

ULTRASCHALL
IN DER INTENSIV-
UND NOTFALLMEDIZIN

GRUNDLAGEN NADELNAVIGATION GEFÄSSE
ECHOKARDIOGRAFIE ATEMNOTDIAGNOSTIK
FAST ABDOMEN NERVUS OPTICUS

AEN

Armbruster Eichholz Notheisen

1. Auflage

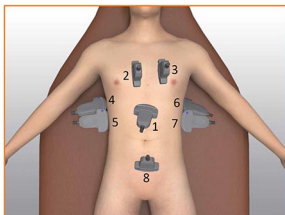


Abb. 1: Schallkopfpositionen und Reihenfolge der eFAST-Untersuchung

Text

VIDEO 8.1: eFAST-Untersuchungsgang

Im Buch finden Sie an dieser Stelle eine URL zum Film

Im Buch finden Sie an dieser Stelle einen QR-Code zum Film

INFO

eFAST: extended Focused Assessment with Sonography in Trauma

ATLS®: Advanced Trauma Life Support

Anmerkung zur Entwicklung der FAST-Sonografie:

- Zunächst wurde lediglich nach freier Flüssigkeit in Thorax und Abdomen untersucht (FAST-Positionen 1 bis 5)
- Inzwischen gibt es 3 weitere Untersuchungspositionen, mit denen begonnen wird: Ausschluss von Perikarderguss und Pneumothorax

INHALTSVERZEICHNIS

ULTRASCHALL IM SCHOCKRAUM: eFAST-UNTERSUCHUNGSGANG	4
IMPRESSUM	6
VIDEOTHEK	7
VORWORT UND DANKSAGUNG	8
INHALTSVERZEICHNIS	9

1 VOR- UND NACHBEREITUNGEN	14
1.1 GERÄTE- UND DATENMANAGEMENT	14
1.2 HYGIENE	14

2 SCHALLEBENEN UND PUNKTIONSEBENEN	15
2.1 SCHALLEBENEN	15
2.2 PUNKTIONSEBENEN	17

3 SCHALLKOPFTECHNIKEN	19
3.1 SCHALLKOPFAUSRICHTUNG BEI DIAGNOSTIK	19
3.2 SCHALLKOPFAUSRICHTUNG BEI INTERVENTIONEN	20
3.3 SCHALLANKOPPLUNG	20
3.4 SCHALLKOPFANDRUCK	21
3.5 LÄNGSVERSCHIEBUNG	22
3.6 QUERVERSCHIEBUNG	23
3.7 KIPPEN	24
3.8 WIPPEN	25
3.9 ROTATION	26

4 NADELNAVIGATION	27
4.1 WINKELNAVIGATION	27
4.2 WALK DOWN-TECHNIK MIT WINKELANPASSUNG	28
4.3 WALK DOWN-TECHNIK MIT SONDENGLEITEN	30
4.4 WALK DOWN-TECHNIK MIT ACHESENWECHSEL	31

5 GEFÄSSE	32
5.1 ZENTRALVENÖSE ZUGÄNGE IM NOTFALL	32
5.1.1 Vena jugularis interna	32
5.1.2 Vena brachiocephalica (Vena anonyma)	38
5.1.3 Vena axillaris (Vena subclavia)	44
5.1.3.1 Out-of-plane-Punktion	48
5.1.3.2 In-plane-Punktion	50
5.2 THROMBOSEDIAGNOSTIK IN DER NOTFALL- UND INTENSIVMEDIZIN	55
5.2.1 Beinvenen	55
5.2.2 Verdacht auf katheterassoziierte Thrombose	67
5.2.3 Thrombosen in großen Gefäßen	60
5.3 GROSSE GEFÄSSE IM ABDOMEN	62
5.3.1 Aorta abdominalis – transversale Untersuchung	62
5.3.2 Aorta abdominalis – longitudinale Untersuchung	64
5.3.3 Bauchortenaneurysma	67
5.3.4 Vena cava inferior – transversale Untersuchung	70
5.3.5 Vena cava inferior – longitudinale Untersuchung	71
5.3.6 Atemvariabilität und Gefäßfüllung der Vena cava inferior	74
5.3.7 Extrakorporale Verfahren	75

6	FOKUSSIERTE TRANSTHORAKALE ECHOKARDIOGRAFIE	78
6.1	EINFÜHRUNG UND SCHALLKOPFAUSRICHTUNG	78
6.2	LAGERUNGS- UND ATEMMANÖVER	81
6.2.1	Lagerung	81
6.2.2	Atmung	82
6.3	SCHALLKOPFMANÖVER IN DER TRANSTHORAKALEN ECHOKARDIOGRAFIE	83
6.3.1	Querverschiebung	83
6.3.2	Längsverschiebung	84
6.3.3	Wippen	85
6.3.4	Kippen	86
6.3.5	Rotation	87
6.4	DOPPLERVERFAHREN IN DER ECHOKARDIOGRAFIE	88
6.4.1	Grundlagen	88
6.4.2	Kontinuierlicher Doppler (CW-Doppler, Continuous Wave-Doppler)	89
6.4.3	Gepulster Doppler (PW-Doppler, Pulsed Wave-Doppler)	91
6.4.4	Akustischer Doppler	93
6.4.5	Farbdoppler	93
6.4.6	Gewebedoppler	95
6.4.7	Color Power-Doppler	96
6.4.8	Duplex und Triplex	97
6.4.9	Alias-Effekt	98
6.4.10	Winkelabhängigkeit und Winkelanpassung	100
6.4.11	Bildoptimierung der Dopplerverfahren	103
6.5	M-MODE IN DER ECHOKARDIOGRAFIE	105
6.6	STANDARDSCHNITTE	107
6.6.1	Parasternale lange Achse	107
6.6.2	Parasternale kurze Achse	110
6.6.3	Apikaler Vierkammerblick	117
6.6.4	Apikaler Fünfkammerblick	121
6.6.5	Apikaler Zwei- und Dreikammerblick	124
6.6.6	Wandabschnitte des linken Ventrikels	129
6.6.7	Subxiphoidaler Vierkammerblick	131
6.6.8	Subxiphoidaler Zweikammerblick	135
6.7	KLINISCHE FRAGESTELLUNGEN	137
6.7.1	Perikard	137
6.7.2	Lungenarterienembolie	139
6.7.3	Linksventrikuläre Funktion	141
6.7.3.1	Mitral Anulus Plane Systolic Excursion, MAPSE	142
6.7.3.2	Ejektionsfraktion nach Teichholz	144
6.7.3.3	Ejektionsfraktion nach Simpson	146
6.7.3.4	Herzzeitvolumen – HZV	150
6.7.3.5	Diastolische Funktion	154
6.7.4	Rechtsventrikuläre Funktion	159
6.7.4.1	Größe des rechten Ventrikels	159
6.7.4.2	Trikuspidalinsuffizienz	160
6.7.4.3	Berechnung des pulmonalarteriellen systolischen Drucks (PAPsys)	161
6.7.4.4	Venöser Rückstau	163
6.7.4.5	Tricuspid Anulus Plane Systolic Excursion, TAPSE	164
6.7.5	Wandbewegungsstörungen	166
6.7.6	Klappenfunktion	167
6.7.7	Vorhöfe	169
6.7.8	Septumdefekte	170

