

Dicke der Epidermis und Dermis*

Sonographische Messung an 24 Stellen des menschlichen Körpers

P. Krackowizer, E. Brenner

Sektion für klinisch-funktionelle Anatomie (Direktorin: O. Univ.-Prof. Dr. med. Helga Fritsch), Department für Anatomie, Histologie und Embryologie, Medizinische Universität Innsbruck, Österreich

Schlüsselwörter

Hautdicke, Ultraschall, Messpunkte, Body-mass-Index, Körpergröße, Geschlecht

Zusammenfassung

Ziele der Untersuchung waren die Etablierung definierter Messpunkte (MPs) für Ultraschallmessungen der Hautdicke sowie die Auswertung der Ergebnisse bezüglich Geschlecht und Body-mass-Index (BMI). **Studienteilnehmer, Material, Methoden:** Gemessen wurde die Hautdicke an 112 Personen (43 Frauen, 69 Männer; 19–28 Jahre) kaukasischer Herkunft mit 12,0-MHz (B-Mode) an 24 MPs des Körpers. Bei Frauen wurden die Werte entsprechend dem Zykluszeitpunkt und bei Einnahme hormonaler Kontrazeptiva korrigiert. **Ergebnisse:** Am dünnsten war die Haut am rechten Fuß (MP 41: Ø 0,790 mm); am dicksten am Thorax (MP 67: Ø 1,476 mm). Die Hautdicke wies eine Spannweite von 0,48 mm (MPs 41 und 42; Frauen) bis sogar 2,00 mm (MPs 57 und 67; Männer) auf. Keine Korrelation fand sich zwischen Hautdicke und Lebensalter; eine hohe Korrelation jedoch mit dem BMI ($r \leq 0,411$) und der Körpergröße ($r \leq 0,593$). **Schlussfolgerung:** Frauen hatten statistisch signifikant dünnere Haut als Männer. Männer hatten in dieser Studie bis zu 1,428mal dickere Haut (MP 42) als Frauen.

Keywords

Skin, thickness, ultrasound, body mass index, body size, gender

Summary

The **aims** of the study were the definition of points of measurement (PMs) for the thickness of the skin (epidermis & dermis), which will be reproducible for further investigations. These PMs should be tested in an explorative study on healthy subjects of both genders and a limited range of age. Furthermore these initial data should be statistically analyzed in relation to gender and body mass index (BMI). **Participants, material, methods:** The thickness of the skin was measured in 112 healthy volunteers (43 women, 69 men; 19–28 years) of Caucasian origin with 12.0-MHz-machines in B-mode at 24 locations (quadrants 1–6). In women, the data were corrected for their menstrual cycle and/or their intake of contraceptive drugs. **Results:** The thinnest skin was found at the right foot (PM 41: Ø 0.790 mm), whereas the thickest skin was found at the ventral chest (PM 67: Ø 1.476 mm). Skin-thickness ranged from 0.45 (PM 41 & 42; women) up to 2.00 mm (PM 57 & 67; men). We found no correlation between the age and the skin-thickness. A high correlation was found with both BMI ($r \leq 0.411$) and body-height ($r \leq 0.593$). **Conclusion:** Women had a significantly thinner skin than men. The male skin was up to 1.428 times thicker (PM 42) than the female skin.

Mots clés

Épaisseur de la peau, échographie, indice de masse corporelle, variation entre les sexes

Résumé

Le **but** de cette étude a concerné les points de mesure (PM) choisis pour mesurer l'épaisseur de la peau (derme et épiderme), ce qui soit reproductible pour de futures investigations. Ces PM ont été déterminés pour une investigation chez des sujets sains des deux sexes et d'une tranche d'âge limitée. En outre, ces résultats ont été analysés de manière statistique en relation avec le sexe et le BMI. **Participants, matériel et méthode:** L'épaisseur de la peau a été mesurée chez 112 volontaires sains (43 femmes et 69 hommes; de 19 à 28 ans), de type caucasien avec des sondes échographiques de 12,0 MHz en mode B à 24 localisations précises (quadrants 1–6). Chez les femmes, les résultats ont été rectifiés selon le cycle menstruel et/ou par la prise ou non d'un traitement contraceptif. **Résultats:** L'épaisseur cutanée la plus faible a été trouvée au pied droit (PM 67 : Ø 1,476mm). Elle a varié de 0,45mm (PM 41 et 42; femmes) à 2mm (PM 57 et 67; hommes). Nous n'avons pas mis en évidence de relation entre l'âge et l'épaisseur de la peau. Une corrélation haute a été constatée avec le BMI ($r \leq 0,411$) et avec la taille ($r \leq 0,593$). **Conclusion:** Les femmes ont une épaisseur de peau significativement inférieure à celle des hommes. La peau masculine a une épaisseur supérieure de 1,428 fois (PM 42) à la peau féminine.

Phlebologie 2008; 37: 83–92

Thickness of the human skin

24 points of measurement

Épaisseur du derme et de l'épiderme

24 points de mesure sur le corps humain

Die Haut als größtes menschliches Organ ist Ort etlicher pathologischer Prozesse. Diese können primär die Haut betreffen oder sich als Abbild der im Inneren des Körpers ablaufenden

Krankheiten manifestieren. Zu letzteren ist die Verdickung der Haut bei Lymphödemen zu zählen.

Die Tatsache, dass es bei Lymphödemen zu einer Hautverdickung kommt, ist gut untersucht (6, 15, 19). Die Diagnostik von Lymphödemen umfasst neben der selbstverständlich notwendigen Anamnese und klinischen Untersuchung – zu der u. a. das Kaposi-Stemmer-Zeichen (28, 29) zählen muss – als bildgebende Modalitäten

- Lymphszintigraphie,

- indirekte Lymphangiographie (oder Lymphographie) und
- Sonographie.

Knorz empfiehlt in seinem Stufenschema zur Lymphödemediagnostik die Sonographie sogar als erstes bildgebendes Verfahren (20). Ein Lymphödem ruft diverse morphologische Veränderungen der Haut (vor allem in der Dermis und Subkutis) hervor, die mit der sonographischen Untersuchung gut fassbar sind. Durch das Ödem

* Die gegenständliche Arbeit entstand aus einer Dissertation, die an der Division für klinisch-funktionelle Anatomie, Department für Anatomie, Histologie und Embryologie, der Medizinischen Universität Innsbruck erstellt wurde (21).

Tab. 1 Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien	Geschlecht: weiblich oder männlich	
	Lebensalter: 18 bis 30 Jahre	
Ausschlusskriterien	systemisch	Alter: < 18 Jahre oder > 30 Jahre
		Schwangerschaft
		Erkrankungen des endokrinen Systems
		dermatologisch-phlebologische Erkrankung
		bestimmte Medikamente
		Hormonersatztherapie
		Dialyse
	lokal*	Trauma
		Operation
		Bestrahlung
Lymphödem		

*für einzelne Messpunkte

ist die Dermis verdickt, die Echogenität ist im Vergleich zur nicht erkrankten Haut herabgesetzt und die Grenze zwischen Dermis und Subkutis ist undeutlich (18). Die Subkutis weist ebenfalls eine generelle Verdickung auf. Zusätzlich lassen sich echoarme bis echolose Spalten nachweisen, die mit zunehmender Tiefe größer werden (5).

Insbesondere der Parameter der Verdickung empfiehlt sich für eine Quantifizierung. Dafür notwendig sind jedoch einerseits

standardisierte Messpunkte und andererseits Referenzwerte der Hautdicke. Die Hautdicke wird von vielen Parametern beeinflusst. Als wichtige Faktoren bekannt sind das Lebensalter, das Geschlecht, das physiologisch (insbesondere durch den Menstruationszyklus) oder pathologisch veränderte endokrine System (Diabetes mellitus, Wachstumshormonüberschuss oder -mangel, Schilddrüsenstörungen), Medikamente und chemische Substanzen (besonders Glukokortikoide), Erkrankungen der Haut (z. B. Psoriasis vulgaris, progressive systemische Sklerose, Ichthyosen) und Umwelteinflüsse (Umgebungstemperatur, Tageszeit, UV-Strahlung). Eine Literaturübersicht stellt der erste Teil der Dissertationsarbeit von Krackowizer dar (21).

