

3.2.3. Transcuneale Aufnahmen des Podotrochlearapparats

Die folgenden experimentellen Bilder wurden mit drei verschiedenen Sonden (mikrokonvex 7,5 MHz, konvex 3,5 MHz und linear 7,5 MHz) erzielt. Sie sollen Unterschiede der Bildqualität durch Bildauflösung und Schallstärke in Abhängigkeit der verwendeten Frequenz und des Sondentyps darstellen. Die Aufnahmen der linken und rechten Vordergliedmaße des untersuchten Pferdes unterschieden sich nicht. Es handelt es sich bei Bildern, bei denen nicht ausdrücklich vermerkt ist, dass sie von der linken Vordergliedmaße stammen, um Bilder der rechten Vordergliedmaße.

Transcuneale Abbildungen mit einem mikrokonvexen Scanner, 7,5 MHz ohne Standoff-Pad

Die longitudinale sagittale Abb. 29 zeigt eine transcuneale Aufnahme des Podotrochlearapparats. Das **Ligamentum anulare digiti** (1) ist stark echogen. Der Ultraschallstrahl trifft die **tiefe Beugesehne** nicht perpendikulär, daher erscheint diese über den Großteil ihres Verlaufs hypo- bis anechogen (2). Zwischen der Sehne und dem **Ligamentum sesamoideum distale impar** (3) befindet sich der **Recessus distalis** der **Bursa podotrochlearis** (5), der im Vergleich zu den umgebenden Strukturen leichte Abweichungen in der Echogenität aufweist. Das *Ligamentum sesamoideum distale impar* zeigt in der Ultraschalldarstellung eine feinere Textur als die Sehne. Die knöchernen Oberfläche des **Strahlbeins** (4) und des **distalen Zehenknochens** (P3) sind sichtbar. Eine ähnliche Ansicht mit einem konvexen 3,5 MHz Scanner ist in Abb. 34 dargestellt.

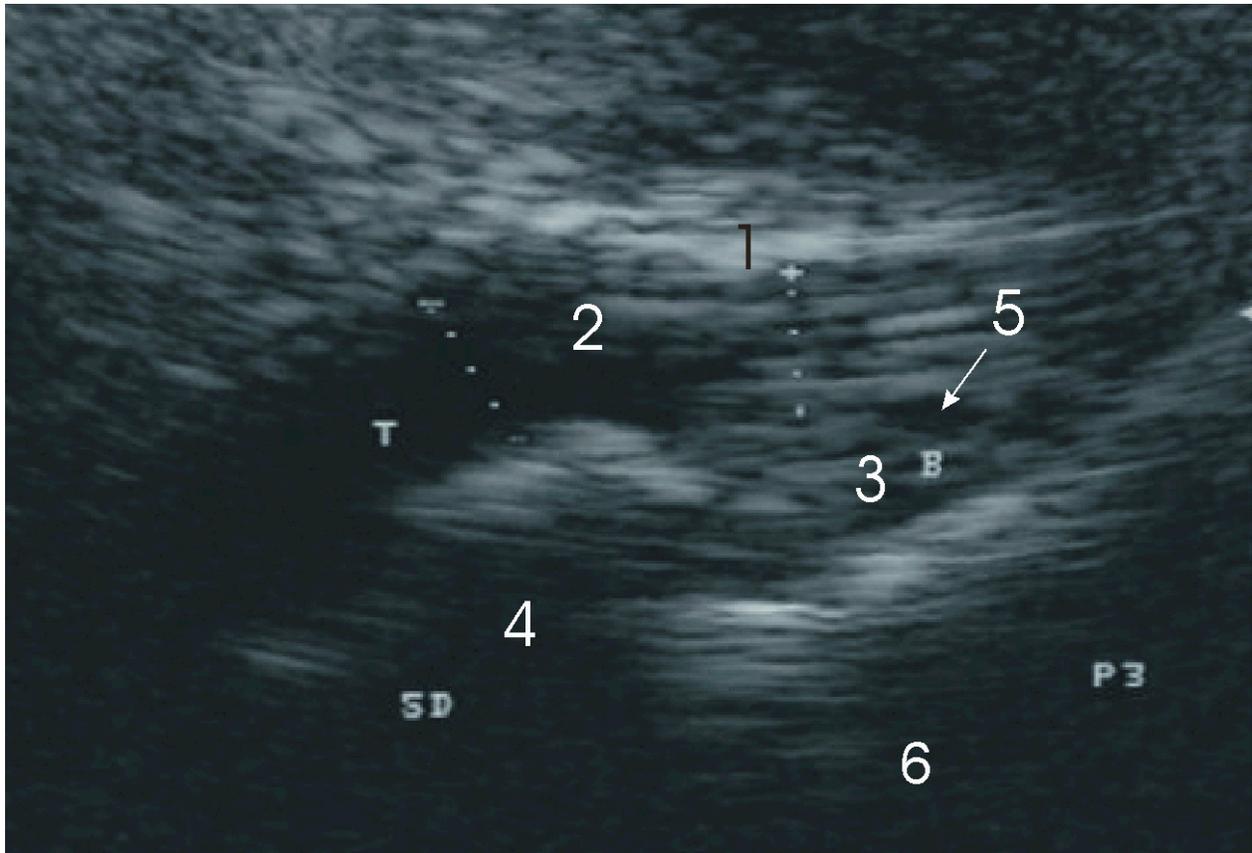
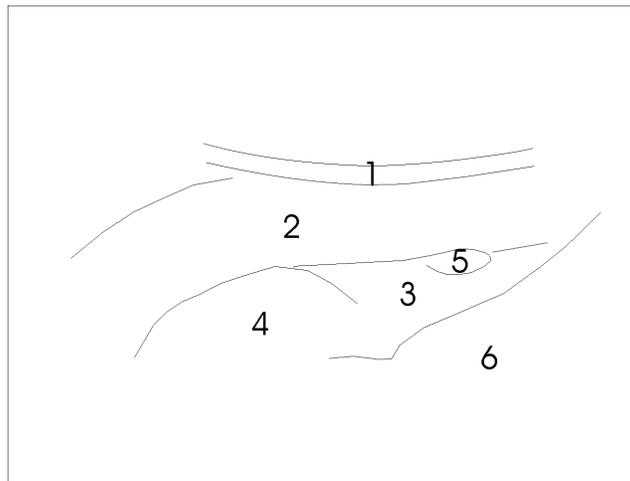


Abb. 29: Podotrochlearapparat, longitudinal sagittal, in transcunealer Projektion



1 - Lig. anulare digiti

2 - Tendo m. flexor dig. prof. (T)

3 - Lig. sesamoideum distale impar

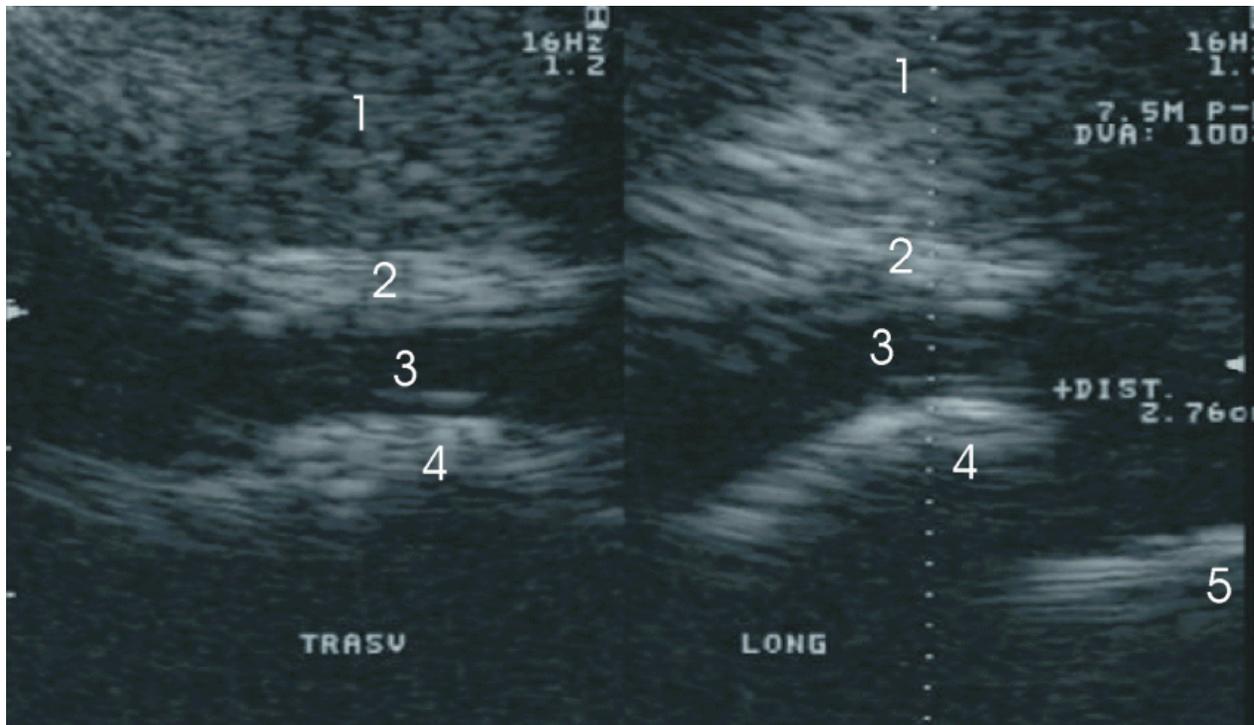
4 - Os sesamoideum distale (SD)

