefoetus. HE-Färbung.

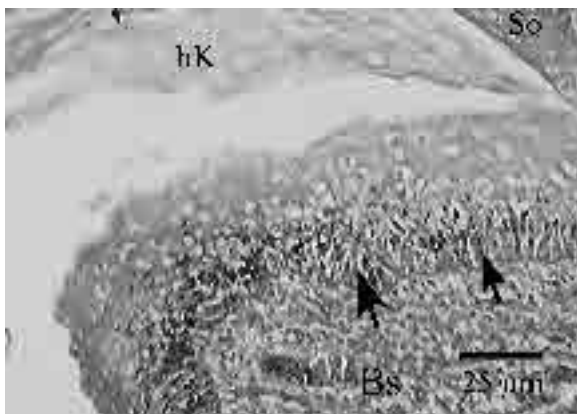
Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt des Überganges zwischen dem Kronsegment (Ks) und dem Ballensegment (Bs). Die Pfeilspitzen markieren die Zehenballendrüsen, welche in dieser Entwicklungsphase der Hundekralle sehr weit nach dorsal (oberer Pfeil) reichen. Phalanx distalis (Phd)

Ab 130 mm SSL bilden sich erste wellenförmige Strukturen im Bereich des PAPILLAR-KÖRPERS des Zehenballens aus. Vom distalen Teil des Ballen setzt sich dieser Prozess proximopalmar fort. Mit dieser weiteren Entwicklung des Papillarkörpers entstehen aus der anfänglich wellenförmigen Lederhautoberfläche Papillen. Bis zur Geburtsreife haben sich aus den Lederhautleisten resp. -blättchen große Papillen ausdifferenziert. Die zylinderförmigen Papillen stehen senkrecht zur dermo-epidermalen Grundfläche und sind im Bereich der Spitze kuppelförmig abgerundet. Bis zur Geburt enthält jede Papille eine eigene Kapillarschleife, umgeben von einigen kurzen kollagenen Fasern und amorpher Grundsubstanz sowie wenigen Fibroblasten und Fibrozyten. Mit zunehmender Reifung und Differenzierung der Papillen post natum lassen sich immer mehr Bindegewebszellen in den einzelnen Papillen erkennen. Die Papillen des Ballensegmentes stehen dicht nebeneinander, wodurch die Papillarkörperoberfläche des Zehenballens eines Foeten mit 150 mm SSL einen „igelrückenähnlichen“ Charakter bekommt. Bis eine Woche post natum wird zunehmend geformte und ungeformte Interzellulärsubstanz gebildet, so dass es zu einer Verdichtung des dermalen Gewebes und damit auch des Gewebes innerhalb der Papillen kommt. Die Form der Papillen bleibt während dieser weiteren Differenzierung konstant. Erst post natum vergrößern sich Basisdurchmesser sowie Höhe der Papillen. Der Abschnitt des Papillarkörpers des Zehenballens, welcher das Sohlensegment teilweise von palmar bedeckt und sich an seinem freien Ende distal in den palmar Bereich des Zehenballens umschlägt, bleibt glatt.

Strukturelle Veränderungen sind in diesem Zehenballenabschnitt auch in den Krallen von Welpen eine Woche post natum lichtmikroskopisch nicht auszumachen. Die Ausprägung subepidermaler Gefäße ist in diesem Krallenabschnitt viel geringer als in den übrigen Zehenballenbereichen.

Wie bereits für die Subkutis dargestellt, so kommt es ab 80 mm SSL zur Ausbildung von EPITHELSPROSSEN, welche die dermo-epidermale Grenzfläche einstülpen (Textabb. 11 u. Abb. 17 a) und Richtung Subkutis weiter wachsen. Dieser Vorgang beginnt zirka im mittleren Drittel des palmaren Abschnittes des Ballensegmentes und schreitet distal sowie proximal fort. Mit der Ausbildung der Papillen enden die Drüsenausführungsgänge zwischen den Papillen an der Papillenbasis. Während die Ausführungsgänge im histologischen Schnitt durch ihren geraden Verlauf mit 130 mm SSL noch gut sichtbar sind (Abb. 2 d), wird die Betrachtung dieser Gänge durch die zunehmende Schängelung lichtmikroskopisch schwieriger. Am Zehenballen eines Welpen sind diese nur schwer zu verfolgen (Abb. 2 f). Drüsenausführungsgänge fehlen in dem der Sohle zugewandten Zehenballenabschnitt. Durch die unterschiedliche Ausbildung des Papillarkörpers, sowie das Nichtvorhandensein der Drüsenausführungsgänge, ist das Ballensegment in zwei Abschnitte zu untergliedern, einen dem Sohlensegment zugewandten Abschnitt und in den Bereich, welcher sich vom distalen freien Ende proximopalmar umschlägt und einen Halbkreis beschreibend proximal zieht.

Eine PAS-positive Basalmembran bildet die dermo-epidermale Grenzebene. Mit 130 mm SSL gleicht das EPITHEL des Ballensegmentes noch dem unverhornten mehrschichtigen Epithel der dritten Epithelgeneration und hat sich damit zwischen 80 mm SSL und 130 mm SSL kaum weiterentwickelt (Textabb. 38).



