

B-Mode-Sonografie der laryngealen Tongeneratoren (Phono-Sonografie)

Hintergrund

Die B-Mode-Sonografie kann zur Untersuchung der laryngealen Tongeneratoren (Stimmlippen und Taschenfalten) benutzt werden und wird dann als „Phono-Sonografie“ oder „PhoSo“ bezeichnet [5]. Die Phono-Sonografie wird durch eine altersabhängige Schildknorpelossifikation erschwert. Deshalb sollten durch angemessene Sonden-Positionierung (Lage und Winkel) die Bereiche mit Ossifikation möglichst vermieden werden.

Probanden und Methoden

45 stimmgesunde Probanden (Alter: 5 bis 64 Jahre, siehe Boxplot Abb. 1) wurden sitzend beim Sprechen gehaltener Vokale untersucht. Hierbei kam das Ultraschall-System Aplio i800 (Canon Medical Systems, siehe Abb. 2) mit der Linear-Sonde i18LX5 (variabler Frequenzbereich: 4 bis 18 MHz) zum Einsatz. Bei allen Probanden (26 weiblich, 19 männlich) wurde der Auftreffwinkel zwischen Ultraschallsonde und Hautoberfläche am Hals (siehe Abb. 3b) bestimmt.

Die laryngealen Tongeneratoren können **koronar** und **transversal** im B-Mode erfasst werden [3, 4].

Koronare Schnittebenen (siehe Abb. 3a) ermöglichen eine Beschallung durch Ossifikationsfenster in Lamina sinistra und dextra des Schildknorpels. Diese Ossifikationsfenster wurden durch eine Meta-Analyse von zwölf Literaturquellen aus dem Zeitraum von 1882 bis 2017 ermittelt.

Die **transversale** Beschallung (siehe Abb. 3b) umfasst zwei anatomische Fenster, um den Schildknorpel zu umgehen (siehe Abb. 4): Die Tongeneratoren lassen sich 1. durch das Ligamentum conicum bzw. durch die Membrana cricothyroidea von unten mit Schallrichtung nach oben sowie 2. durch die Membrana thyrohyoidea von oben mit Schallrichtung nach unten darstellen [1]. Für jeden Probanden wurde notiert, mit welchem dieser Zugangswege die laryngealen Tongeneratoren am besten reproduzierbar identifiziert werden konnten.

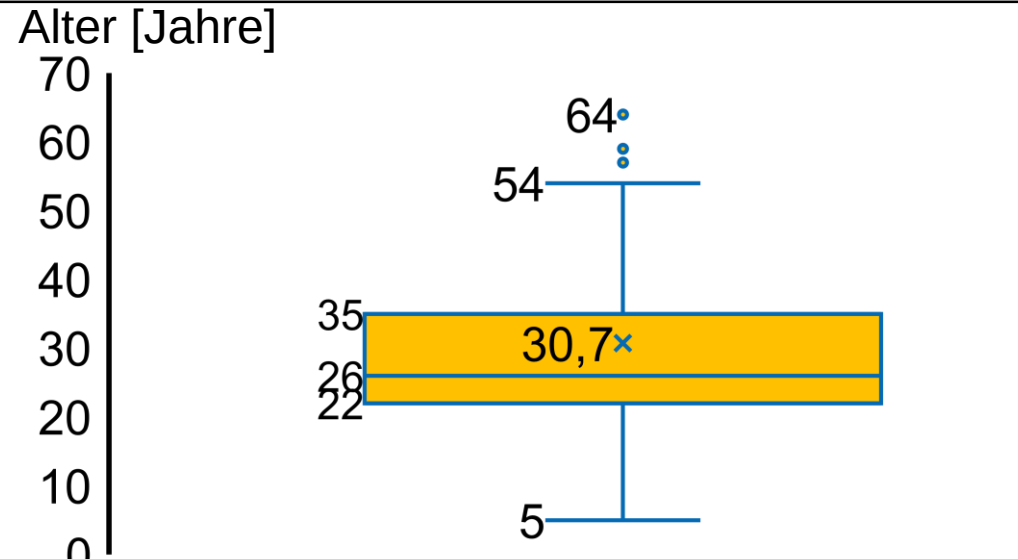


Abb. 1: Altersverteilung der 45 Probanden



Abb. 2: Untersuchungssetting



Abb. 3: Schallkopfpositionierung bei (a) koronarer und (b) transversaler B-Mode-Sonografie der laryngealen Tongeneratoren, Auftreffwinkel rot markiert