Im Gegensatz zu phlebologischen Fragestellungen existieren für die der Lymphologie bislang keine definierten Punkte für eine sonographische Untersuchung, sieht man von der Beschreibung Marshalls ab, der regelmäßig „eine Handbreit über dem Innenknöchel“ sonographische Befunde erhob (24). Eine Untersuchung, die Basisdaten für die spätere Vergleichbarkeit von Dickenwerten liefern soll, muss möglichst viele Einflussfaktoren ausschließen, um die Variabilität der abgeleiteten Daten aus so wenigen Parametern wie möglich zu erklären.

Das Ziel der vorliegenden Studie ist es primär, für die lymphologische Praxis relevante und reproduzierbare Messpunkte

zu definieren und sekundär für diese Messpunkte initiale Grunddaten aus einem klar definierten Probandenkollektiv zu liefern.

Studienteilnehmer, Material, Methoden

Diese monozentrische, explorative Beobachtungsstudie hat die Ethikkommission der Medizinischen Universität Innsbruck für unbedenklich erklärt.

Studienpopulation

Die Studienpopulation bestand aus Studierenden des Seziernkurses im Wintersemester 2006/2007 und (studentischen) Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Departments für Anatomie, Histologie und Embryologie. Insgesamt haben wir 142 Personen zur Teilnahme an dieser Studie bewegen können. Die gesamte Studienpopulation war kaukasischer Herkunft.

Nach einem Aufklärungsgespräch und Unterzeichnung einer Einwilligungserklärung (in Kopie den Probandinnen und Probanden ausgehändigt) wurde ein Fragebogen ausgeteilt, der sich an den Ein- und Ausschlusskriterien orientierte (Tab. 1). Nachdem der Fragebogen durch die Probandinnen bzw. Probanden persönlich ausgefüllt und am Untersuchungstag mitgebracht worden war, wurde entsprechend der Ausschlusskriterien festgelegt, ob die Probandin oder der Proband an der Studie teilnehmen durfte oder nicht. Körpergröße und Körpergewicht wurden vor der sonographischen Untersuchung gemessen.

Bei 112 von 142 Probandinnen und Probanden wurde schließlich die Dicke der Haut (Epidermis und Dermis gemeinsam) gemessen. Epidemiologische Daten sind in Tabelle 2 dargestellt.

Bei 30 aufgeklärten Teilnehmern (21,13%) konnte die Dicke der Haut nicht gemessen werden. Die Einwilligungserklärung wurde nicht unterschrieben (5 Personen), mindestens ein Ausschlusskriterium war erfüllt (15 Personen), vier Personen erschienen nicht zur Untersuchung und sechs

allgemeine Daten			Anzahl	Anteil (%)
	für Studie aufgeklärte Teilnehmer		142	100
	untersuchte Teilnehmer		112	78,87
		Frauen	43	38,39
		Männer	69	61,61
nicht untersuchte Teilnehmer		30	21,13	
untersuchte Teilnehmer	Lebensalter (Jahre)	Körpergröße (m)	Körpergewicht (kg)	Body-mass-Index (kg/m ²)
n = 112	22,23 ± 1,96 (19–28)	1,77 ± 0,09 (1,57–1,98)	69,41 ± 11,74 (44–104)	22,00 ± 2,60 (15,78–31,25)
Frauen	21,70 ± 2,17 (19–28)	1,69 ± 0,06 (1,57–1,79)	59,75 ± 9,08 (44–85)	21,00 ± 2,85 (15,78–31,25)
Männer	22,57 ± 1,75 (20–27)	1,82 ± 0,06 (1,72–1,98)	75,43 ± 8,84 (60–104)	22,63 ± 2,22 (18,96–29,43)

Tab. 2

Statistische Analyse (Mittelwert ± Standardabweichung; in Klammern: Bandbreite)

Probandinnen konnten den vorgeschlagenen Untersuchungstermin nicht wahrnehmen.

Messpunkte

Für diese Studie wurden 24 Messpunkte (MP) am Körper definiert (Abb. 1). Aufgrund des bisherigen Fehlens standardisierter Untersuchungspunkte wurden die Punkte in Anlehnung an die Messpunkte für die Messung der Hautfaltendicke nach Kasse-roller angelehnt und anatomisch explizierter definiert (16, 17). Weiters wurde der Messpunkt nach Marshall (eine Handbreit über dem Innenknöchel) präzisiert und in unser Schema übernommen (24). Die Nummerierung folgt dabei dem aus der Zahnmedizin bekannten Quadrantensystem. Die Messpunkte sind zu lesen als z. B. Quadrant 1 – Punkt 1; wobei als Quadranten 1–4 die Extremitäten bezeichnet werden; der Stamm trägt die Quadrantennummern 5–8 und Quadrant 9 ist der Kopf mit Hals. In dieser Studie waren die Quadranten 7–9 nicht Gegenstand der Untersuchung (Quadrant 7 bezieht sich auf das linke, Quadrant 8 auf das rechte Abdomen). Die 24 verwendeten Messpunkte mit anatomisch exakter Definition fasst Tabelle 3 zusammen.

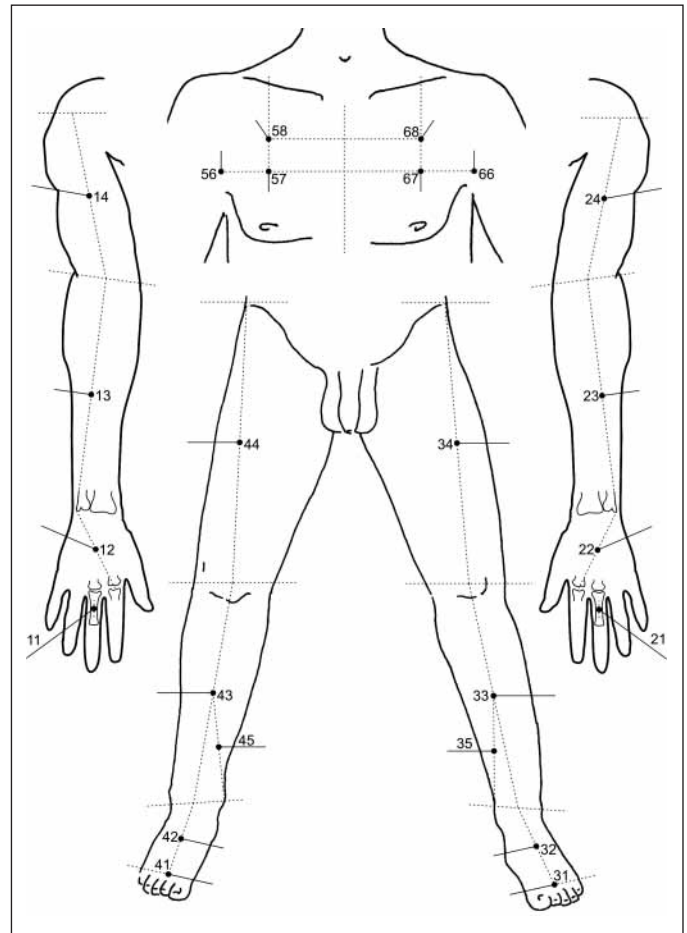
Ultraschallmessung der Hautdicke

Die Untersuchung der Probandinnen und Probanden erfolgte nachmittags (31) im Gebäude des Departments für Anatomie, Histologie und Embryologie der Medizinischen Universität Innsbruck in den Monaten Dezember 2006 und Jänner 2007.