TEXTABBILDUNG 38:

Längsschnitt durch die Kralle eines Foetus mit 130 mm SSL. PAS-Färbung.

Die Abbildung zeigt den Bereich des Zehenballens (Bs), welcher der Sohle (So) zugewandt ist. Die Pfeile sind auf die Basalzellen gerichtet. Aus den Basalzellen differenzieren sich die Zellen des Stratum spinosum, welches in dieser Phase der Krallenentwicklung am Zehenballen noch relativ undifferenziert ist; hinfallige Krallenkapsel (hK)

Die Basalzellen des Zehenballenabschnittes bestehen auf der der Sohle zugewandten Seite aus teils iso-, teils hochprismatischen Zellen. Sie sitzen einer PAS-positiven Basalmembran auf. Ein vier bis fünf Zelllagen dickes, aus großen, isoprismatisch- bis polymorphen Zellen aufgebautes Stratum intermedium bedeckt die Basalzellen. Die Zellen des Stratum intermedium färben sich nur schwach azidophil sowie blass PAS-positiv an. Der Zellkern der einzelnen Intermediärzelle ist groß und rund und liegt mittig im Zellkörper. Dem Stratum intermedium folgt ein Stratum superficiale. Dieses setzt sich aus den großen, locker zusammengefügteten toten Zellmassen zusammen, wie sie in der dritten Epithelgeneration des Sohlensegmentes zu finden sind und verbindet sich auch mit dieser. Im Bereich der distalen Umschlagstelle des Zehenballens werden die Basalzellen vorwiegend hochprismatisch. Auch hier kommt es ab 130 mm SSL vereinzelt zu Kondensationen von Basalzellen. Die Bildung dieser ersten Basalzellzusammenlagerungen steht im Zusammenhang mit der dreidimensionalen Verformung der dermo-epithelialen Oberfläche. Auf der palmaren Fläche des Zehenballens kommt es bis 150 mm SSL zu einer verstärkten Zusammenlagerung spindelförmiger Basalzellen und damit zu einer Zunahme an Basalzellsprossen.

In diesem Zehenballenabschnitt flachen die oberen Zelllagen des Stratum intermedium mit zunehmender Reifung ab. Im Gegensatz zu den weiter basal liegenden Intermediärzellen zeigen sie eine stärkere Affinität zu azidophilen Farbstoffen und gehen stufenlos in die Zellen des Stratum superficiale über. Diese Superfizialzellen bauen nur eine Zelllage auf. Sie liegen als oberflächenparallel abgeflachte Zellen auf dem Stratum intermedium. In den Zellen des Stratum superficiale des Ballensegmentes lassen sich größtenteils noch Zellkerne erkennen.

Bis 150 mm SSL ist aus dem noch weitgehend unspezialisierten oberflächlichen Epithel ein mehrschichtig verhorntes Plattenepithel entstanden. Dieses gleicht in seinem Aufbau der für diese Entwicklungsphase segmentübergreifend beschriebenen Epidermis.

Auch in der Ausbildung der Epidermis müssen wiederum die beiden Abschnitte, die der Krallensohle zugewandten Seite und die palmare, freie Seite, unterschieden werden. Die Epidermis auf der der Krallensohle zugewandten Seite sitzt einer deutlich glatten, PAS-positiven Basalmembran auf. Die Basal- und Parabasalzellen sind iso- bis hochprismatisch. Das sich aus den Basalzellen differenzierende Stratum spinosum setzt sich aus drei bis vier Zelllagen zusammen. Die Stachelzellen sind größer als die Basalzellen und haben ein geringeres Kern-Plasma-Verhältnis. Der Zellkern liegt in den unteren Zelllagen in der Mitte, wird jedoch mit weiterer Differenzierung der Zelle in die Peripherie geschoben. Wie auch schon das Zytoplasma der Stachelzellen des Sohlensegmentes, so reagiert auch das

Zytoplasma der Zellen des Stratum spinosum des Ballensegmentes histochemisch deutlich mit dem Lektin BSL I. Mit der weiteren Reifung flachen die Zellen des Stratum spinosum zur Oberfläche hin ab. Am Übergang zum Stratum corneum bildet sich eine dünne Zelllage aus. Diese enthält im Zytoplasma der einzelnen Zellen feine, basophile Granula, wodurch diese Epithellage als Stratum granulosum charakterisiert ist. Dieses Stratum granulosum ist im Ballensegment ab 150 mm SSL zu erkennen. Aus den Zellen des Stratum granulosum differenziert sich das Stratum corneum. Die Hornzelllage ist in diesem Teil des Zehenballens noch relativ dünn, wächst aber kontinuierlich proximodistal von anfänglich zwei auf bis zu sechs Zelllagen an. Die Hornzelllagen liegen locker, abgeflacht übereinander und haben eine faserartige Struktur. In dem kräftig azidophilen Horn des Zehenballens sind lichtmikroskopisch weder Zellkernreste noch Zellgrenzen zu erkennen.

Das Stratum basale des palmaren Abschnittes des Zehenballens ab 150 mm SSL besteht aus Basal- sowie Parabasalzellen. Als vorwiegend hochprismatische Zellen sitzen sie einer PAS-positiven Basalmembran auf und ähneln den Zellen des Stratum basale des zuvor beschriebenen Zehenballenabschnittes.

