



G. Gruber · C. Schamberger
W. Konermann

Sonografie in Orthopädie, Unfallchirurgie und Rheumatologie

Aktuelle Standardschnittebenen
der DEGUM

 Springer

Sonografie in Orthopädie, Unfallchirurgie und Rheumatologie

Gerd Gruber
Christian T. Schamberger
Werner Konermann

Sonografie in Ortho- pädie, Unfallchirurgie und Rheumatologie

Aktuelle Standardschnittebenen der DEGUM

Mit 283 Abbildungen

Unter Mitarbeit
von cand.-med. Stephan Stein

 Springer

Gerd Gruber

Praxis für Orthopädie und Unfallchirurgie, Heidelberg, Germany

Christian T. Schamberger

Fürst-Stirum-Klinik Bruchsal, Bruchsal, Germany

Werner Konermann

DRK Kliniken Nordhessen, Kassel, Germany

ISBN 978-3-662-57658-8 978-3-662-57659-5 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-57659-5>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2018

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Fotonachweis Umschlag: linkes Bild: © Gruber, Schamberger, Konermann; rechtes Bild:

© Konermann, Gruber, Sauerwein

Umsetzung der Piktogramme: Birgit Brühmüller

Fotografien (Positionierung des Schallkopfes): pixelgrafie sauerwein, Axel Sauerwein, Kassel

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist Teil von Springer Nature

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberg Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

Die wesentlichen Vorteile der Ultraschalluntersuchung haben sich in den vergangenen 30 Jahren kaum verändert: sofortige Verfügbarkeit, eine strahlungs- und belastungsfreie Technik mit überschaubaren Kosten, kurzer Untersuchungszeit, weniger Kontraindikationen als CT und MRT und die Möglichkeit Bewegungen sichtbar zu machen. Das Alleinstellungsmerkmal der Sonografie unter den Schnittbildverfahren ist die echte dynamische Schnittbilduntersuchung. Wir sind davon überzeugt, dass insbesondere die interventionellen Maßnahmen unter sonografischer Kontrolle in Orthopädie, Unfallchirurgie, Rheumatologie und in der Sportmedizin in den kommenden Jahren an Relevanz erheblich zunehmen werden.

Für den Zugang zu diesem wunderbaren Untersuchungsverfahren sind gute anatomische Kenntnisse eine *conditio sine qua non* – man sieht nur das, was man kennt! Ein standardisierter Untersuchungsablauf ist ebenfalls wichtig, um relevante Strukturen nicht unbeobachtet zu lassen. Wir haben seit 1990 aktiv an der Etablierung von Standardschnittebenen mitgearbeitet. Dieses Buch soll ein Nachschlagewerk im Kitteltaschenformat sein, das sich an Anfänger und Routiniers dieser Untersuchungsmethode in gleichem Maße wendet wie an Quartalsschaller, um ihnen vor der Untersuchung eine schnelle Hilfestellung zu geben.

Jede Schnittebene an allen Gelenken wird mit Schallkopfposition und einem Ultraschallbild erläutert. Die Autoren geben viele wertvolle Tipps aus 30 Jahren Ultraschallerfahrung weiter.

Unser besonderer Dank gilt Frau Antje Lenzen und Frau Hiltrud Wilbertz vom Springer Verlag, Heidelberg für die hervorragende Betreuung in allen Phasen der Entstehung dieses Buches und für dessen großzügige Ausgestaltung, ebenso der Lektorin Frau Heidrun Schoeler für die redaktionelle Betreuung des Buches.

GE Healthcare sei für die Bereitstellung des Ultraschallgerätes Logic® E9 sehr herzlich gedankt.

Herrn Axel Sauerwein, Pixelgrafie Kassel, möchten wir an dieser Stelle sehr herzlich dafür danken, dass er unser Projekt als Fotograf und in der Nachbearbeitung der Aufnahmen als stets verlässlicher und professioneller Experte begleitete.

Herrn Tim Konermann danken wir sehr herzlich für seine Mitarbeit und Geduld bei der Herstellung der Fotografien.

Frau Sina Schulz danken wir sehr herzlich für ihre Mitarbeit bei der Anfertigung der Ultraschallaufnahmen.

Ganz besonders danken wir Herrn cand.-med. Stephan Stein für seine engagierte Mitarbeit in allen Entstehungsphasen dieses Buches.

Wir hoffen, dass dieses Buch dazu beitragen wird, vor allem den Ultraschall-Anfängern dieses wunderbare Verfahren schnell näherzubringen.

