

Ist eine Individualisierung der mammografischen Brustkompression sinnvoll? – Untersuchungen zu Schmerzangaben bei der Mammografie in Bezug auf Kompressionskraft und Fläche der komprimierten Brust

Is Individualizing Breast Compression during Mammography useful? – Investigations of Pain Indications during Mammography Relating to Compression Force and Surface Area of the Compressed Breast

Autoren

Katarzyna Feder¹, Jens-Holger Grunert²

Institut

- 1 Centre for Radiology, Hannover Medical School, Hannover
- 2 Radiology Practice Georgstraße, Hannover

Key words

breast, mammography, technical aspects, breast radiography

eingereicht 15.1.2016

akzeptiert 2.10.2016

Bibliografie

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0042-119450>

Online-Publikation: 2016 | Fortschr Röntgenstr 2017; 189: 39–48

© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York

ISSN 1438-9029

Korrespondenzadresse

Dr. Jens-Holger Grunert

Mammografie, Röntgenpraxis Georgstraße

Georgstraße 16

30159 Hannover

Germany

Tel.: ++49/5 11/1 23 71 70

Fax: ++49/5 11/12 37 17 27

grunertjh@gmx.de

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel Ziel der Arbeit ist es zu ermitteln, wie das Schmerzempfinden bei der mammografischen Kompression reduziert werden kann. Hierfür untersuchten wir seine Beziehung zur Kompressionskraft, Fläche der komprimierten Brust, Brustdichte (ACR) und Voroperationen.

Material und Methodik Bei 765 Mammografien von 199 Patientinnen wurden die Kompressionsschmerzen auf einer Skala von 0 – 10 bewertet (0: keine, 10: stärkste Schmerzen). Die Fläche der Brust wurde im Mammogramm planimetriert. Bei 52 der 199 Frauen wurde das Thoraxwandareal mit den größten Schmerzen abgefragt.

Ergebnisse Die Dicke der komprimierten Brust entsprach 65,2% der Dicke der nicht komprimierten Brust bei einer Kraft von 10 daN (57,8% bei 15 daN). Eine Erhöhung der Kraft von 10 auf 15 daN führte zu einer zusätzlichen Reduktion der Parenchymdosis (AGD) um 17%. Die Toleranz der Kompressionskraft war von der Größe der Brust abhängig.

Über 50% der Mammografien mit einer geringen Kompression von weniger als 9 daN waren mit stärkeren Schmerzen assoziiert. Bei den Schrägprojektionen war bei 60% der Frauen die Axilla das schmerzhafteste Areal.

Schlussfolgerung Frauen mit einer größeren Brust tolerierten eine größere Kompressionskraft. Dies legt eine Individualisierung der Untersuchung in Abhängigkeit von der Größe der Brust nahe. Frauen mit einem erhöhten Schmerzempfinden beendeten die Kompression frühzeitig trotz einer geringen Kraft von weniger als 9 daN. Mehr als 50% der Frauen empfanden Areale außerhalb der Brust als besonders schmerzhaft. Es sollte daher während der Untersuchung darauf geachtet werden, auch Areale außerhalb der Brust zu schonen.

Kernaussagen

- Mit steigender Kompressionskraft sank die Effektivität der Dickenreduzierung der komprimierten Brust.
- Eine Kompressionskraft von 15 daN ermöglichte eine zusätzliche Reduzierung der Parenchymdosis (AGD) um 17% verglichen mit 10 daN.
- Die Toleranz größerer Kompressionskräfte war abhängig von der Fläche der komprimierten Brust.
- Frauen mit einem individuell gesteigerten Schmerzempfinden brachen den Kompressionsvorgang bereits bei einer Kraft unter 9 daN ab.
- Kompressionsabhängige Schmerzen fanden sich bei der Hälfte der Patientinnen außerhalb der Brust.

Zitierweise

- Feder K, Grunert JH. Is Individualizing Breast Compression during Mammography useful? – Investigations of Pain Indications during Mammography Relating to Compression Force and Surface Area of the Compressed Breast. Fortschr Röntgenstr 2017; 189: 39–48

ABSTRACT

Purpose The aim of this paper is to determine how the presence of pain during mammographic compression could be reduced. To this end, we examine its relationship with compression force, surface-area of the compressed breast, breast density (ACR) and former operations.

Materials and Methods In 199 women 765 mammograms were performed. Women were asked to rate the level of pain on a scale of 0 – 10 (0: no, 10: highest pain). The surface-area of the breast under compression captured by the mammograms was measured using planimetry. 52 of the 199 women were asked to identify the area of the upper body with the highest level of pain.

Results The thickness of the compressed breast was 65.2% of the uncompressed breast at a force of 10 daN (57.8% at 15 daN). When the force was increased from 10 daN to 15 daN, the average glandular dose (AGD) declined by 17%. Tolerance of compression was associated with the size of the breast. More than 50% of the mammograms with a small compression less than 9 daN were associated with higher level of pain. In the oblique projection, 60% of the women specified the axilla as the area of maximum pain.

