

6. SCHLUßFOLGERUNGEN

- **Präparate in der Druckpresse**

A- Betrachtung der Hufkräfte:

- 1) Bei planer Fußung bzw. planem Tragrand stellen sich die Hufkräfte als einheitlich mit vergleichbaren Hufkräften unter jedem Hufquadranten dar.

Diese Feststellung zeigt, daß sich die Hufkraftverteilung bei einer planen Fußung symmetrisch und zu ähnlichen Werten verhält. Eine Zehe mit planem, ebenen Tragrand wird daher an den vier Quadranten gleich stark belastet. Der Gesamtkraftangriffspunkt (das geometrische Mittel der vier Druckmeßelemente) befindet sich im Zentrum des Koordinatensystems, d.h. etwa 1,5 bis 2 cm hinter der Strahlspitze.

- 2) Bei der planen Fußung wird die laterale Seite des Beinpräparates um ca. 1% mehr als die mediale Seite belastet.

Entgegen der erwarteten Werte (steile Wand = hohe Last und schräge Wand = wenig Last) weisen die lateralen Meßpunkte (i.d.R. mit schrägerer Wand bis zu 80°) (RUTHE et al., 1997) im Schnitt eine Mehrbelastung von etwa 1% auf. Hierfür stehen zwei mögliche Erklärungen zur Verfügung: Die eine könnte auf einen Meß- bzw. einen Auswertungsfehler zurückzuführen sein, die andere auf das Messen von unregelmäßigen (falsch ausgesuchten) Hufe.

- 3) Unter dem Einfluß eines Keiles im Trachtenbereich kommt es zu einer erheblichen Kraftverschiebung zwischen Hufspitzen- und Trachtenbereich. Die gemittelten Resultate ergeben eine Verringerung der Kraft unter beiden Hufspitzen und eine Erhöhung der Kraft im Trachtenbereich. Weiterhin fällt eine Mehrbelastung der lateralen Seite um ca. 2% auf.

Die Überzeugung, eine Erhöhung der Trachten würde zu einer steigenden Kraftentstehung im Hufspitzenbereich führen, ist falsch. Die Wirkung des Hufbeinträgers, der für die Aufhängung des Hufbeines verantwortlich ist, ermöglicht die Umwandlung einer Druck- in

eine Zugwirkung: Das Gewicht des Pferdes wird gewissermaßen über die vier Hufbeinträger teilweise aufgefangen und lastet kaum auf der Sohlenfläche des Hufbeines. Wird die Trachte erhöht, so wird, bedingt durch die Entlastung der tiefen Beugesehne - durch Drucksteigerung unter dem Tragrand im Trachtenbereich und der vermehrten Zugwirkung der Strecksehne -, die Rotation des Hufbeines nach palmar/plantar verhindert. Man kann sich dieses Verhalten wie eine Hebelwirkung vorstellen, jedoch nicht mit einer Zug-, sondern mit einer Druckwirkung. Ist der Punkt der höchsten Belastung zentriert (GKA liegt im geometrischen Mittel der vier Druckrezeptoren), bleibt der Hebelmoment (Abbildung 53, A) gleich null bzw. existiert zunächst nicht.