Gerd Gruber

Christian Chamberger

Werner Konermann

Heidelberg und Kassel, im Sommer 2018

Die Autoren



Prof. Dr. med. Gerd Gruber

Gerd Gruber ist apl. Professor für Orthopädie der Universität Heidelberg und zählt europaweit zu den Experten für die Ultraschalldiagnostik der Bewegungsorgane und des Säuglingshüftgelenkes. Unter anderem wurde von Gruber in Zusammenarbeit mit Werner Konermann die sonografische Darstellung der Facettengelenke der Wirbelsäule sowie des Iliosakralgelenks entwickelt, welche eine strahlungsfreie Infiltration und die Thermokoagulations-Denervierung dieser Gelenke erlaubt. Als DEGUM-Kursleiter Stufe III leitete er seit 1989 bis heute über 300 nationale und internationale Sonografiekurse und veröffentlichte 6 Bücher und zahlreiche Publikationen zum Thema Sonografie der Bewegungsorgane. Operativ widmet er sich seit 1992 als Oberarzt der Orthopädischen Universitätsklinik Gießen und seit 1999 als niedergelassener Orthopäde und Unfallchirurg in Heidelberg schwerpunktmäßig der Primär- und Wechselendoprothetik des Knie- und Hüftgelenkes.



Dr. med. Christian Schamberger

Christian Schamberger betreibt seit 2000 die Ultraschalldiagnostik der Bewegungsorgane und begleitet seit 2012 Ultraschallkurse als Referent und Instruktor. Im Jahre 2016 wurde Schamberger der Status DEGUM-Ausbilder Stufe II zuerkannt. Seine operativ zentrale Tätigkeit liegt als Oberarzt der Fürst-Stirum-Klinik Bruchsal in der Traumatologie und der Schulter- und Ellenbogenchirurgie. Mit über 2.600 diagnostischen und interventionellen Sonografien der Bewegungsorgane im Jahr zählt er zu den Spezialisten, insbesondere für die Ultraschall-diagnostik der oberen Extremität.



Prof. Dr. med. Werner Konermann

Werner Konermann ist apl. Professor für Orthopädie der Universität Heidelberg. Er ist Chefarzt der Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und Rehabilitative Medizin der DRK-Kliniken Nordhessen in Kassel. Der Fokus seiner operativen Tätigkeit liegt insbesondere in der Primär- und Wechselendoprothetik des Hüft-, Knie- und Schultergelenks sowie der arthroskopischen Schulterchirurgie. Werner Konermann zählt europaweit zu den Experten für die Ultraschall-diagnostik der Bewegungsorgane und des Säuglingshüftgelenkes. Gemeinsam mit Gerd Gruber legte er in den 90er Jahren mit der Einführung von Standardschnittebenen den Grundstein für die zielorientierte und standardisierte Ultraschalluntersuchung der Bewegungsorgane in der Orthopädie und Unfallchirurgie. Als DEGUM-Kursleiter Stufe III leitete er seit 1989 bis heute über 300 nationale und internationale Kurse und veröffentlichte 6 Bücher und zahlreiche Publikationen zum Thema Sonografie der Bewegungsorgane.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
	<i>G. Gruber, C. Schamberger, W. Konermann</i>	
1.1	Allgemeines	3
1.2	Vor- und Nachteile der Sonografie	4
1.3	Untersuchung in Standardschnittebenen	4
1.4	Technische Voraussetzungen	5
1.5	Schallköpfe	6
1.5.1	Linearschallkopf	6
1.5.2	Sektorschallkopf	6
1.5.3	Curved-Array-Schallkopf	7
1.6	Geräteeinstellung	7
1.6.1	Preprocessing	7
1.6.2	Postprocessing	7
1.6.3	Empfangsverstärkung	7
1.6.4	Tiefenausgleich (Time Gain Compensation, TGC)	8
1.7	Phänomene und Artefakte	8
1.7.1	Phänomen der Pseudousur	8
1.7.2	Phänomen der Reflexumkehr	8
1.7.3	Phänomen des wandernden Reflexes	9
1.7.4	Brennglaseffekt oder sog. Schallverstärkung	9
1.7.5	Schallschatten und Schallauslöschung	9
1.7.6	Wiederholungsartefakt (Reverberationsartefakt)	9
1.7.7	Ankopplungsartefakt	10
1.7.8	Bogenartefakt	10
1.8	Hilfsmittel	10
1.8.1	Ultraschallgel, Haut-Desinfektionsspray	10
1.8.2	Vorlaufstrecken	11
1.9	Monitorabbildung	11
1.10	Dokumentation	12
1.11	Typische Darstellung anatomischer Strukturen	13
1.11.1	Knochen	13
1.11.2	Hyaliner Knorpel	14
1.11.3	Faserknorpel	15
1.11.4	Gelenkkapsel und Bursa	16