Das Stratum spinosum besteht aus sechs bis acht Stachelzelllagen. Die Stachelzellen verhalten sich histochemisch wie die Stachelzellen des Stratum basale des zuvor beschriebenen Zehenballenabschnittes.

Das Stratum corneum bildet sich wieder unter der vorherigen Bildung eines Stratum granulosum. In den granulierten Zellen sind im gesamten Zytoplasma der einzelnen Zelle verteilte, unterschiedlich große, basophile Granula zu erkennen. Das Stratum corneum im palmaren Zehenballenabschnitt ist eine dicke, locker angeordnete, bis zur Geburt des Welpen aus fünf bis sechs abgeplatteten Zelllagen zusammengesetzte Hornzellschicht. Die jungen Hornzelllagen färben sich kräftig azidophil an, während die älteren Hornzellen nur noch blass azidophil anfärbbar sind.

Post natum kommt es auch zu einer Verdichtung der Zellen im epidermalen Abschnitt des Zehenballens. Mit der weiteren Entwicklung des Foetus zum Welpen und vom Welpen zum juvenilen Hunde nimmt auch die Höhe sowie der Durchmesser der Papillen zu. Während bis zur Geburtsreife die Anordnung der Spinosazellen zur Bildung einer glatten Oberfläche führen (egalisiertes Wachstum), entsteht eine Woche post natum eine zunehmend wellenförmige epidermale Oberfläche (Abb. 17 e). Durch die unterschiedliche Proliferationsrate sowie Anordnung der Spinosazellen findet kein egalisiertes Wachstum statt, so dass die sich weiter ausdifferenzierende Hornzellschicht einer gewellten Unterlage aufsitzt. Da

dieser Prozess bei einem Welpen eine Woche post natum noch nicht weiter vorangeschritten ist, erscheint die palmare Zehenballenoberfläche eines einwöchigen Welpens an ihrer verhornten Oberfläche noch weitgehend glatt (Abb. 2 f).

4.4 RASTER- UND LICHTMIKROSKOPISCHE BEFUNDE ZUR ENTWICKLUNG DER HUNDEKRALLE WÄHREND DER DRITTEN PHASE DER KRALLENENTWICKLUNG

Dieses Kapitel beschreibt den Aufbau der Kralle des JUVENILEN sowie ADULTEN HUNDES nach der Ausbildung der segmentspezifischen Gefäßplexus und nach der Ausformung des segmentspezifischen Papillarkörpers.

Mit der Geburt des Hundewelpen ist die Entwicklung der Hundekralle noch nicht abgeschlossen, sondern es vollziehen sich weitere Anpassungsprozesse in allen drei Hautschichten sowie dem Krallenbein.

4.4.1 ALLGEMEINE BESCHREIBUNG DES KRALLENBEINES EINES JUVENILEN UND ADULTEN HUNDES

Das KRALLENBEIN eines vier Wochen alten Welpen entspricht noch nicht dem Krallenbein eines adulten Hundes. Der Krallenbeinfortsatz ist vier Wochen post natum vollständig verknöchert, die Krallenbeinbasis besteht zu einem großen Teil noch aus hyalinem Knorpelgewebe. Am dorsolateralen Rand der Krallenbeinbasis kommt es zu einer Zubildung von Knorpelgewebe

Das Krallenbein eines adulten Hundes ist vollständig verknöchert und lässt lichtmikroskopisch nur noch im Bereich des distalen Zehengelenkes Knorpelgewebe erkennen. Vom proximalen Teil des Krallenbeines ausgehend, hat sich eine die Krallenbeinbasis schirmartig dorsolateral umschließende distal ragende Crista unguicularis entwickelt (Abb. 18 b).

4.4.2 DIE FORM DES SEGMENTSPEZIFISCHEN PAPILLARKÖRPERS UND DER AUFBAU DER EPIDERMIS DER KRALLEN EINES JUNGEN SOWIE ADULTEN HUNDES

SAUMSEGMENT

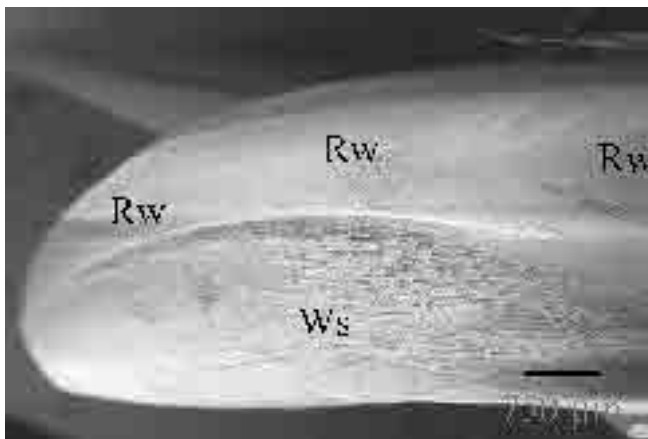
Der PAPILLARKÖRPER des Saumsegmentes ist sowohl in der Welpenkralle, als auch in der Kralle eines adulten Hundes glatt. Auffällig sind die in der adulten Hundekralle proximodistal

ausgerichteten kollagenen Faserbündel innerhalb der Dermis (Abb. 18 c). Die dermo-epidermale Grenzfläche ist durch eine PAS-positive Basalmembran deutlich darzustellen. Die Saumepidermis ist ein mehrschichtiges Plattenepithel, in dem in der Welpenkralle ein Stratum granulosum auftritt, welches in den adulten Hundekralen nicht nachgewiesen werden kann.