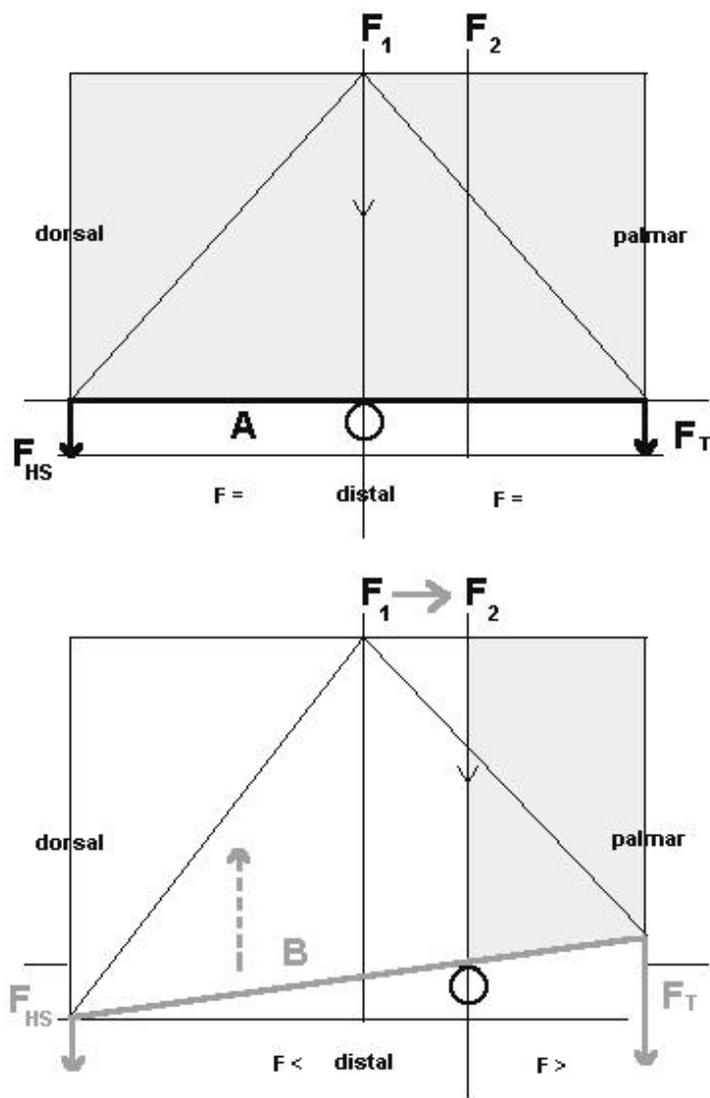


Abbildung 53: Hebelwirkung und Verlagerung der Mittelpunktes

F_1 = vertikale Hufkraft-plan, F_2 = vertikale Hufkraft-hochgestellt, F_{HS} = Kraft unter der Hufspitze, F_T = Kraft unter der Trachte, A = plane Fußung, $F_{HS} = F_T$, B = Trachtenhochstellung, $F_{HS} < F_T$

Werden die Trachten erhöht, so steigen die Hufkräfte im Trachtenbereich, der GKA verlagert sich nach palmar/plantar und somit auch die Rotationsachse. Die Hufkräfte steigen im palmaren/plantaren Bereich und die Hebelwirkung erscheint dadurch, daß die Kraft vermehrt im Trachtenbereich steigt. Die Kraft in der Hufspitze verringert sich.

B- Betrachtung der röntgenologischen Aufnahmen:

- 1) Die Hochstellung der Trachten mittels eines Keils von 3 cm führt an den drei Gelenkdrehpunkten (Abb. 37, **A**, **B** und **C**) zur durchweg gleichmäßigen Erhöhung dieser drei Gelenke von der Bodenfläche. Die Verbindungslinien zwischen den beiden Abbildungen (Abb. 37, **A-A**, **B-B** und **C-C**) zeigen diese Erhöhung im Verhältnis zur Bodenlinie.

Der Einsatz einer Keilplatte, die die gesamte Fläche unter dem Huf unterstützt, führt trotz der Gegenwirkungen einer Fesselgelenks- und Hufgelenksbeugung zur konstanten Erhöhung von der Bodenfläche. In welchem Zusammenhang und in welchem Maße die Trachtenhochstellung zu der Erhöhung der Zehengelenke stehen, wurde nicht weiter untersucht. Der Grad der gleichmäßigen Erhöhung der drei Punkte scheint jedoch vom Einsetzen eines Keiles im Trachtenbereich abhängig zu sein.

- 2) Beim Vergleich der planen und der hochgestellten Zehe kann eine Kürzung der Strecke Hufspitze-Hufgelenk (Abb. 37, **-1-**), ein Gleichbleiben der Strecke Hufgelenk-Krongelenk (Abb. 37, **-2-**) und eine Vergrößerung der Strecke Krongelenk-Fesselgelenk (Abb. 37, **-3-**) festgestellt werden.