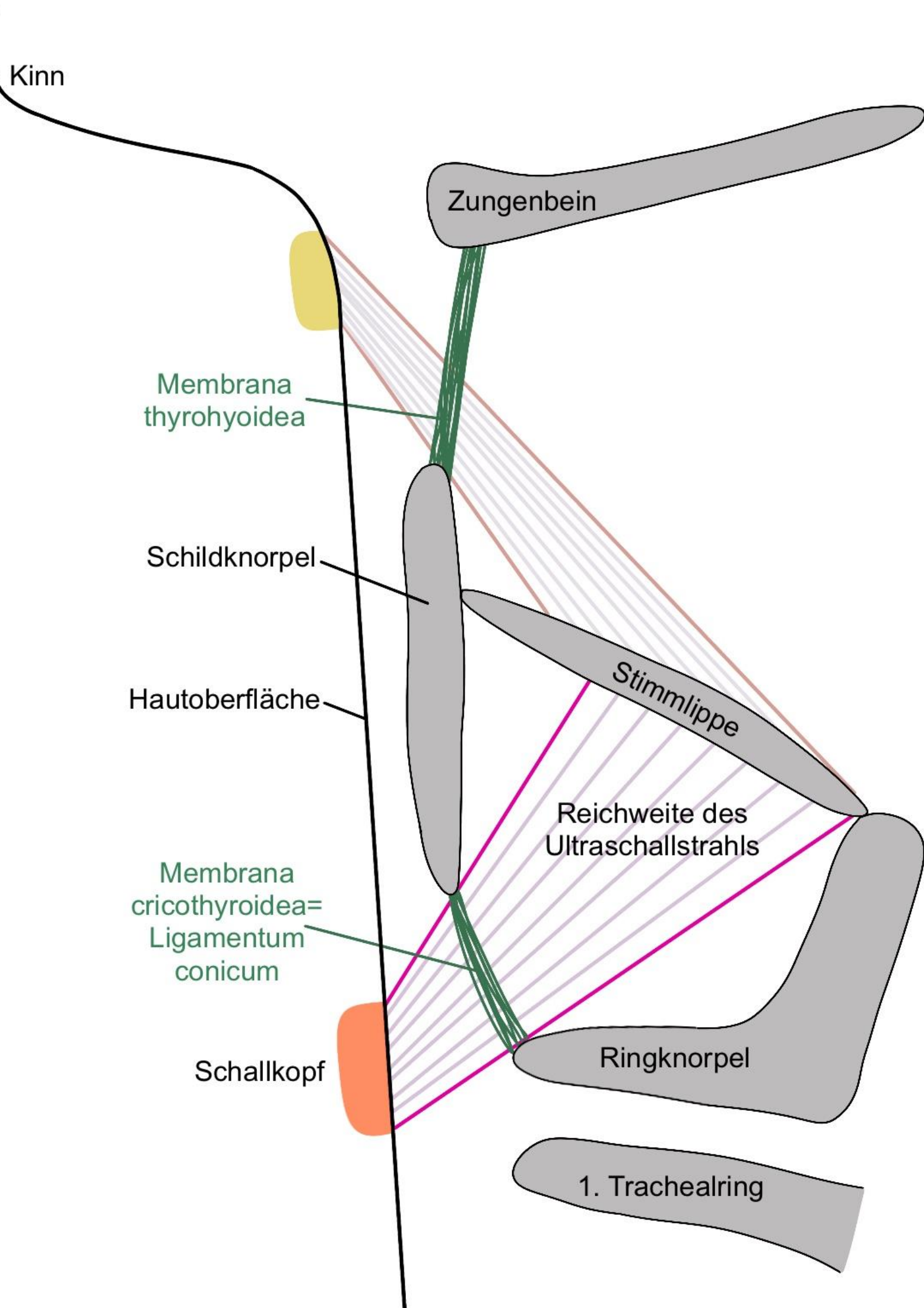


Abb. 4: Glottis-Sonografie transversal, Linksseiten-Ansicht (modifiziert nach [1])

Ergebnisse

Die o.g. Meta-Analyse zeigte, dass die Schildknorpelossifikation in drei Stadien verläuft (siehe Abb. 5): Sie beginnt (mit 15 bis 20 Jahren) im Cornu inferius oder direkt oberhalb davon, weitet sich (mit 20 bis 40 Jahren) von dort nach kranial und anterior aus, begleitet von einer Ossifikation der Mittellinie. Schließlich (etwa ab dem 40. Lebensjahr) bleiben nur je zwei kleine Ossifikationsfenster in Lamina sinistra und dextra des Schildknorpels übrig [4].