KRONSEGMENT

Das Kronsegment ist in einen proximalen und einen distalen Abschnitt zu untergliedern. Der proximale Abschnitt liegt teilweise im Außenblatt und teilweise im Innenblatt der Krallentasche. Der Übergang in den distalen Teil des Kronsegmentes verläuft in einem leicht konvexen Bogen distal. An der Kralle eines adulten Hundes hüllt die Crista unguicularis des Krallenbeines den proximalen Teil des Kronsegmentes ein.

Der PAPILLARKÖRPER im Kronsegment der Kralle eines juvenilen sowie eines adulten Hundes zeigt nur noch vereinzelt distal ragende Papillen. Diese sind kurz und erscheinen rasterelektronenmikroskopisch unregelmäßig über die sonst weitgehend glatte Papillarkörperoberfläche des Kronsegmentes verteilt. Während in der Welpenkralle der Rückenwulst noch sehr deutlich hervortritt, hat sich dieser im mittleren und distalen Krallendrittel in der adulten Kralle entweder zu einem ganz flachen oder sich leicht erhebenden proximodistal ziehenden glatten Streifen reduziert (Textabb. 39 u. Abb. 19 a).



TEXTABBILDUNG 39:

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des Papillarkörpers einer Kralle eines adulten Hundes. Dorsolateralansicht. Der Rückenwulst (Rw) stellt sich hier als flacher, überwiegend glatter Streifen dar. Wandsegment (Ws)

Der Papillarkörper des Rückenwulstes ist im proximalen und mittleren Drittel glatt. Erst im distalen Drittel des Rückenwulstes sind in der Kralle eines adulten Hundes kleine proximodistal ausgerichtete, parallel angeordnete Leisten zu erkennen, deren Höhe in proximodistaler

Richtung zunimmt. An den nach distal ragenden Enden der Rückenwulstleisten entspringen längere, distal gerichtete terminale Kronpapillen (Abb. 19 a).

Die EPIDERMIS gleicht der Beschreibung der Oberhaut des zweiten Abschnitt der Krallenentwicklung. Es kommt im Laufe der postnatalen Entwicklung zu einer enormen Zellzubildung im Stratum spinosum sowie zu einer enormen Zunahme der Dicke des Stratum corneum. Eine dicke Übergangsschicht aus stark azidophilen Zellen in den oberen Lagen des Stratum spinosum charakterisiert die Kronsegmentepidermis. Die Hornzellen des Kronsegmentes werden einschließlich derjenigen über dem Rückenwulst gebildeten distal geschoben, wodurch die Dicke der Hornzellschicht im Kronsegment insbesondere dorsal stetig in distaler Richtung zunimmt. Von den proximolateralen Bereichen schiebt sich das dort gebildete Horn über die Epidermis des Wandsegmentes distal und bleibt annähernd konstant dick. Innerhalb der Hornschicht des Kronsegmentes sind häufig noch Kernreste zu sehen (Abb. 18 a u. e).

WANDSEGMENT

Das Wandsegment setzt sich aus den zwei lateralen Abschnitten und dem Zehnrückenteil zusammen. Die Abgrenzung erfolgt in der gleichen Weise, wie für sie für die zweite Phase der Krallenentwicklung dargestellt ist.

Der PAPILLARKÖRPER des Wandsegmentes der Kralle eines adulten Hundes besteht aus proximodistal gerichteten Leisten, die sich im distalen Drittel des Wandsegmentes zu Blättchen differenzieren (Abb. 19 b). Die Blättchen sind in einem konvexen Bogen von proximodorsal nach distopalmar angeordnet und enden an der Krallenspitze sowie lateropalmar von dieser (Abb. 19 b) mit kegelförmig spitz zulaufenden Terminalpapillen (Textabb. 23 u. Abb. 19 a). Etwas weiter proximal befinden sich im distalen Teil des Wandsegmentes auf den Firsten der Blättchen weitere Papillen. Diese Kappenpapillen sitzen den Blättchen mit einer breiten Basis auf und sind dorsodistal geneigt. Ihre Enden sind kuppelförmig abgerundet. Die Papillen auf den Firsten der Blättchen sind kürzer und kompakter als die terminalen Wandpapillen (Textabb. 23).