Bei 77 Probandinnen und Probanden wurde zur Messung der Hautdicke das Ultraschallgerät Esaote MyLab25 verwendet, bei 35 Teilnehmern/Innen das Gerät Esaote MyLab30 (Esaote S.p.A., Genua, Italy). An beiden Geräten wurden die gleichen Einstellungen vorgenommen:

- Modus: B-Mode,
- Frequenz: 12 MHz; Linearschallkopf,
- Dynamik: 2,
- Fokus: 1,
- Verstärkung: 19%,
- Tiefe: 4 cm.

Abb. 1
Verwendete Messpunkte



Die Probandinnen und Probanden wurden in Rückenlage unmittelbar nach dem Hinlegen innerhalb maximal 15 Minuten untersucht, bei der Messung der Punkte am Arm befand sich der jeweilige Unterarm in Pronationsstellung. Die Raumtemperatur betrug 21 °C. Die Messung erfolgte unter Verwendung einer Ultraschallvorlaufstrecke (Sonar-Aid®, Fa. Geistlich; Polyacrylamid-Agargel, Wassergehalt 97%, 130 × 120 × 10 mm). Der Schallkopf wurde manuell, jedoch ohne Hilfsmittel, streng senkrecht zur Körperoberfläche auf die Haut aufgesetzt, um Verkantungsfehler zu vermeiden. Zur Dickenmessung der Haut wurde das in den Ultraschallgeräten integrierte Messsystem verwendet (Abb. 2).

An jedem Messpunkt wurde jeweils nur eine Messung im Längsschnitt durchgeführt, da in der initialen Pilotphase wiederholt durchgeführte Messungen lediglich zu einer Schwankungsbreite der Ergebnisse von ca. 2,2% geführt haben (1).

Obwohl von der Ethikkommission nicht verlangt, war zur rechtlichen Absicherung bei den Untersuchungen von Probandinnen eine studentische Mitarbeiterin anwesend.

Statistik

Zur Auswertung dienten die Programme SPSS 12.0G® für Windows und Microsoft EXCEL® 2002. Folgende Analysen wurden durchgeführt:

- Student-T-Test für
 - Seitendifferenzen,
 - Geschlechtsunterschiede,
- ANOVA für Body-mass-Index.

Da die Hautdicke bei Frauen im Verlauf des Menstruationszyklus schwankt und auch durch hormonelle Verhütungsmittel beeinflusst wird, wurden die Messergebnisse bei Frauen entsprechend den Studienergebnissen von Eisenbeiss et al. (8) korrigiert. Die

Tab. 3 Anatomisch exakte Definition der Messpunkte

Quadranten	Messpunkte	anatomische Zuordnung
1 & 2 (obere Extremität)	11/21	Hand – dorsal über der Mitte der Phalanx proximalis digiti III
	12/22	Handrücken – Mittelpunkt der Verbindungslinie Processus styloideus ulnae und Articulatio metacarpophalangealis II
	13/23	Unterarm, in Pronationstellung – Mittelpunkt der Verbindungslinie zwischen Processus styloideus ulnae und Mitte der Verbindungslinie zwischen Epicondylus med. und lat. humeri
	14/24	Oberarm – Mittelpunkt der Verbindungslinie zwischen Unterrand des Acromions und Mitte der Verbindungslinie zwischen Epicondylus med. und lat. humeri
3 & 4 (untere Extremität)	31/41	Fuß – Mittelpunkt zwischen 2. und 3. Zehe auf der Verbindungslinie Metatarsophalangealgelenk I und V
	32/42	Fußrücken – Mittelpunkt der Verbindungslinie zwischen Punkt 31/41 und Mitte der Verbindungslinie zwischen Malleolus med. und Malleolus lat.
	33/43	Schienbein, ventral – Mittelpunkt der Verbindungslinie Mitte der Patella und Mitte der Verbindungslinie zwischen Malleolus med. und Malleolus lat.
	34/44	Oberschenkel, ventral – Mittelpunkt der Verbindungslinie Spina iliaca ant. sup. und Mitte der Patella
	35/45	Unterschenkel – Mittelpunkt der Verbindungslinie von MP 33/43 zum Malleolus med.
5 & 6 (oberer Stamm)	56/66	Axilla – Schnittpunkt mittlere Axillarlinie mit Mitte-Sternum-Linie
	57/67	Thorax – Schnittpunkt Medioclavicularlinie mit Mitte-Sternum-Linie
	58/68	Thorax – Schnittpunkt Medioclavicularlinie mit 1. Viertel-Sternum-Linie

zur Berichtigung der gemessenen Werte benutzen Korrekturfaktoren sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Für Implantate und die Minipille wurde der größte Korrekturfaktor (1,045) gewählt, da bei diesen Präparaten mit Gestagenen verhütet wird. Gestagen weisen (bei spontanem Zyklus) in der Mitte des Zyklus etwa den höchsten Hormonspiegel auf.

Ergebnisse

Die Messwerte der Hautdicke wiesen – geschlechtsgetrennt – annähernde Normalverteilungen auf. Die Dicke der Haut schwankte je nach Körperregion. Am dünnsten war sie am rechten Fuß (MP 41; Ø 0,790 mm). Die dickste Stelle fand sich am Thorax (MP

Tab. 4 Korrekturfaktoren für Messwerte bei Frauen: Die tatsächliche Hautdicke entspricht dem Quotienten aus gemessener Hautdicke und Korrekturfaktor.

hormonaler Status	Korrekturfaktor*	
Kombinationspräparat	1	
spontaner Zyklus	Tage 1–4	1,02
	Tage 5–6	1,025
	Tage 7–8	1,0275
	Tage 9–10	1,03
	Tage 11–13	1,035
	Tage 14–24	1,0375
Tage 25–28	1,03	
Implantat	1,045	
Minipille	1,045	
Drei-Phasen-Präparat	Tage 1–4	1,02
	Tage 5–6	1,023
	Tage 7–8	1,03
	Tage 9–10	1,035
	Tage 11–12	1,043
	Tage 13–14	1,045
	Tage 15–16	1,043
	Tage 17–18	1,03
	Tage 19–20	1,023
Tage 21–28	1,02	

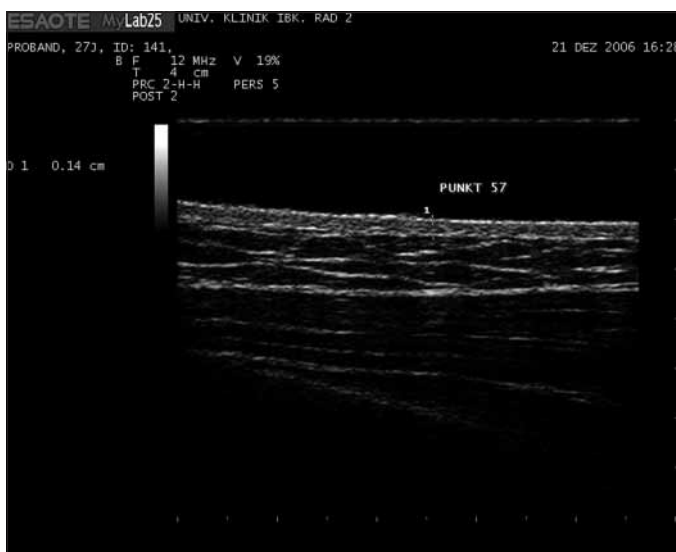


Abb. 2 Sonographische Dickenmessung der Haut an Proband 141 (männlich, 27 Jahre, 1,88 m, 67 kg, BMI: 18,96 kg/m²) in Messpunkt 57 (rechter Thorax: Schnittpunkt Medioclavicularlinie mit Mitte-Sternum-Linie); zweifache Vergrößerung (bikubische Hochrechnung mittels Adobe® Photoshop® CS2 Ver. 9.0.2, Adobe Systems Inc.)

67; Ø 1,467 mm). Die gemessenen Werte wiesen eine Spannweite von 0,48 mm (Messpunkte 41 und 42) bis sogar 2,00 mm (Messpunkte 57 und 67) auf.

