

## F. ZUSAMMENFASSUNG

Für die Untersuchung der Feinstruktur der Gefäße der Rinderklaue wurde eine verbesserte Injektions- und Korrosionsmethodik entwickelt, die an die besondere Problematik des zu untersuchenden Organgebietes angepaßt wurde und eine vollständige Gefäßfüllung in allen Segmenten der Klaue ermöglicht. Verschiedene Injektionsmedien und Injektionstechniken wurden eingesetzt und hinsichtlich des Füllungsgrades und der Qualität der resultierenden Gefäßausgüsse miteinander verglichen. Die Vollständigkeit der Gefäßfüllung bis in den Kapillarbereich wurde durch eine histologische Untersuchung von Serienschnitten injizierter Klauen überprüft. Mittels der verbesserten Technik wurden Mikrokorrosionspräparate aller vier Klauen von 46 Vorder- bzw. Hintergliedmaßen adulter Rinder und von drei Vorder- bzw. Hintergliedmaßen von Kälbern im Alter von acht bis zwölf Wochen angefertigt. An diesen Präparaten wurden die arterielle und venöse Versorgung der Klauen der Vorder- und Hintergliedmaße und insbesondere die vaskuläre Versorgung der einzelnen Klauensegmente sowie mögliche zirkulatorische Engpässe untersucht. Zusätzlich wurden postmortale Organscheiben-Angiogramme von gesunden und pathologisch veränderten Klauen (Ballenhornerosion, Doppelsohlenbildung, Dermatitis interdigitalis) von Hintergliedmaßen adulter Rinder untersucht.

Durch eine systematische rasterelektronenmikroskopische Untersuchung der Mikrokorrosionspräparate konnte erstmals die dermale und - soweit vorhanden - subkutane Mikrovaskularisation in allen Segmenten der Klaue dargestellt werden. Dabei wurde besonderer Wert auf die Angioarchitektur der Lederhautpapillen und -lamellen sowie Unterschiede zwischen Haupt- und Afterklauen bzw. zwischen der adulten und der juvenilen Klaue gelegt. Die aus der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung gewonnenen Befunde und die Beziehung des subepidermalen Gefäßnetzes zum Papillarkörper wurden anhand von Serienschnitten aus allen Segmenten der Klaue überprüft. Die Angioarchitektur der Lederhautzöttchen und -blättchen in den einzelnen Segmenten der Klaue zeigte eine enge Beziehung zur jeweiligen segmentspezifischen Form des Papillarkörpers. Das Grundprinzip der *papillären* Gefäßversorgung mit zentral gelegener A. und V. papillaris, die an der Zottenspitze in Form einer kapillären Spitzenschleife ineinander übergehen und im Papillenkörper ein segmenttypisch ausgebildetes, subepidermal gelegenes Kapillarnetz ausbilden, konnte für alle Segmente belegt werden. Dieses Grundprinzip variierte segmentspezifisch in Größe, Form, Ausrichtung und Dichte der vaskulären Papillen, in Ausprägung und Dichte des subepidermalen Kapillarnetzes sowie bezüglich der Länge und des Verdrillungsgrades der Spitzenschleifen. Arteriovenöse Anastomosen konnten in den Lederhautzotten nur sporadisch dargestellt werden. Die ausgeprägt zweidimensionale Angioarchitektur der dermalen

*Lamellen* in Form von zentral gelegenen, die Achse des Blättchens durchziehenden Aa. und Vv. lamellares, die am Blättchenfirst Arkaden und an der Basis und in der Blättchenperipherie ein dichtes kapilläres und venuläres Netz bilden, konnte in allen Bereichen des Wandsegmentes dargestellt werden. Es können direkte und indirekte arteriovenöse Anastomosen an der Basis der Lamellen vorkommen, eine Regelmäßigkeit in ihrer Anordnung trat jedoch nicht zu Tage. Die arteriovenösen Anastomosen spielen in der Mikrozirkulation der Lederhaut eine geringere Rolle, als in der Literatur niedergelegt wurde.

Sechs Vorder- bzw. Hintergliedmaßen wurden vor der Injektion der auspolymerisierenden Kunststoffe mit Histamin oder Laktat behandelt, und anhand der resultierenden Mikrokorrosionspräparate der Einfluß dieser vasoaktiven Substanzen auf die Klauengefäße untersucht. Dabei zeigte sich, daß unter Einfluß dieser vasoaktiven Substanzen in allen Segmenten häufig nur die zentrale Gefäßschleife in den Lederhautpapillen durchblutet wird, während die Zirkulation in den einzelnen Lederhautblättchen des Wandsegmentes zwar unbeeinflußt bleibt, jedoch durch Dilatation der Anastomose zwischen dorsalem Ast des Arcus terminalis und Krongefäßen ein Teil des Blutvolumens an den Gefäßen des Wandsegmentes vorbeigeleitet wird.