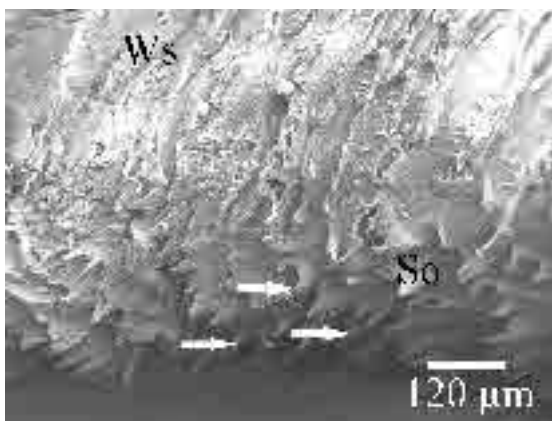
Die EPIDERMIS des lateralen Teiles des Wandsegmentes gleicht der Epidermis, wie sie für den zweiten Teil der Krallenentwicklung beschrieben ist. Die hochprismatischen Basalzellen sitzen einer PAS-positiven Basalmembran auf. Aus ihnen differenziert sich ein drei bis vierschichtiges Stratum spinosum. Ein dünnes, aus ein bis zwei Zelllagen bestehendes Stratum corneum bildet die Grenze zum sich darüber schiebenden Stratum corneum des

Kronsegmentes. Eine Besonderheit tritt an der Krallenspitze auf, wo es zu einer weiteren Zubildung von Hornzelllagen kommt. Das Stratum spinosum wächst auf vier bis fünf Zelllagen an. Die Zellen des Stratum spinosum nehmen mit zunehmender Reifung deutlich an Azidophilie zu. Während jedoch bis einen Woche post natum im Bereich der Krallenspitze kein Stratum granulosum zwischen Stratum spinosum und Stratum corneum lichtmikroskopisch zu erkennen ist, tritt ein solches an der Kralle von vier Wochen alten Welpen auf (Abb. 18 a). Dieses geht stufenlos in das Stratum corneum des Sohlensegmentes über. An der Kralle eines adulten Hundes ist dieses Stratum granulosum jedoch nicht mehr vorhanden. Die Dicke des Stratum corneum wächst von proximolateral nach distopalmar von zwei bis drei auf fünf bis sieben Zelllagen an. Das Terminalhorn ist kräftig azidophil und unterscheidet sich deshalb deutlich von dem von proximolateral kommenden Kronhorn, welches sich nur noch blass azidophil anfärben lässt.

SOHLESEGMENT

Das Sohlensegment umfasst den schmalen, palmar liegenden Bereich der Kralle. Es beginnt latero- und distopalmar als Fortsetzung des Wandsegmentes in Form einer dreieckigen Fläche, wobei die Dreiecksbasis distal liegt und die Dreiecksspitze als schmalerer Streifen proximal ausläuft (Abb. 19 b).

Der PAPILLARKÖRPER besteht im distalen Drittel des Sohlensegmentes aus nach distal geneigten, haifischflossenartigen Papillen (Textabb. 40 u. Abb. 19 b). Diese sind parallel angeordnet und bilden in einer gedachten Linie die Fortsetzung der Blättchen des Wandsegmentes. Im mittleren Drittel des Sohlensegmentes werden die parallel angeordneten Papillen durch dünne Leisten fortgesetzt. Im proximalen Drittel nimmt die Anzahl dieser Leisten ab, wohingegen sich dort aus den Leisten kleine, warzenförmige Papillen ausdifferenzieren (Abb. 19 b).

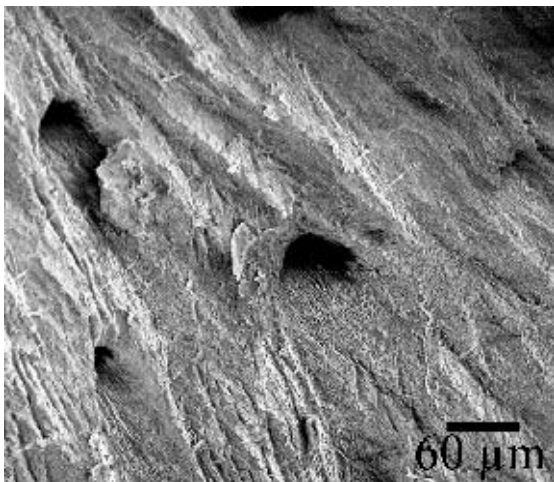


TEXTABBILDUNG 40:

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des Papillarkörpers des distalen Teiles des Sohlensegmentes eines adulten Hundes nach der Exunguikulation. Essigsäuremazeration. Der Papillarkörper des distalen Teiles des Sohlensegmentes besteht aus nach distal geneigten, haifischflossenähnlich geformten Papillen (Pfeile).

Die EPIDERMIS des Sohlensegmentes gleicht derjenigen in der zweiten Entwicklungsphase der Kralle. In der Kralle adulter Hunde hat sich jedoch das Stratum spinosum auf acht bis zehn Zelllagen, das Stratum corneum sogar auf bis zu zwanzig Zelllagen verdickt. Weiterhin ist die Sohlenepidermis durch die Ausprägung eines Stratum granulosum charakterisiert. Dieses Stratum granulosum setzt sich nur aus ein bis zwei Zelllagen zusammen. Die Granula sind sehr feinkörnig und vorwiegend um den Zellkern herum angeordnet (Abb. 18 d).

Die Hornschicht fällt im Sohlensegment durch seine im Vergleich zum Kron- und Wandhorn deutlich aufgelockerte Struktur auf. An der exunguikulierten Kralle sind im Bereich der zur Dermis gerichteten Seite der Epidermis (Matrize) des Sohlensegmentes deutliche röhrenartige Vertiefungen zu erkennen. Diese passen zu den haifischflossenähnlichen Papillen des Papillarkörpers (Textabb. 40 u. 41).