1.11.5	Sehne	18
1.11.6	Bandstrukturen	20
1.11.7	Fettgewebe	22
1.11.8	Gefäße	23
1.11.9	Nervengewebe	24
1.11.10	Skelettmuskulatur	26
2	Schultergelenk	29
	<i>G. Gruber, C. Schamberger, W. Konermann</i>	
2.1	Typische Indikationen und Befunde	30
2.2	Untersuchungsablauf	31
2.3	Posteriore Standardschnittebenen	32
2.3.1	Posteriorer Transversalschnitt	32
2.3.2	Posteriorer Longitudinalschnitt	34
2.4	Laterale Standardschnittebenen	36
2.4.1	Lateraler Longitudinalschnitt (Rabenschnabel-Schnitt)	36
2.4.2	Lateraler Transversalschnitt	38
2.5	Anteriore Standardschnittebenen	40
2.5.1	Anteriorer Transversalschnitt	40
2.5.2	Anteriorer Longitudinalschnitt	42
2.5.3	Coracoacromialer Schnitt (Wagenrad-Schnitt)	44
2.6	Axilläre Standardschnittebene	46
2.6.1	Axillärer Longitudinalschnitt	46
2.7	Optionale Schnittebenen:	48
2.7.1	Superiorer Schnitt (Acromioclavikulargelenk)	48
2.7.2	Schnitt über dem Sternoclavikulargelenk	50
2.7.3	Pfannenrandschnitt	52
3	Ellenbogengelenk	55
	<i>G. Gruber, C. Schamberger, W. Konermann</i>	
3.1	Typische Indikationen und Befunde	56
3.2	Untersuchungsablauf	57
3.3	Anteriore Standardschnittebenen	58
3.3.1	Anteriorer Transversalschnitt	58
3.3.2	Anteriorer humeroradialer Longitudinalschnitt	60
3.3.3	Anteriorer humeroulnarer Longitudinalschnitt	62

3.4	Posteriore Standardschnittebenen	64
3.4.1	Posteriorer Transversalschnitt	64
3.4.2	Posteriorer Longitudinalschnitt	66
3.5	Seitliche Standardschnittebenen	68
3.5.1	Seitlicher humeroradialer Longitudinalschnitt	68
3.5.2	Seitlicher humeroulnarer Longitudinalschnitt	70
3.6	Optionale Schnittebenen	72
3.6.1	Longitudinalschnitt über dem Sulcus nervi ulnaris	72
3.6.2	Transversalschnitt über dem Sulcus nervi ulnaris.	74
4	Handgelenk	77
	<i>G. Gruber, C. Schamberger, W. Konermann</i>	
4.1	Typische Indikationen und Befunde	78
4.2	Untersuchungsablauf	79
4.3	Dorsale Standardschnittebenen	80
4.3.1	Dorsaler Transversalschnitt	80
4.3.2	Dorsaler Longitudinalschnitt	82
4.4	Palmare Standardschnittebenen	84
4.4.1	Palmarer Transversalschnitt	84
4.4.2	Palmarer Longitudinalschnitt	86
5	Hand und Finger	89
	<i>G. Gruber, C. Schamberger, W. Konermann</i>	
5.1	Typische Indikationen und Befunde	90
5.2	Untersuchungsablauf	91
5.3	Dorsale Standardschnittebenen	92
5.3.1	Dorsaler Longitudinalschnitt	92
5.3.2	Dorsaler Transversalschnitt	94
5.4	Palmare Standardschnittebenen	96
5.4.1	Palmarer Longitudinalschnitt	96
5.4.2	Palmarer Transversalschnitt	98
5.5	Optionale Schnittebenen	100
5.5.1	Lateraler Longitudinalschnitt der Metakarpophalangealgelenke	100
5.5.2	Ulnarer Longitudinalschnitt Daumen	102