7	ATEMNOTDIAGNOSTIK	171
7.1	SCHALLPHÄNOMENE AN DER PLEURA	171
7.1.1	Parasternal – Einführung	171
7.1.2	Parasternal – Standardschnitte	172
7.1.3	Parasternal – Pleura, Lungengleiten und Lungenpuls	175
7.1.4	Parasternal – Artefakte	177
7.1.5	Parasternal – Normalbefunde im B-Bild	181
7.1.6	Parasternal – Normalbefunde im M-Mode	181
7.1.7	Parasternal – Normalbefunde im Farbdoppler	184
7.1.8	Laterale Thoraxwand – Standardschnitte	185
7.1.9	Laterale Thoraxwand – Rechte Seite (Fast 1-Position)	187
7.1.10	Laterale Thoraxwand – Linke Seite (Fast 3-Position)	188
7.1.11	Laterale Thoraxwand – Pleura	190
7.2	PNEUMOTHORAX	192
7.2.1	Befunde im B-Bild	193
7.2.2	Befunde im M-Mode	194
7.2.3	Befunde im Farb- oder Color Power-Doppler	197
7.2.4	Röntgen zum Ausschluss eines Pneumothorax?	197
7.2.5	Systematische Pneumothoraxdiagnostik	197
7.2.6	Dokumentation der Sonografie bei Verdacht auf Pneumothorax	198
7.2.7	Checkliste „Postinterventioneller Pneumothorax-Ausschluss“	199
7.3	FREIE FLÜSSIGKEIT IM THORAX	200
7.3.1	Pleuraerguss, Hämatothorax	200
7.3.2	Pleura Drainage	202
7.3.3	Pleurapunktion zur Diagnostik	206
7.4	SONSTIGE UNTERSUCHUNGEN IN DER THORAXSONOGRAFIE	206
7.4.1	Lungenödem	207
7.4.2	Einseitige Intubation, Doppellumentubus	210
7.4.3	Tubuslagekontrolle mit Ultraschall?	210
7.4.4	Pleuritis	211
7.4.5	Pneumonie und Lungenkonsolidierung	214
7.4.6	Rippenfraktur	218
7.4.7	Hautemphysem	221
7.4.8	Fremdkörper	223
7.4.9	Dilatative Punktionstracheotomie	224
7.4.10	Brustimplantate	224
7.5	ZWERCHFELLFUNKTIONSDIAGNOSTIK	226
7.5.1	Normalbefunde	226
7.5.2	Artefakte	228
7.5.3	B-Bild	228
7.5.4	M-Mode	232
7.5.5	Pathologische Befunde	236
7.5.6	Zwerchfellparese	236
7.6	CHECKLISTE „SONOGRAFISCHE ATEMNOTDIAGNOSTIK“	239

8	NOTFALLSONOGRAFIE	240
8.1	ENTWICKLUNG DER NOTFALLSONOGRAFIE VON FAST ZU eFAST	240
8.2	FOKUSSierter ULTRASCHALL	242
8.3	SCHALLKOPFMANÖVER	245
8.4	SONDENAUSWAHL, PRESET, TIEFENEINSTELLUNG	247
8.5	eFAST UND ATLS®	248
8.6	UNTERSUCHUNGSGANG UND BEFUNDE	248
8.6.1	Vorbereitung	248
8.6.2	Subxiphoidale Anlotung	249
8.6.3	Parasternale Anlotung	250
8.6.3.1	Rechts	251
8.6.3.2	Links	253
8.6.4	FAST 1	256
8.6.5	FAST 2	260
8.6.6	FAST 3	262
8.6.7	FAST 4	266
8.6.8	FAST 5	268
8.7	KOMMUNIKATION UND TEAMARBEIT	271
8.8	PATHOLOGISCHE BEFUNDE	273
8.8.1	Subxiphoidale Anlotung	273
8.8.2	Parasternale Anlotung rechts	274
8.8.3	Parasternale Anlotung links	274
8.8.4	FAST 1	275
8.8.5	FAST 2	276
8.8.6	FAST 3	277
8.8.7	FAST 4	278
8.8.8	FAST 5	279
9	ABDOMEN	282
9.1	MAGENSONOGRAFIE	282
9.1.1	Untersuchungsgang	284
9.1.2	Wandaufbau und Füllungszustände	286
9.1.3	Aspirationsrisiko	293
9.2	BAUCHGEFÄSSE	298
9.3	LEBER, PFORTADER, GALLENBLASE UND GALLENWEGE	305
9.3.1	Leber	305
9.3.1.1	Untersuchungsgang	305
9.3.1.2	Befunde	308
9.3.2	Pfortader und Arteria hepatica propria	313
9.3.2.1	Untersuchungsgang	313
9.3.3	Gallenblase, DHC	318
9.3.3.1	Untersuchungsgang Gallenblase	320
9.3.3.2	Untersuchungsgang Gallenwege	324
9.3.3.3	Gallenblasenentzündung, Gallenblasensteine	327
9.4	PANKREAS	332
9.4.1	Untersuchungsgang	332
9.4.2	Akute Pankreatitis	335
9.5	ASCITES	337
9.6	NIERE	341
9.6.1	Untersuchungsgang	343
9.6.2	Akuter Harnaufstau und Konkreme	346
9.6.3	Nierenzysten	353
9.6.4	Transplantatniere	355
9.7	HARNBLASE	358
9.7.1	Untersuchungsgang und Füllungszustände	358
9.7.2	Anlage transurethraler Harnblasenkatheter	360
9.7.3	Anlage suprapubischer Harnblasenkatheter	363

10 SONOGRAFIE DES AUGES	365
10.1 DAS AUGE ALS BESONDERS SONOGENES ORGAN	365
10.2 INDIKATIONEN ZUR SONOGRAFIE DES AUGES IN DER NOTFALLMEDIZIN	367
10.3 N. OPTICUS-HÜLLE UND HIRNDRUCK	369
10.3.1 Anatomie der Hirnhäute	369
10.3.2 Nervus opticus und Hirnhäute im Ultraschall	372
10.3.3 Sonografische Diagnostik bei Hirndruck	374
10.3.4 Sondenwahl und Geräteeinstellungen	377
10.3.5 Untersuchungsgang zur Ausmessung der Nervenwurzeln	378
10.4 PUPILLE	383
10.4.1 Pupillenreflex und Sonografie der Iris	383
10.4.2 Anatomie	384
10.4.3 Sondenwahl und Geräteeinstellungen	384
10.4.4 Untersuchungsgang zur Pupillendarstellung	385
ANHANG: POSTER, CHECKLISTEN, ULTRASCHALLZEICHEN, ARTEFAKTE UND MEHR	389
POSTER STANDARDSCHNITTE PARASTERNAL	390
POSTER STANDARDSCHNITTE APIKAL	391
POSTER STANDARDSCHNITTE SUBXIPHOIDAL	392
NORMWERTE IN DER TRANSTHORAKALEN ECHOKARDIOGRAFIE	393
CHECKLISTE „POSTINTERVENTIONELLER PNEUMOTHORAX-AUSSCHLUSS“	395
CHECKLISTE „SONOGRAFISCHE ATEMNOTDIAGNOSTIK“	395
GLOSSAR DER ULTRASCHALLZEICHEN UND ARTEFAKTE	396
FEHLER GEFUNDEN?	401
AUTOREN	402
ABBILDUNGS- UND VIDEOVERZEICHNIS	403
STICHWORTVERZEICHNIS	405
NOTIZEN	409