Die Untersuchung in **koronarer** Schnittebene (vertikal, siehe Abb. 5) ermöglichte bei 36 der 45 Probanden (80%) die Darstellung laryngealer Strukturen beider Kehlkopfhälften: Schildknorpel, Musculus thyroarytaenoideus, Aryhöcker und die Stimmlippe der beschallten Seite waren jeweils zu erkennen (siehe Abb. 6). Bei vier Probanden (8,9%) konnten nur einseitig (rechts) angemessene Ergebnisse erhoben werden. Fünf jugendliche Probanden (11,1%; Alter: 10 bis 15 Jahre) konnten bei unzureichender Kooperation in koronarer Schnittebene beidseits nicht suffizient untersucht werden.

Bei allen 45 Probanden konnte der Stimm lippen-Taschenfalten-Komplex (siehe Abb. 7, 8 und 9) in **transversalen** Schnittebenen (horizontal, siehe Abb. 5) erfasst werden. Darüber hinaus waren die Schildknorpelplatten sowie die Aryhöcker sichtbar (siehe Abb. 7 und 8). Die Beschallung durch die Membrana cricothyroidea lieferte bei 41 der 45 Probanden (91,1%) die besten Ergebnisse, wohingegen die Beschallung durch die Membrana thyrohyoidea bei vier Probanden (8,9%) eine bessere Darstellung der laryngealen Tongeneratoren ermöglichte (p<0,01; gepaarter t-Test). Die Stimm lippen-Taschenfalten-Komplexe konnten als schwingende, hypoechogene Strukturen erkannt werden (siehe Abb. 8 und 9). Dabei war es nicht immer möglich, die Stimm lippen von den Taschenfalten zu unterscheiden. Deshalb ist die Bezeichnung als Stimm lippen-Taschenfalten-Komplex angemessen [3]. Schildknorpel und Aryhöcker waren als hyperechogene Bereiche sichtbar (siehe Abb. 7 und 8).

Der zeitliche Abstand zwischen zwei B-Mode-Aufnahmen war variabel und lag zwischen zwei Sekunden (bzw. 58 Frames) und vier Sekunden (bzw. 116 Frames).

Der Auftreffwinkel zwischen Sonde und Hautoberfläche am Hals (siehe Abb. 3b) betrug bei transversaler Beschallung durch die Membrana cricothyroidea $83,8 \pm 4,9^\circ$ (spitzwinklig, siehe Boxplot Abb. 10), bei transversaler Beschallung durch die Membrana thyrohyoidea etwas mehr als 90° (stumpfwinklig) und bei koronarer Beschallung etwa 90° (rechtwinklig).