5 - Recessus distalis der Bursa podotrochlearis (B)

6 - Phalanx distalis (P3)

Ergebnisse: Transcuneale Aufnahmen des Podotrochlearapparats

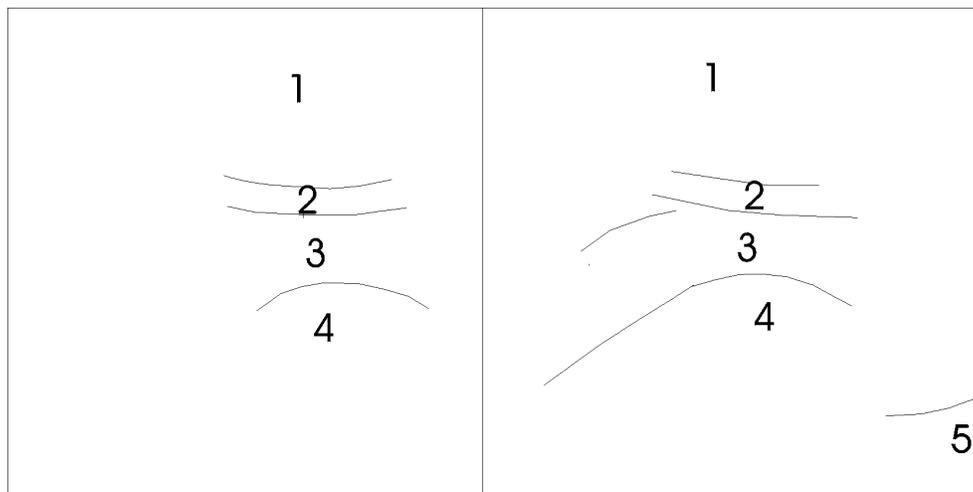
Dieses aus einer transversalen und mehr distal ausgerichteten longitudinalen sagittalen Ansicht bestehende Bild (Abb. 30) zeigt von der Oberfläche in die Tiefe zunächst die echogene **Tela subcutanea tori** (1) und das geringfügig hyperechogene **Lig. anulare digiti** (2). Wo der Ultraschall die **tiefe Beugesehne** nicht perpendicular trifft, bleibt diese hypo- bis anechogen (3). In der transversalen Ansicht ist eine scheinbare Verdopplung der *Facies flexoria* des **Os sesamoideum distale** (4) zu sehen. In der longitudinalen Abbildung, die mehr nach distal orientiert ist, bleibt diese verdoppelte Oberfläche bestehen. Die hyperreflektierende Oberfläche der **Phalanx distalis** ist rechts im Bildausschnitt dargestellt (5).



Transversale Ansicht

Longitudinale Ansicht

Abb. 30: Os sesamoideum distale, transversale und longitudinale sagittale Ansicht in transcunealer Projektion (Facies solearis)



- 1 - Tela subcutanea tori
- 2 - Lig. anulare digiti
- 3 - Tendo m. flexor dig. prof.

- 4 - Os sesamoideum distale
- 5 - Phalanx distalis

Ergebnisse: Transcuneale Aufnahmen des Podotrochlearapparats

Die folgende Abbildung 31 des Strahlbeins des linken Vorderbeins zeigt einen mehr distal und parasagittal orientierten Ausschnitt verglichen mit Abb. 30. Man erkennt wiederum die echogene **Tela subcutanea tori** (1) und das schwach hyperechogene **Ligamentum anulare digiti** (2). Die **tiefe Beugesehne** (3) ist in ihrem proximalen Anteil echogen und auf Höhe des **Strahlbeins** (4) anechogen. Dessen **Facies flexoria** erscheint relativ flach im Vergleich zur folgenden Abbildung, dies ist ein Hinweis auf eine parasagittal orientierte Aufnahme. Rechts im Bild erkennt man erneut die hyperechogene Oberfläche des **distalen Zehenknochens** (5).

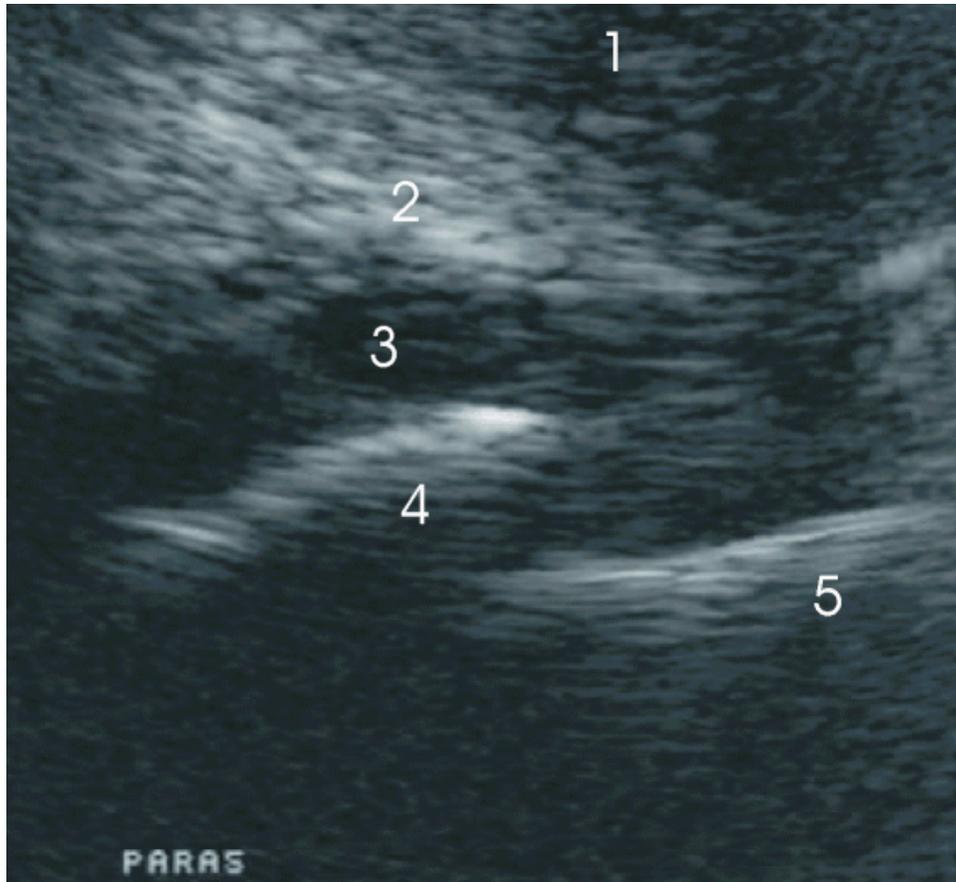
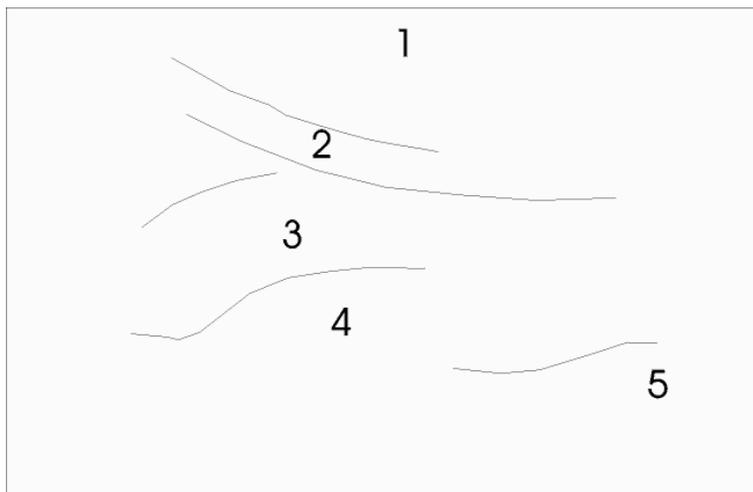


Abb. 31: Os sesamoideum distale, parasagittale Ansicht (Facies solearis)



1 - Tela subcutanea tori

2 - Lig. anulare digiti

3 - Tendo m. flexor dig. prof.