Der Vergleich der Befunde von Afterklauen, Kälberklauen und adulten Klauen weist auf einen Zusammenhang zwischen Belastung der Klaue und der Dichte und Differenzierung der Blutgefäße in den Lederhautzöttchen und -blättchen hin.

Zusätzlich wurden weitere Mikrokorrosionspräparate von fünf adulten Hinterklauen raster-elektronenmikroskopisch untersucht, die pathologische Veränderungen (Ballenhornerosion, Doppelsohlenbildung, White-Line-Disease, Hämorrhagien, wachsartige Konsistenz und gelbliche Verfärbung des Hornschuhs, Hornringe, Dermatitis interdigitalis) aufwiesen. Dabei zeigte sich, daß bei diesen Veränderungen eine weitergehende Zergliederung des Papillarkörpers erfolgt, vermutlich als Ausdruck einer kompensatorischen Adaption an durch Fehl- bzw. Überlastung verursachte, lokale ischämisch-hypoxische Zustände.

## G. SUMMARY

### **The microvasculature of the healthy and diseased bovine claw**

For the investigation of the microvasculature of the bovine claw, an improved microcorrosion casting technique was developed. The new method was particularly adapted to surmount the difficulties of the examined vascular system, and rendered a complete vascular filling in all segments of the claw. Various injection media and techniques were tested and compared regarding filling degree and quality of the resulting microcorrosion cast. Completeness of vascular filling including the capillary bed was verified by histological examination of serial sections of plastic-injected specimens. Using the improved microcorrosion technique, 46 fore resp. hind limbs of adult cattle and three fore resp. hind limbs of calves aged eight to twelve weeks were cast. The arterial and venous blood supply of the fore and hind claw, particularly the vascular supply of the different segments of the claw and potential haemodynamic bottlenecks, were studied on the resulting microcorrosion specimens. Additionally, postmortal section-angiograms of healthy and pathologically altered adult hind claws (heel horn erosion, double sole, digital dermatitis) were examined.

By systematic scanning-electron-microscopic examination of the microcorrosion casts, the dermal and - if developed in the respective segment - subcutaneous microvascularisation of all segments of the claw was demonstrated for the first time. Special emphasis was laid on demonstrating the angioarchitecture of the dermal papillae and lamellae, and differences between main and dew claws resp. between adult and juvenile claws. The results gained by scanning-electron-microscopy and the relation of subepidermal vessels and papillary body were verified by serial sections of all segments of the bovine claw. The angioarchitecture of the dermal papillae and lamellae of the different segments of the claw was closely related to the segment-specific formation of the papillary body. The basic pattern of the *papillary vascular supply*, comprising a centrally situated A. and V. papillaris which give rise to a segment-specific, subepidermal capillary net and form a peripheral capillary loop at the tip of the papilla, was confirmed for all segments of the claw. This basic vascular pattern showed segment-related modifications regarding size, form, direction and density of the vascular papillae, occurrence and density of the subepidermal capillary net and regarding length and contortion of the peripheral loop. In the dermal papillae, arteriovenous anastomoses could be demonstrated only sporadically. The marked two-dimensional *laminar angioarchitecture* was demonstrated in all areas of the wall segment. It consisted of centrally situated, axially orientated Aa. and Vv. lamellares, which branched in an arcadiform fashion and gave rise to a dense

capillary and venular net at the base and ridge of the lamellae. At the base of the lamellae, direct and indirect arteriovenous anastomoses were demonstrated, but no regularity in their occurrence was detected. *Arteriovenous anastomoses* apparently do not play such an important role in the microcirculation of the pododerma as suggested in the literature.

On six fore resp. hind limbs, histamine or lactate was administered before injection of the polymerising methacrylates. The influence of these vasoactive substances on the ungular vessels was studied on the resulting microcorrosion casts. In the papillae of all segments, only the central vascular loop of the dermal papillae is perfused under the influence of either histamine or lactate, whereas the circulation of the lamellae remains unaltered. But due to a dilation of the anastomosis between the dorsal branch of the arcus terminalis and the coronary vessels, the blood volume is partly shunted away from the wall segment.

Comparing the results on main and dew resp. juvenile and adult claws, a relation between burdening of the claw and density and differentiation of the dermal papillary and lamellar blood vessels was detectable.

Additional microcorrosion casts of five adult hind claws showing pathological alterations (heel horn erosion, double sole, white-line-disease, haemorrhages, wax-like consistency and yellow discoloration of the horn shoe, horn rings, digital dermatitis) were examined by scanning-electron-microscopy. The pathologically altered specimens featured an enlargement of the papillary surface by further partitioning of the papillary body, presumably as compensational adaptation to local ischaemia caused by improper or over-burdening of the claw.