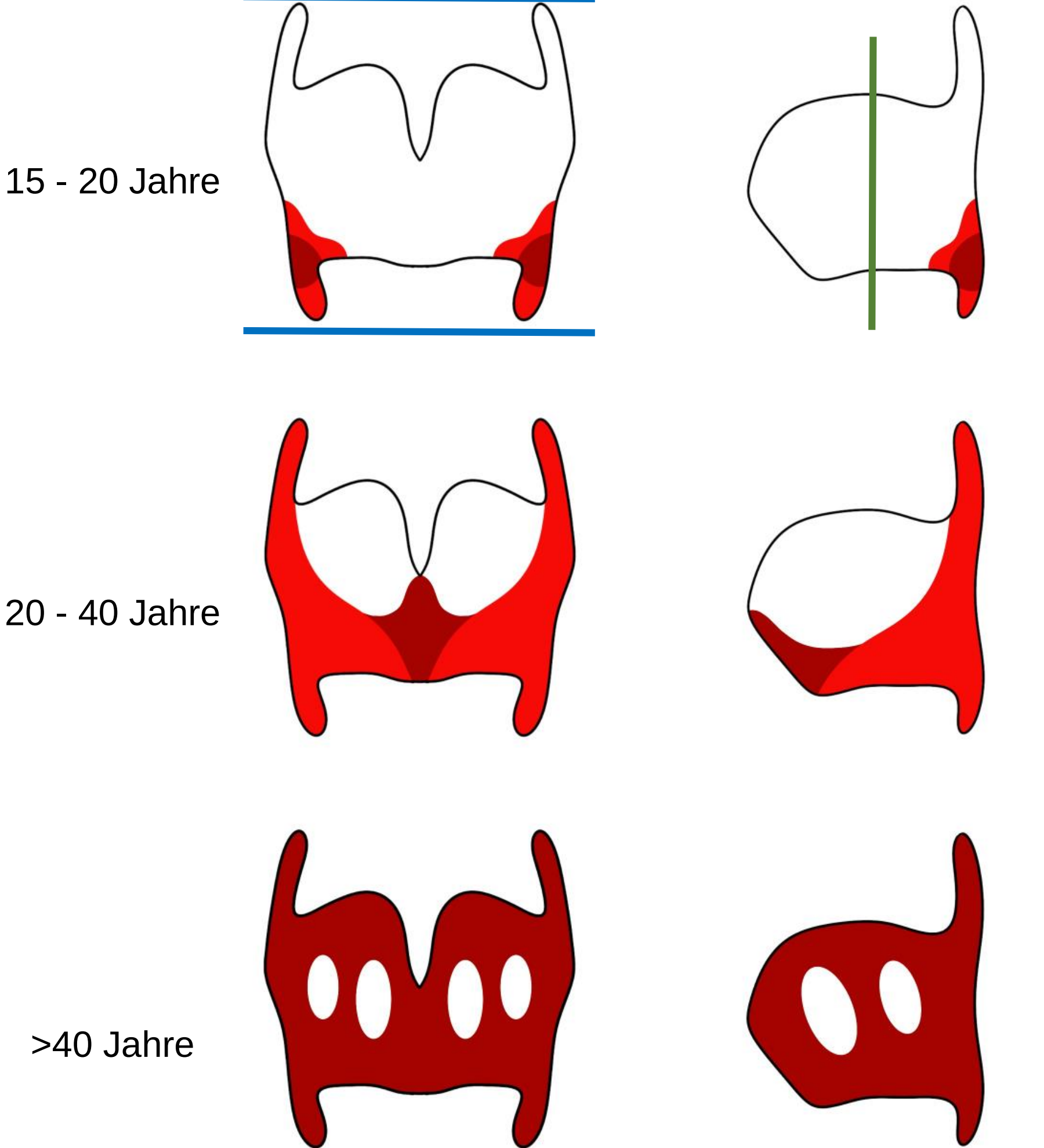


Abb. 5: dreiphasiges Ossifikationsschema des Schildknorpels auf Basis einer Meta-Analyse von zwölf Literaturquellen (dunkelrote Bereiche: im Großteil der Quellen beschrieben; rote Bereiche: in wenigen Quellen beschrieben; blaue Striche: transversale / horizontale Schnittebenen; grüner Strich: koronare / vertikale Schnittebene)