TEXTABBILDUNG 41:

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der basalen Seite der Epidermis des distalen Teiles des Sohlensegmentes eines adulten Hundes nach der Exunguikulation. Essigsäuremazeration. Diese Abbildung zeigt epidermale Röhren, welche sich auf epidermaler Seite korrespondierend zu den dermalen Papillen bilden.

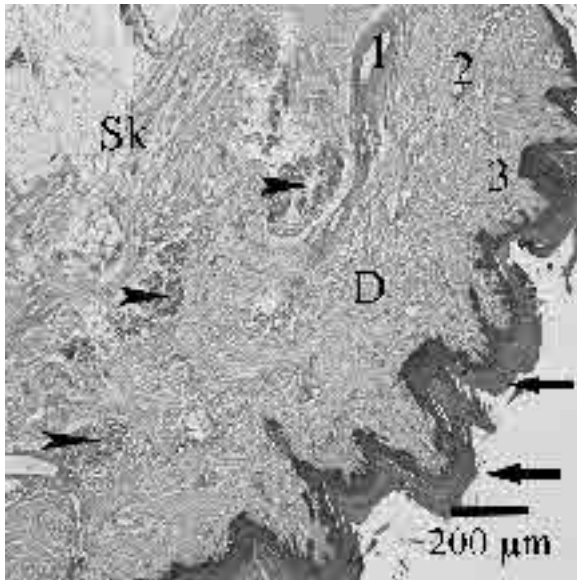
BALLENSEGMENT

Das Ballensegment schließt sich proximopalmar dem Sohlensegment an. Mit seinem distalen Ende überdeckt es annähernd das proximale Drittel der Krallensohle, proximal reicht es noch etwas über die Höhe des distalen Zehengelenkes hinaus.

Das Ballensegment des adulten Hundes fällt besonders durch das Auftreten von ZEHEN-BALLENDRÜSEN (Textabb. 42) sowie durch die zunehmende Einlagerung von Fettzellen auf.

Während bei einem Welpen eine Woche post natum noch überwiegend Bindegewebsfasern in der Subkutis zu sehen sind, besteht die Unterhaut des Zehenballens eines adulten Hundes zum größten Teil aus Fettzellen (Textabb. 43). Dicke Bänder kollagener Fasern sowie zahlreiche

kleinere Fasern durchziehen die Unterhaut und schließen die Fettzellen zu dicken, dichten Polstern zusammen.

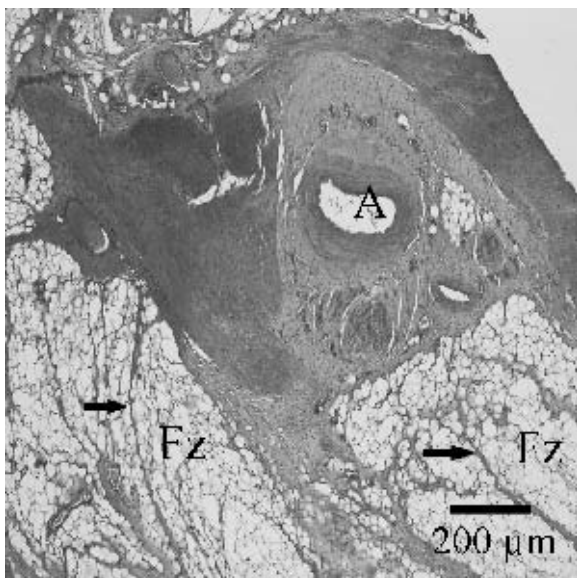


TEXTABBILDUNG 42:

Querschnitt durch den Zehenballen eines adulten Hundes. HE-Färbung. Die Epidermis des Ballens verhornt unter Bildung eines Stratum granulosum. An der Ballenoberfläche kommt es zur Ausbildung konisch geformter Papillen (Pfeile). Die Grenze zwischen Dermis (D) und Subkutis (Sk) bildet der tiefe dermale Gefäßplexus (1). Innerhalb der Dermis liegt der oberflächliche dermale Gefäßplexus (2) sowie der subepidermale Gefäßplexus (3). Die Pfeilköpfe sind auf die paketartig auftretenden Zehenballendrüsen gerichtet.

In der Unterhaut, zum Teil auch noch in der Dermis, liegen zahlreiche schlauchförmige Drüsen (Textabb. 42).

Ein dichtes Netz kollagener Fasern, die durchzogen sind von Gefäßen und Drüsenausführungsgängen, bestimmt das Bild der LEDERHAUT des Zehenballens. Die Lederhaut des Zehenballens ist relativ dick. Die Grenze zwischen Dermis und Subkutis bildet das tiefe dermale Gefäßnetz. Es verläuft parallel zur palmaren Oberfläche des Zehenballens. Von ihm gehen Gefäßäste an das oberflächliche dermale Gefäßnetz ab, welches die Dermis des Zehenballens nochmals in ein Stratum superficiale und ein Stratum profundum untergliedert.