Die Hochstellung der Trachten mittels eines Keils von 3 cm führt zu einer Winkelsteigerung zwischen Sohlen- und Bodenfläche von etwa 20°. Bei dieser Steigerung wird das Hufgelenk (Abb. 37, **C**) zu einer vermehrten Beugung veranlaßt: Durch diese Beugung wird die Strecke des Hufgelenkdrehpunktes bis zur Hufspitze (Abb. 37, **-1-**) verkürzt. Weiterhin führt diese Trachtenhochstellung zu einer geringgradigen Beugung im Krongelenk (Abb. 37, **B**), die ihrerseits durch die Beugung des Fesselgelenks (Abb. 37, **A**) bedingt ist. Die Strecke Hufgelenk-Krongelenk (Abb. 37, **-2-**) wird wegen der gleichzeitigen Änderung an ihrem distalen (Hufgelenk) **und** proximalen (Krongelenk) Ende

kaum verändert. Doch die Beugung des Fesselgelenks (Abb. 37, A) ist für die Verlängerung der Strecke Krongelenk-Fesselgelenk (Abb. 37, -3-) verantwortlich.

Bezugnehmend auf die Literatur läßt sich die Wirkung einer Trachtenhochstellung auf die Sehnen wie folgt zusammenfassen: die Trachtenhochstellung führt zu einer Winkeländerung von etwa 20°, hiermit wird die tiefe Beugesehne entlastet (die oberflächliche Beugesehne und das Unterstützungsband bleiben unberührt) und die Strecksehne vermehrt beansprucht (DENOIX, 1993, LEACH, 1983, NILSON et al., 1973, STASHAK, 1989).

- **Messungen an den Pferden**

1) Die plane Fußung der Pferde zeigt im Vergleich zu der Druckpresse eine ähnliche Hufkraftverteilung unter den vier Quadranten. Auch hier wird die ankommende vertikale Hufkraft gleichmäßig auf die vier Quadranten verteilt.

Wie bei den Messungen in der Druckpresse zeigen diese Ergebnisse, daß sich die Hufkraftverteilung bei einer planen Fußung symmetrisch und mit ähnlichen Werten verhält. Ein Pferd mit regelmäßiger Gliedmaßenstellung und Hufform belastet seine Hufspitzen gleich stark wie seine Trachten im Stand. Die feststellbaren Schwankungen der Werte (0,11 kN bis 0,60 kN für die einzelnen Druckrezeptoren) sind auf geringgradige Bewegungen der Pferde während der Meßzeit von 10 Sekunden zurückzuführen.

2) Wie in der Druckpresse kommt es durch die beidseitige Hochstellung der Trachten an den Vordergliedmaßen zu beträchtlichen Schwankungen der Kräfte unter den Druckrezeptoren. So steigt im Mittel die Belastung der Trachten von 48% auf 84% der Gesamthufkraft, und die Belastung der Hufspitzen sinkt von 51% auf 14%.

Diese Feststellung, ähnlich wie die Ergebnisse in der Druckpresse, lassen den Schluß zu, daß die Trachtenhochstellung die Gesamthufkraft bzw. die vertikale Hufkraft einer Gliedmaße in den Trachtenbereich verschiebt. Die Trachten werden vermehrt belastet, die Hufspitzen um die Kraftdifferenz entlastet (die Gesamthufkraft bleibt unverändert).

Nur die Verteilung der Hufkräfte an den einzelnen Quadranten werden verschoben und somit auch der GKA, der nun etwa 3 bis 4 cm hinter der Strahlspitze liegt).

Auch hier veranschaulicht die Abb. 51b die Mechanismen bei einer Trachtenhochstellung. Werden die Trachten erhöht, wird das Hufgelenk vermehrt gebeugt, die Strecksehne wird gespannt, die TBS wird entlastet, das Fesselgelenk erfährt eine vermehrte Beugung und die vertikale Hufkraft verlagert sich geringgradig nach palmar. So steigen die Hufkräfte im Trachtenbereich, der GKA verlagert sich nach palmar. Das Unterschieben eines Keiles unter den Trachten verlagert den GKA nach palmar und somit auch die Rotationsachse, die für die Hebelwirkung verantwortlich ist. Die Hufkräfte steigen im palmaren Bereich (bzw. im Trachtenbereich) und die Hebelwirkung wirkt sich so aus, daß die vermehrte Hufkraft unter den Trachten, also palmar der Rotationsachse, die Hufspitze entlastet.