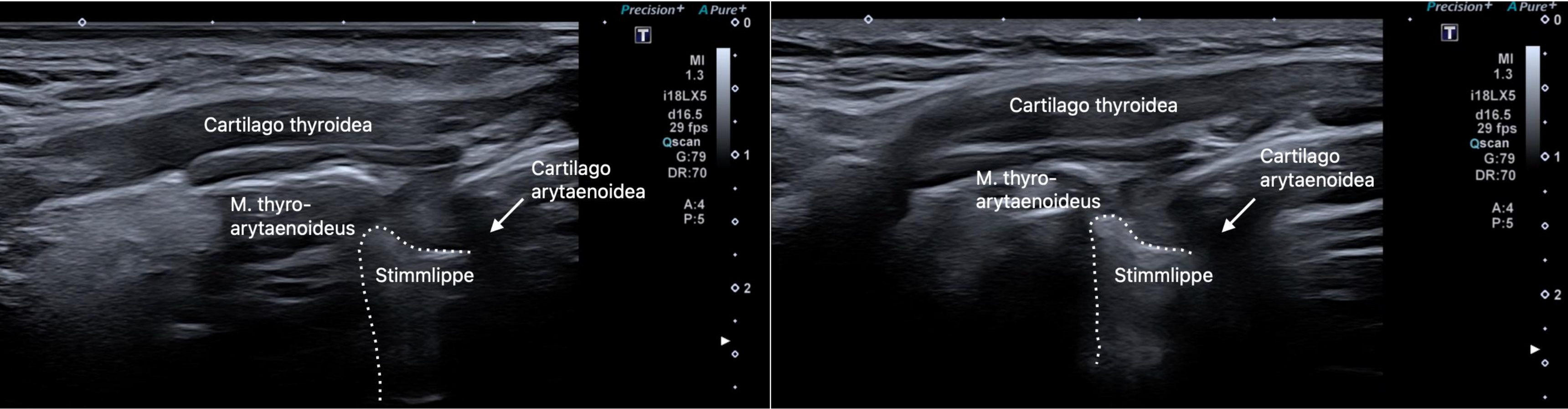
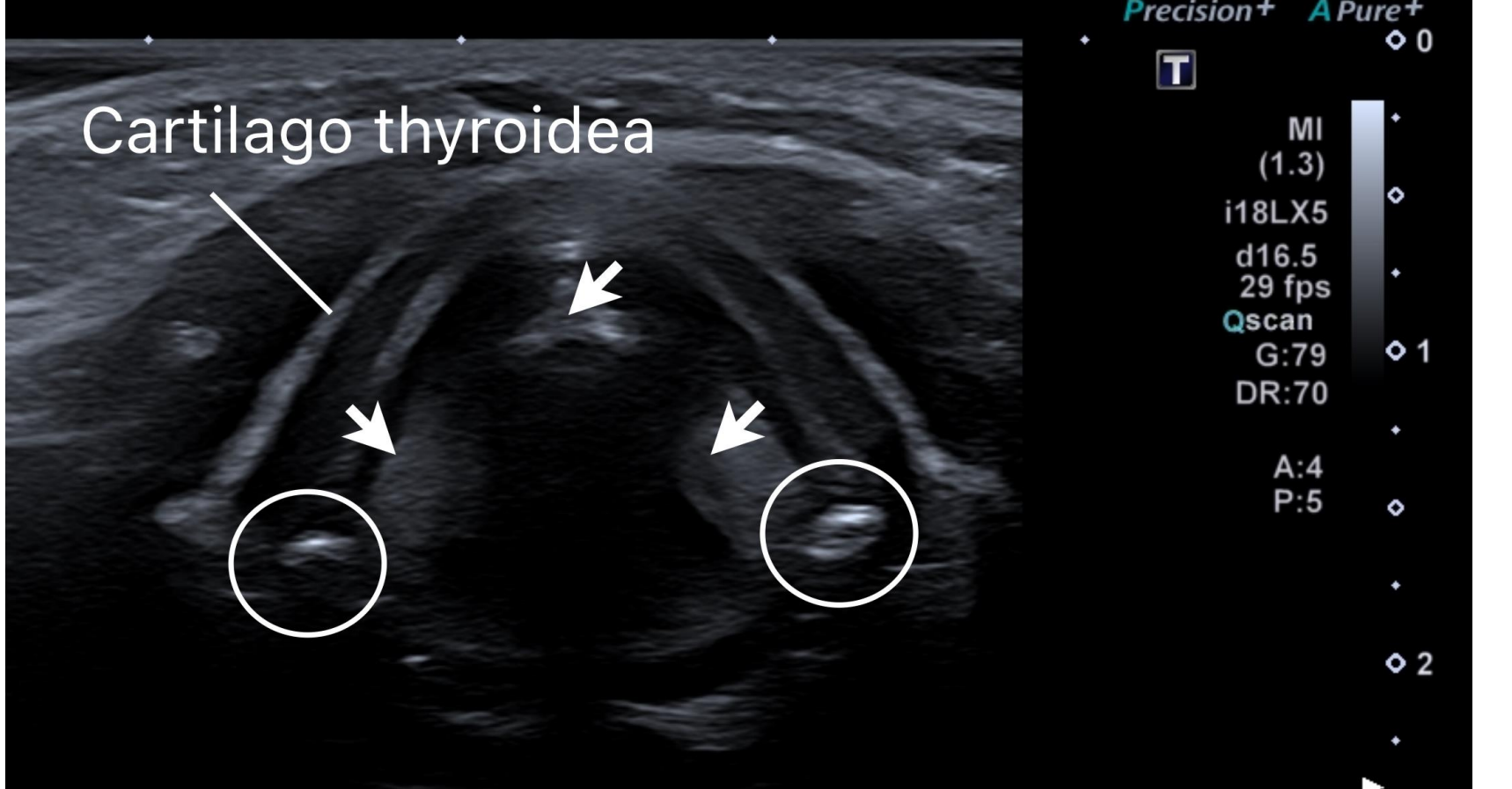