4 - Os sesamoideum distale

5 - Phalanx distalis

Ergebnisse: Transcuneale Aufnahmen des Podotrochlearapparats

Abb. 32 kehrt durch eine minimale Änderung in der Ausrichtung des Sondenkopfes zur streng sagittalen, transcunealen Ansicht des Strahlbeins der linken Vordergliedmaße zurück. Die verdoppelte Oberfläche des **Strahlbeins** (3) ist zu erkennen und die *Facies flexoria* ist ausgeprägter als in der vorherigen Abbildung. Die **tiefe Beugesehne** (4) sieht im proximalen Anteil des Bildes sowie auf Höhe des Strahlbeins hauptsächlich anechogen aus. Im distalen Bildanteil befinden sich das **Lig. sesamoideum distale impar** (5) und die **Phalanx distalis** (5).

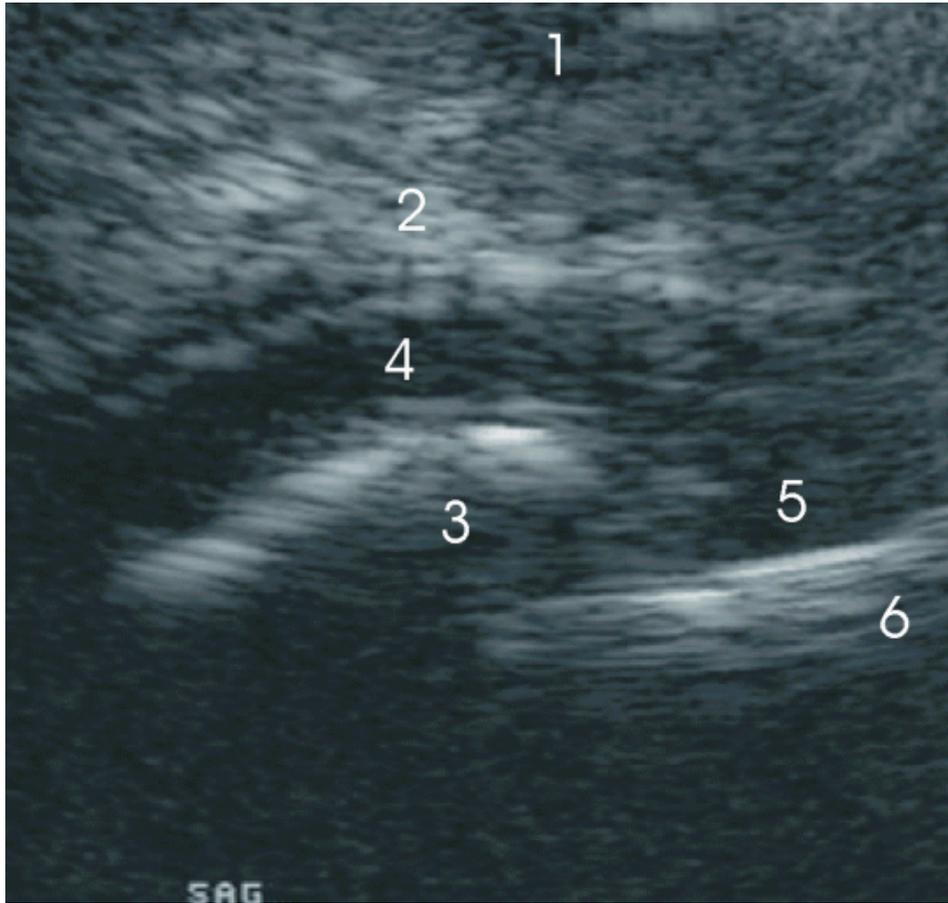
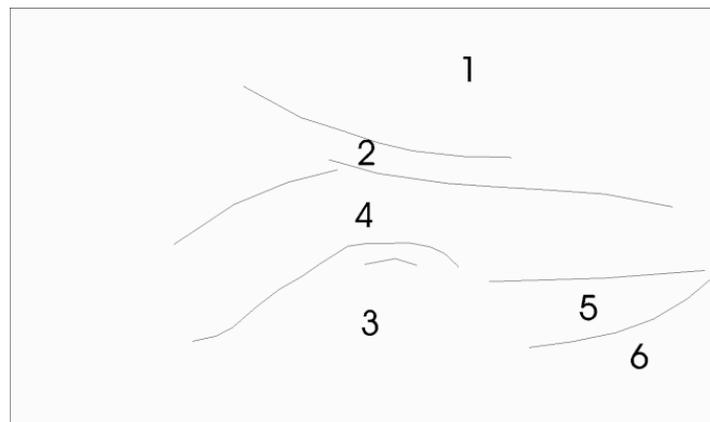


Abb. 32: Os sesamoideum distale und Phalanx distalis, longitudinale sagittale Projektion (Facies solearis)

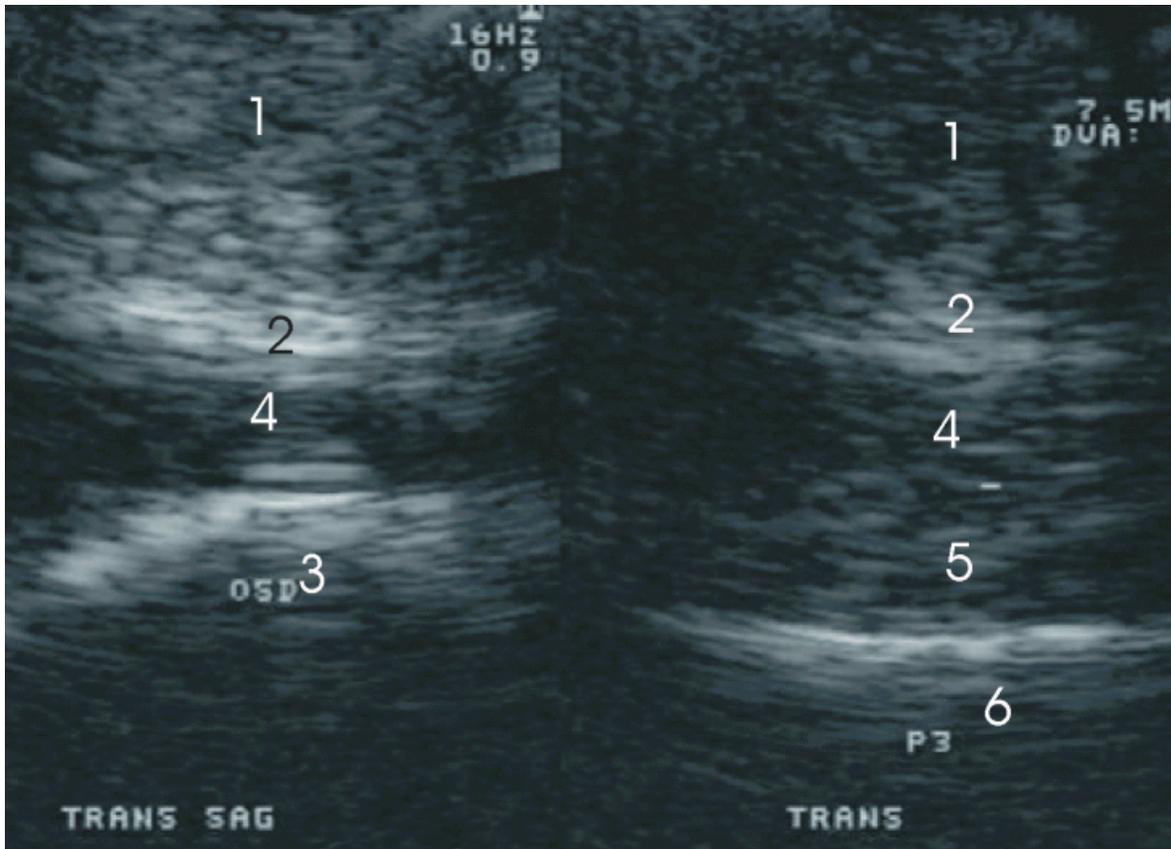


- 1 - Tela subcutanea tori
- 2 - Lig. anulare digiti
- 3 - Os sesamoideum distale

- 4 - Tendo m. flexor dig. prof.
- 5 - Lig. sesamoideum distale impar
- 6 - Phalanx distalis