Mit Hilfe des paired Student-T-Tests wurden die Seitenunterschiede der Messpunkte analysiert. Die Messpunkte wurden dazu paarweise zusammengefasst und untersucht (z. B. MP 11 und MP 21 oder MP 56 und MP 66). Interessanterweise finden sich für einige Punktpaarungen signifikante Seitenunterschiede (Tab. 5). Auf dem 1%-Niveau ($p < 0,01$) sind dies die Paarungen an

- Oberarm (MP 14 & 24; rechts > links),
- Vorfuß (MP 31 & MP 41; links > rechts),
- Schienbein (MP 33 & 43; links > rechts),
- Axilla (MP 56 & 66, links > rechts),
- oberen Thorax (MP 58 & 68; links > rechts).

Neben diesen Seitenunterschieden waren die Messwerte von physiologischen Kenn-

größen abhängig. Das Lebensalter war in dieser Studie fast gar nicht mit den Messwerten korreliert. Einzig der Messpunkt 41 wies eine statistisch signifikante Korrelation ($r = 0,204$) zum Alter der Probandin bzw. des Probanden auf. Drei Messpunkte waren negativ mit dem Alter korreliert (MP 13, 33 & 58), wobei letztgenannter Messpunkt die geringste Korrelation auswies ($r = -0,045$).

Eine sehr hohe statistisch signifikante Korrelation hatten die Messwerte mit dem Body-mass-Index. Den höchsten Korrelationsfaktor ($r = 0,411$) hatte der Messpunkt 23; dicht gefolgt von Messpunkt 67 ($r = 0,406$). Nur zwei Punkte waren in dieser Studie nicht mit dem Body-mass-Index korreliert (MP 35: $r = 0,137$; MP 45: $r = 0,177$).

Die Körpergröße war noch stärker mit den Messwerten korreliert als der Body-mass-Index. Hier waren Korrelationsfaktoren von bis zu 0,593 (MP 42) rechnerisch nachzuweisen. Nur Messpunkt 66 wies Messwerte auf, die nicht von der Körpergröße signifikant beeinflusst wurden ($r = 0,168$).

Die Korrelation des Body-mass-Index betrug zur Körpergröße 0,238 und zum Körpergewicht 0,816. Der Body-mass-Index wurde somit hauptsächlich vom Körpergewicht beeinflusst.

Bis jetzt wurden die Daten bezogen auf das untersuchte Gesamtkollektiv ($n = 112$) ausgewertet. Von größerem Interesse sind allerdings die statistischen Analysen für die einzelnen Geschlechter. Daher folgt die Analyse der Dickenmessung der Haut im Detail für jeden Quadranten und aufgeschlüsselt nach Geschlecht.

Quadranten 1 und 2

Rechte obere Extremität

Für alle Messpunkte in diesem Quadranten fand sich ein signifikanter Geschlechtsunterschied (Frauen < Männer; ANOVA: $p = 0,000$). Die Werte für die Hautdicke stiegen bei beiden Geschlechtern in der gleichen Reihenfolge an: am Messpunkt 12 war die Haut am dünnsten (Frauen: $0,760 \pm 0,110$ mm; Männer: $1,052 \pm 0,154$ mm), gefolgt von den Messwerten an den Punkten

Tab. 5 Zweiseitiger T-Test für gepaarte Differenzen ($n = 112$)

Messpunkt-paar	gepaarte Differenzen					T	Signifikanz (zweiseitig)
	Mittelwert	SD	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz			
				untere	obere		
11/21	0,01244	0,12809	0,01210	-0,01155	0,03642	1,028	0,306
12/22	0,01450	0,15003	0,01418	-0,01359	0,04259	1,023	0,309
13/23	0,00882	0,12618	0,01192	-0,01480	0,03245	0,740	0,461
14/24	0,03461	0,13345	0,01261	0,00963	0,05960	2,745	0,007*
31/41	0,03381	0,13201	0,01247	0,00909	0,05853	2,711	0,008*
32/42	0,02691	0,17002	0,01607	-0,00493	0,05874	1,675	0,097
33/43	0,06033	0,17030	0,01609	0,02845	0,09222	3,749	0,000*
34/44	-0,00869	0,14101	0,01332	-0,03509	0,01772	-0,652	0,516
35/45	0,02541	0,15726	0,01486	-0,00403	0,05486	1,710	0,090
56/66	-0,03518	0,14041	0,01327	-0,06147	-0,00889	-2,652	0,009*
57/67	-0,02911	0,15305	0,01446	-0,05777	-0,00045	-2,013	0,047
58/68	-0,07351	0,14876	0,01406	-0,10136	-0,04565	-5,229	0,000*

* Der Seitenunterschied ist auf dem Niveau von $p < 0,01$ (zweiseitig) signifikant.

11, 14, 13. Die Haut der rechten oberen Extremität war somit am Unterarm (MP 13) am dicksten (Frauen: $1,041 \pm 0,120$ mm; Männer: $1,304 \pm 0,157$ mm).

Linke obere Extremität

Quadrant 2 wies ähnliche Merkmale auf wie Quadrant 1: Für alle Messpunkte bestanden signifikante Geschlechtsunterschiede (Frauen < Männer; ANOVA: $p = 0,000$). Wiederum nahm hier die Hautdicke in derselben Reihenfolge zu. Die dünnste Haut war am Messpunkt 22 zu verzeichnen (Frauen: $0,767 \pm 0,093$ mm; Männer: $1,025 \pm 0,151$ mm). Die Werte waren am Handrücken (MP 21) höher und am Unterarm (MP 23) erneut am dicksten (Frauen: $1,039 \pm 0,156$ mm; Männer: $1,291 \pm 0,154$ mm).

Quadranten 3 und 4

Linke untere Extremität

Wiederum zeigte die ANOVA signifikante Geschlechtsunterschiede ($p = 0,000$). Die Haut von Männern war auch hier dicker als die von Frauen. Die Reihenfolge, in der die

Hautdicke zunahm, war hier für Frauen und Männer etwas unterschiedlich. Bei den Frauen fanden wir im Quadrant 3 die Folge: $31 < 32 < 34 < 33 < 35$. Das heißt, dass bei Frauen am linken Bein die Haut zwischen der zweiten und dritten Zehe am dünnsten war ($0,698 \pm 0,098$ mm) und oberhalb des Malleolus medialis am dicksten (durchschnittlich $1,183$ mm). Hier ergab sich auch die größte Standardabweichung ($\pm 0,209$ mm).

Bei den Männern nahm die Hautdicke in dieser Folge zu: $31 < 32 < 34 < 35 < 33$. Ähnlich zu den Frauen war der geringste Wert am MP 31 zu verzeichnen. Am dicksten war die Haut allerdings im Bereich der vorderen Schienbeinkante (MP 33) mit $1,426 \pm 0,177$ mm.

Rechte untere Extremität

Erwartungsgemäß war auch in Quadrant 4 die Haut der Männer signifikant dicker als jene der Frauen ($p = 0,000$). Die Zunahme der Dicke am rechten Bein erfolgte hier bei den Männern in derselben Reihenfolge wie für Quadrant 3: $41 < 42 < 44 < 45 < 43$. Hier lagen die Werte jedoch näher beisammen,