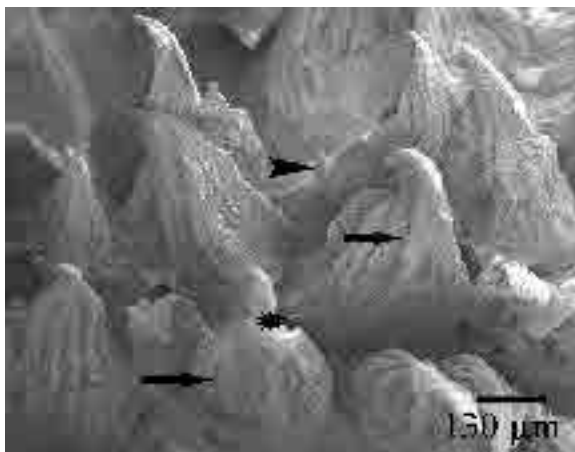
TEXTABBILDUNG 43:

Querschnitt durch den Zehenballen eines adulten Hundes. HE-Färbung. Die Abbildung zeigt die reichhaltige Einlagerung von Fettzellen in der Unterhaut. Die Fettzellen lagern sich in Paketen zusammen und werden von bindegewebige Septen (Pfeile) durchzogen. Innerhalb des Bindegewebes der Unterhaut liegen auch zahlreiche Gefäße. Neben kleineren Arteriolen und Venulen kommen hier auch größere Arterien (A) und Venen vor.

Das Stratum superficiale bildet den PAPILLARKÖRPER aus. Dieser besteht im Bereich des Zehenballens aus Papillen. Die Lederhautpapillen besitzen eine pyramidenförmige Gestalt. Das heißt, dass sie eine breite Basis haben und spitz zulaufend sich zum apikalen Ende hin verjüngen (Textabb. 44). Aus einer Papillenbasis können sich auch zwei gleichwertige Papillenspitzen differenzieren (Textabb. 44). Neben diesen Hauptpapillen treten zahlreiche Nebenpapillen auf. Diese gehen meist direkt aus einer gemeinsamen Basis mit der Hauptpapille hervor, sind jedoch wesentlich kürzer als die Hauptpapillen (Textabb. 44). Die Hauptpapillen weisen eine deutliche Kannelierung auf. Darunter sind oft sehr tiefe, rinnenförmige Einkehlungen zu verstehen, welche in regelmäßigen Abständen die Papillenoberfläche einsenken (Textabb. 44).

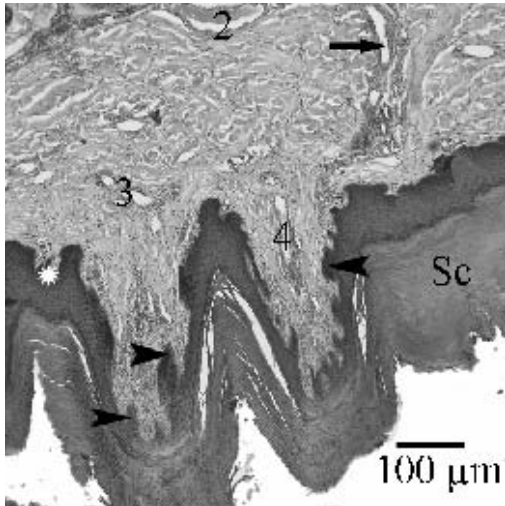
Die Blutversorgung der Papillen erfolgt von einem subepidermalen Gefäßplexus, welcher über Gefäßäste mit dem oberflächlich dermalen Gefäßplexus in Verbindung steht. Aus diesem gehen wiederum weitere Kapillarschlingen in die einzelnen Papillen ab (Textabb. 45).

Die EPIDERMIS des Ballensegmentes gleicht derjenigen in der zweiten Entwicklungsphase der Kralle. Dabei verhornen die Zellen unter Bildung eines Stratum granulosum. Das Stratum spinosum besteht aus fünf bis sechs Zellschichten und ist damit im Vergleich zu dem aus fünfzehn bis zwanzig Zellschichten starken Stratum corneum relativ dünn. Das zwischen Stratum spinosum und Stratum corneum ausbildende Stratum granulosum setzt sich aus zwei Zellschichten zusammen. Die Granula sind sehr feinkörnig und vorwiegend um den Zellkern herum angeordnet.



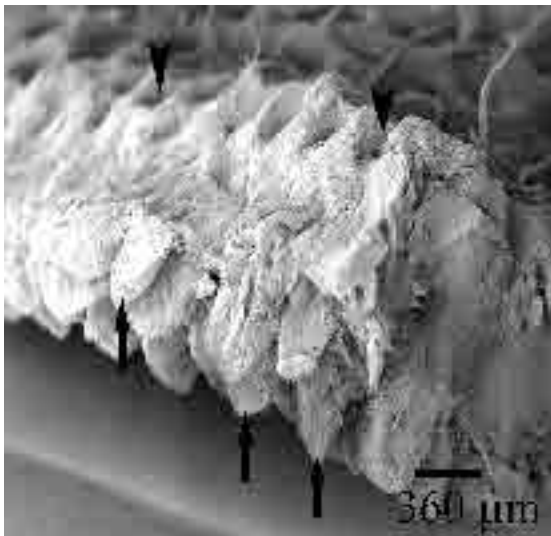
TEXTABBILDUNG 44:

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des Papillarkörpers des Zehenballens eines adulten Hundes nach der Exunguikulation. Essigsäuremazeration. Die Lederhautpapillen sitzen auf einer breiten Basis auf und laufen nach apikal spitz zu. Die Papillenoberfläche ist charakterisiert durch eine deutliche, in Längsrichtung zur Papillenachse verlaufende Kannelierung (Pfeile). Aus einer Basis bilden sich teilweise zwei oder mehr Papillen aus (Sternchen). Des Weiteren bilden sich aus einer Hauptpapillenbasis kleinere Nebenpapillen (Pfeilkopf).