2 SCHALLEBENEN UND PUNKTIONSEBENEN

2.1 SCHALLEBENEN

- Ultraschallwellen entstehen durch Wechselstromimpulse an Kristallen (Piezoelementen)
- Es werden Impulse in einem wenige μ -Sekunden dauernden Intervall gesendet, danach werden die Echos aus dem Gewebe in einem länger dauernden μ -Sekunden-Intervall empfangen (gehört)
- Zurückkehrende Echos werden in einer Grauwertskala in sogenannten vertikalen Bildzeilen dargestellt
- Schwache Echos stellen sich im Ultraschallbild dunkel dar und werden als hypoechogen bezeichnet
- Starke Echos werden im Ultraschallbild hell dargestellt und als hyperechogen bezeichnet
- Die Ultraschallwellen der Piezoelemente werden elektronisch und mechanisch fokussiert, also gebündelt
- Dadurch entsteht ein Schallfeld unterhalb einer Linearsonde, das man sich vereinfacht in der Form einer Scheckkarte vorstellen kann (ca. 1 mm dick)
- Diese Scheckkarte wird im Folgenden „Schallebene“ genannt
- Die Form der Schallebene hängt von der Sonde ab: bei Abdomen- und Echosonden erinnert sie eher an einen Kaffeefilter oder ein Tortenstück
- Wird eine längliche Struktur quer geschnitten, so spricht man von einer Darstellung der Struktur in „kurzer Achse“
- Wird eine längliche Struktur längs geschnitten, so spricht man von einer Darstellung der Struktur in „langer Achse“
- Die Begriffe „lange und kurze Achse“ beziehen sich also stets auf die Darstellung einer anatomischen Struktur

VIDEO 2.1: Kurze Achse V. jugularis interna rechts

Im Buch finden Sie an dieser Stelle eine URL zum Film

Im Buch finden Sie an dieser Stelle einen QR-Code zum Film

VIDEO 2.2: Lange Achse V. jugularis interna rechts

Im Buch finden Sie an dieser Stelle eine URL zum Film

Im Buch finden Sie an dieser Stelle einen QR-Code zum Film

3.1 SCHALLKOPFAUSRICHTUNG BEI DIAGNOSTIK

- Bei Sagittalschnitten zeigt die Schallkopfmarkierung in der Regel zum Kopf des Patienten

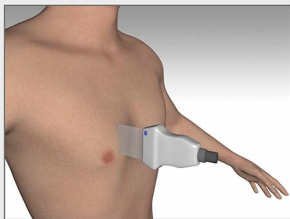


Abb. 6: Abbildungskonvention bei Sagittalschnitten: die Markierung (blau) zeigt zum Kopf

- Bei Transversalschnitten wird die Schallkopfmarkierung in der Regel zur rechten Seite des Patienten ausgerichtet

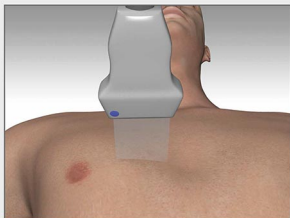


Abb. 7: Abbildungskonvention bei Transversalschnitten: die Markierung (blau) zeigt nach rechts

3.4 SCHALLKOPFANDRUCK

- Die Bildqualität ändert sich entscheidend mit wechselndem Schallkopfandruck
- Kompression kann die Bildqualität verbessern und das Punktionsziel näher zur Hautoberfläche bringen
- Hoher Schallkopfandruck bei Venen und kleinen Arterien: sie werden vollständig komprimiert und damit unsichtbar
- Hoher Schallkopfandruck bei Arterien: erst dadurch kommt die Pulsation deutlich zur Darstellung

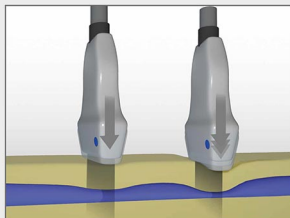


Abb. 9: Schallkopfandruck

ÜBUNG

- Stelle die Arteria radialis am Handgelenk dar und beobachte die Phänomene bei wechselndem Schallkopfandruck:
 - Geringer Schallkopfandruck: schlechteres Bild, laterale Ankopplungsartefakte (Luft), Sichtbarkeit der Venae radiales beidseits der Arteria radialis, keine Pulsation der Arteria radialis
 - Hoher Schallkopfandruck: gutes Bild, keine Sichtbarkeit der Venae radiales, deutliche Pulsation der Arteria radialis

VIDEO 3.1: Schallkopfandruck, A. radialis

Im Buch finden Sie an dieser Stelle eine URL zum Film

Im Buch finden Sie an dieser Stelle einen QR-Code zum Film

5.1 ZENTRALVENÖSE ZUGÄNGE IM NOTFALL

- Ultraschall ist bei Gefäßpunktionen gerade in Notfallsituationen eine sehr hilfreiche Technik, weil auch unter ungünstigen Bedingungen großlumige zentrale Zugänge schnell und sicher gelegt werden können
- Als Zugänge im Notfall kommen folgende Venen in Frage:
 - Vena jugularis interna (zentrale Lage)
 - Vena axillaris / subclavia (zentrale Lage)
 - Vena brachiocephalica (zentrale Lage)
 - Vena femoralis (nicht zentrale Lage – auf die Darstellung des Vena femoralis-Zugangs wird in diesem Buch verzichtet)
 - Im Notfall kann selbstverständlich jede sichtbare, tastbare oder schallbare Vene oder ein intraossärer Zugang genutzt werden
- Schnelle und sichere ultraschallgesteuerte Gefäßzugänge im Notfall können durch folgende Faktoren erschwert sein:
 - Hypovolämie mit geringer Gefäßfüllung
 - Hypotonie
 - Schlechte Oxygenierung
 - Schlechte Schallbedingungen
 - Unerfahrener Untersucher
- Untersucher, die viel Übung bei elektiven Standard-Zugängen haben, werden in Notfallsituationen besser zurecht kommen
- Neben der Kenntnis der sonografischen Anatomie ermöglichen Doppler-verfahren eine sichere Differenzierung von Venen und Arterien: der Farbdoppler gibt jedoch nur eine grobe Orientierung, während der Pulsed Wave-Doppler eine präzise Unterscheidung ermöglicht

5.1.1 VENA JUGULARIS INTERNA

- Der Zugang in die Vena jugularis interna ist der am weitesten verbreitete zentralvenöse Zugang
- Zugleich ist es derjenige Zugang, für den die Evidenzlage zur Anwendung von Ultraschall am eindeutigsten ist
- Punktionsbedingungen (z. B. Venenkollaps), Durchführung der Punktion (Nadelvorschub) und Punktionserfolg (Draht- und Katheterlagekontrolle) lassen sich sonografisch überwachen
- Zusätzlich ermöglicht die Sonografie einen achtsameren Umgang mit vulnerablen Strukturen in der unmittelbaren Nähe: Arteria carotis communis, Nervus vagus, Vertebralgefäße, Nervus phrenicus und Spinalnerven des Plexus brachialis

- Suche die Vena jugularis interna in der kurzen Achse am Hals auf
- Beobachte den Gefäßkollaps durch Schallkopfdruck oder durch Inspiration
- Versuche durch Sondengleiten folgende Strukturen zu identifizieren: Arteria carotis communis, Nervus vagus, Vertebralgefäße, Nervus phrenicus und Spinalnerven des Plexus brachialis

VIDEO 5.4: Untersuchungsgang V. jugularis interna

Im Buch finden Sie an dieser Stelle eine URL zum Film

Im Buch finden Sie an dieser Stelle einen QR-Code zum Film

5.1.2 VENA BRACHIOCEPHALICA (VENA ANONYMA)

- Der Vena brachiocephalica-Zugang (Vena anonyma-Zugang) ist ebenfalls geeignet und hat den Vorteil, dass die Vene auch bei extremer Hypovolämie kaum kollabiert
- Dieser Zugangsweg erfährt eine Renaissance, weil die Prozedur durch die Ultraschallkontrolle mit geringem Risiko durchführbar ist
- Insbesondere das Pneumothoraxrisiko lässt sich bei richtiger Durchführung im Vergleich zur landmarkenorientierten Vena subclavia-Punktion deutlich reduzieren