Tab. 6 Messwerte und statistische Auswertung

Messpunkt	Frauen					p*	Männer					
	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	SD		Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	SD	
11	0,50	1,20	0,800	0,811	0,158	0,000	0,80	1,40	1,100	1,080	0,143	
12	0,50	1,00	0,771	0,760	0,110		0,80	1,40	1,100	1,052	0,154	
13	0,77	1,24	1,060	1,041	0,120		0,80	1,70	1,300	1,304	0,157	
14	0,50	1,24	0,900	0,876	0,133		0,80	1,60	1,100	1,101	0,191	
21	0,58	1,10	0,800	0,829	0,123		0,70	1,40	1,000	1,048	0,156	
22	0,50	1,00	0,784	0,767	0,093		0,80	1,40	1,000	1,025	0,151	
23	0,60	1,30	1,053	1,039	0,156		0,90	1,60	1,300	1,291	0,154	
24	0,67	1,15	0,868	0,856	0,118		0,80	1,50	1,000	1,058	0,199	
31	0,50	0,90	0,700	0,698	0,098		0,70	1,20	0,900	0,901	0,119	
32	0,67	1,24	0,800	0,835	0,115		0,70	1,40	1,100	1,073	0,161	
33	0,70	1,64	1,100	1,142	0,203		1,00	1,80	1,400	1,426	0,177	
34	0,70	1,37	1,100	1,099	0,169		1,00	1,70	1,400	1,333	0,178	
35	0,70	1,63	1,200	1,183	0,209		1,00	1,90	1,400	1,396	0,164	
41	0,48	0,86	0,680	0,671	0,099		0,70	1,30	0,800	0,864	0,120	
42	0,48	1,00	0,781	0,755	0,115		0,80	1,40	1,100	1,078	0,164	
43	0,60	1,54	1,000	1,034	0,225		1,00	1,70	1,400	1,396	0,161	
44	0,77	1,40	1,100	1,098	0,180		1,00	1,70	1,400	1,348	0,165	
45	0,80	1,53	1,157	1,137	0,171		0,90	1,90	1,400	1,383	0,185	
56	0,67	1,40	0,957	0,961	0,175		0,80	1,50	1,100	1,081	0,159	
57	0,80	1,82	1,300	1,320	0,172		1,00	2,00	1,500	1,512	0,199	
58	0,80	1,64	1,262	1,238	0,189		0,003	1,00	1,70	1,400	1,304	0,160
66	0,70	1,40	1,000	1,036	0,154		0,066	0,80	1,70	1,100	1,091	0,151
67	0,90	1,72	1,373	1,361	0,186		0,000	1,10	2,00	1,600	1,533	0,196
68	0,70	1,82	1,300	1,304	0,176		0,001	1,00	1,90	1,400	1,419	0,168

SD: Standardabweichung; *Signifikanz des Geschlechtsunterschieds (Frauen < Männer)

die Unterschiede zwischen den Messpunkte 43, 44 und 45 waren nicht besonders stark ausgeprägt.

Die dickste Stelle bei den Frauen war oberhalb des Innenknöchels (MP 45: $1,137 \pm 0,171$ mm) und nahm in folgender Sequenz zu: $41 < 42 < 43 < 44 < 45$.

Quadranten 5 und 6

Rechter oberer Stamm

Neuerlich war die Haut der Männer im Quadrant 5 signifikant dicker als jene der Frauen (MP 56 & 57: $p = 0,000$; MP 58: $p = 0,003$). Am rechten oberen Stamm fanden

sich Werte bei den Damen von $0,961 \pm 0,175$ mm (MP 56) bis zu $1,320 \pm 0,172$ mm (MP 57). In derselben Reihenfolge nahm die Dicke der Haut bei den Männern zu. Der niedrigste Werte war am Messpunkt 56 zu registrieren ($1,081 \pm 0,159$ mm), der höchste am Punkt 57 ($1,512 \pm 0,199$ mm).

Linker oberer Stamm

Messpunkt 66 stellte im Geschlechtervergleich die einzige Ausnahme dar; hier war der Geschlechtsunterschied auf dem 5%-Niveau nicht signifikant ($p = 0,066$). Die beiden anderen Messpunkte zeigten das übliche Bild (MP 67: $p = 0,000$; MP 68: $p = 0,001$). Die Haut des Quadranten 6 war bei

den Männern am Messpunkt 66 fast genauso dick wie bei den Frauen ($1,091 \pm 0,151$ mm; Männer: $1,036 \pm 0,154$ mm). Die Werte für die Punkte 67 und 68 unterschieden sich jedoch deutlich. Auch hier war die Haut am Punkt 67, bei beiden Geschlechtern, am dicksten.

Ein Vergleich der Quadranten zeigte folgende Resultate:

- Bei Männern war die Haut des Quadranten 1 dicker als die des Quadranten 2.
- Bei Frauen war die Haut im Quadrant 3 dicker als im Quadrant 4.
- Quadrant 5 hatte bei beiden Geschlechtern dünnere Haut als Quadrant 6.

Zu den Messergebnissen ist anzumerken, dass die Werte für Minimum und Maximum auf zwei Kommastellen genau angegeben sind. Die Berechnungen wurden auf drei Stellen nach dem Komma gerundet. Durch die Auflösung der Ultraschallgeräte war die Hautdicke bis auf eine Kommastelle genau bestimmbar. Die ursprünglichen Werte der Frauen und Männer sind deshalb bis auf eine Stelle hinter dem Komma angeben. Durch die Umrechnung der gemessenen Werte bei Frauen (mittels Korrekturfaktor) in die tatsächlichen Werte haben sich Zahlen ergeben, die auf zwei Stellen hinter dem Komma angegeben wurden. Tabelle 6 fasst die Resultate der statistischen Auswertung und die einzelnen Messwerte für Frauen und Männer getrennt zusammen. Eine kartographische Zusammenstellung bietet Abbildung 3.

Diskussion

Sonographie der Haut

Die sonographische Untersuchung der Probandinnen und Probanden fand in Einklang mit anderen Studien (31) am Nachmittag statt, um tageszeitliche Schwankungen auszuschließen. Die früheste Messung fand um 12:30 Uhr, die späteste um 17:15 Uhr statt. Auch die Position (Rückenlage) war für alle Untersuchungen gleich. Die Arme wurden in Pronationsstellung der Unterarme vermessen. Da auch die Temperatur Einfluss auf die Dicke der Haut hat (11), wurden die

Untersuchungen bei konstanter Raumtemperatur von 21 °C durchgeführt.

Wenngleich wir durch restriktive Ausschlusskriterien und standardisierte Untersuchungsumgebung versuchten, möglichst viele Einflussfaktoren auf die Hautdicke auszuschließen oder zumindest zu kontrollieren, könnten dennoch andere Faktoren vorliegen, die einer Generalisierung unserer Ergebnisse entgegenstehen. Es ist sicherlich davon auszugehen, dass unsere Probanden einen Selektionsbias im Sinne des Pflegezustandes und der mechanischen Belastung der Haut aufweist. Es ist davon auszugehen, dass die Haut körperlich schwer arbeitender Personen eine größere Dicke aufweist.

Die gewählte Ultraschallfrequenz von 12 MHz ist nicht unbedingt ideal, um kleine und oberflächliche Strukturen wie die Haut zu untersuchen. Um das Problem der hohen Eindringtiefe (aufgrund der niedrigen Frequenz) in Griff zu bekommen, wurde der Fokus auf die geringste Stufe – bei den verwendeten Geräten war das 1 – und die Tiefe ebenfalls auf den niedrigsten Werte – hier 4 cm – eingestellt. Das Gerät Esaote My-Lab30 ließe sogar eine Tiefeneinstellung von 3 cm zu. Zudem liegt bei 12 MHz die axiale Auflösung (gemäß der Formel $v = \lambda \cdot f$) nur bei 0,13 mm (4). Zum Vergleich: Bei 7,5 MHz beträgt die axiale Auflösung bei 0,21 mm und sinkt bei 20 MHz auf 0,08 mm. Daraus ergibt sich, dass die technische „Unschärfe“ bis zu 10% der von uns gemessenen Werte ausmachen kann. Wir sind jedoch der Auffassung, dass dies durch die hohe Anzahl von Messungen ausgeglichen wird.

Einige Autoren erwähnen in ihren Publikationen, dass sie den Schallkopf bei der Untersuchung streng senkrecht zur Körperoberfläche gehalten haben (7, 8, 12, 14, 25, 32, 33). Eine Verkantung von 10° führt zu einem Messfehler von etwa 1,5%; erst eine Verkantung von 25° und mehr führt zu einem Messfehler über 10%. Wir haben in dieser Studie zwar keine Hilfsmittel zur Sicherstellung des Aufwinkels verwendet, haben jedoch selbstverständlich auf eine möglichst senkrechte Haltung des Ultraschallkopfes geachtet, um Verkantungsfehler gering zu halten.