Abb. 6 (links): koronare B-Mode-Sonografie der laryngealen Tongeneratoren (Probandin 1)



Abb. 7 (rechts): transversale Übersichtsaufnahme von Stimm lippen-Taschenfalten-Komplex (weiße Pfeile), Aryhöckern (weiße Kreise) und Schildknorpelplatten (Lamina sinistra et dextra)



Diskussion

Etwa ab dem 40. Lebensjahr kann die Schildknorpelossifikation einen negativen Einfluss auf die Phono-Sonografie haben [2]. Die Alternativen sind transversale Schnittbilder [1, 2], entweder von oben nach unten durch die Membrana thyrohyoidea oder von unten nach oben durch die Membrana cricothyroidea (siehe Abb. 4). Da diese transversalen Schnittebenen den Schildknorpel fast vollständig umgehen, sind sie unabhängig von dessen altersbedingter Ossifikation [4]. Die Untersuchung durch die Membrana cricothyroidea stellt im Vergleich zur Untersuchung durch die Membrana thyrohyoidea einen deutlich besseren Zugangsweg zu den laryngealen Tongeneratoren dar. Das ist durch die einfachere Sondenführung begründet, deren Positionierung an der Membrana thyrohyoidea durch das Kinn und bei Männern zusätzlich durch den Adamsapfel erschwert wird.

Bei Kindern und Jugendlichen bis zum 20. Lebensjahr ist eine ungestörte Beschallung laryngealer Tongeneratoren in koronaren und transversalen Schnittebenen möglich, da hier noch große Ossifikationsfenster im Schildknorpel bestehen [4]. So kann anhand der (Un)Beweglichkeit der Aryhöcker zumindest eine Bewegungsstörung der Stimm lippen ausgeschlossen bzw. festgestellt werden. Auch bei Patienten mit starkem Würgereiz bildet die Phono-Sonografie eine angemessene Alternative zur Larynxendoskopie.

Fazit / Schlussfolgerungen

Die Phono-Sonografie mit transversalen und koronaren B-Mode-Schnittbildern ist eine gute Ergänzung der Kehlkopfendoskopie, besonders für Kinder und Jugendliche sowie für Patienten mit starkem Würgereiz. Bei transversaler Beschallung liefert der Zugangsweg von unten durch die Membrana cricothyroidea meistens die beste Darstellung der laryngealen Tongeneratoren.

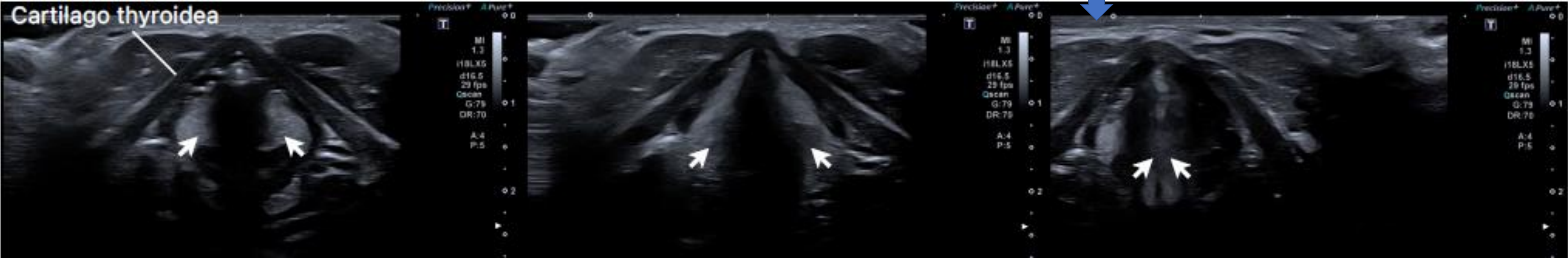


Abb. 9: transversale B-Mode-Sonografie der laryngealen Tongeneratoren (weiße Pfeile: Stimm lippen-Taschenfalten-Komplex); Probandin 4