6	Hüftgelenk	105
	<i>G. Gruber, C. Schamberger, W. Konermann</i>	
6.1	Typische Indikationen und Befunde	106
6.2	Untersuchungsablauf	107
6.3	Anteriore Standardschnittebenen	108
6.3.1	Anteriorer Longitudinalschnitt	108
6.3.2	Anteriorer Transversalschnitt	110
6.4	Laterale Standardschnittebene	112
6.4.1	Lateraler Longitudinalschnitt über dem Trochanter major	112
6.4.2	Lateraler Longitudinalschnitt über dem lateralen Pfannenrand	114
6.5	Optionale Schnittebenen	116
6.5.1	Posteriorer Longitudinalschnitt	116
6.5.2	Posteriorer Transversalschnitt	118
6.5.3	Lateraler Transversalschnitt	120
6.5.4	Longitudinalschnitt Adduktorenursprünge	122
7	Kniegelenk	125
	<i>G. Gruber, C. Schamberger, W. Konermann</i>	
7.1	Typische Indikationen und Befunde	126
7.2	Untersuchungsablauf	127
7.3	Anteriore Standardschnittebenen	128
7.3.1	Suprapatellarer Longitudinalschnitt	128
7.3.2	Suprapatellarer Transversalschnitt	130
7.3.3	Infrapatellarer Longitudinalschnitt	132
7.3.4	Infrapatellarer Transversalschnitt	134
7.4	Seitliche Standardschnittebenen	136
7.4.1	Medialer Longitudinalschnitt	136
7.4.2	Lateraler Longitudinalschnitt	138
7.5	Posteriore Standardschnittebenen	140
7.5.1	Medialer Longitudinalschnitt	140
7.5.2	Interkondylärer Longitudinalschnitt	142
7.5.3	Lateraler Longitudinalschnitt	144
7.5.4	Kondylärer Transversalschnitt	146
7.5.5	Kondylärer Transversalschnitt zur Darstellung des vorderen Kreuzbandes	148
7.5.6	Tibialer Transversalschnitt	150

7.6	Optionale Schnittebenen	152
7.6.1	Anteriorer medialer Longitudinalschnitt	152
7.6.2	Anteriorer medialer Transversalschnitt	154
7.6.3	Anteriorer lateraler Longitudinalschnitt	156
7.6.4	Anteriorer lateraler Transversalschnitt	158
8	Sprunggelenk	161
	<i>G. Gruber, C. Schamberger, W. Konermann</i>	
8.1	Typische Indikationen und Befunde	162
8.2	Untersuchungsablauf	163
8.3	Anteriore Standardschnittebenen	164
8.3.1	Anteriorer Transversalschnitt	164
8.3.2	Anteriorer Longitudinalschnitt	166
8.4	Posteriore Standardschnittebenen	168
8.4.1	Posteriorer Longitudinalschnitt	168
8.4.2	Posteriorer Transversalschnitt	170
8.5	Tibiale Standardschnittebenen	172
8.5.1	Tibialer Longitudinalschnitt	172
8.5.2	Tibialer Transversalschnitt	174
8.6	Fibulare Standardschnittebenen	176
8.6.1	Fibularer Longitudinalschnitt	176
8.6.2	Fibularer Transversalschnitt	178
8.7	Optionale Zusatzschnitte	180
8.7.1	Anteriorer Transversalschnitt über dem Lig. fibulotalare anterior	180
8.7.2	Longitudinalschnitt über dem Lig. fibulocalcare	182
8.7.3	Longitudinalschnitte über dem Lig. deltoideum	184
8.7.4	Anteriorer Schnitt über der ventralen Syndesmose	186
9	Fuß	189
	<i>G. Gruber, C. Schamberger, W. Konermann</i>	
9.1	Typische Indikationen und Befunde	190
9.2	Untersuchungsablauf	191
9.3	Dorsale Standardschnittebene	192
9.3.1	Dorsale longitudinale Schnittebene über den Metatarsophalangealgelenken	192
9.4	Laterale Standardschnittebene	194
9.4.1	Lateraler Longitudinalschnitt	194