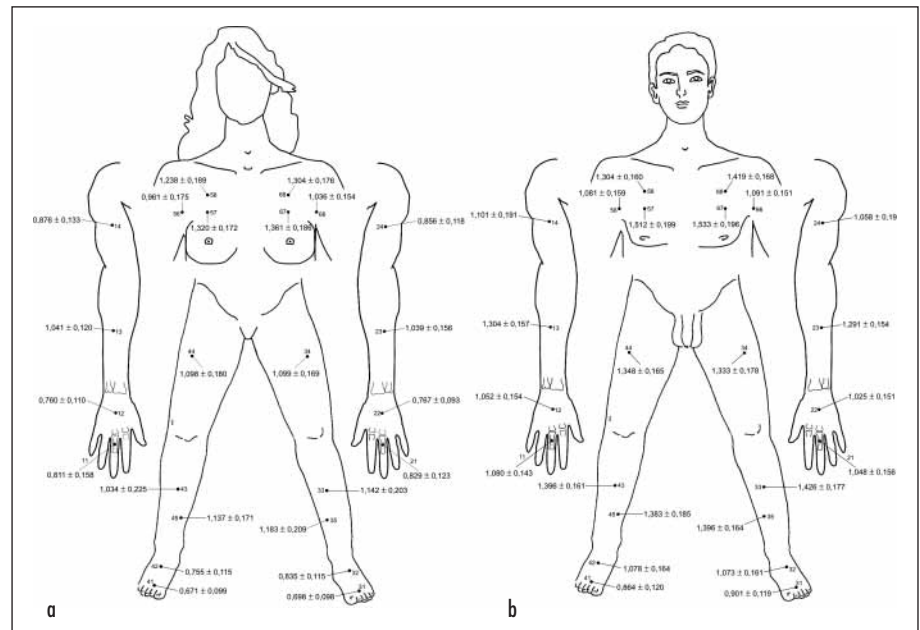


Abb. 3 Ergebnisse der Hautdickenmessung (Mittelwert \pm Standardabweichung; in Millimetern)
a) Frauen; b) Männer

Statistische Auswertung

Damit es zu keiner Verfälschung der Messergebnisse und damit der Studienresultate kommen konnte, wurden die freiwilligen Teilnehmerinnen und Teilnehmer streng den Ein- und Ausschlusskriterien unterworfen. Immerhin mussten 10,56% der Personen, die sich in die Teilnehmerliste eingetragen hatten, von der Studie ausgeschlossen werden.

Die in dieser Studie gewonnenen Erkenntnisse über die Dicke der Haut sind nicht identisch mit denen in der internationalen Literatur. Die Messungen von Moore et al. an den Fingern (Mitte Dorsum phalanx media digiti III: links: 1,773 mm, rechts: 1,832 mm) entsprechen nicht ganz unseren Messpunkten MP 21 ($0,964 \pm 0,179$ mm) und MP 11 ($0,976 \pm 0,198$ mm), da in der Studie von die Haut über der Phalanx media und nicht wie hier über der Phalanx proximalis gemessen wurde (25). Unsere Werte unterscheiden sich doch sehr stark von denen, die Moore et al. in ihrer Studie erhoben haben. Grund dafür könnte sein, dass diese Autoren nur fünf männliche und 29 weibliche Probanden untersuchten, die zumal ein Durchschnittsalter von 46 Jahren (26–74 Jahre) hatten. Ihre Studienpopulation ist so-

mit nicht mit unserer uneingeschränkt vergleichbar.

Bei den Messwerten für den Handrücken sieht man schon in die große Spannweite, die hier in der Literatur angegeben wird. Bei Lee und Hwang (22) war die Haut des Handrückens $1,0650 \pm 0,1304$ mm dick, Fornage et al. (10) gaben 1986 eine Dicke von 1,4 mm an. Diese Abweichungen lassen sich aus unseren Daten nicht erklären. Die Ergebnisse von Lee und Hwang stimmen mit denen unserer Studie recht gut überein, obwohl ihre Werte insgesamt größer sind. Eine Ursache hierfür könnte sein, dass in dieser Studie die Dicke der Haut nicht – wie bei uns – an Kaukasiern, sondern bei Asiaten bestimmt wurde. In ihrer Publikation (22) erwähnen sie folgende wichtige Merkmale:

- Die Dermis ist bei Kaukasiern und Asiaten annähernd gleich dick.
- Die Epidermis ist bei Asiaten deutlich (bis zu zweimal) dicker als bei Kaukasiern.
- Die Epidermis macht bei Asiaten etwa 8,3% der Hautdicke aus.
- Bei Kaukasiern ist die Epidermis nur mit 4,1–4,2% an der Hautdicke beteiligt.

Diese physiologischen Unterschiede zwischen Asiaten und Kaukasiern könnten da-

für verantwortlich sein, dass unsere Studie (Kaukasier) niedrigere Werte lieferte als die Studie von Lee und Hwang (Asiaten, respektive Koreaner). Zum anderen haben Lee und Hwang keine derartig expliziten Ausschlusskriterien definiert, sodass auch andere Einflussfaktoren, wie etwa eine deutlich von unserer Population abweichende UV-Exposition zu den Unterschieden beitragen könnten.

Unsere MP 14 bzw. MP 24 sind recht gut mit in der Literatur angegebenen Punkten vergleichbar. Für MP 14 gibt es eine große Übereinstimmung mit der Messung am ventralen Unterarm von Lee und Hwang ($1,0126 \pm 0,2333$ mm), wenngleich diese Autoren ihren Messpunkt nicht sehr genau definiert haben (22). Die Werte, die Moore et al. (25) am ventralen Unterarm, 10 cm proximal des Epicondylus medialis, erhoben haben, sind erneut höher als die Werte unserer Studie (links: 1,044 mm; rechts 1,026 mm). Festzuhalten ist noch, dass die Haut am Unterarm (MP 13/MP 23), sowohl bei Frauen wie bei Männern, dicker war als am Oberarm (MP 14/MP 24). Der Einfluss der Sonnenexposition auf die Hautdicke bei jungen Erwachsenen an diesen Messpunkten wäre denkbar (26). Bei Männern war die Haut des Quadranten 1 an allen Messpunkten dicker als die des Quadranten 2.

Betrachtet man die Ergebnisse für die Dicke der Haut am Fußrücken, so fällt auf, dass unsere Werte niedriger sind als die international angegebenen. Lee und Hwang geben hier $1,1644 \pm 0,2809$ mm an (22). Ein Grund dafür könnte wiederum die Zusammensetzung der Studienpopulation sein. Eine ähnliche Stelle wie MP 31/MP 41 untersuchten Moore et al. (25). Sie maßen die Dicke der Haut zwischen dem ersten und zweiten Os metatarsale in einer Distanz von zwei Zentimetern proximal zu den Metatarsophalangealgelenken. In unserer Studie befanden sich die Messpunkte einen Zwischenzehnenraum weiter, d. h. zwischen zweitem und drittem Os metatarsale. In beiden Fällen – links und rechts – waren die Werte von Moore deutlich größer als in unserer Studie. Moore et al. gaben für die linke Seite 1,079 mm an; am in etwa korrespondierenden MP 31 war die Haut aber nur $0,824 \pm 0,149$ mm dick; rechts hatte bei Moore et al. die Haut einen Durchmesser

von 1,085 mm, am MP 41 aber hingegen nur $0,790 \pm 0,146$ mm. Ob diese deutlichen Unterschiede der Hautdickenwerte aufgrund der unterschiedlichen Messstellen zustande kommen, ist fraglich, dürfte aber unwahrscheinlich sein. Schon eher wahrscheinlich als Grund für diese Differenzen ist die deutlich geringere Probandenzahl bei Moore (fünf Männer und 29 Frauen) und die abweichende Alterszusammensetzung. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass bei Frauen die Haut an allen Messpunkten im Quadranten 3 dicker war als im 4. Quadranten.