Ergebnisse: Transcuneale Aufnahmen des Podotrochlearapparats

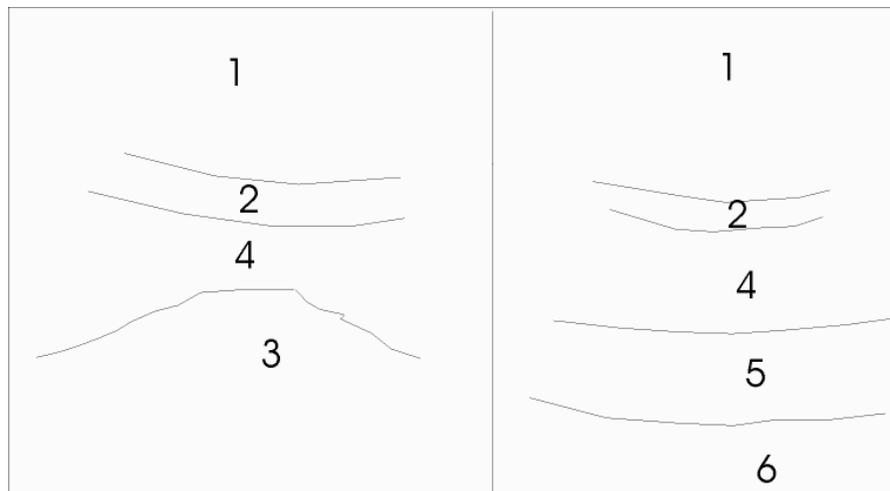
Abb. 33 zeigt zwei transversale, transcuneale Ansichten der linken Vordergliedmaße, eine in Höhe des Strahlbeins und eine im Bereich der *Phalanx distalis*. Die **Tela subcutanea tori** (1) und das **Ligamentum anulare digiti** (2) sind auf beiden Bildern zu erkennen. Die scheinbare Verdopplung der *Facies flexoria* des **Strahlbeins** (3) ist im linken Anteil zu sehen, entsprechend der vorherigen Abbildung (Abb. 32). Im rechten Bild erscheint die **tiefe Beugesehne** (4) geringfügig echogen, aber weniger echogen als das **Ligamentum sesamoideum distale impar** (5), das man von dieser im Bereich der **Phalanx distalis** (6) (rechtes Bild) unterscheiden kann, entsprechend einem transversalen Bildausschnitt zwischen Nr. 5 und 6 in Abbildung 32.



Transversaler Scan OSD

Transversaler Scan P3

Abb. 33: Transversale transcuneale Ansichten in Höhe des Os sesamoideum distale und der Phalanx distalis (Facies solearis)

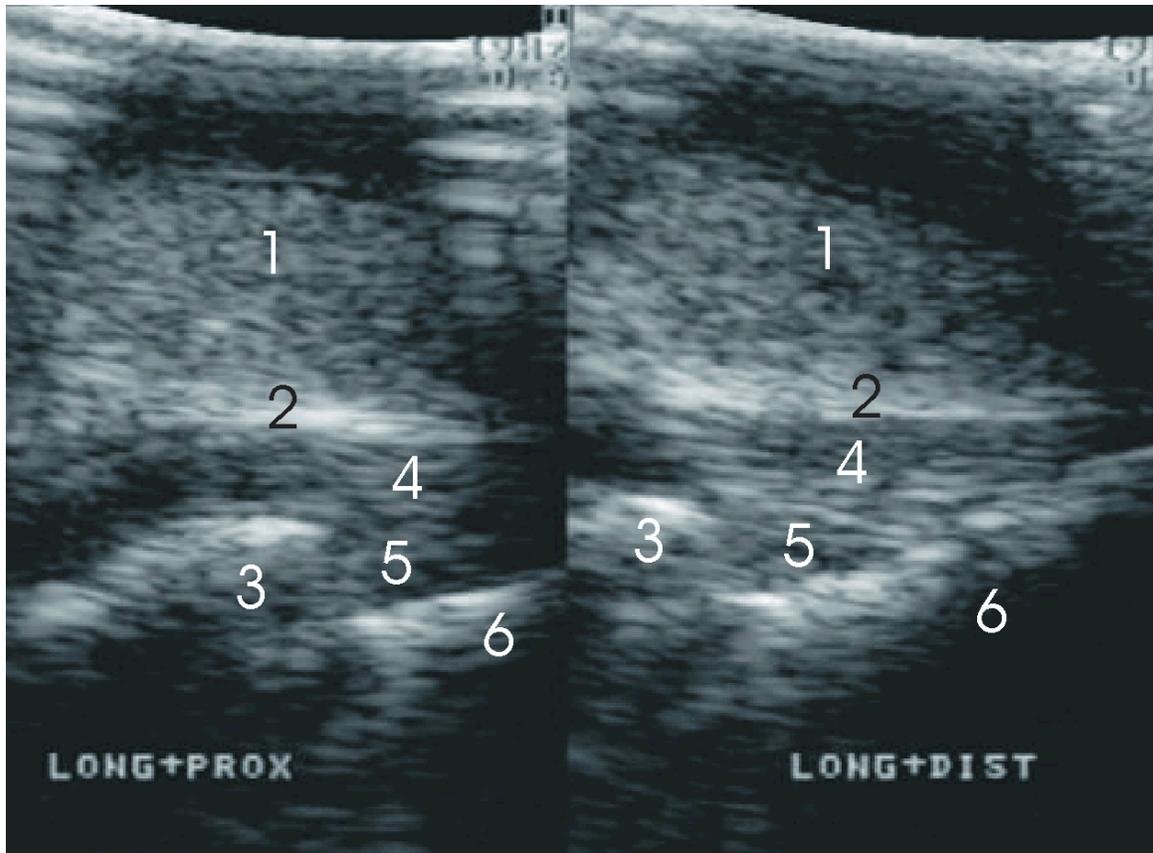


- 1 - Tela subcutanea tori
- 2 - Lig. anulare digiti
- 3 - Os sesamoideum distale

- 4 - Tendo m. flexor dig. prof.
- 5 - Lig. sesamoideum distale impar
- 6 - Phalanx distalis

Transcuneale Abbildungen mittels einer konvexen Sonde (3,5 MHz) ohne Standoff-Pad

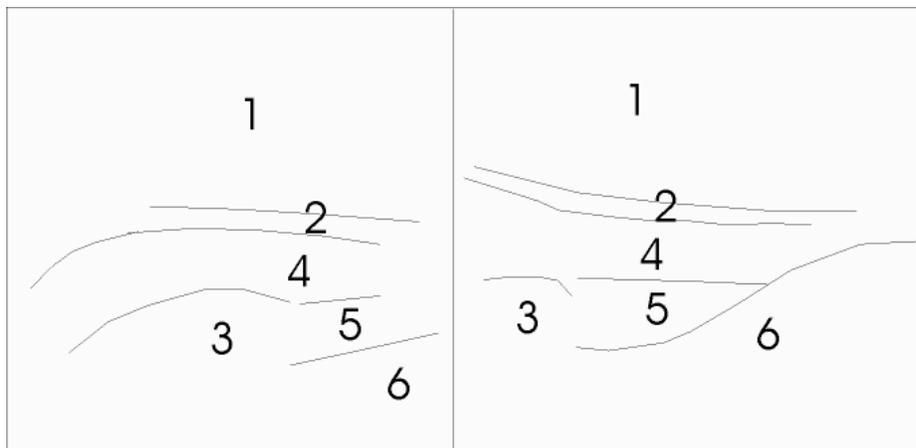
Abb. 34 kann mit Abb. 31 verglichen werden, sie zeigt eine leicht parasagittal orientierte Ansicht des Strahlbeins, das flach aussieht. Auf dem Bildschirm sind die Strukturen insgesamt echogener und dieser Effekt erleichtert es, ihre anatomischen Grenzen zu erkennen. Der linke Bildteil gibt eine proximalere Projektion wieder als der rechte. Letzterer erlaubt eine Begutachtung eines großen Abschnitts der **Facies flexoria** der *Phalanx distalis* und ebenso der Homoechogenität von tiefer Beugesehne und *Ligamentum sesamoideum distale impar* und damit der Gewebequalität im Bereich ihrer Insertion. Die sichtbaren Strukturen sind die **Tela subcutanea tori** (1), das **Ligamentum anulare digiti** (2), das **Strahlbein** (3), die **tiefe Beugesehne** (4), das **Ligamentum sesamoideum distale impar** (5) und die **Phalanx distalis** (6).



Proximale parasagittale Ansicht

Distale parasagittale Ansicht

Abb. 34: Transcuneale Untersuchung des distalen Podotrochlearapparats, longitudinale Projektionen (Facies solearis)



1 - Tela subcutanea tori

2 - Lig. anulare digiti

3 - Os sesamoideum distale

4 - Tendo m. flexor dig. prof.

5 - Lig. sesamoideum distale impar

6 - Phalanx distalis

Ergebnisse: Transcuneale Aufnahmen des Podotrochlearapparats

Abb. 35 zeigt ein zusammengesetztes Bild eines kontinuierlichen Profils des terminalen Anteils der tiefen Beugesehne, des Strahlbeins und des *Ligamentum sesamoideum distale impar* in sagittaler Ebene und ist eine Weiterentwicklung von Abbildung 34. Diese außergewöhnliche Ultraschalldarstellung ermöglicht es, knöchernen Oberflächen und Weichteilgewebe zu begutachten, die ansonsten am lebenden Tier nicht betrachtet werden können. Nur eine kernspintomographische Untersuchung könnte einen ähnlichen Ausschnitt wiedergeben, daher ist die Abbildung 35 ein ausgezeichnetes Beispiel für die diagnostischen Möglichkeiten, die Ultraschall bietet.

Die sichtbaren Strukturen sind - erneut- die **Tela subcutanea tori** (1), das **Ligamentum anulare digiti** (2), das **Strahlbein** (3), die **tiefe Beugesehne** (4), das **Ligamentum sesamoideum distale impar** (5) und die **Phalanx distalis** (6).