9.5	Plantare Standardschnittebene	196
9.5.1	Plantarer Longitudinalschnitt	196
9.6	Optionale Zusatzschnitte	198
9.6.1	Dorsaler Longitudinalschnitt der Fußwurzel	198
9.6.2	Dorsaler Transversalschnitt der Fußwurzel	200
9.6.3	Dorsaler transversaler Schnitt des Metatarsophalangealgelenkes	202
9.6.4	Medialer Längsschnitt des Metatarsophalangealgelenkes I	204
9.6.5	Lateraler Längsschnitt des Metatarsophalangealgelenkes V	206
9.6.6	Plantarer Longitudinalschnitt der Metaarsophalangealgelenke	208
9.6.7	Plantarer Transversalschnitt der Metatarsophalangealgelenke	210
10	Wirbelsäule, Iliosakralgelenk und Os sacrum . . .	213
	<i>G. Gruber, C. Schamberger, W. Konermann</i>	
10.1	Typische Indikationen und Befunde	214
10.2	Untersuchungsablauf	215
10.3	Dorsale Standardschnittebenen Brust- und Lendenwirbelsäule	216
10.3.1	Dorsaler medianer Longitudinalschnitt	216
10.3.2	Dorsaler paramedianer Longitudinalschnitt	218
10.3.3	Dorsaler Transversalschnitt	220
10.4	Dorsale Standardschnittebene Iliosakralgelenk	222
10.4.1	Dorsaler Transversalschnitt	222
10.5	Dorsale Standardschnittebenen Os sacrum	224
10.5.1	Dorsaler medianer Longitudinalschnitt	224
10.5.2	Dorsaler Transversalschnitt	226



Einleitung

G. Gruber, C. Schamberger, W. Konermann

- 1.1 **Allgemeines** – 3
- 1.2 **Vor- und Nachteile der Sonografie** – 4
- 1.3 **Untersuchung in Standardschnittebenen** – 4
- 1.4 **Technische Voraussetzungen** – 5
- 1.5 **Schallköpfe** – 6
 - 1.5.1 Linearschallkopf – 6
 - 1.5.2 Sektorschallkopf – 6
 - 1.5.3 Curved-Array-Schallkopf – 7
- 1.6 **Geräteeinstellung** – 7
 - 1.6.1 Preprocessing – 7
 - 1.6.2 Postprocessing – 7
 - 1.6.3 Empfangsverstärkung – 7
 - 1.6.4 Tiefenausgleich (Time Gain Compensation, TGC) – 8
- 1.7 **Phänomene und Artefakte** – 8
 - 1.7.1 Phänomen der Pseudousur – 8
 - 1.7.2 Phänomen der Reflexumkehr – 8
 - 1.7.3 Phänomen des wandernden Reflexes – 9
 - 1.7.4 Brennglaseffekt oder sog. Schallverstärkung – 9
 - 1.7.5 Schallschatten und Schallauslöschung – 9
 - 1.7.6 Wiederholungsartefakt (Reverberationsartefakt) – 9
 - 1.7.7 Ankopplungsartefakt – 10
 - 1.7.8 Bogenartefakt – 10

1.8	Hilfsmittel	- 10
1.8.1	Ultraschallgel, Haut-Desinfektionsspray	- 10
1.8.2	Vorlaufstrecken	- 11
1.9	Monitorabbildung	- 11
1.10	Dokumentation	- 12
1.11	Typische Darstellung anatomischer Strukturen	- 13
1.11.1	Knochen	- 13
1.11.2	Hyaliner Knorpel	- 14
1.11.3	Faserknorpel	- 15
1.11.4	Gelenkkapsel und Bursa	- 16
1.11.5	Sehne	- 18
1.11.6	Bandstrukturen	- 20
1.11.7	Fettgewebe	- 22
1.11.8	Gefäße	- 23
1.11.9	Nervengewebe	- 24
1.11.10	Skelettmuskulatur	- 26

1.1 Allgemeines

Die sonografische Untersuchung ist in der aktuellen Diagnostik der Bewegungsorgane ein etabliertes Untersuchungsverfahren und hat im algorithmischen Ablauf der bildgebenden Diagnostik einen gesicherten Stellenwert. Nach Erhebung der Anamnese und nach der körperlichen Untersuchung sollte heutzutage als erstes bildgebendes Verfahren immer die sonografische Untersuchung stehen, da sie strahlungs- und belastungsfrei und nicht invasiv ist. Auf jeden Fall aber müssen Untersuchungsverfahren, welche mit ionisierenden Strahlen durchgeführt werden (Röntgenaufnahmen und CT) oder kostenaufwendiger sind (MRT-Untersuchung) im zeitlichen Ablauf nach der Ultraschalluntersuchung stehen, wodurch in vielen Fällen auf weitere bildgebende Diagnostik verzichtet werden kann.

Zur Abklärung möglicher pathologischer Veränderungen, aber auch bei interventionellen therapeutischen Verfahren ist die sonografische Untersuchung – dank einer in den letzten fünf Jahren erheblich verbesserten Auflösung bei annähernd gleichbleibender Eindringtiefe – zunehmend in das Zentrum der bildgebenden Diagnostik gerückt. Als einziges Schnittbildverfahren bietet die sonografische Untersuchung die Möglichkeit einer „Online-Darstellung“ der interessierenden Strukturen und ist im Vergleich mit anderen Schnittbildverfahren zumindest als gleichwertig, zum Teil durchaus als überlegen einzustufen. Der zunehmende Einsatz von Farbduplex- und Powerdoppler-Technik ermöglicht auch im Bereich der Bewegungsorgane Zusatzinformationen in der Abklärung pathologischer Veränderungen.