Conclusion Women with larger breasts tolerated a greater force of compression. This implies a need for individualised examination depending on the size of the breast. Women with increased pain susceptibility terminated the compression early regardless of a small compression less than 9 daN. More than 50% of the women identified areas outside breast as especially painful. Therefore, during examination, the areas around the breast should also be taken into consideration in order to minimize unnecessary discomfort.

Einleitung

Eine adäquate Kompression der Brust ist eine obligate Voraussetzung für eine gute Mammografie. Die Vorgehensweise bei der Brustkompression ist hinsichtlich der Kompressionskraft nicht standardisiert. In den europäischen Leitlinien finden sich zur erforderlichen Kompressionskraft keine Angaben [1]. Die Leitlinien der Bundesärztekammer fordern eine Kompression von mindestens 10 Kp jedoch ohne Vorgaben, wie auf die Beschwerde über Schmerzen reagiert werden soll [2].

Die kompressionsbedingte Verkleinerung des durchstrahlten Gewebes ermöglicht eine Reduktion der Strahlendosis und damit auch der Streustrahlung mit einer exponentiellen Beziehung zwischen Brustdicke und mittlerer Parenchymdosis (AGD) [3]. Darüber hinaus bewirkt die Kompression der Brust aufgrund des verminderten Abstands zwischen den detektorfernen Drüsenanteilen und der Detektorplatte eine Verringerung der geometrischen Unschärfe [4]. Neben der Vermeidung von Bewegungunschärfen kann die adäquate Kompression außerdem eine Verminderung überlagernder Gewebestrukturen und somit eine Verbesserung der diagnostischen Trennung zwischen Tumoren und Artefakten bewirken [1]. Eine unsachgemäß durchgeführte Kompression der Brust kann bei der Frau zu Schmerzen führen, die die Akzeptanz der Mammografie erschweren [5]. 25–46% der Frauen, die nach der ersten Untersuchung im Mammografie-screening nicht erneut teilnahmen, gaben hierfür Schmerzen als Hauptursache an [6]. Voroperationen und Bestrahlungen können die mammografisch bedingten Schmerzen verstärken [7, 8]. Zahlreiche Studien weisen auf die Beeinflussung der Schmerzen bei der Mammografie durch psychische Faktoren hin [9–19]. Neuere Untersuchungen betonen die Bedeutung des intramammären Drucks für die Steuerung der mammografischen Brustkompression [20–22]. Die Autoren empfehlen, die Kompressionskraft der Größe der Brust und damit dem intramammären Druck anzupassen.

Ziel der Arbeit war es, die Beziehungen zwischen der Kompressionskraft, der Fläche der komprimierten Brust, der Brustdichte entsprechend der Klassifikation des American College of Radiology (ACR) [23], der Voroperationen und den Schmerzangaben der mammografierten Frauen zu untersuchen. Zusätzlich wurde der Einfluss der Kompressionskraft auf die Dicke der komprimierten Brust und die mittlere Parenchymdosis (AGD) analysiert.

Material und Methodik

Beziehung zwischen der Dicke der Brust unter Kompression und der Kompressionskraft

Zur Bestimmung des Verhältnisses von Kompressionskraft und Dicke der Brust unter Kompression wurde im Rahmen einer Pilotstudie bei 30 Frauen die digitale Anzeige dieser Parameter durch das Gerät während des Kompressionsvorgangs mit einer Videokamera gefilmt und nachträglich in Zeitlupe ausgewertet. Die Mittelwerte der Brustdicken prozentual zur Ausgangsdicke ohne Kompression wurden in Bezug zur jeweiligen Kompressionskraft für die vier Projektionen grafisch dargestellt.

Beziehungen zwischen den Schmerzangaben bei der Mammografie und der Kompressionskraft, der Fläche der komprimierten Brust, der Brustdichte nach ACR [23] sowie den Voroperationen

Patientinnen

765 Mammografieaufnahmen (Mammomat, Siemens Healthcare GmbH, Erlangen, Deutschland) wurden in der kraniokaudalen und der mediolateral-obliquen Projektion bei 199 symptomatischen Patientinnen durchgeführt (Altersdurchschnitt 58,2 Jahre, Standardabweichung 13,7 Jahre, Maximum 90 Jahre, Minimum 30 Jahre). Asymptomatische Frauen mit Früherkennungsuntersuchungen (bevölkerungsbezogenes Mammografiescreening) waren an der Studie nicht beteiligt. Die Patientinnen wurden ohne Ausschlusskriterien in der Reihenfolge ihres Erscheinens zur Untersuchung in die Studie aufgenommen.

52 der 199 Patientinnen gaben in der Anamnese eine Brustoperation an (17 Patientinnen mit einer Probeentnahme (PE), 25 mit einer brusterhaltenden Tumorthherapie (BET, davon 24 Patientinnen mit Radiatio) und 10 mit einer Ablatio).