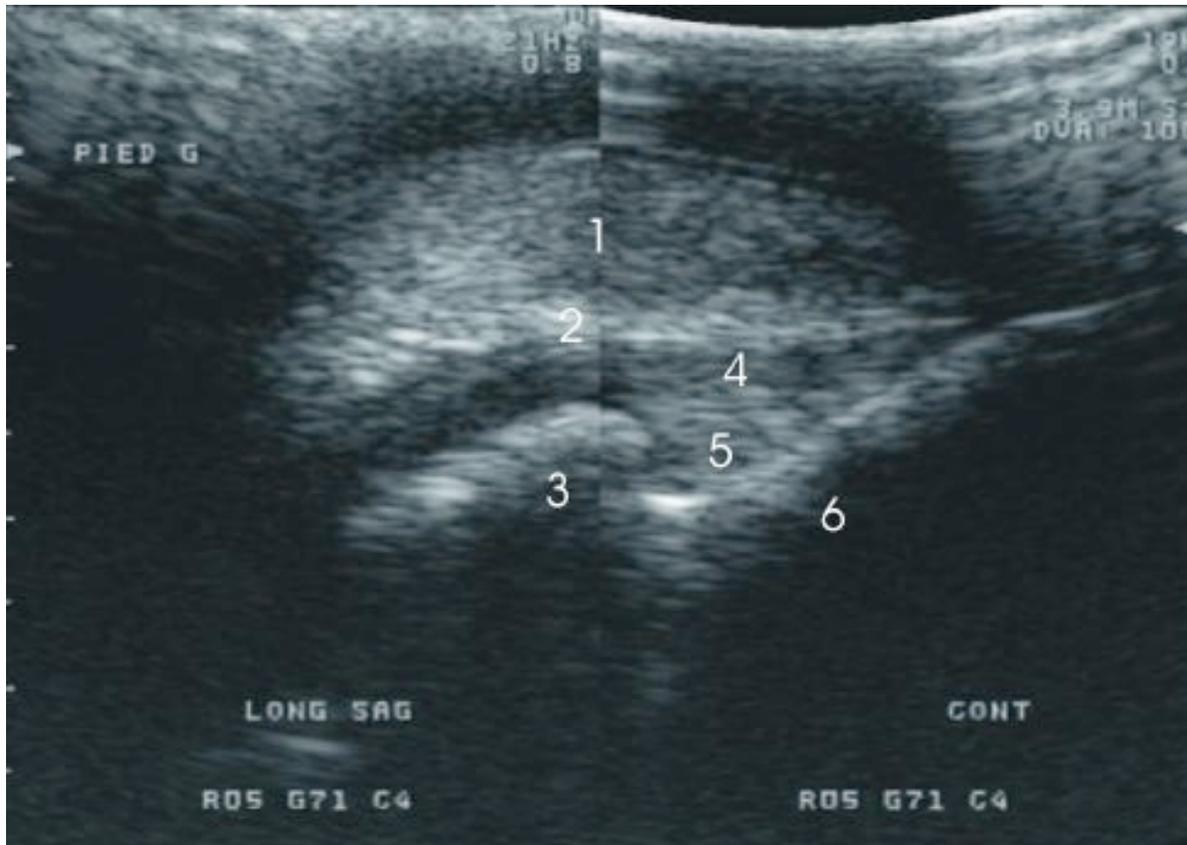
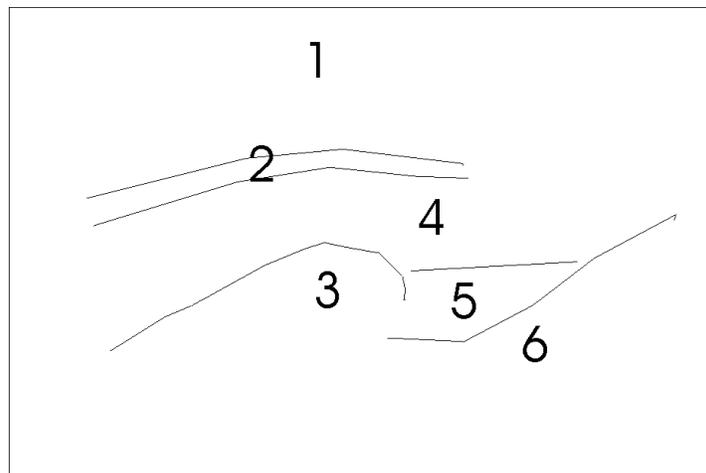


Abb. 35: Transcuneale Projektion des distalen Podotrochlearapparats, longitudinale Darstellungen in der medianen Ebene (Facies solearis)



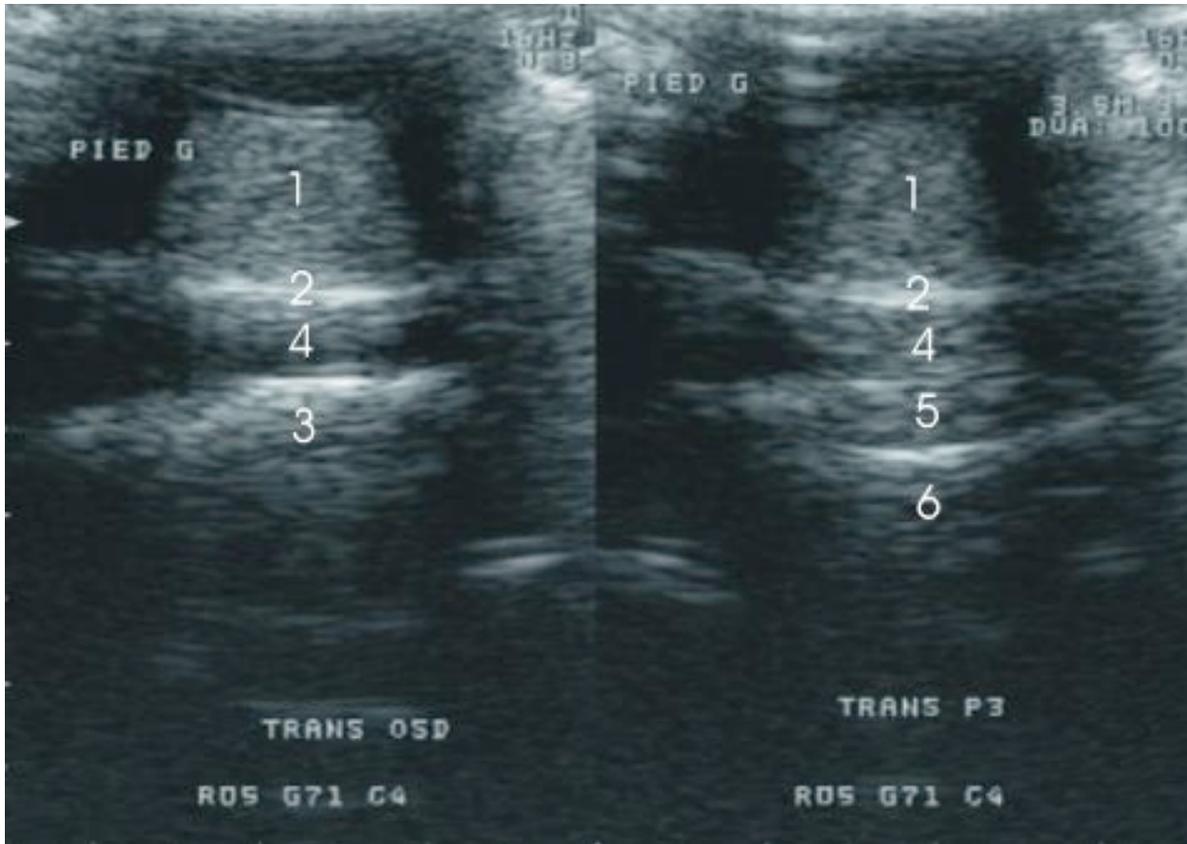
- 1 - Tela subcutanea tori
- 2 - Lig. anulare digiti
- 3 - Os sesamoideum distale

- 4 - Tendo m. flexor dig. prof.
- 5 - Lig. sesamoideum distale impar
- 6 - Phalanx distalis

Ergebnisse: Transcuneale Aufnahmen des Podotrochlearapparats

Abb. 36 zeigt das zuvor erhaltene longitudinale Profil, es ist unterteilt in transversale Scans des Strahlbeins und des distalen Zehenknochens unter Verwendung der konvexen Sonde mit 3,5 MHz. In den transversalen Projektionen sind die Abgrenzungen der Strukturen besser sichtbar, obwohl sie selbst kleiner sind. Letzteres reduziert die Wahrscheinlichkeit, eine durch Läsionen veränderte Echogenität zu entdecken. Aber derartige Aufnahmen können sehr sinnvoll sein, um Unregelmäßigkeiten der knöchernen Oberflächen zu entdecken.