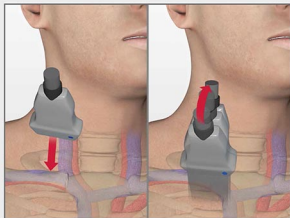


Abb. 28: Untersuchungsgang für die V. brachiocephalica:

- Im ersten Schritt wird die V. jugularis interna entlang ihres Verlaufs bis zur Clavicula verfolgt
- Im zweiten Schritt wird der Schallkopf in den Thorax hinein gekippt

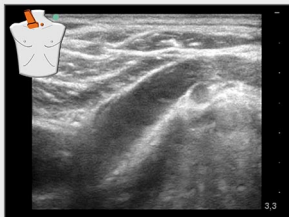


Abb. 29: Einstellung der rechten V. brachiocephalica von supraclavikulär

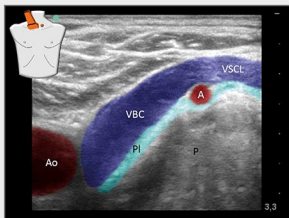


Abb. 30: Identisches Bild mit Kolorierung und Beschriftung

A: A. thoracica interna

Ao: Aortenbogen

Pl: Pleura

P: Pulmo

VBC: V. brachiocephalica

VSCL: V. subclavia / axillaris



Abb. 33: V. brachiocephalica,
In-plane-Punktion, lange Achse

Anm.: Für eine reale Punktion muss der Schallkopf deutlich flacher in den Thorax hineinschallen, sodass der Griff fast den Hals berührt

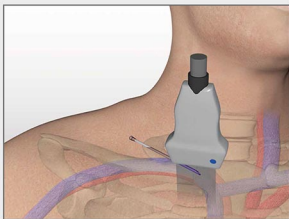


Abb. 34: V. brachiocephalica,
In-plane-Punktion, lange Achse, schematische Darstellung von Schallkopf- und Nadelposition

Anm.: An welcher Stelle die Nadel die Gefäßwand durchdringt, und ob es damit streng genommen noch ein V. subclavia- oder schon ein V. brachiocephalica-Zugang ist, spielt klinisch keine Rolle



Abb. 35: In-plane-Punktion der rechten V. brachiocephalica in der langen Achse

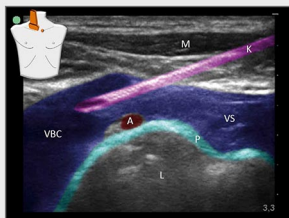


Abb. 36: Identisches Bild mit Kolorierung und Beschriftung

A: A. thoracica interna

K: Kanüle

L: Lunge (Artefakt-Bild)

M: M. sternocleidomastoideus

P: Pleura

VBC: V. brachiocephalica

VS: V. subclavia

6 FOKUSSIERTE TRANSTHORAKALE ECHOKARDIOGRAFIE

6.1 EINFÜHRUNG UND SCHALLKOPFAUSRICHTUNG

- Dieses Kapitel soll einen kurzen Überblick über Standardschnitte, einfache Messmanöver und mögliche Herangehensweisen an klinische Fragestellungen geben
- Es werden überwiegend Normalbefunde dargestellt
- Durch häufiges Üben wird man pathologische Befunde durch orientierende Einschätzung (Eyeballing) immer leichter erkennen und dann differenzierter untersuchen können
- Bei komplexen Fragestellungen oder Unsicherheiten der Befunderhebung sollten in der Echokardiographie erfahrene Kollegen hinzugezogen werden
- Schallbedingungen sind insbesondere in der Intensiv- und Notfallmedizin nicht immer so gut wie im Echolabor, sodass die Herausforderung besteht, auch ohne lehrbuchmäßige Bilder zu therapieentscheidenden Befunden zu kommen
- Unser Fundus an TTE-Bildern und -Filmen ist als „Nicht-Kardiologen“ begrenzt: wir bitten um Nachsicht, dass aus Sicht von Kardiologen nicht alle Materialien perfekt sind
- Es wurde absichtlich auf viele theoretische Grundlagen und Berechnungsformeln verzichtet: in diesem Sinne soll dieses Kapitel ein praktischer Ratgeber für den Alltag sein
- Detailliertere Hintergrundinformationen bekommen Sie entweder in gängigen Lehrbüchern der Echokardiografie, auf einigen Webseiten oder mit Hilfe von Apps sowie im Rahmen von Kursen
- Es werden Sektorsonden (Phased-Array) mit einer Frequenz von zirka 1-5 MHz eingesetzt
- Durch die Aktivierung des Kardiologie-Preset wird die Bildschirmmarkierung (Firmenlogo oder Farbpunkt) von der linken auf die rechte Bildschirmseite umgestellt: die Ultraschallbilder werden also im Vergleich zu den anderen Presets spiegelverkehrt dargestellt

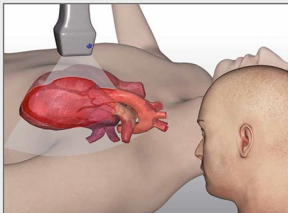


Abb. 75: Bildorientierung beim Kardio-Präset am Beispiel der parasternalen langen Achse: Die Schnittebene wird von der linken Schulter aus betrachtet

- Auch Konvexsonden, sogenannte Abdomensonden, können für parasternale und subxiphoidale Einstellungen verwendet werden: diese Schallköpfe müssen jedoch im Abdomen-Präset für Kardio-Untersuchungen um 180° gedreht werden, um die identische Bildausrichtung zu bekommen
- Wenn die Schallkopfmarkierung identisch wie bei der Echsonde ausgerichtet ist (bei der parasternalen langen Achse also zur rechten Schulter des Patienten), wird das Ultraschallbild spiegelverkehrt dargestellt

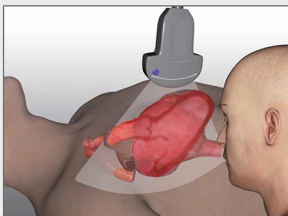


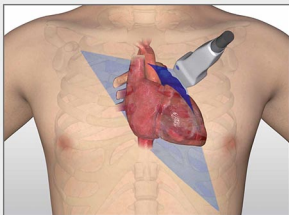
Abb. 76: Bildorientierung mit der Abdomensonde am Beispiel der parasternalen langen Achse: Die Schnittebene wird vom rechten Becken aus betrachtet, wenn die Markierung zur rechten Schulter des Patienten ausgerichtet ist

Ventrikels, rechter Ventrikel, Septum, posteriore Wand des linken Ventrikels, posteriores Perikard, Aorta descendens, Lungenarterie

- Mitral- und Aortenklappe lassen sich in dieser Einstellung gut visualisieren
- Ebenso sind die Chordae tendineae der Mitralklappe und das zentrale Aortenschlussignal durch das rechtskoronare und akoronare Klappen-segel sichtbar
- Der Farbdoppler ist bei der fokussierten Klappendiagnostik hilfreich
- PW- und CW-Dopplermessungen sind wegen des fast senkrechten Anschallwinkels auf die Flussrichtung nicht sinnvoll



Abb. 105: Sondenposition bei der parasternalen langen Achse



108 Abb. 106: Position der Schnittebene bei der parasternalen langen Achse

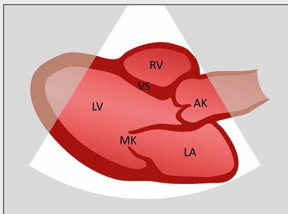


Abb. 107: Parasternale lange Achse, Standardschnitt mit schematischer Darstellung der Leitstrukturen