Technisches Vorgehen bei der Kompression der Brust

Die Reihenfolge der Einstellungen war bei allen Patientinnen gleich (bei beidseitiger Untersuchung: 1. rechts kraniokaudal (RCC), 2. links kraniokaudal (LCC), 3. rechts mediolateral-oblique (RMLO) und 4. links mediolateral-oblique (LMLO); bei einseitiger Untersuchung: kraniokaudal vor mediolateral-oblique). Es wurde in Abhängigkeit von der individuellen Schmerztoleranz eine Kompressionskraft von über 10 daN angestrebt. Die „OpComp“-Funktion (geräteseitige automatische Optimierung der Kompressionskraft) fand bei der Festlegung der Kompressionskraft keine Berücksichtigung [24]. Regelmäßig wurde der Objektisch mit den Maßen 18 × 24 cm verwendet. Nur in Ausnahmefällen wurde bei sehr großen Mammæ der Objektisch 24 × 30 cm eingesetzt. Die Einstel-

lung der Mammografien erfolgte durch drei geschulte und mehr-jährig erfahrene Mitarbeiterinnen. Die Kompressionskraft (in Kilo-pond, kp) und die Brustdicke (in cm) unter Kompression wurden der optischen Anzeige des Mammografiegerätes entnommen. Die vom Gerät angezeigten Werte für die Kompressionskraft in kp wurden mit einer elektronischen Waage kalibriert (Regressionsgrade: $\text{Kompressionskraft}_{(\text{korrigiert})} = 1,01156 \times \text{Kompressionskraft}_{(\text{Geräteanzeige in kp})} - 0,38140$; Korrelationskoeffizient = 0,99997) und danach in Dekanewton (daN) umgerechnet (1 daN = 1.0197 kp).

Quantifizierung der Schmerzangabe

Zur Quantifizierung der Schmerzangabe wurden die Kriterien der Numerischen Ratingskala (NRS) verwendet [25]. Diese Skala ermöglicht eine standardisierte Erfassung des Schmerzempfindens. Nach jeder Mammografieaufnahme wurde die Patientin gebeten, eine Schmerzangabe auf einer Schmerzskala von 0 – 10 (0 = kein Schmerz, 10 = unerträglicher Schmerz) zu machen.

Planimetrie und ACR-Klassifikation der Mammografien

Die Mammogramme wurden für jede der vier Projektionen hinsichtlich der abgebildeten Flächen der komprimierten Brüste mithilfe einer Polygonfunktion der Betrachtungssoftware (Osirix PRO, aycan Digitalsysteme GmbH, Würzburg, Deutschland) planimetriert (cm²). Des Weiteren wurde visuell anhand der Mammografieaufnahmen die radiologische Gewebedichte entsprechend der Klassifikation des American College of Radiology (ACR) bestimmt [23].

Strahlendosis

Die Wahl des Belichtungsprogramms erfolgte in Abhängigkeit von der Brustdicke unter Kompression über die Automatik des Mammografiegerätes unter Verwendung des geräteeigenen Dosisoptimierungssystems („Opdose“) [24]. Die AGD (average glandular dose, mittlere Parenchymdosis, in Milligray) wurde der optischen Anzeige des Mammografiegerätes entnommen.

Statistik

Das Studiendesign war begleitend-prospektiv. Die Werte der Kategorien Schmerz, Kompressionskraft und Fläche wurden für die 765 Mammografien in drei Klassen mit möglichst ähnlich großer Anzahl von Beobachtungen aufgeteilt (► **Tab. 1**). Die Variablen für die Schmerzempfindungen und die Kompressionskraft sind diskret. Dies erklärt die stärkere Variation der Anzahl von zugeordneten Untersuchungen in den drei jeweiligen Klassen („gering“, „mittelgradig“ und „stärker“ für den Schmerz und „gering“, „mittelgradig“ und „groß“ für die Kompressionskraft). Die statistische Auswertung erfolgte sowohl deskriptiv unter Verwendung von Kontingenztafeln und gestapelten Säulen (auf 100 %) (Excel, Microsoft Cooperation, Redmond, USA) als auch mithilfe eines statistischen Verfahrens zur Testung auf Unabhängigkeit zweier Merkmale (Chi-Quadrat-Test bei unverbundenen Stichproben bzw. der Vorzeichentest nach Dixon und Mood für verbundene Stichproben). Das Verhältnis von Strahlendosis und Brustdicke unter Kompression wurde für 752 Mammografien (bei 13 der 765 Mammografien waren Daten über die Dosis bzw. die Brustdicke nicht dokumentiert) als Punktwolke und einem Polynom 4. Ord-