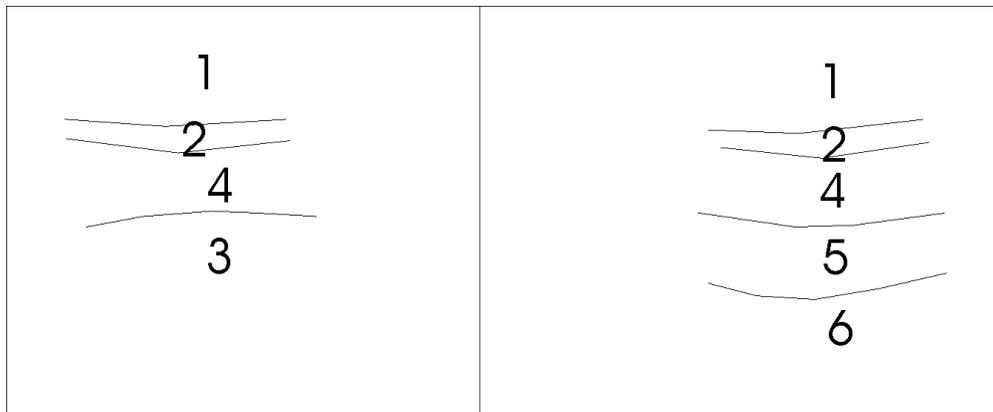
Die auf beiden Bildern sichtbaren Strukturen sind die **Tela subcutanea tori** (1), das **Ligamentum anulare digiti** (2), das **Strahlbein** (3), die **tiefe Beugesehne** (4), das **Ligamentum sesamoideum distale impar** (5) und die **Phalanx distalis** (6).



Transversale Projektion des Strahlbeins

Transversale Projektion der
Phalanx distalis

Abb. 36: Transcuneale Ansichten des distalen Podotrochlearapparats, transversale Abbildungen in der medianen Ebene (Facies solearis)



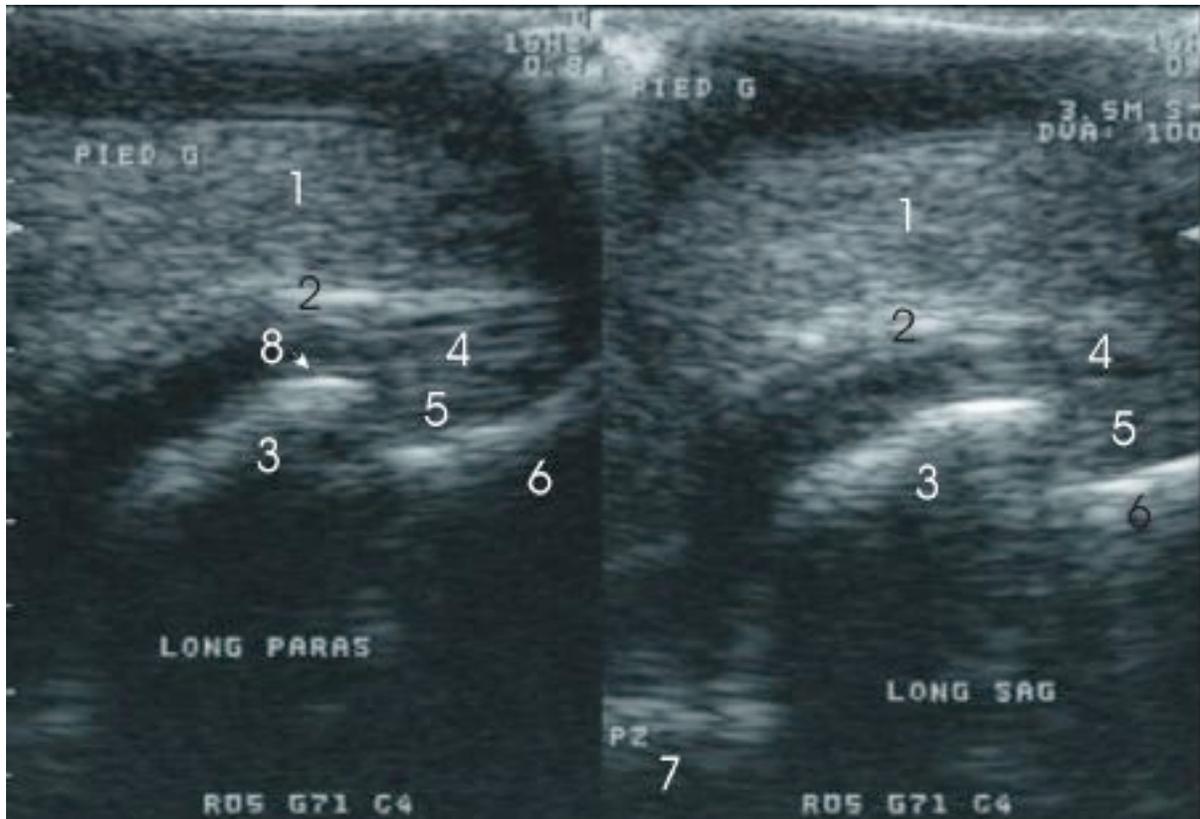
- 1 - Tela subcutanea tori
- 2 - Lig. anulare digiti
- 3 - Os sesamoideum distale

- 4 - Tendo m. flexor dig. prof.
- 5 - Lig. sesamoideum distale impar
- 6 - Phalanx distalis

Ergebnisse: Transcuneale Aufnahmen des Podotrochlearapparats

Dieses Ultraschallbild (Abb. 37) zeigt die *Tela subcutanea tori* (1), das *Ligamentum anulare digiti* (2), das Strahlbein (3) und die tiefe Beugesehne (4), die im proximalen Teil des Bildes hauptsächlich anechogen erscheint. In der rechten Bildhälfte wird das **Ligamentum sesamoideum distale impar** (5) sichtbar und die knöchernen Oberflächen von **Phalanx distalis** (6) und **Phalanx media** (7) erscheinen.

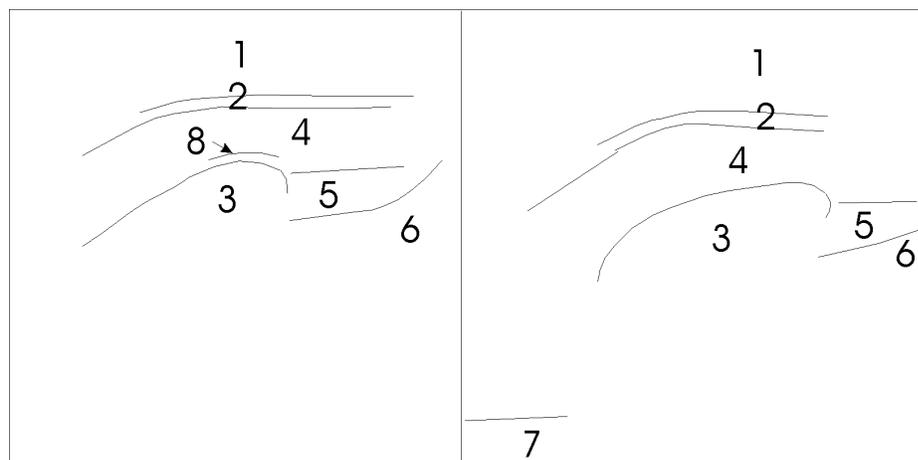
Abb. 37 vereinigt eine longitudinale parasagittale und eine longitudinale sagittale transcuneale Ansicht des Strahlbeins der linken Vordergliedmaße mit einer Sonde mit einer Frequenz von 3,5 MHz. Diese Abbildung kann mit Abbildung 31 und 32 verglichen werden, die die gleichen Bildausschnitte wiedergeben. Linker Hand erkennt man in der eher parasagittalen Darstellung die scheinbare Verdopplung der *Facies flexoria* des Strahlbeins (Pfeil, 8), die möglicherweise durch den hier vorhandenen Faserknorpel oder Impedanzsprünge zwischen der tiefen Beugesehne und der *Bursa podotrochlearis* entsteht. Sie bleibt in der rechten Darstellung erhalten. Als zusätzliches Element erscheint hier die knöchernen Oberfläche der *Phalanx media* (7). Diese Bilder vermitteln einen globalen Eindruck des Podotrochlearapparats. Aufgrund der reduzierten Größe zu untersuchender Strukturen auf dem Monitor steigt das Risiko, kleinere Läsionen zu übersehen.



Parasagittale Ansicht

Sagittale Ansicht

Abb. 37: Transcuneale Ansicht des distalen Podotrochlearapparats, longitudinale Projektionen (Facies solearis)



- 1 - Tela subcutanea tori
- 2 - Lig. anulare digiti
- 3 - Os sesamoideum distale
- 4 - Tendo m. flexor dig. prof.

- 5 - Lig. sesamoideum distale impar
- 6 - Phalanx distalis
- 7 - Phalanx media
- 8 (Pfeil) - Faserknorpel/Bursa podotrochlearis

Transcuneale Ultraschalldarstellungen mittels einer linearen Sonde von 7,5 MHz ohne Standoff-Pad

Die Abbildungen 38 bis 40 behalten ihren experimentellen Charakter, denn im Normalfall ist es fast unmöglich, den distalen Anteil des Podotrochlearapparats mit einer linearen Sonde in transcunealer Projektion darzustellen.