Interessante Ergebnisse dieser Studie waren die Zusammenhänge zwischen Lebensalter, Geschlecht, Body-mass-Index, Körpergröße und Dicke der Haut. In unserer Studie konnte für unsere Probanden innerhalb der von uns gesetzten engen Altersgrenzen keinerlei Korrelation zwischen Lebensalter und der Dicke der Haut nachgewiesen werden. Das sieht initial nach einem Widerspruch zu den Erkenntnissen von Tan et al. (30) aus, die als Ergebnis ihrer Studie festhielten, dass die Haut bis zum 20. Lebensjahr dicker und danach wieder dünner wird. Leveque et al. berichteten, die Haut habe um das 40. Lebensjahr die größte Dicke (23). Hall et al. zufolge verändert sich die Hautdicke zwischen dem 20. und 60. Lebensjahr kaum mehr (13). Die altersbedingte Dickenänderung der Haut scheint damit ein langfristiger Effekt zu sein, der sich innerhalb enger Altersgrenzen nicht nachweisen lässt. Dies zeigt aber auch, dass – etwa in künftigen Studien – eine Altersstratifizierung mit einer Bandbreite von ca. zehn Lebensjahren problemlos durchgeführt werden kann.

Nicht überraschend war, dass Frauen dünnere Haut hatten als Männer. Die Gültigkeit dieser Aussage bewies schon eine Studie aus dem Jahre 1975 (3). Eine Reihe weiterer Publikationen bestätigen diesen Zusammenhang (9, 13, 27). Eine stärkere Korrelation der Hautdicke fand sich mit dem Body-mass-Index. Das war nicht überraschend, da ein solcher Zusammenhang bereits beschrieben wurde (2, 3). Der Body-mass-Index war in unserer Studie hauptsächlich vom Körpergewicht abhängig ($r = 0,816$). Bemerkenswert ist allerdings, dass zwei Messpunkte (MP 35 und MP 45) ober-

halb des Innenknöchels – in dieser Studie nicht mit dem Body-mass-Index korrelierten.

Eine völlig neue Erkenntnis brachte die Untersuchung von Hautdicke und deren Abhängigkeit von der Körpergröße. Bliznak und Staple (3) publizierten 1975 eine Arbeit, in der sie darauf hinwiesen, dass die Körpergröße keine statistisch signifikante Verbindung mit der Hautdicke aufweist. Diese hier vorliegende Studie lässt jedoch den gegenteiligen Schluss zu. Wir fanden die Hautdicke statistisch hoch signifikant mit der Körpergröße korreliert; Werte des Korrelationsfaktors $> 0,5$ waren keine Seltenheit. Nur der Messpunkt 66 wies keine Korrelation zur Körpergröße auf.

Wir haben uns der Mühe unterzogen, bei den Messwerten für die weiblichen Teilnehmerinnen eine Korrektur hinsichtlich des Menstruationszyklus vorzunehmen. Dies wurde von Eisenbeiss et al. (8) vorgeschlagen und in dieser Arbeit realisiert. Fraglich bleibt, ob eine Korrektur der Messwerte notwendig ist und ob sich der Untersuchende die Mühe machen soll, die Frauen nach ihrem Zyklus und hormonalen Kontrazeptiva zu befragen. Eine Erhebung dieser Daten ist nicht nötig, wenn die untersuchte Frau ein Kombinationspräparat verwendet (Korrekturfaktor = 1,0). Frauen, die hormonale Kontrazeption betreiben, nehmen überwiegend Kombinationspräparate. In unserer Studie waren dies 53,49%. Nur bei Frauen, die mit Gestagenpräparaten (Minipille, Implantat) oder einem Drei-Phasen-Präparat verhüten, ist eine Korrektur der mittels Ultraschall erhobenen Messwerte erforderlich. Die Korrektur der Messdaten bringt folgende Vorteile:

- Die Mittelwerte für die Dicke der Haut sind nach der Korrektur geringer als ohne Korrektur, d. h., die Haut ist objektiv gesehen dünner.
- Die Standardabweichungen sind nach Korrektur deutlich geringer, d. h., die Werte streuen nicht so stark um den Mittelwert.

Im Umkehrschluss erhielt man ohne Korrektur höhere Mittelwerte für die Hautdicke und eine größere Bandbreite, in der die Hautdicke schwanken dürfte (höhere Standardabweichungen). Diese Standardabwei-

chungen wären aber nicht physiologisch, da die hormonellen Einflüsse (bei Frauen) auf die Dicke der Haut nicht berücksichtigt worden sind.

Schlussfolgerung, Ausblick

Reproduzierbare Ultraschalluntersuchungen mit dem Ziel der Dickenmessung der Haut sollten in Zukunft mit Hilfe der für diese Studie anatomisch genau definierten Messpunkte möglich sein. Das Durcheinander der Messpunkte sollte so ein Ende finden können.

Zu bedenken bleibt jedoch, dass an unserer Studie junge Erwachsene (Alter 19–28 Jahre) teilgenommen haben. Somit sind die Resultate nicht ohne Weiteres auf eine Gesamtpopulation oder eine Population mit – hinsichtlich der Einflussfaktoren – anderer Zusammensetzung anwendbar. Auf ein entsprechendes Kollektiv – gleiche Alterszusammensetzung, Körpermaße und ähnliche berufliche Tätigkeit – sind diese Resultate aber übertragbar. Es ist zudem anzunehmen, dass die intraindividuellen regionalen Unterschiede der Hautdicke auch in anders zusammengesetzten Populationen ähnlich zu finden sind, ausgenommen natürlich jener Hautpartien, die etwa intensiver mechanischer Belastung oder Sonnenbestrahlung ausgesetzt sind.

Ferner ist zu beachten, dass die Berechnungen für die Korrelationen auf das gesamte Untersuchungskollektiv bezogen (Männer und Frauen gemeinsam) vorgenommen wurden. Führt man diese Berechnungen für die beiden Geschlechter getrennt durch, so fallen die Korrelationsfaktoren ganz anders aus. Es besteht dann eine Korrelation zwischen Geschlecht und Körpergröße, jedoch keine deutliche Korrelation zwischen Körpergröße und Hautdicke. Die Hautdicke ist, bei geschlechtergetrennter Berechnung, somit hauptsächlich mit dem Geschlecht korreliert. Dieser Zusammenhang wird auch dadurch deutlich, dass Männer dickere Haut ausweisen als Frauen. Weitere Untersuchungen sollten folgen, um

- die Matrix definierter Messpunkte zu verfeinern, insbesondere an den nicht vermessenen Seiten der Extremitäten

und des Stammes sowie am Abdomen (dazu sollten ähnliche Probanden herangezogen werden),

- die Messungen an den von uns festgelegten Messpunkten mit einem Kollektiv anderer Alterszusammensetzung zu wiederholen, um eine Aussage über die altersbedingten Veränderungen der Hautdicke treffen zu können,
- die Messungen an den von uns festgelegten Messpunkten mit einem Kollektiv gleicher Alterszusammensetzung, aber etwa nach BMI bzw. entsprechend Adipositas-assoziiierter Erkrankungen stratifiziert zu wiederholen, um unsere Aussagen hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen BMI und der Hautdicke sichern zu können,
- anhand der von uns definierten Messpunkte Hautdickenmessungen bei unilateralen Lymphödemen verschiedener Stadien im Seitenvergleich durchzuführen, um Aussagen über die tatsächliche Dickenveränderungen der Haut bei Lymphödem treffen zu können. Hier sind die von uns dargestellten Seitenunterschiede durchaus von Bedeutung.

Danksagung

Wir danken der Firma GMT Medizintechnik (Innsbruck, St. Johann in Tirol), die uns zwei Ultraschallgeräte kostenlos zur Verfügung stellte.

Diese Arbeit wurde durch die Deutsche Gesellschaft für Phlebologie (Generalsekretär: Dr. med. L. Schimelpfennig) gefördert.