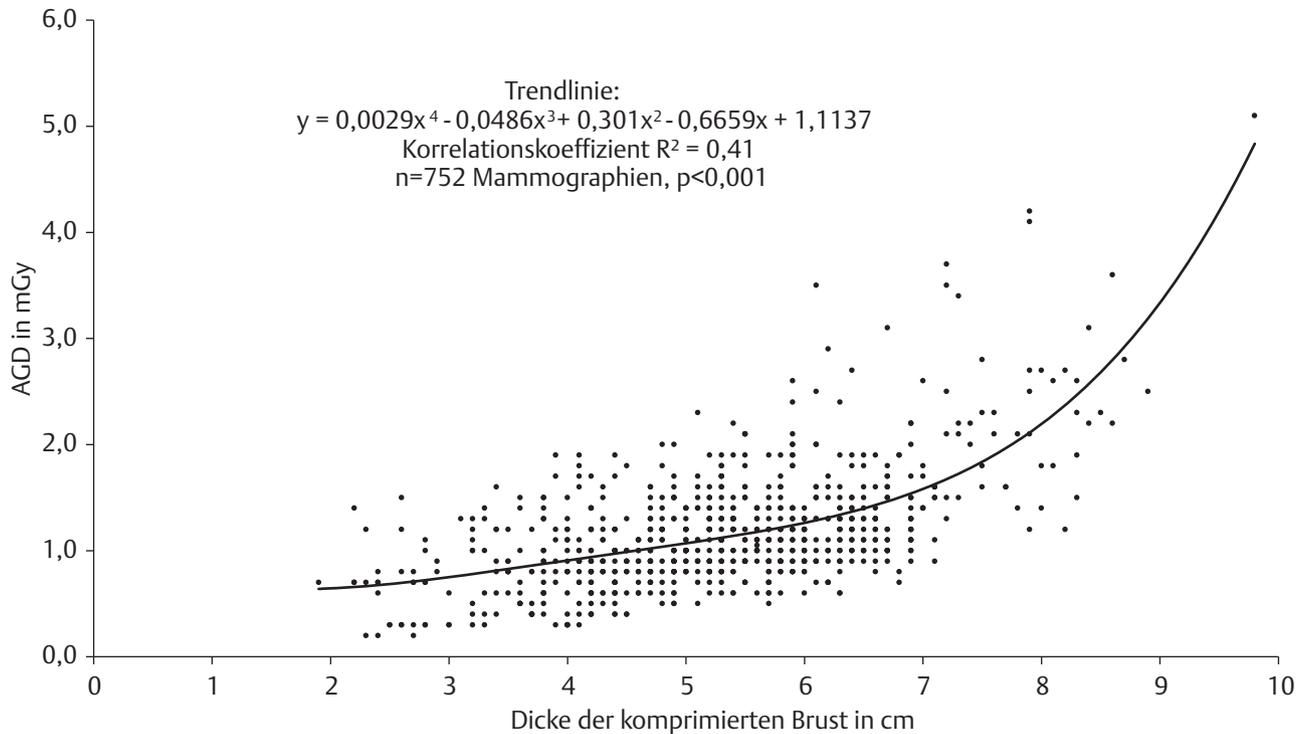
► **Tab. 1** Definition der jeweiligen Klassen und Verteilung der Anzahl der Mammografien in Bezug auf die unterschiedlichen Kategorien (Projektionen, Schmerzen, Kompressionskraft, Brustfläche, Brustdichte nach ACR und Voroperationen).

Patientinnen 199			
Mammografien 765			
Projektionen			
RCC	LCC	RMLO	LMLO
Anzahl der Mammografien (Summe = 765)			
188	192	191	194
Schmerzen (x in 0 – 10 nach NRS (Numerische Ratingskala))			
geringe	mittelgradige	stärkere	
x <= 3	3 > x <= 5	x > 5	
Anzahl der Mammografien (Summe = 765)			
265	245	255	
Kompressionskraft (F in daN)			
geringe	mittelgradige	große	
F < 9	9 >= F < 11	F >= 11	
Anzahl der Mammografien (Summe = 765)			
256	243	266	
Fläche (A in cm ²)			
kleine	mittelgradige	große	
A < 143	143 >= A < 206	A >= 206	
Anzahl der Mammografien (Summe = 765)			
255	255	255	
ACR-Klassifikation			
ACR 1	ACR 2	ACR 3	ACR 4
Anzahl der Mammografien (Summe = 765)			
137	168	372	88
Voroperationen (mit/ohne Radiatio)			
PE	BET	Ablatio	
Anzahl der Patientinnen (Summe = 52)			
17	25 (24 mit Radiatio)	10	

nung als Trendlinie deskriptiv dargestellt und der Korrelationskoeffizient ermittelt (Excel, Microsoft Cooperation, Redmond, USA).

Topografische Verteilung des kompressionsbedingten Schmerzes

Die letzten 52 der 199 Patientinnen wurden gebeten, nach jeder Mammografieaufnahme die Stelle am Körper anzuzeigen, an der der Schmerz während der Mammografie am größten war. Es wurden je Seite 4 Regionen voneinander unterschieden: Brust, Thoraxwand oben, Thoraxwand unten und Axilla.



► **Abb. 1** Mittlere Parenchymdosis (AGD in mGy) in Beziehung zur Dicke der komprimierten Brust (cm) als Punktwolke mit einem Polynom 4. Ordnung als Trendlinie.