**TEXTABBILDUNG 45:**

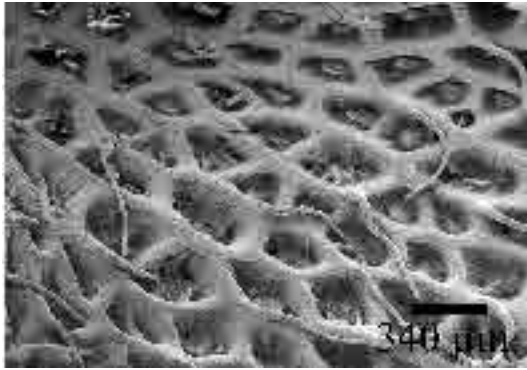
Querschnitt durch den Zehenballen eines adulten Hundes. HE-Färbung. Der oberflächliche dermale Gefäßplexus (2) steht über Gefäßäste (Pfeil) mit dem subepidermalen Gefäßnetz in Verbindung (3). Aus dem subepidermalen Gefäßnetz ziehen Kapillarschlingen (4) in die einzelnen Papillen hinein. Die Pfeilköpfe deuten auf das Äquivalent der rasterelektronenmikroskopischen sichtbaren Kannelierungen. Aus der Basis einer Hauptpapille bilden sich häufig noch kleinere Nebenpapillen (Sternchen) aus.

Während es im Welpenalter noch zu einem ausgleichendem (egalisierendem) Wachstum der Epidermis kommt und diese daher auf ihrer palmaren Fläche glatt erscheint (Abb. 18 a), haben sich an der epidermalen Oberfläche der adulten Hundekralle konische Papillen ausdifferenziert (Textabb. 45 u. 46).

**TEXTABBILDUNG 46:**

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Epidermis des Zehenballens eines adulten Hundes. Essigsäuremazeration. Dieser Bildausschnitt zeigt einen Querschnitt durch die gesamte Epidermis. Die Pfeilköpfe sind auf die röhrenartigen Vertiefungen gerichtet, welche sich korrespondierend zum Papillarkörper entwickeln. Die Pfeile deuten auf die konischen Hornpapillen des Zehenballens.

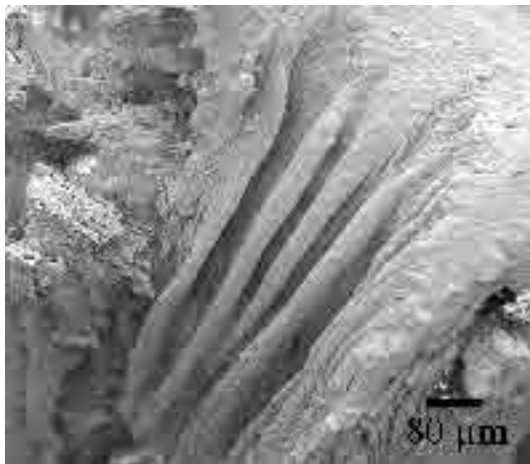
Diese dermalen Papillen bilden die Grundlage der epidermalen Papillen. Hier führen die Zellen des Stratum spinosum zu keinem egalisierendem Wachstum mehr. Nach der Trennung von Dermis und Epidermis sind auf der basalen Seite der Epidermis, also derjenigen Seite, welche direkt an die Dermis anschließt, in regelmäßigen Abständen Vertiefungen zu sehen. In einer Übersichtsaufnahme bilden die Vertiefungen ein wabenartiges Muster (Textabb. 47).

**TEXTABBILDUNG 47:**

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Epidermis des Zehenballens eines adulten Hundes. Essigsäuremazeration. Die wabenartige Struktur zeigt die Epidermis auf der zur Dermis gerichteten Seite. Die Vertiefungen bilden die Matrice zum Papillarkörper, welcher die Patrize darstellt.

Innerhalb einer Vertiefung zeigt sich im Bereich der Kannelierung der dermalen Papillen eine leistenförmige epidermale Struktur (Textabb. 48).

Die Hornzellschicht des Ballensegmentes weist noch deutliche Zellgrenzen und Zellkernreste auf. Sie unterscheidet sich von der Hornzellschicht des Sohlensegmentes durch ihre viel kompaktere Struktur. Während die Hornzellen des Sohlensegmentes eher locker zusammengefügt erscheinen, zeigt sich das Stratum corneum des Ballensegmentes als eine dicht gepackte, kompakte Schicht.

**TEXTABBILDUNG 48:**

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Epidermis des Zehenballens eines adulten Hundes. Essigsäuremazeration. Diese Aufnahme zeigt die korrespondierende epidermale Vertiefung mit einer dermalen Papille, wobei hier die eine Hälfte der ansonsten hohlkegelartigen Vertiefung entfernt ist. Anstelle der Kannelierung auf dermalen Seite sind im Bereich der Epidermis kleine Leisten zu finden.