Trotz aller Liebe für dieses Untersuchungsverfahren möchten wir jedoch bereits am Anfang dieses Buches darauf hinweisen, dass auch Ultraschallexperten nicht mit Ultraschalldiagnostik alleine auskommen – diese stellt im Rahmen der bildgebenden diagnostischen Verfahren lediglich einen Mosaikstein in der Abklärung pathologischer Veränderungen der Bewegungsorgane dar und ist in vielen Fällen nur der Beginn der bildgebenden Diagnostik. Unter Umständen ist eine weitere Eingrenzung mit Hilfe anderer etablierter Untersuchungsverfahren (Röntgen, MRT, CT) erforderlich.

1.2 Vor- und Nachteile der Sonografie

■ Vorteile

- Strahlungs- und belastungsfreies Verfahren für Patienten und Untersucher
- Beliebig wiederholbar
- Kostengünstig
- Dynamische Untersuchung („Online-Technik“) ermöglicht die Visualisierung von Bewegungsabläufen und erleichtert die Differenzierung pathologischer Befunde.
- Möglichkeit der seitenvergleichenden Untersuchung
- Weniger Kontraindikationen als MRT oder CT
- Keine untersuchungsrelevanten Artefakte durch Metall im Untersuchungsgebiet

■ Nachteile

- Keine Möglichkeit, intraossär gelegene Strukturen darzustellen
- Schallschatten können pathologische Veränderungen verbergen.
- Eingeschränkte Beurteilbarkeit bei Adipositas

1.3 Untersuchung in Standardschnittebenen

Für jedes Gelenk und jede Körperregion wurden bereits 1996 durch den Arbeitskreis „Stütz- und Bewegungsorgane“ der DEGUM sogenannte Standardschnittebenen festgelegt. Die Intention hierfür war, einen gleichbleibend hohen Qualitätsstandard für den gesamten deutschsprachigen Raum zu ermöglichen. Seit 1990 weisen wir in unseren Ultraschallkursen darauf hin, dass ein standardisierter Untersuchungsablauf der Grundstein für Qualität und Sicherheit dieses bildgebenden diagnostischen Verfahrens ist, dass diese Schnittebenen jedoch immer dann verlassen werden müssen, wenn durch Zusatzeinstellungen ein Plus an Informationen und mehr Sicherheit erreicht werden kann. Im Arbeitskreis Bewegungsorgane der DEGUM wurden im Jahr 2016 ergänzende Schnittebenen definiert. Der erfahrene Sonografieur wird durch fließende Bewegungen und Schallkopfverlagerungen eine multiplanare Untersuchung der jeweiligen Region

anstreben, da eine dynamische und flächendeckende sonografische Untersuchung die Aussagekraft und Sicherheit der Methode deutlich erhöht.

1.4 Technische Voraussetzungen

Die Entstehung der Ultraschallwellen beruht auf dem umgekehrten piezoelektrischen Effekt, den Jacques und Pierre Curie 1880 entdeckten. Ultraschall bedeutet das Ausloten akustischer Grenzflächen. Die Bildentstehung wird verursacht durch den akustischen Impedanzunterschied von zwei benachbarten Strukturen und die unterschiedliche Schallleitungsgeschwindigkeit. Bereits Differenzen von 1 % sind ausreichend für die Diskriminierung von zwei Strukturen.

Menschlicher Hörbereich	16 Hz – 20 KHz
Ultraschall	>20 KHz
Diagnostischer Ultraschall	3,0–20,0 MHz
Schallfrequenz Bewegungsorgane	5,0–20,0 MHz

Unter dem Auflösungsvermögen versteht man den Mindestabstand zwischen zwei Strukturen, damit diese noch diskriminiert werden können. Man unterscheidet die laterale von der axialen Auflösung.

- **Laterale Auflösung:** Mindestabstand zwischen zwei Strukturen (quer zur Schallstrahlrichtung), damit man diese noch diskriminieren kann: 4–5 Wellenlängen.
- **Axiale Auflösung:** Mindestabstand zwischen zwei Strukturen (in Schallstrahlrichtung), damit man diese noch diskriminieren kann: 2–3 Wellenlängen.