Abb. 38 kann mit Abb. 32, der linken Seite von Bild Nr. 34, 35 und 37 verglichen werden. Es zeigt wie diese eine sagittale Ansicht des Strahlbeins (3) und der *Phalanx distalis* (6). Weitere Strukturen, die bei der Passage des Ultraschalls von der Oberfläche zur Tiefe erfaßt werden, sind die *Tela subcutanea tori* (1) und das *Ligamentum anulare digiti* (2). Im Vergleich zu den anderen eingesetzten Sonden ist die Echogenität erhöht und anatomische Begrenzungen, z.B. zwischen dem **terminalen Anteil** der **tiefen Beugesehne** (4) und dem **Ligamentum sesamoideum distale impar** (5) sind in Abb. 38 weniger gut zu unterscheiden.

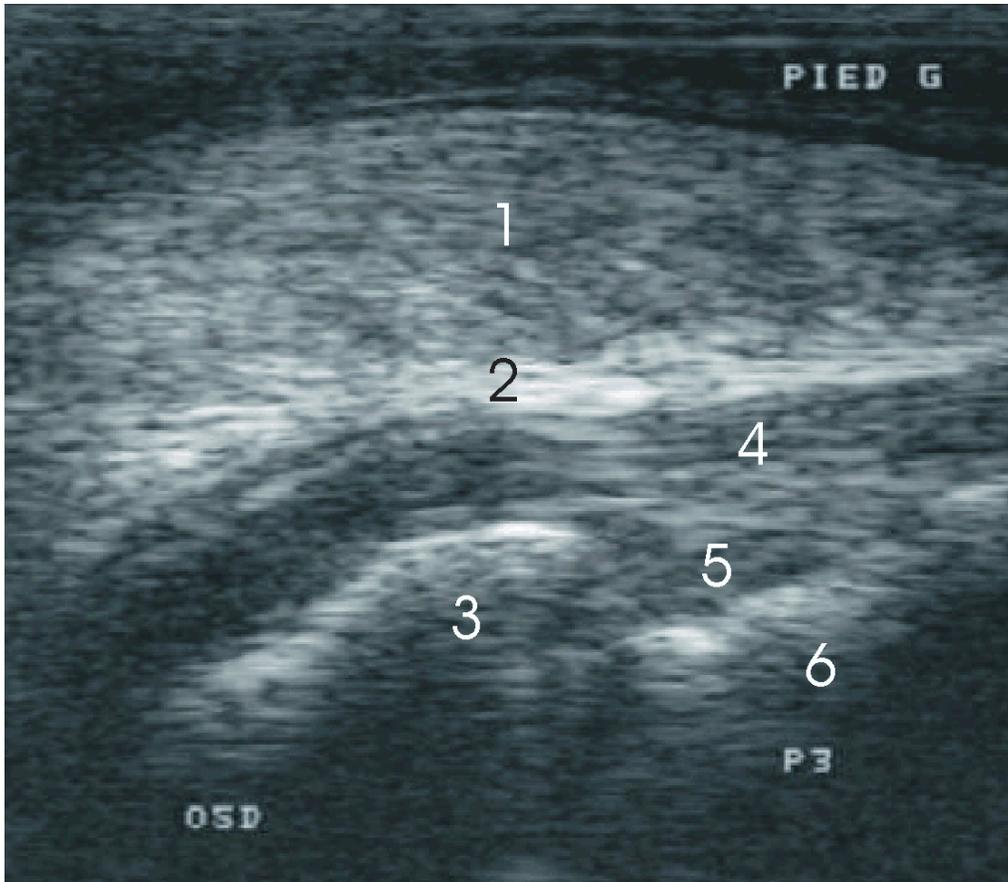
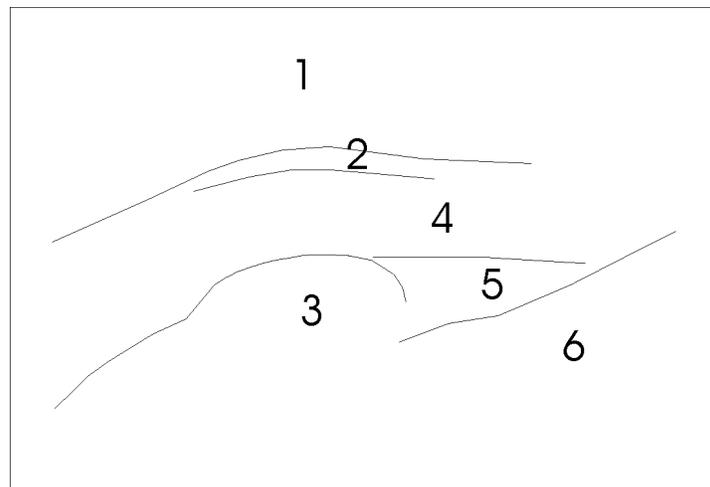


Abb. 38: Transcuneale Projektion des distalen Podotrochlearapparats, longitudinale sagittale Projektion (Facies solearis)

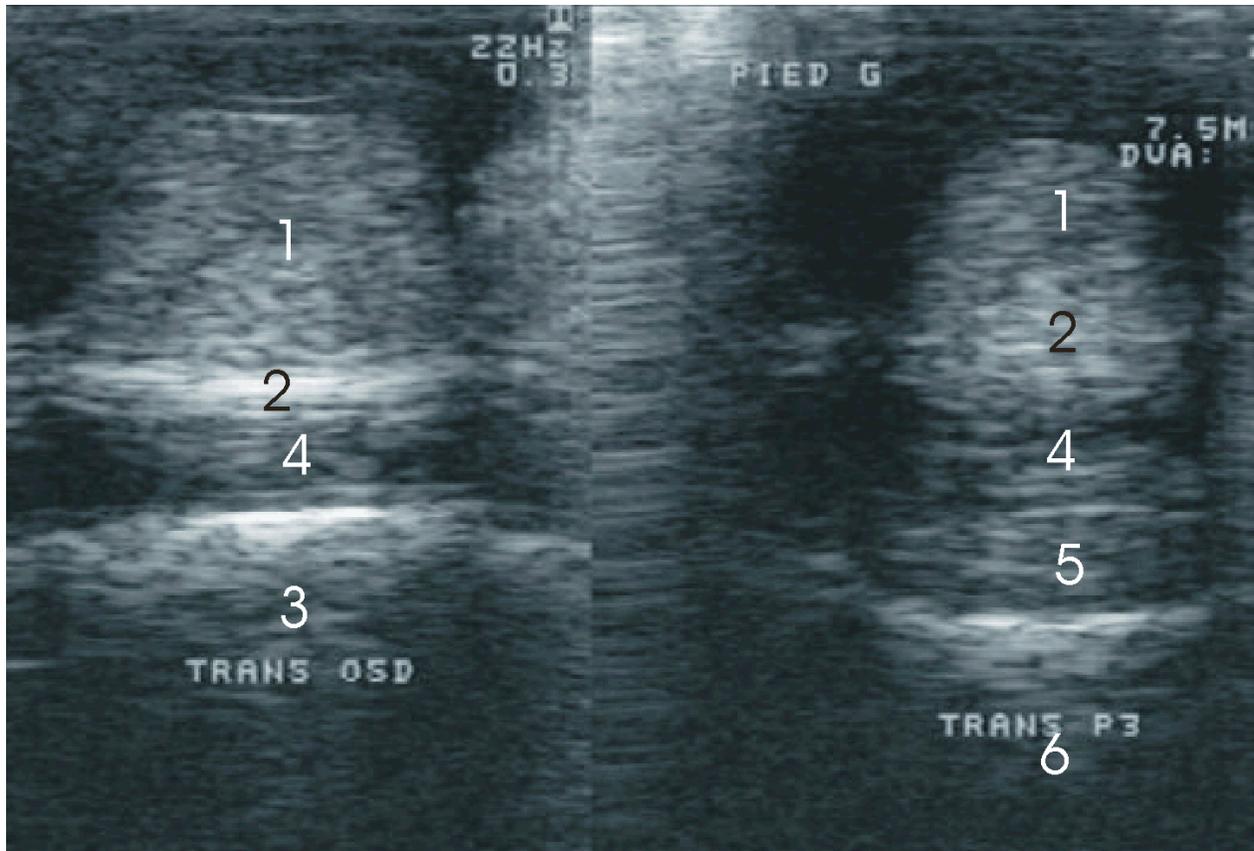


- 1 - Tela subcutanea tori
- 2 - Lig. anulare digiti
- 3 - Os sesamoideum distale

- 4 - Tendo m. flexor dig. prof.
- 5 - Lig. sesamoideum distale impar
- 6 - Phalanx distalis