AK: Aortenklappe
LA: linker Vorhof
LV: linker Ventrikel
MK: Mitralklappe
RV: rechter Ventrikel
VS: Ventrikelseptum

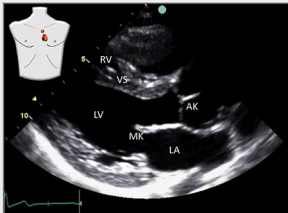


Abb. 108: Parasternale lange Achse, Standardschnitt im Ultraschallbild

AK: Aortenklappe, geschlossen
LA: linker Vorhof
LV: linker Ventrikel
MK: Mitralklappe, offen
RV: rechter Ventrikel
VS: Ventrikelseptum

6.6.6 WANDABSCHNITTE DES LINKEN VENTRIKELS

- Bei Hypokinesien (verminderte Kontraktilität bzw. reduzierte Wanddickenzunahme), Akinesien (erloschene Kontraktilität) und Dyskinesien (inverse Wandbewegungen) ist es wichtig, die betroffenen Wandbereiche des linken Ventrikels eindeutig beschreiben zu können
- Unter intensivmedizinischen Bedingungen oder in der Notaufnahme ist es meist nicht möglich zu entscheiden, ob ein pathologischer Befund vorbestehend und damit relativ bedeutungslos ist, oder ob sich der Befund gerade akut entwickelt hat
- Deswegen haben Verlaufskontrollen mit genauer Bezeichnung eines Wandabschnitts eine besondere Bedeutung
- Die unmittelbar an die Klappenebene anschließenden Wandabschnitte werden als „basal“ bezeichnet
- Die an der Herzspitze gelegenen Wandareale bezeichnet man als „apikal“
- Die Abschnitte zwischen basal und apikal werden „medial“ genannt

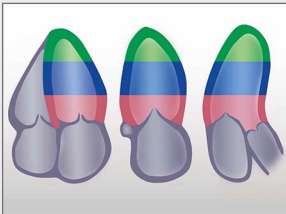


Abb. 130: Wandabschnitte des linken Ventrikels

Grün: apikal
Blau: medial
Rot: basal

7 ATEMNOTDIAGNOSTIK

- Durch Pleura- und Thoraxsonografie erkennt man in ca. 90% der Fälle die Ursache einer Dyspnoe
- Die Ultraschalluntersuchung der Pleura ist oft den Röntgen-Thoraxbildern überlegen, weil sich behandlungsbedürftige Diagnosen im Notfall bettseitig schneller stellen lassen
- Bei akuter Atemnot sind zwei Schallkopfpositionen zur Diagnostik geeignet:

Anlotung	Diagnostische Fragestellung	Sondentyp	Tiefeneinstellung
Parasternal	Pneumothorax (beim liegenden Patienten)	Linearsonde Abdomensonde Echosonde	ca. 4-5 cm
Laterale Thoraxwand	Freie Flüssigkeit (Pleuraerguss, Hämatothorax), Zwerchfellparese	Abdomensonde Echosonde	ca. 15 cm

7.1 SCHALLPHÄNOMENE AN DER PLEURA

7.1.1 PARASTERNAL – EINFÜHRUNG

- Die Pleura ist parasternal sehr gut zugänglich
- Parasternale Pleurauntersuchungen können im Notfall sowohl mit einer Linearsonde, Konvexsonde oder einer Sektorsonde durchgeführt werden
- Bei einer Konvex- oder Sektorsonde sollte die Tiefeneinstellung auf 4-5 cm reduziert werden
- Im Rahmen einer Schockraumdiagnostik empfiehlt es sich, den kompletten eFAST-Untersuchungsgang inklusive der Pleuradiagnostik mit nur einer Sonde ohne Sondenwechsel durchzuführen

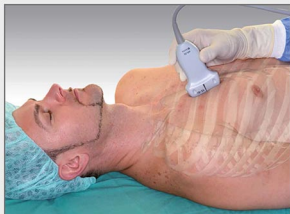


Abb. 173: Pleurasonografie, Untersuchungsgang:
Parasternale Anlotung

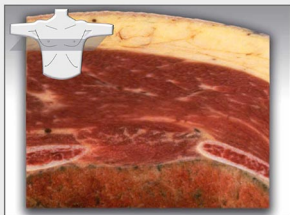


Abb. 174: Pleurasonografie, Schnittbildanatomie eines typischen Schallfensters im axialen Kryoschnittbild

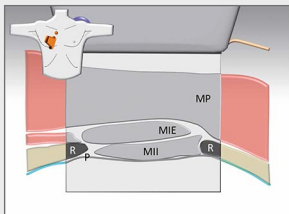


Abb. 175: Pleurasonografie, Darstellung der Leitstrukturen des typischen Schallfensters aus Abb. 174

MIE: M. intercostalis externus

MII: M. intercostalis internus

MP: M. pectoralis major

P: Pleura

R: Rippe



Abb. 176: Pleurasonografie, Untersuchungsgang: Parasternale und laterale Schallkopfpositionen

VIDEO 7.1: Parasternale Schallfenster

Im Buch finden Sie an dieser Stelle eine URL zum Film

Im Buch finden Sie an dieser Stelle einen QR-Code zum Film

8.1 ENTWICKLUNG DER NOTFALLSONOGRAFIE VON FAST ZU eFAST

- FAST steht für Focused Assessment with Sonography in Trauma
- Ursprünglich diente die FAST-Untersuchung dazu, bei Traumapatienten durch drei Einstellungen freie Flüssigkeit im Abdomen nachzuweisen (Focused Abdominal Sonography in Trauma)
- Der Untersuchungsgang wurde um zwei weitere Sondenpositionen am lateralen Thorax erweitert, um auch freie Flüssigkeit im Thoraxraum, also oberhalb des Zwerchfells, zu identifizieren: dadurch sind 5 standardisierte und durchnummerierte Einstellungen entstanden (FAST-Position 1-5)
- Das ermöglicht einen schnellen Untersuchungsablauf mit reproduzierbaren Untersuchungsergebnissen an den Standardpositionen
- Bei allen 5 FAST-Einstellungen wird nach hypoechogenen Bildbereichen, also Flüssigkeit gesucht, die nicht dem Gefäßsystem oder Organen zuzuordnen ist: freie Flüssigkeit
- Die eFAST-Untersuchung (extended-FAST-Untersuchung) wird nochmals um drei Einstellungen erweitert:
 - Blick auf das Herz: subxiphoidale Anlotung zum Nachweis oder Ausschluss eines Perikardergusses
 - Blick auf die Pleura: parasternale Einstellung rechts und links zum Nachweis oder Ausschluss eines Pneumothorax
- Ein hämodynamisch relevanter Perikarderguss und ein Spannungspneumothorax führen zu lebensbedrohlichen Zuständen, die schnell diagnostiziert und behandelt werden müssen: deshalb werden die subxiphoidale Anlotung und die parasternalen Anlotungen vor den Positionen FAST 1-5 durchgeführt
- Nicht nur Anzahl der Anlotungen und die Systematik des Untersuchungsgangs haben sich über die Zeit weiterentwickelt, sondern auch die Einsatzgebiete und die durchführenden Untersucher:
 - eFAST-Untersuchungen werden nicht mehr nur in Schockräumen angewendet, sondern sie haben in der präklinischen Diagnostik, auf Intensivstationen und auch in OPs einen zunehmend hohen Stellenwert
 - Fachübergreifend wird der Untersuchungsgang von allen in der Akutversorgung beteiligten Ärztinnen und Ärzten eingesetzt, und präklinisch werden eFAST-Untersuchungen auch von nicht-ärztlichem Rettungsdienstpersonal in Boden- und Luftrettung durchgeführt
 - Bei einer Reanimation hat der subxiphoidale Vierkammerblick als 10 Sekunden dauernde Untersuchung eine wichtige Bedeutung bekommen