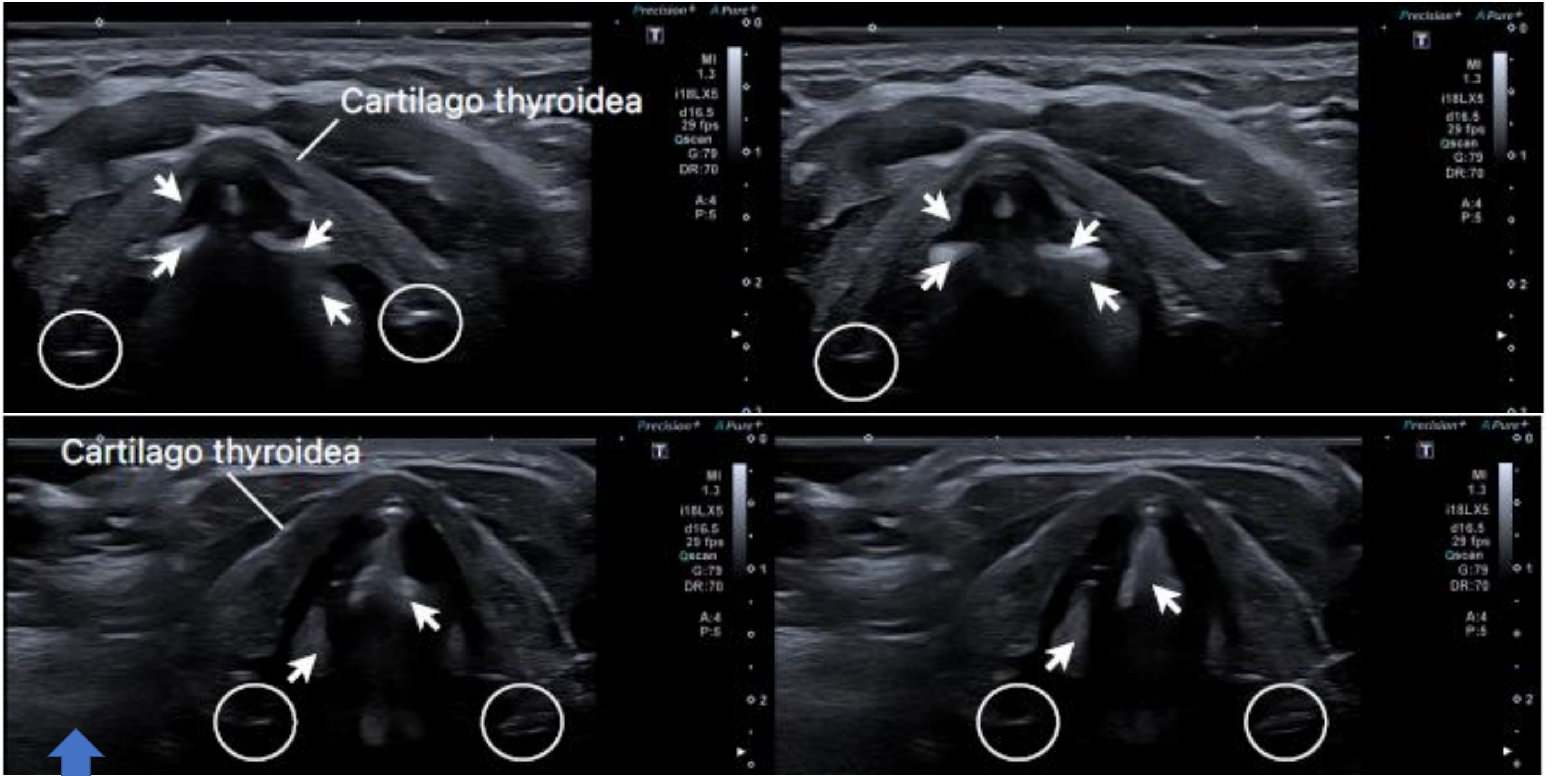


Abb. 8: transversale B-Mode-Sonografie der laryngealen Tongeneratoren (weiße Pfeile: Stimm lippen-Taschenfalten-Komplex; weiße Kreise: Aryhöcker); oben: Proband 2; unten: Proband 3