Ergebnisse: Transcuneale Aufnahmen des Podotrochlearapparats

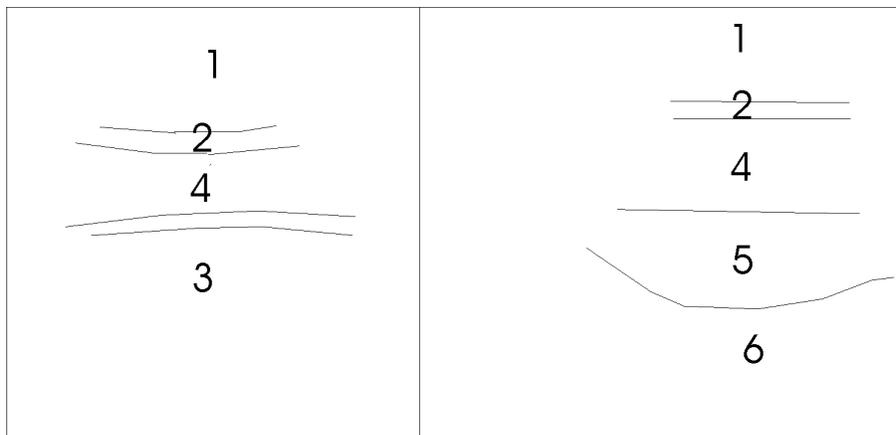
Abb. 39 kann mit dem linken Ausschnitt von Abb. 30 und Abb. 33 verglichen werden, es entspricht Abb. 36. Abbildung 39 zeigt Ultraschallaufnahmen in Höhe des Strahlbeins respektive der *Phalanx distalis* gemäß der vorherigen Abbildung und die dargestellten Strukturen sind die gleichen wie in Abbildung 38. Die Echogenität bleibt erhöht, das Explorationsfeld ist kleiner als das der anderen Sonden, ermöglicht jedoch die Entdeckung geringerer Läsionen. Das zuvor (Abb. 37) beschriebene Phänomen der scheinbaren Verdopplung in Höhe der *Facies flexoria* des Strahlbeins (3) ist mehr oder weniger sichtbar. Der **terminale Anteil der tiefen Beugesehne** (4) und das **Ligamentum sesamoideum distale impar** (5) sind im Vergleich zu Abb. 33 einfacher zu unterscheiden.



Transversale Ansicht des Strahlbeins

Transversale Ansicht von P3

Abb. 39: Transcuneale transversale Darstellung des Strahlbeins und der Phalanx distalis (Facies solearis)



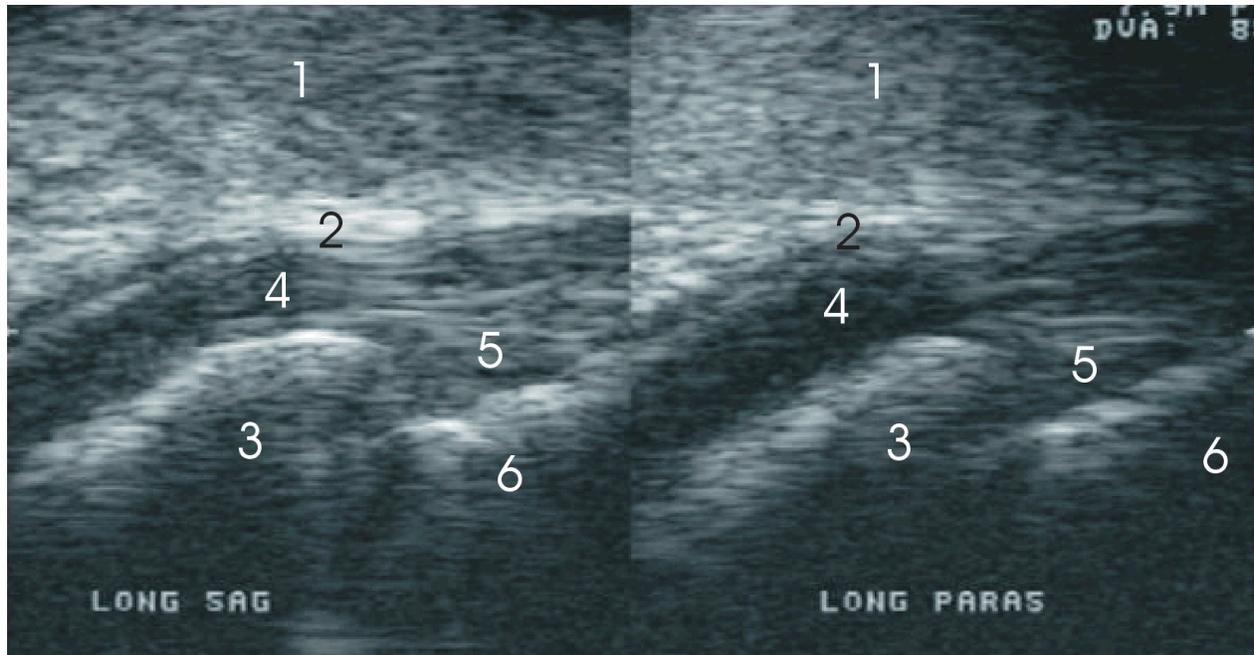
- 1 - Tela subcutanea tori
- 2 - Lig. anulare digiti
- 3 - Os sesamoideum distale

- 4 - Tendo m. flexor dig. prof.
- 5 - Lig. sesamoideum distale impar
- 6 - Phalanx distalis

Ergebnisse: Transcuneale Aufnahmen des Podotrochlearapparats

Die letzte der experimentellen Abbildungen der Studie von Bildern, die durch drei unterschiedliche Sonden mit verschiedenen Frequenzen erzielt wurde, zeigt zwei longitudinale Ansichten, eine parasagittale und eine sagittale. Abb. 40 ist vergleichbar mit Abb. 31, 32 und Abb. 37. In der sagittalen Darstellung ist distal am Strahlbein die echogebende Kontur in Höhe seiner *Facies flexoria* gut zu erkennen, in der medianen Ebene scheint man eine Vertiefung zu erkennen, die die *Fossa nudata* repräsentieren könnte. Die Struktur des **Ligamentum sesamoideum distale impar** (5) ist zu sehen, aber im Gegensatz zu dieser Verbesserung in der Qualität der Darstellung, wirkt die knöchernen Oberfläche der **Phalanx distalis** (6) weniger glatt als in den vorherigen Abbildungen, obwohl es sich um das gleiche Tier handelt, das keine Veränderungen der knöchernen Oberfläche der *Facies flexoria* der *Phalanx distalis* aufweist. Diese Feststellung führt zu der Schlußfolgerung, dass nicht nur die Untersuchung unterschiedlicher Ebenen, sondern auch der kombinierte Gebrauch unterschiedlicher Sonden indiziert sein kann, um Fehlinterpretationen (falsch positive Befunde) zu vermeiden.

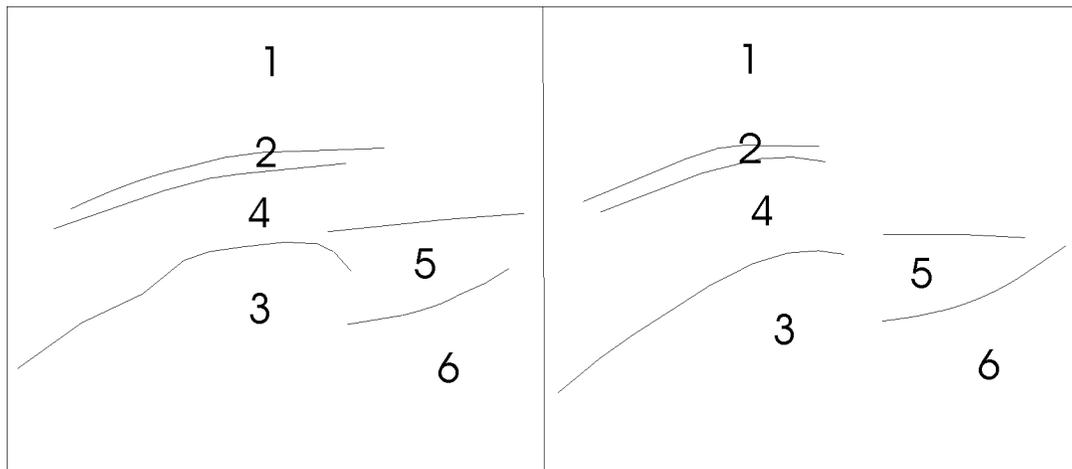
Ergebnisse: Transcuneale Aufnahmen des Podotrochlearapparats



Parasagittale Ansicht

Sagittale Ansicht

Abb. 40: Transcuneale longitudinale Projektionen des Strahlbeins (Facies solearis)



- 1 - Tela subcutanea tori
- 2 - Lig. anulare digiti
- 3 - Os sesamoideum distale

- 4 - Tendo m. flexor dig. prof.
- 5 - Lig. sesamoideum distale impar
- 6 - Phalanx distalis