- Die Begriffe FAST und eFAST werden in der Literatur uneinheitlich verwendet: die hier dargestellten Definitionen und Positionsbezeichnungen sind aus vielen Literaturstellen zusammengetragen und in einen Ablauf mit 8 Anlotungen gebracht worden, den wir als Autorenteam für sinnvoll und für leicht erlernbar halten
- Durch die Weiterentwicklung zu den nunmehr 8 Sondenpositionen ist eine etwas verwirrende Zahlensystematik entstanden, weil die 8 Anlotungen mit den klassischen 5 FAST-Positionen zusammengebracht werden: beispielsweise entspricht die 4. Anlotung des Untersuchungsgangs der FAST 1-Position

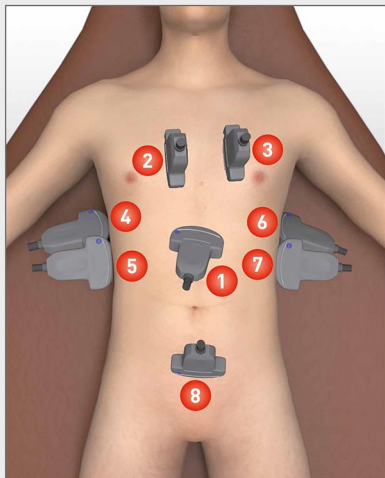


Abb. 246: Übersicht und Reihenfolge der eFAST-Positionen

8.2 FOKUSSierter ULTRASCHALL

- FAST und eFAST sind fokussierte Ultraschalluntersuchungen, die in kurzer Zeit mit standardisierten Schnitten lebensbedrohliche Pathologien erkennen lassen
- Organpathologien, die keine akute lebensbedrohliche Relevanz haben, werden nicht untersucht: beispielsweise bleiben Nierenzysten oder Lebertumoren unberücksichtigt
- Die Fragestellung bei den FAST-Einstellungen und der subxiphoidalen eFAST-Anlotung lautet: ist freie Flüssigkeit sichtbar?
- Zwischen seröser Flüssigkeit und Blut kann nicht unterschieden werden, da sich beide Flüssigkeiten im Ultraschallbild hypoechogen darstellen
- Die parasternalen Sondenpositionen sind im gesamten eFAST-Untersuchungsablauf die einzigen Einstellungen, die nicht die Frage nach freier Flüssigkeit beantworten, sondern sonografische Pneumothoraxzeichen nachweisen oder ausschließen sollen
- Sollten bei der FAST-Untersuchung Befunde auffallen, die von der Fragestellung freie Flüssigkeit (oder bei eFAST Pneumothorax) abweichen, werden diese Auffälligkeiten lediglich nebenbefundlich registriert, ohne dass der Untersuchungsgang dadurch unterbrochen oder verlängert werden darf
- Durch die fokussierte Sichtweise ist es möglich, den Untersuchungsgang in kurzer Zeit abzuschließen: der vollständige Untersuchungsgang ist mit etwas Übung in weniger als drei Minuten durchführbar
- FAST und eFAST sind vergleichsweise einfache Untersuchungsgänge, die schnell erlernt werden können
- Um auffällige Befunde sicher erkennen zu können, ist es wichtig, viele Normalbefunde gesehen zu haben: es ist also sinnvoll, den Untersuchungsgang auch bei minderschwer Verletzten regelmäßig vollständig durchzuführen

9.1 MAGENSONOGRAFIE

- Die Magensonografie unterstützt uns dabei, vor einer geplanten oder einer dringlichen Intubation das Aspirationsrisiko abzuschätzen und die Intubationstechnik bei Bedarf anzupassen
- Die Sonografie des Antrums kann einen Eindruck über die Magenfüllung vermitteln
- Bei flüssigem Mageninhalt kann durch die Ermittlung der Antrum-Querschnittsfläche die Füllungsmenge des Magens in Rechtsseitenlage annähernd bestimmt werden
- Die Nüchternheitsempfehlungen der Fachgesellschaften für Elektiv-eingriffe werden durch die Untersuchung bislang nicht außer Kraft gesetzt
- Es wird sich zeigen, ob die Magensonografie als Untersuchungsmethode in die Nüchternheitsempfehlungen integriert wird und sich das starre Nüchternheitsgebot von 6 Stunden bei fester Nahrung (und bei nicht-klaren Flüssigkeiten) künftig flexibler gestalten lässt
- Bei Notfallpatienten bzw. vor dringlichen Eingriffen ist die Untersuchung des Antrums sinnvoll, um den Füllungszustand des Magens und damit das Aspirationsrisiko vor der Intubation einschätzen zu können

KLINISCHER FALL 1

Ein Notfallpatient mit Schädel-Hirntrauma muss im Schockraum intubiert werden, es liegen aber keine Informationen über die letzte Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme vor.

Befund:

- Das Antrum stellt sich in Rückenlage nicht gefüllt dar
- In der Einstellung in Rechtsseitenlage während der Log Roll (Andrehen des Patienten im Schockraum) zeigt sich wenig klare Flüssigkeit

Beurteilung:

- Das Aspirationsrisiko ist bei einer Intubation demnach eher gering, sodass nach Ermessen des verantwortlichen Anästhesisten bei der Einleitung nicht auf die Zwischenbeatmung verzichtet werden muss (modifizierte Rapid Sequence Induction, RSI)

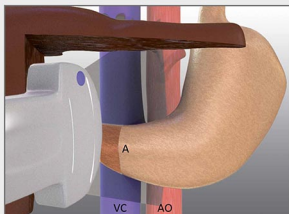


Abb. 285: Schallfenster für die Magensonografie: Einstellung der Bauchgefäße im Längsschnitt als Leitstrukturen zur Darstellung des Antrums im Querschnitt

A: Antrum

AO: Aorta abdominalis

VC: Vena cava inferior

Im Buch finden Sie an dieser Stelle eine URL zum Film

Im Buch finden Sie an dieser Stelle einen QR-Code zum Film

9.1.3 ASPIRATIONSRIKO

- Ist das Antrum lediglich mit klarer Flüssigkeit gefüllt, dann ist das Aspirationsrisiko bei wenig Inhalt geringer als wenn reichlich Flüssigkeit enthalten ist
- Deutlich höher ist das Risiko einer Aspiration bei Mageninhalt mit festen Bestandteilen
- Lässt sich das Antrum wegen Gasüberlagerungen nicht einstellen, ist es sinnvoll die Gase durch vorsichtigen Schallkopfandruck und durch Rechtsseitenlage zu verdrängen
- Führt mit diesen Maßnahmen die Darstellung des Antrum nicht zum Erfolg, geht man von einem nicht nüchternen Patienten aus
- Die Arbeitsgruppe um Perlas et al. hat ein mathematisches Modell entwickelt, um bei Erwachsenen, nicht schwangeren Patienten in Rechtsseitenlage die Flüssigkeitsmenge des Magens durch Bestimmung der Querschnittsfläche (CSA – Cross Sectional Area) zu berechnen (Ausnahme: extrem adipöse Patienten)
- Allerdings ist diese Berechnung lediglich für klare Flüssigkeiten validiert

Berechnungsformel:

1. Schritt: Querschnittsfläche in Rechtsseitenlage [cm²] x 14,6
2. Schritt: - 1,28 x Alter
3. Schritt: + 27
4. Schritt: = Magenvolumen [ml]