Ergebnisse

Dicke der Brust unter Kompression und Strahlendosis

Das Verhältnis der mittleren Parenchymdosis zur Brustdicke unter Kompression ist in ► **Abb. 1** für 752 der 765 Mammografien als Punktwolke und einem Polynom 4. Ordnung als Trendlinie ($y = 0,0029x^4 - 0,0486x^3 + 0,301x^2 - 0,6659x + 1,1137$, $n = 752$) dargestellt. Die Trendlinie weist auf eine exponentielle Beziehung zwischen der vom Mammografiegerät angezeigten mittleren Parenchymdosis (AGD) und der Brustdicke unter Kompression hin. Der Korrelationskoeffizient betrug 0,41 ($p < 0,001$).

Dicke der Brust unter Kompression und Kompressionskraft

► **Abb. 2** zeigt die prozentuale Dicke der Brust unter Kompression in Bezug auf den Ausgangswert ohne Kompression bei 30 Patientinnen und die vier Projektionen. Der Verlauf der Kompression ließ sich in drei Phasen unterteilen. Nach einer ersten Phase mit einem steileren Verlauf bis zu einer Kompressionskraft von 4 daN auf 78,4% des Ausgangswertes wird die Kurve flacher, um nach 10 daN einschließlich erneut abzuflachen. Auch bei Kompressionen mit mehr als 10 daN Kompressionskraft war eine zusätzliche Reduzierung der Brustdicke möglich. Dies galt besonders für die als erste durchgeführte RCC-Projektion. So konnte die Brust bei einer Kompression von 10 daN auf eine für alle vier Projektionen durchschnittliche Dicke von 65,2% des Ausgangswertes reduziert werden. Durch die Verstärkung der Kompression auf 15 daN ließ

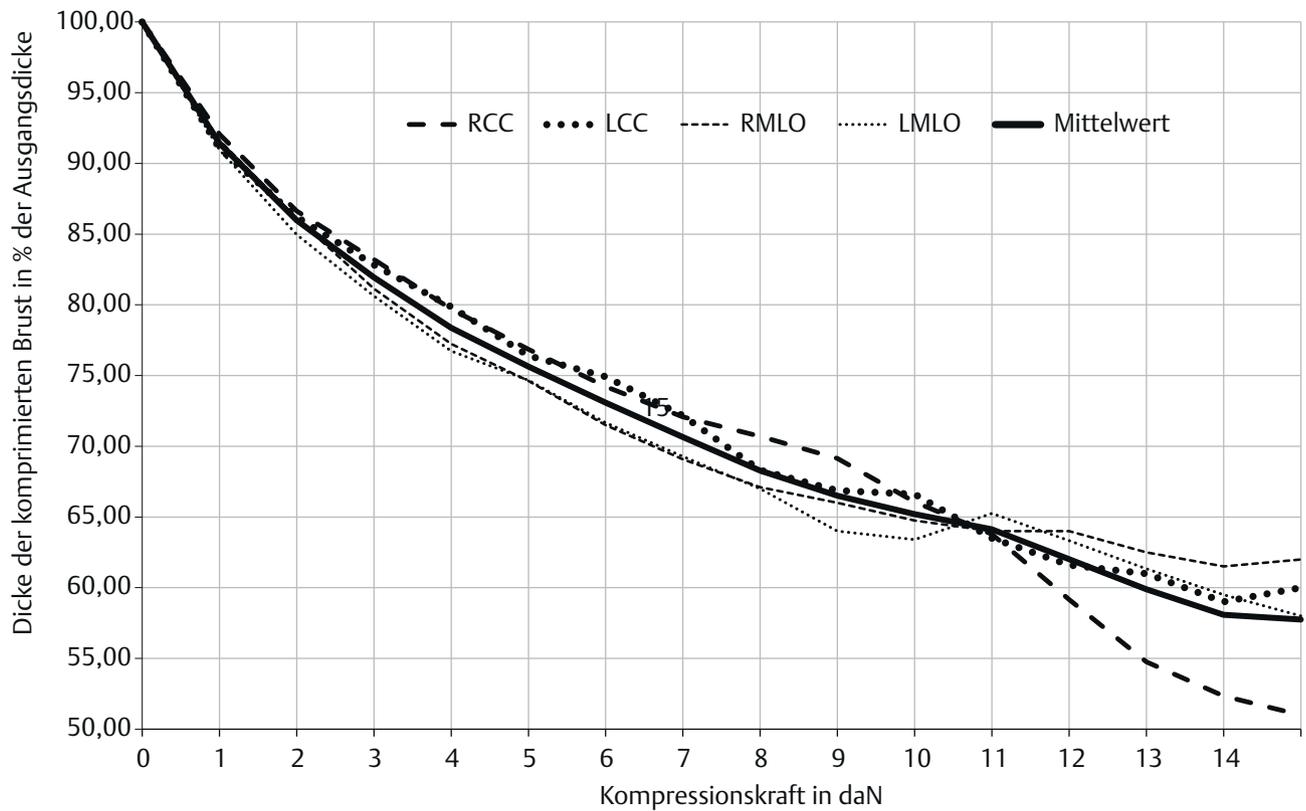
sich die Brustdicke weiter auf 57,8% des Ausgangswertes reduzieren.