Laterale und axiale Auflösung sind abhängig von Schallkopffrequenz, Impulsdauer und Breite des Schallstrahls.

Der Aufbau des Ultraschallbildes wird beeinflusst durch Reflexion, Streuung, Brechung, Beugung und Absorption:

- **Reflexion:** Bei schrägem Anschlagwinkel werden die Schallwellen zur Seite reflektiert und erreichen somit den Schallkopf nicht mehr. Dies ist der Grund, warum einzelne Strukturen sowohl echoarm als auch echoreich abgebildet werden können.
- **Streuung:** Raue Oberflächen führen zur Streuung der Schallwellen.

- **Brechung:** Schallwellen werden beim Übertritt von einem zum anderen Medium zum dichteren Medium hin gebrochen.
- **Beugung:** Wenn sich im Schallstrahl ein schallundurchlässiges Hindernis befindet, werden die Schallwellen in den Schallschatten hinein gebeugt.
- **Absorption:** Die Energie der Schallwellen ist am höchsten unmittelbar beim Verlassen des Schallkopfes. Auf ihrem Weg durch die Weichteilstrukturen wird sie abgeschwächt. Zum Ausgleich dieses Intensitätsverlustes können wir mit Hilfe der Tiefenausgleichsregel selektiv einzelne Schichten verstärken.

1.5 Schallköpfe

Der Ultraschallkopf (Transducer, Ultraschallsonde) ist zugleich Sender und Empfänger der Schallwellen. Wir unterscheiden – je nach dem spezifischen technischen Aufbau – Linear-, Sektor- und Curved-Array-Schallköpfe. Üblicherweise stellt ein Elektrokabel die Verbindung zwischen dem Ultraschallkopf und dem Ultraschallgerät her, es existieren jedoch bereits Ultraschallgeräte mit einem kabellosen Schallkopf, der die Daten drahtlos zum Ultraschallgerät sendet. Die Schallfrequenz verhält sich direkt proportional zur Auflösung und umgekehrt proportional zur Eindringtiefe.

1.5.1 Linearschallkopf

Dieser Schallkopf hat eine plane Oberfläche mit linearer Anordnung der Kristallelemente. Die Monitorabbildung ist formatfüllend rechteckig. Dieser Schallkopf hat die höchste Winkel- und Geometrie-genauigkeit.

1.5.2 Sektorschallkopf

Dieser Schallkopf hat eine stark gekrümmte Oberfläche. In der Regel sind 3 Kristalle auf einem rotierenden Träger angeordnet. Die Monitorabbildung ist sektorförmig (Tortenstück), nicht formatfüllend.

1.5.3 Curved-Array-Schallkopf

Dieser Schallkopf hat eine leicht gekrümmte Oberfläche mit Anordnung der Kristallelemente auf der konvexförmigen Oberfläche. Die Monitorabbildung ist trapezförmig, nicht formatfüllend. Der Curved-Array-Schallkopf nimmt eine Zwischenstellung zwischen dem Linear- und dem Sektorschallkopf ein.

1.6 Geräteeinstellung

Durch Veränderung des Preprocessing oder des Postprocessing kann die Charakteristik des Bildaufbaus variiert werden.

Tipp

- „Eichen“ des Gerätes durch Einstellen von Gefäßen. Das Lumen sollte echofrei sein.

1.6.1 Preprocessing

Funktioniert nur im Real-time-Bild, jedoch nicht bei „eingefrorenem“ Monitorbild. Die Veränderung der Echogenität durch Veränderung der Kennlinie und Veränderung des Kontrastes ist durch Dynamikumfangsänderung möglich.

1.6.2 Postprocessing

Durch elektronische Reduktion der Grauwertstufen resultiert ein härterer Bildkontrast.

1.6.3 Empfangsverstärkung

Gleichmäßige Verstärkung oder Abschwächung aller ankommenden Ultraschallwellen („Gaspedal“ des Ultraschallgerätes).

1.6.4 Tiefenausgleich (Time Gain Compensation, TGC)

Das ist die Möglichkeit einer selektiven Verstärkung der zum Schallkopf zurückkommenden Ultraschallwellen in unterschiedlichen Tiefen. Hierdurch gelingt es, auch tiefer gelegene Strukturen zu erfassen.

1.7 Phänomene und Artefakte

Phänomene sind Bildbesonderheiten, die physikalisch begründet sind und im Objekt einen realen Bezug haben. Artefakte sind Kunstprodukte, die keinen realen Bezug zum Objekt haben.