- Aus der Formel wird ersichtlich, dass auch das Alter der Patienten berücksichtigt werden muss, um einen validen Zusammenhang zwischen Querschnittsfläche des Antrums und der Magenfüllung zu ermitteln
- Da die Magenschleimhaut und basale Sekretion ein gewisses Volumen in Anspruch nehmen, errechnet sich auch beim nicht gefüllten Antrum ein Volumenwert zwischen ca. 30 ml und 50 ml (In Einzelfällen auch höher)
- Dieselbe Arbeitsgruppe hat ein Stufenmodell mit drei Risikograden aufgestellt, um das Aspirationsrisiko abschätzen zu können
- Durch die Kombination dieser Methoden lässt sich ein praktischer Algorithmus ableiten

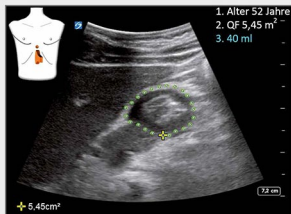


Abb. 297: Magensonografie mit Ermittlung der Querschnittsfläche QF des Antrums

- Die Markierungen werden im Flächenkalkulationsmenü um die Serosa gesetzt: 5,45 cm²
- Durch die Anwendung der Formel ergibt sich bei einem Patientenalter von 52 Jahren ein Magenfüllungsvolumen von 40 ml

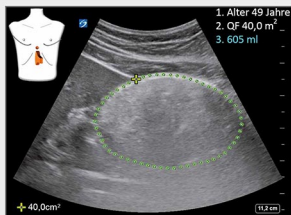


Abb. 298: Magensonografie mit Ermittlung der Querschnittsfläche QF des Antrums nach Trinkversuch

- CSA 40,0 cm²
- Patientenalter 49 Jahre
- Magenfüllungsvolumen 605 ml

9.6.2 AKUTER HARNAUFSTAU UND KONKREMENTE

- Ein akuter Harnaufstau kann zu erheblichen Nierenschäden bis zum irreversiblen postrenalen Nierenversagen führen, sodass eine zeitnahe Diagnostik wichtig ist
- Anspruchsvoller ist es, sonografisch die Ursache für den Aufstau zu identifizieren, wie z. B. einen Harnleiterstein
- Ohne Aufstau kann der Ureter meist nicht dargestellt werden
- Eine steinbedingte Obstruktion findet in der Regel an den physiologischen Engstellen des Ureters statt:
 - am Ausgang des Nierenbeckens
 - an der Überkreuzung der Iliakalgefäße
 - an der Uretermündung in die Harnblase (Ostien)
- Im Falle eines Aufstaus kann der Versuch unternommen werden, den erweiterten Ureter bis zu der Obstruktion darzustellen
- Die Farbdopplerfunktion kann zur Harnsteindiagnostik beitragen, weil verdächtige Strukturen in den ableitenden Harnwegen ein Glitzerartefakt oder Twinklingartefakt (oder Konfettiphänomen) erzeugen können: stark reflektierenden Substanzen wie z. B. kalzifizierte Konkreme bewirken frequenzverschobene Reflexionen, die als kontinuierlich flackernde Farbwechsel über dem Konkrement und seinem Schallschatten erscheinen
- Bei der Beurteilung der Schwere des Harnaufstaus werden die Form der Nierenkelche, die Weite der Kelchhalse, die Reflexeigenschaften des Nierensinus und die Einwirkung des Harnaufstaus auf das Parenchym beurteilt
- Die anatomische Differenzierung von Kelchen und Kelchhälsen besteht darin, dass sich die trichterförmigen Kelche kurz vor Mündung in das Nierenbecken verengen: die Engstelle ist der Kelchhals
- Idealerweise sollten im Ultraschallbild viele Nierenkelche mit den zugehörigen Hälsen eingesehen werden können: da sich die Kelche aber nicht in einer Ebene befinden, ist die zusammenhängende Darstellung des Kelchsystems nur durch Schallkopfkippungen möglich
- Bei höhergradigem Stau stellt sich das Kelchsystem durch die enorme Erweiterung zusammenhängend in derselben Schallebene dar
- Ein durch Obstruktion verursachter akuter Nierenaufstau betrifft meist nur eine Niere
- Beim Aufstau beider Nieren ist eine Harnabflussstörung distal der Ureterostien zu vermuten: hier kommen alle Differentialdiagnosen des Harnverhalts in Betracht

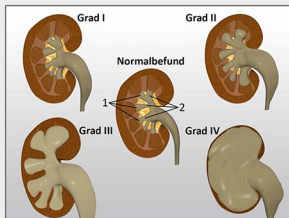


Abb. 362: Grade des Harnaufstaus im Längsschnitt, schematische anatomische Darstellung

1: Nierenkelche

2: Kelchhalse

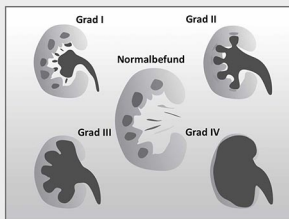


Abb. 363: Grade des Harnaufstaus im Längsschnitt, schematische Darstellung des Sonografiebildes



Abb. 365: Harnstau 1° mit geringgradiger Erweiterung des Nierenbeckens und leichter Erweiterung der Kelche



Abb. 366: Identisches Bild mit Kolorierung und Beschriftung

H: Nierenhilus

K: Nierenkelche

NB: Nierenbecken mit mehreren erweiterten Bereichen

P: Parenchym

S: Sinusreflex

10.1 DAS AUGE ALS BESONDERS SONOGENES ORGAN

- Das Auge ist für sonografischen Untersuchungen leicht zugänglich
- Die Schallbedingungen sind gut, da das Auge flüssigkeitsgefüllt ist und bindegewebige Strukturen unterschiedlicher Echogenität enthält

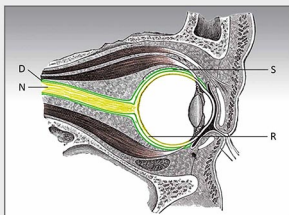


Abb. 388: Auge und N. opticus, schematischer Querschnitt

D: Dura mater als äußerste Hüllstruktur des N. opticus, in die Sklera übergehend

N: N. opticus, in die Retina übergehend

R: Retina

S: Sklera

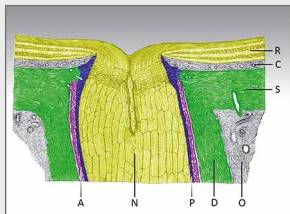


Abb. 391: Anatomie der Nervenhüllen in unmittelbarer Bulbusnähe im Längsschnitt

A: Arachnoidea (Magenta)

C: Choroidea

D: Dura mater, in die Sclera übergehend (Grün)

N: N. opticus, in die Retina übergehend (Gelb)

O: Orbitalfett

P: Pia mater (Blau)

R: Retina, in N. opticus übergehend (Gelb)

S: Sclera, in die Dura mater übergehend (Grün)

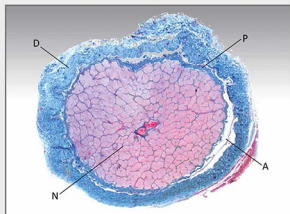


Abb. 392: Histologischer Querschnitt durch den N. opticus in Bulbusnähe, mit Zentralgefäßen

A: Arachnoidea bzw. Subarachnoidalraum (teils durch die die Schnittführung künstlich erweitert)

D: Dura mater

N: N. opticus mit Zentralgefäßen

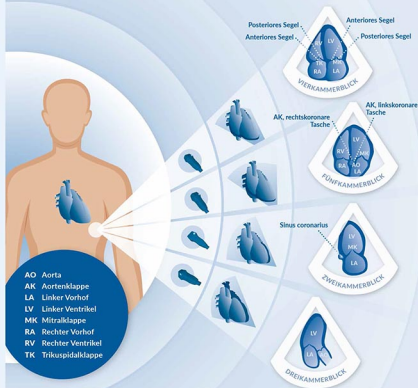
P: Pia mater

Anm.: Im histologischen Präparat befindet sich kein Liquor mehr im Subarachnoidalraum, sodass die Weite des Subarachnoidalraums in vivo größer ist