Der durchschnittliche Ausgangswert für die Dicke der nicht komprimierten Brust betrug für diese 30 Patientinnen und die vier Projektionen 8,2 cm. Demnach reduzierte sich die durchschnittliche Brustdicke bei einer Kompressionskraft von 10 daN auf 5,4 cm (65,2% der Ausgangsdicke von 8,2 cm) bzw. bei einer Kompressionskraft von 15 daN auf 4,7 cm (57,8% der Ausgangsdicke von 8,2 cm). Vergleicht man diese beiden Werte der Brustdicke nach Kompression mit den von uns bei 752 Mammografien dokumentierten Werten der brustdickenabhängigen mittleren Parenchymdosis (AGD), erhielten wir durchschnittliche Dosiswerte je Mammografie von 1,2 mGy bei 5,4 cm Brustdicke bzw. 1,0 mGy bei 4,7 cm Brustdicke. Durch eine Verstärkung der Kompressionskraft von 10 auf 15 daN konnte demnach eine durchschnittliche Dosisreduktion von 17% erzielt werden (0,2 mGy von 1,2 mGy).

Schmerzangaben, Kompressionskraft, Fläche der komprimierten Brust, Brustdichte (ACR), Projektionen und Voroperationen

Kompressionskraft und Brustfläche

Die von den Patientinnen tolerierte Kompressionskraft korrelierte positiv mit der Brustfläche der komprimierten Brust (► **Abb. 3**). Frauen mit einer kleinen Brustfläche akzeptierten im Verlauf der individuellen Mammografieuntersuchung eine große Kompressionskraft zunehmend seltener ($p < 0,001$, ► **Tab. 2**). Dies galt be-



► **Abb. 2** Dicke der komprimierten Brust in Prozent der Dicke der nicht komprimierten Brust abhängig von der Kompressionskraft bei 30 Patientinnen.

sonders für die als letzte Einstellung durchgeführte LMLO-Projektion. Dagegen tolerierten Frauen mit einer großen Brustfläche eine große Kompressionskraft häufiger.

Schmerzen und Kompressionskraft

Bei mehr als der Hälfte der Mammografien mit einer geringen Kompressionskraft gaben die Patientinnen stärkere Schmerzen an (► **Abb. 4**). Die Ergebnisse waren hochsignifikant ($p < 0,001$, ► **Tab. 2**). Eine positive Korrelation zwischen der tolerierten Kompressionskraft und den Schmerzangaben der Patientinnen war nicht erkennbar.

Schmerzen und Voroperationen

52 der 199 Patientinnen gaben in der Anamnese eine Operation der Brust an (24 mit Radiatio). Bei 39 (18 mit Radiatio) dieser 52 Patientinnen konnten die kompressionsbedingten Schmerzen der operierten Seite mit denen der nicht operierten Seite verglichen werden (Patientinnen mit brusterhaltender Tumorthherapie (BET) auf beiden Seiten und Patientinnen mit Ablatio wurden daher nicht in die Analyse mit einbezogen). 6 Patientinnen (kranio-kaudale Projektionen) und 6 Patientinnen (Schrägprojektionen) gaben eine stärkere Ausprägung der Schmerzen bei der Kompression der operierten Seite im Vergleich zur nichtoperierten Seite an (► **Tab. 3**). Eine geringere Ausprägung der Schmerzen der operierten Seite im Vergleich zur nicht operierten Seite wurde in einem Fall in der kranio-kaudalen Projektion und in 3 Fällen