- **Messungen an den Rehepatienten**

1) Im Unterschied zu den lahmfreien Pferden kann hier festgestellt werden, daß auch bei der planen Fußung die Pferde höhere Werte im Trachtenbereich aufweisen: Verteilung der vertikalen Hufkraft auf die Hufspitzen von 39% (links) und 36% (rechts), auf die Trachten von 61% (links) und 63% (rechts).

Die Ergebnisse ermöglichen die Schlußfolgerung, daß Rehepferde, die unter dem Einfluß des Schmerzes sind, vermehrt den Trachtenbereich belasten und die Hufspitze entlasten. Vergleicht man diese Werte mit denen der lahmfreien Pferde, läßt sich eine Mehrbelastung der Trachten von etwa 14% errechnen und eine Entlastung der Hufspitzen von etwa 13,5%. Eine Erklärung zu diesem Verhalten kann nur mit einer Schmerzreduktion begründet werden, die durch eine Entlastung der Hufspitze bei erhöhter Belastung der Trachten zustande kommt.

2) Der Einfluß der Trachtenhochstellung bei den Rehepferden zeigt das gleiche Verhalten wie bei den lahmfreien Pferden. Die vertikale Hufkraft wird vermehrt in den Trachtenbereich verschoben, die Hufspitze entlastet. Die Hufspitzen werden mit 19% (links) und 18% (rechts) der Gesamthufkraft belastet, die Trachten mit 81% (links) und 82% (rechts). Der Vergleich zu den lahmfreien Pferden ermöglicht eine interessante Feststellung: Die ermittelten Differenzen der Hufkräfte an den Hufspitzen und an den

Trachten zeigen, daß sich die Werte der hochgestellten Rehepferde denen der lahmfreien angleichen. Werden die Meßdaten der Rehepferde auch ohne eine Trachtenhochstellung untersucht, weisen die Trachten höhere Hufkräfte auf (Mehrbelastung von etwa 14%). Untersucht man hingegen die Meßdaten dieser Pferde mit einer Trachtenhochstellung, gleichen sich die maximalen Hufkräfte mit denen der lahmfreien Pferde (Differenz beträgt nur noch etwa 2,5%).

Das Prinzip der Trachtenhochstellung wirkt sich auch mit einer Mehrbelastung der Trachten bei Rehepferden aus. Die Entstehung der Hebelwirkung hat auch hier ihre Anwendung (siehe Abb. 53) ebenfalls durch das Verschieben der vertikalen Hufkraft auf den palmaren Bereich der Zehe mit der Wechselwirkung der Sehnenanspannung bzw. -entlastung und den Beugungen im Huf- und Fesselgelenk. Die Angleichung der maximalen Hufkräfte unter den Trachten von Rehepatienten und lahmfreien Pferden weist auf eine mögliche maximale Hufkraft im Trachtenbereich hin. Diese Feststellung würde demzufolge bedeuten, daß die Trachten eine Maximalgrenze besitzen, die bei einer nicht bekannten maximalen Belastung keine weiteren Erhöhungen der Hufkräfte verursachen würde.

- **Ausblick auf weitere Studien**

Wie in der Diskussion bereits erwähnt, wäre es sehr interessant, durch Meßwerte, die gekoppelt sind an eine anatomisch-biomechanische Studie, die Grenzen der maximalen Erhöhung der Trachten zu bestimmen. Hiermit könnten die Bedenken, die von LEACH (1983) geäußert wurden, geklärt und die therapeutische Breite von verschiedenen Keilen bestimmt werden.

Weiterhin wäre eine Bestimmung von Genesungsverläufen von Interesse. Diese Untersuchung könnte die Veränderungen der Hufkräfte im Verlauf einer Rehetherapie bestimmen und somit die Rückkehr zur normalen Hufbelastung dokumentieren.