- Der Nervus opticus kann mit seinen Hüllen als sonografisches Fenster zum Gehirn betrachtet werden
- Ein intrakranieller Druckanstieg führt nicht zu Größen- oder Durchmesserzunahme des Nervus opticus und der anliegenden Pia mater, sondern die darüber liegende Arachnoidea und die Dura mater erweitern sich aufgrund der Druckzunahme im liquorgefüllten Subarachnoidalraum
- Eine akute Hirndrucksteigerung überträgt sich innerhalb von kurzer Zeit auf die mittleren und äußeren Hirnhäute
- Im Ultraschallbild stellt sich der Subarachnoidalraum als ein hypoechogener Saum dar, der den Nervus opticus teilweise oder vollständig umgibt
- Beim Normalbefund ist dieser hypoechogene Bereich nicht immer darzustellen, weil sich die Echogenität der Gewebe oftmals kaum unterscheiden
- Schallkopfnah sind beim Normalbefund die Hirnhäute und der Subarachnoidalraum meist besser abzugrenzen (Abb. 393 und 394); daher entsteht oft der Bildeindruck, dass der Liquorraum sich halbkreisförmig um den Nervus opticus anordnet
- Zudem enthält der Subarachnoidalraum bindegewebige Trabekel unterschiedlicher Länge, sodass sich der hypoechogene Saum nicht immer exakt kreis- oder halbkreisförmig abbildet
- Bei erhöhtem Hirndruck weitet sich der Subarachnoidalraum, sodass der hypoechogene Bereich meist auch im schallkopffernen Bereich klarer vom umliegenden Gewebe zu unterscheiden ist: es lässt sich also eher ein ringförmiger Saum identifizieren
- Der Durchmesser dieses kreis- oder halbkreisförmigen Saums kann im Standbild gemessen werden
- Er wird im angloamerikanischen Sprachraum als „Optic Nerve Sheath Diameter“ (ONSD) bezeichnet
- Auf deutsch hat sich der Begriff „Hüllendurchmesser des Nervus opticus“ verbreitet
- Bei der Messung wird die hyperechogene Dura mater nicht berücksichtigt, weil sie sich trotz ihrer derben Beschaffenheit nicht zuverlässig vom umliegenden Gewebe abgrenzen lässt
- Demnach wird der Durchmesser der Arachnoidea, die den Nervus opticus und die Pia mater umgibt, gemessen
- Die Hüllschichten des Nervus opticus sind unmittelbar am Bulbus weniger dehnbar als mit einem gewissen Abstand zum Bulbus: deshalb wird der Hüllendurchmesser standardisiert mit 3 mm Distanz zum Bulbus bestimmt (Abstand von der Retina zur Messachse, s. Abb. 399, S. 380)

STANDARD-HERZSCHNITTE

Apikale Anlotung



www.aen-sono.de

ISBN 978-3-9819-7271-9

Anmerkung zu den Segeln der Trikuspidalklappe im apikalen Vierkammerblick:

- Das in der obersten Abb. als posteriores Segel bezeichnete Segel wird in manchen Quellen auch als septales Segel bezeichnet
- Die anatomische Differenzierung zwischen septalem und posteriorem Segel ist sonografisch nicht leicht zu erkennen

Linksventrikuläre Auswurffraktion LVEF	Methode	Schnittebene	Phase	Messwerte
normal	Teichholz (unverfälscht) Simpson	PSAX / 4-KB, 2KB	endystolisch und end-diastolisch	> 53 %
leichtgradig eingeschränkt				41-53 %
mittelgradig eingeschränkt				30-40 %
hochgradig eingeschränkt				< 30 %
Diastolische Funktion E/A	Methode	Schnittebene	Phase	Messwerte
normal	PW-Doppler über Mitralklappe	4-KB	früh- und spät-diastolisch	< 1
normal/pseudonormal				1-2
pathologisch				> 2
MAPSE septaler Mitralklappenring	Methode	Schnittebene	Phase	Messwerte
normal	M-Mode	4-KB	endystolisch und end-diastolisch	> 10 mm (entspricht EF > 55 %)
leichtgradig eingeschränkt				8-10 mm (entspricht EF 40-55 %)
mittelgradig eingeschränkt				7-8 mm (entspricht EF 30-40 %)
hochgradig eingeschränkt				< 7 mm (entspricht EF < 30 %)
TAPSE freier Trikuspidalklappenring	Methode	Schnittebene	Phase	Messwerte
normal	M-Mode	4-KB	endystolisch und end-diastolisch	> 17 mm
leichtgradig eingeschränkt				14-17 mm
mittelgradig eingeschränkt				10-14 mm
hochgradig eingeschränkt				< 10 mm
PAPsys	Methode	Schnittebene	Phase	Messwerte
geringe pulmonale Hypertonie	CW-Doppler (Trikuspidalklappe)	4-KB	Systole	30-40 mmHg
mäßige pulmonale Hypertonie				40-50 mmHg
schwere pulmonale Hypertonie				> 50 mmHg

2-KB	Zweikammerblick
3-KB	Dreikammerblick
4-KB	Vierkammerblick
5-KB	Fünfkammerblick
LA	linker Vorhof
LV	linker Ventrikel
LVEF	linksventrikuläre Ejektionsfraktion
LVOT	linksventrikulärer Ausflusstrakt
MAPSE	Mitral Annulus Plane Systolic Excursion
PAPsys	pulmonalarterieller Druck, systolisch
PLAX	parasternale lange Achse
PSAX	parasternale kurze Achse
RA	rechter Vorhof
RV	rechter Ventrikel
SAX	kurze Achse (Short axis)
TAPSE	Tricuspid Annulus Plane Systolic Excursion

Anmerkungen

- die Normwerte variieren von Quelle zu Quelle
- die hier angegebenen Werte gelten für Erwachsene
- in kardiologischen Standardwerken finden sich geschlechtsabhängige Differenzierungen der Normwerte
- Apps und Internetseiten zur Berechnung der Parameter können hilfreich sein

¹ streng genommen kann zwischen den Messebenen von LVOT und Aortenklappenannulus differenziert werden

Literatur

- Nagendorf A. et al., Manual zur Indikation und Durchführung der Echokardiographie – Update 2020 der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie, Kardiologie 2020; 14:396–431
- Hu K. et al., Clinical implication of mitral annular plane systolic excursion for patients with cardiovascular disease, European Heart Journal – Cardiovascular Imaging 2013; 14:205–212



Wolf Armbruster



Rüdiger Eichholz



Thomas Notheisen

Die Sonografie hat sich in der Notfall- und Intensivmedizin zu einem alltäglichen Werkzeug entwickelt. Durch mobile Geräte mit guter Bildqualität haben sich die bettseitigen diagnostischen Möglichkeiten deutlich erweitert. In der Akutversorgung können in kurzer Zeit richtungsweisende therapeutische Entscheidungen getroffen werden.

Hybrid-Buch
406 Abbildungen
208 Videos online



Das Buch ist als interdisziplinärer Praxisleitfaden für klinische Fragestellungen gedacht. Die Abbildungen werden durch Videos ergänzt, die über QR-Codes auf mobilen Endgeräten betrachtet werden können.

ISBN 978-3-9819-7270-2
64,90 €

www.aen-sono.de



9 783981 972702