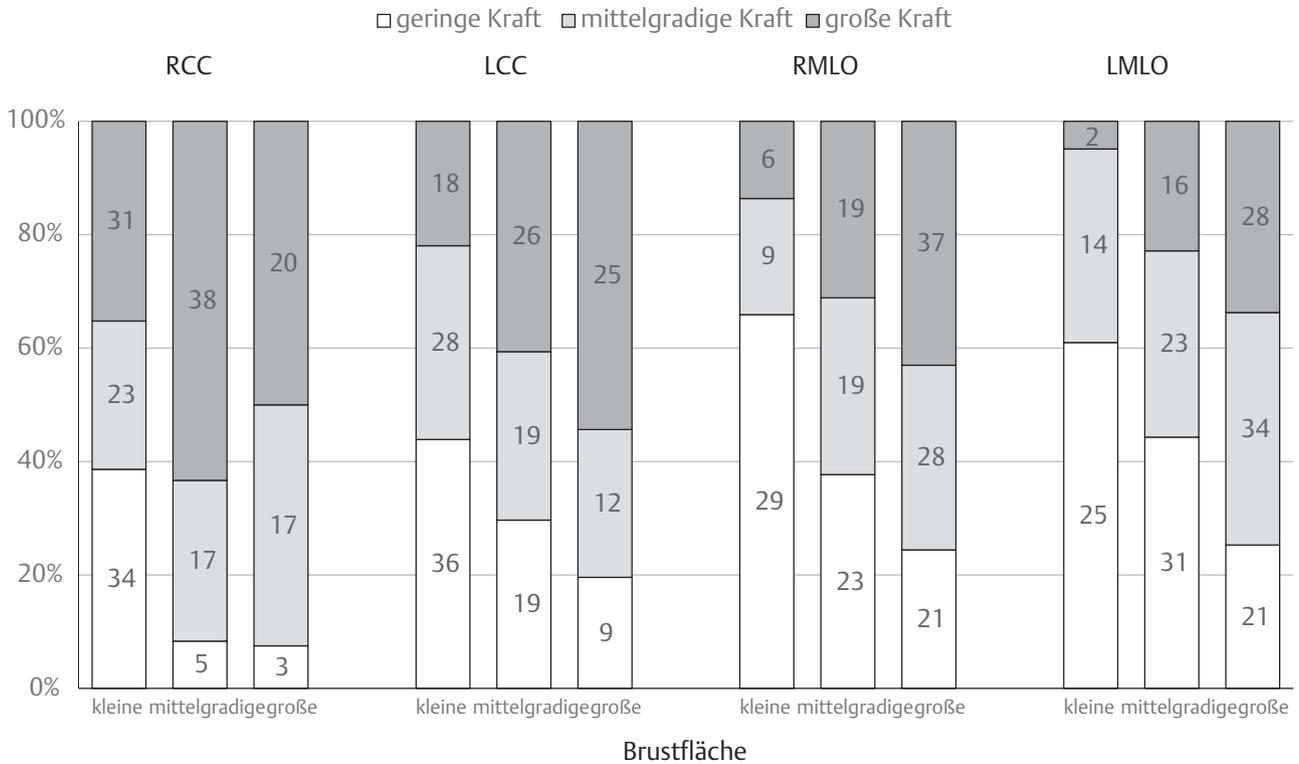
in der Schrägprojektion angegeben. Bei der Mehrzahl der Patientinnen (32 kranio-kaudale und 30 Aufnahmen in Schrägprojektion) konnte keine Veränderung des Schmerzempfindens durch Voroperationen mit oder ohne Bestrahlung beobachtet werden. Eine statistische Signifikanz hinsichtlich eines Einflusses der Voroperationen auf die Schmerzangaben zeigte sich nicht ($p > 0,05$, Vorzeichentest für verbundene Stichproben nach Dixon und Mood, ► **Tab. 2**).

Schmerzen und Projektionen, Brustfläche und ACR-Klassifikation

Die Schmerzempfindung war unabhängig von den Projektionen (RCC, LCC, RMLO und LMLO) sowie von der Brustfläche (► **Tab. 2**). Auch die radiologisch bestimmte Brustdichte entsprechend der Klassifikation des American College of Radiology (ACR) [23] zeigte keinen Einfluss auf das Schmerzempfinden. Patientinnen mit röntgendichtem Drüsengewebe (ACR 4) tolerierten in den kranio-kaudalen Projektionen (RCC, LCC) häufiger nur eine geringe Kraft ($p > 0,05$, ► **Tab. 2**).

Kompressionskraft und Projektionen

Eine größere Kompressionskraft wurde im Verlaufe der jeweiligen individuellen Mammografieuntersuchung zunehmend seltener toleriert (► **Abb. 5**). Betrug der relative Anteil von Mammografien, bei denen die Patientinnen eine größere Kraft tolerierten in der als erste durchgeführten RCC-Projektion 47,3%, so sank der



► **Abb. 3** Verhältnis von Brustfläche und Kompressionskraft. Die Zahlenwerte sind die Anzahl der Mammografieaufnahmen. 100% entsprechen jeweils der Summe der Mammografien mit kleiner, mittelgradiger bzw. großer Brustfläche in einer der vier Projektionen.

► **Tab. 2** Übersicht der Ergebnisse der statistischen Testungen auf Beziehungen zwischen den Parametern (Projektionen, Schmerzen, Kompressionskraft, Brustfläche, Brustdichte nach (ACR) und Voroperationen).

Projektionen versus Schmerzen	n.s. (nicht signifikant)			
Projektionen versus Kraft	p < 0,001			
	kraniokaudale Projektion (CC)		mediolaterale-oblique Projektion (MLO)	
Operationen versus Schmerzen	n.s.		n.s.	
	RCC	LCC	RMLO	LMLO
Kraft versus Schmerzen	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001
Fläche versus Kraft	p < 0,001	p < 0,01	p < 0,001	p < 0,001
Schmerzen versus Fläche	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
ACR versus Schmerzen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
ACR versus Kraft	p < 0,05	p < 0,05	n.s.	n.s.

relative Anteil auf 23,7% in der zuletzt durchgeführten LMLO-Projektion (p < 0,001, ► **Tab. 2**).