1.7.1 Phänomen der Pseudousur

Wird eine rundliche oder stark gekrümmte knöcherne Struktur untersucht, so kommt es typischerweise zu einer Unterbrechung der echoreichen Kortikalisstruktur, da deren Verlauf annähernd parallel zu den Schallwellen verläuft und deshalb nicht dargestellt werden kann. Wichtig ist die Abgrenzung der Pseudousur gegen eine echte Usur. Bei einer Usur wird ein Basisreflex abgebildet, dieser fehlt bei einer Pseudousur. Bei Veränderung des Schallwinkels verschwindet die Pseudousur und der Kortikalisreflex wird durchgehend abgebildet.

1.7.2 Phänomen der Reflexumkehr

Dieses Phänomen tritt bei der Untersuchung von Sehnen und Muskeln auf und hängt vom Anschallwinkel ab. Gesunde Sehnen und Muskeln stellen sich bei orthograder Anschallung echoreich dar, bei schräger Anschallung echoarm.

1.7.3 Phänomen des wandernden Reflexes

Dieses Phänomen ist eine Besonderheit des Phänomens der Reflexumkehr und tritt bei anatomischen Strukturen auf, welche einen welligen Verlauf haben. Einzelne Abschnitte sind echoreich, andere echoarm abgebildet. Ein typisches Beispiel hierfür sind Sehnen.

1.7.4 Brennglaseffekt oder sog. Schallverstärkung

Wenn sich flüssigkeitsgefüllte Strukturen im Schallfeld befinden, kommt es hierdurch zu einer scheinbaren Schallverstärkung. Die unterhalb dieser Flüssigkeit abgebildeten anatomischen Strukturen kommen echoreicher zur Darstellung. Beispiele: Bakerzyste, Meniskusganglion, Gefäße. Die Ursache ist eine geringere Abschwächung der Schallenergie beim Durchtritt durch die Flüssigkeit im Vergleich zu den benachbarten Weichteilen, welche die Schallwellen stärker absorbieren.

1.7.5 Schallschatten und Schallauslöschung

Eine im Schallstrahl befindliche Struktur, welche von den Schallwellen nicht durchdrungen werden kann, führt zur Ausbildung eines Schallschattens. Es kommt ein nach unten gerichteter echorarmer bis echofreier Bereich zur Darstellung. Mit Schallauslöschung bezeichnet man die fehlende Darstellung anatomischer Strukturen, welche aufgrund des Schallschattens nicht abgebildet werden. Ein typisches Beispiel hierfür ist ein Kalkdepot bei einer Tendinosis calcarea oder ein Fremdkörper.

1.7.6 Wiederholungsartefakt (Reverberationsartefakt)

Die Mehrfachreflexion von Ultraschallwellen zwischen zwei parallel verlaufenden Strukturen führt zu einer kontinuierlichen Abschwächung des zum Schallkopf zurücklaufenden Ultraschallimpulses. Diese

Mehrfachreflexionen haben jeweils denselben Abstand, woran man sie auch leicht erkennen kann. Ein typisches Beispiel hierfür sind Vorlaufstrecken.

1.7.7 Ankopplungsartefakt

Wenn sich Luft zwischen dem Schallkopf und der Haut befindet, also zu wenig Ultraschallgel verwendet wurde, führt dies zu einer echoarmen Zone, welche leicht am oberen Monitorrand zu erkennen ist. Dieser Bereich darf nicht ausgewertet werden.

Dies wird scherzhaft auch als „Schwabenartefakt“ bezeichnet.

1.7.8 Bogenartefakt

Befindet sich eine stark reflexreiche Struktur innerhalb einer echofreien Region, so können durch sogenannte „Nebenkeulen“ rundliche Strukturen (z. B. ein Draht im Querschnitt) als bogenförmig abgebildet werden.

1.8 Hilfsmittel

1.8.1 Ultraschallgel, Haut-Desinfektionsspray

Eine Grundvoraussetzung zur Vermeidung von Ankopplungsartefakten ist die Verwendung von Ultraschallgel (geliertes Wasser) oder Alkoholspray (Hautdesinfektionsspray). Hierdurch wird das Eintreten von Luft zwischen dem Schallkopf und der Körperoberfläche verhindert.

Wir empfehlen die Verwendung von Ultraschallgel. Bei der Verwendung von Hautdesinfektionsspray können aufgrund von Alkoholanteilen irreversible Beschädigungen an der Schallkopfoberfläche auftreten.