QR-Code B: transversal

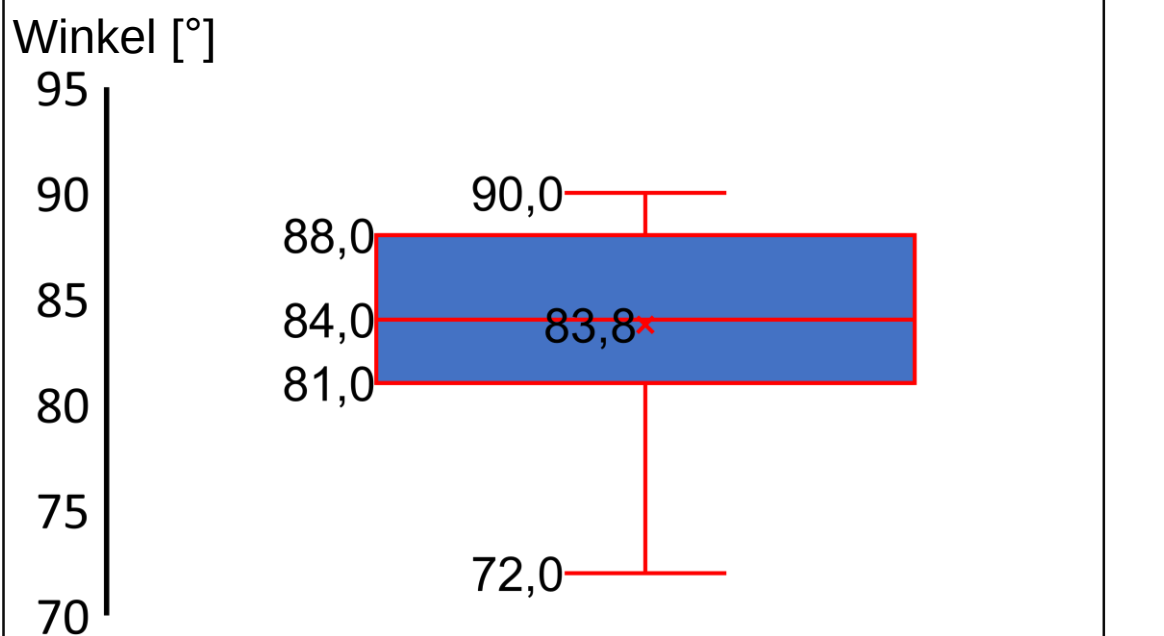


Abb. 10: Verteilung der Auftreffwinkel des Schallkopfes am Hals (Zugangsweg: von unten durch die Membrana cricothyroidea nach oben in Richtung der laryngealen Tongeneratoren)

Literaturauswahl

- Angerstein, W (2020). Sonographic Examination of the Larynx. In: am Zehnhoff-Dinnesen, A, Wiskirka-Woznica, B, Neumann, K, Nawka, T (Eds.) Phoniatics I. European Manual of Medicine. Berlin, Springer: pp 416-418
- Beale, T, Twigg, VM, Horta, M, Morley, S (2020). High-resolution laryngeal US: Imaging technique, normal anatomy, and spectrum of disease. Radiographics 40 (3): 775-790.
- Böhme, G (2001). Sonographie des Larynx und klinische Anwendungen (unter Ausschluss onkologischer Erkrankungen). In: Sader, R, Norer, B, Horch, HH (Hrsg.) Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik im Kopf-Hals-Bereich. Reinbeck, Einhorn-Press Verlag: S. 236-250.
- Chevallier, P, Marcy, PY, Arens, C, Raffaelli, C, Padovani, B, Bruneton, JN (2002). Larynx and hypopharynx. In: Bruneton, JN (Ed.) Applications of sonography in head and neck pathology. Medical radiology. Berlin, Springer: pp 165-191.
- Heyduck, A, Bozzato, A, Reiter, R (2019). Phono-Sonografie. Ultraschall Med 40 (S 01): S8-S9.