Literatur

1. Agner T, Serup J. Individual and instrumental variations in irritant patch-test reactions--clinical evaluation and quantification by bioengineering methods. *Clin Exp Dermatol* 1990; 15: 29–33.
2. Bauer DC, Grady D, Pressman A, Cummings SR, Black D, Genant HK, Arnaud C, Browner W, Christianson L, Dockrell M, Fox C, Gluer C, Harvey S, Jergas M, Palermo L, Pressman A, Sanvalentin R, Seeley D, Steiger P, Stone K, Scott J, Fox K, Lewis J, Greenberg G, Bahr M, Trusty S, Finazzo L, Snyder S, Oliner E, Hohman B, Page T, Ensrud K, Grimm R, Bell C, Mitson E, Chavier I, Jacobson K, Fillhouer S, Shoberg C, Michel D, Estill S, Hansen J, Baumhover M, Cauley JA, Kuller LH, Harper L, Nasim M, Bashada C, Buck L, Githens A, Mccune A, Medve D, Rudovsky S, Watson N, Vogt TM, Orwoll E, Blank J, Heinith F, Bright R, Downing J, Packer B, Souvanlauskay C, Puderbauth L, Franco D. Skin thickness, estrogen use, and bone mass in older women. *Menopause* 1994; 1: 131–136.

3. Bliznak J, Staple TW. Roentgenographic measurement of skin thickness in normal individuals. *Radiology* 1975; 116: 55–60.
4. Blum A, Dill-Müller D. Sonographie der Lymphknoten und des Subkutis in der Dermatologie. *Hautarzt* 1998; 49: 942–949.
5. Brenner E. Das Lymphödem im Ultraschall – ein Literaturreview. *Phlebologie* 2005; 34: 143–145.
6. Doldi SB, Lattuada E, Zappa MA, Pieri G, Favara A, Micheletto G. Ultrasonography of extremity lymphedema. *Lymphology* 1992; 25: 129–133.
7. Eisenbeiss C, Welzel J, Eichler W, Klotz K. Influence of body water distribution on skin thickness: measurements using high-frequency ultrasound. *Br J Dermatol* 2001; 144: 947–951.
8. Eisenbeiss C, Welzel J, Schmeller W. The influence of female sex hormones on skin thickness: evaluation using 20 MHz sonography. *Br J Dermatol* 1998; 139: 462–467.
9. Ferguson JK, Donald RA, Weston TS, Espiner EA. Skin thickness in patients with acromegaly and Cushing's syndrome and response to treatment. *Clin Endocrinol (Oxf)* 1983; 18: 347–353.
10. Fornage BD, Deshayes JL. Ultrasound of normal skin. *J Clin Ultrasound* 1986; 14: 619–622.
11. Forst T, Caduff A, Talary M, Weder M, Brandel M, Kann P, Flacke F, Friedrich C, Pfutzner A. Impact of environmental temperature on skin thickness and microvascular blood flow in subjects with and without diabetes. *Diabetes Technol Ther* 2006; 8: 94–101.
12. Gniadecka M. Localization of dermal edema in lipodermatosclerosis, lymphedema, and cardiac insufficiency. High-frequency ultrasound examination of intradermal echogenicity. *J Am Acad Dermatol* 1996; 35: 37–41.
13. Hall DA, Blackett AD, Zajac AR, Switala S, Airey CM. Changes in skinfold thickness with increasing age. *Age Ageing* 1981; 10: 19–23.
14. Hu D, Phan TT, Cherry GW, Ryan TJ. Dermal oedema assessed by high frequency ultrasound in venous leg ulcers. *Br J Dermatol* 1998; 138: 815–820.
15. Idy-Peretti I, Bittoun J, Alliot FA, Richard SB, Querleux BG, Cluzan RV. Lymphedematous skin and subcutis: in vivo high resolution magnetic resonance imaging evaluation. *J Invest Dermatol* 1998; 110: 782–787.
16. Kasseroller R. Das LVF-Messsystem – Eine Möglichkeit der Klassifizierung der Lymphödeme. *Lymphologie in Forschung und Praxis* 1999; 3: 11–16.
17. Kasseroller R. LVF – Lymphödemklassifikation des inguinalen und axillären Tributargebietes. *Zeitschrift für Gefäßmedizin* 2005; 2: 4–8.
18. Khapaev RS, Kolpakov MS, Mordvov SA, Lubarsky MS. Ultrasonographic criteria of upper limb soft tissues state in patients with post-mastectomy lymphoedema. *Eur J Lymphol* 2004; 12: 9–12.
19. Kim DI, Huh S, Hwang JH, Kim YI, Lee BB. Venous dynamics in leg lymphedema. *Lymphology* 1999; 32: 11–14.
20. Knorz S. Bildgebende Lymphödemiagnostik – Grundlagen und Standortbestimmung. *Phlebologie* 2006; 35: 188–196.

21. Krackowizer P. Sonographische Dickenmessung der Cutis – Grundlage für die sonographische Lymphödemiagnostik. Thesis: Department für Anatomie, Histologie und Embryologie. Innsbruck: Medizinische Universität 2007; 121.
22. Lee Y, Hwang K. Skin thickness of Korean adults. *Surg Radiol Anat* 2002; 24: 183–189.
23. Leveque JL, de Rigal J, Agache PG, Monneur C. Influence of ageing on the in vivo extensibility of human skin at a low stress. *Arch Dermatol Res* 1980; 269: 127–135.
24. Marshall M. Differentialdiagnostische Abklärung des Lymph-, Lip- und Phlebödems mittels hochauflösender (Duplex-)Sonographie. *Ultraschall Klin Prax* 1996; 10: 130.
25. Moore TL, Lunt M, McManus B, Anderson ME, Herrick AL. Seventeen-point dermal ultrasound scoring system – a reliable measure of skin thickness in patients with systemic sclerosis. *Rheumatology (Oxford)* 2003; 42: 1559–1563.
26. Richard S, de Rigal J, de Lacharriere O, Berardesca E, Leveque JL. Noninvasive measurement of the effect of lifetime exposure to the sun on the aged skin. *Photodermatol Photoimmunol Photomed* 1994; 10: 164–169.
27. Rogers S. Skin thickness in psoriasis. *Clin Exp Dermatol* 1992; 17: 324–327.
28. Stemmer R. Ein klinisches Zeichen zur Früh- und Differentialdiagnose des Lymphödems. *Vasa* 1976; 5: 261–262.
29. Stemmer R. Das Stemmersche Zeichen – Möglichkeiten und Grenzen der klinischen Diagnose des Lymphödems. *Wien Med Wochenschr* 1999; 149: 85–86.
30. Tan CY, Statham B, Marks R, Payne PA. Skin thickness measurement by pulsed ultrasound: its reproducibility, validation and variability. *Br J Dermatol* 1982; 106: 657–667.
31. Tsukahara K, Takema Y, Moriwaki S, Fujimura T, Imokawa G. Dermal fluid translocation is an important determinant of the diurnal variation in human skin thickness. *Br J Dermatol* 2001; 145: 590–596.
32. Wortsman XC, Holm EA, Wulf HC, Jemec GB. Real-time spatial compound ultrasound imaging of skin. *Skin Res Technol* 2004; 10: 23–31.
33. Wratten C, Kilmurray J, Wright S, O'Brien PC, Back M, Hamilton CS, Denham JW. Pilot study of high-frequency ultrasound to assess cutaneous oedema in the conservatively managed breast. *Int J Cancer* 2000; 90: 295–301.

Korrespondenzadresse:

Ao. Univ. Prof. Dr. med. univ. Erich Brenner, MME
 Department für Anatomie, Histologie und Embryologie
 Sektion für klinisch-funktionelle Anatomie
 Medizinische Universität Innsbruck
 Müllerstr. 59, 6020 Innsbruck, Österreich
 Tel. +43/(0)5 12/90 03-7 11 21
 Fax +43/(0)5 12/90 03-7 31 12
 E-Mail: erich.brenner@i-med.ac.at