Topografische Verteilung des kompressionsbedingten Schmerzes

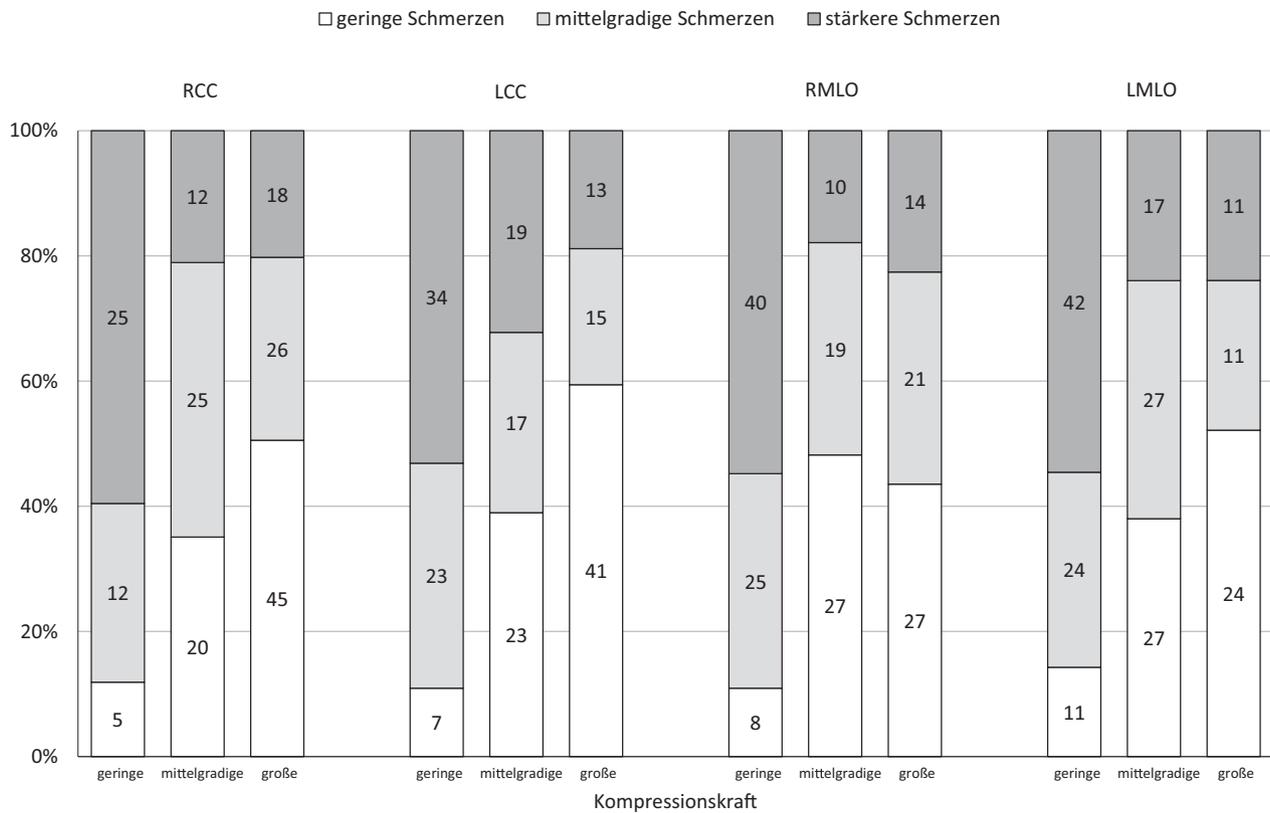
Weniger als die Hälfte der Frauen gaben die Brust als den Ort an, an dem der Schmerz während der Mammografie am größten war (► **Tab. 4**). Bei den Schrägprojektionen identifizierten 60% der Frauen die Axilla als den Ort mit den größten Schmerzen. Das

Areal „Thoraxwand oben“ wurde in den kraniokaudalen Projektionen zu über 40% als maximaler Schmerzpunkt benannt.

Diskussion

Mammografische Kompression der Brust und durchschnittliche mittlere Parenchymdosis

Eine adäquate Kompression der Brust bei der Mammografie bewirkt eine Reduzierung der Strahlendosis mit einer exponentiellen



► **Abb. 4** Verhältnis von Schmerzen und Kompressionskraft. Die Zahlenwerte sind die Anzahl der Mammografieaufnahmen. 100 % entsprechen jeweils der Summe der Mammografien mit geringer, mittelgradiger bzw. großer Kompressionskraft in einer der vier Projektionen.

► **Tab. 3** Vergleich der kompressionsbedingten Schmerzen in der operierten Brust mit der Gegenseite ohne Operation bei 39 Patientinnen ($p > 0,05$).

Projektion	kranio-kaudal	medio-lateral-oblique
kompressionsbedingte Schmerzen auf beiden Seiten gleich	32	30
kompressionsbedingte Schmerzen in der operierten Brust stärker	6	6
kompressionsbedingte Schmerzen in der operierten Brust schwächer	1	3

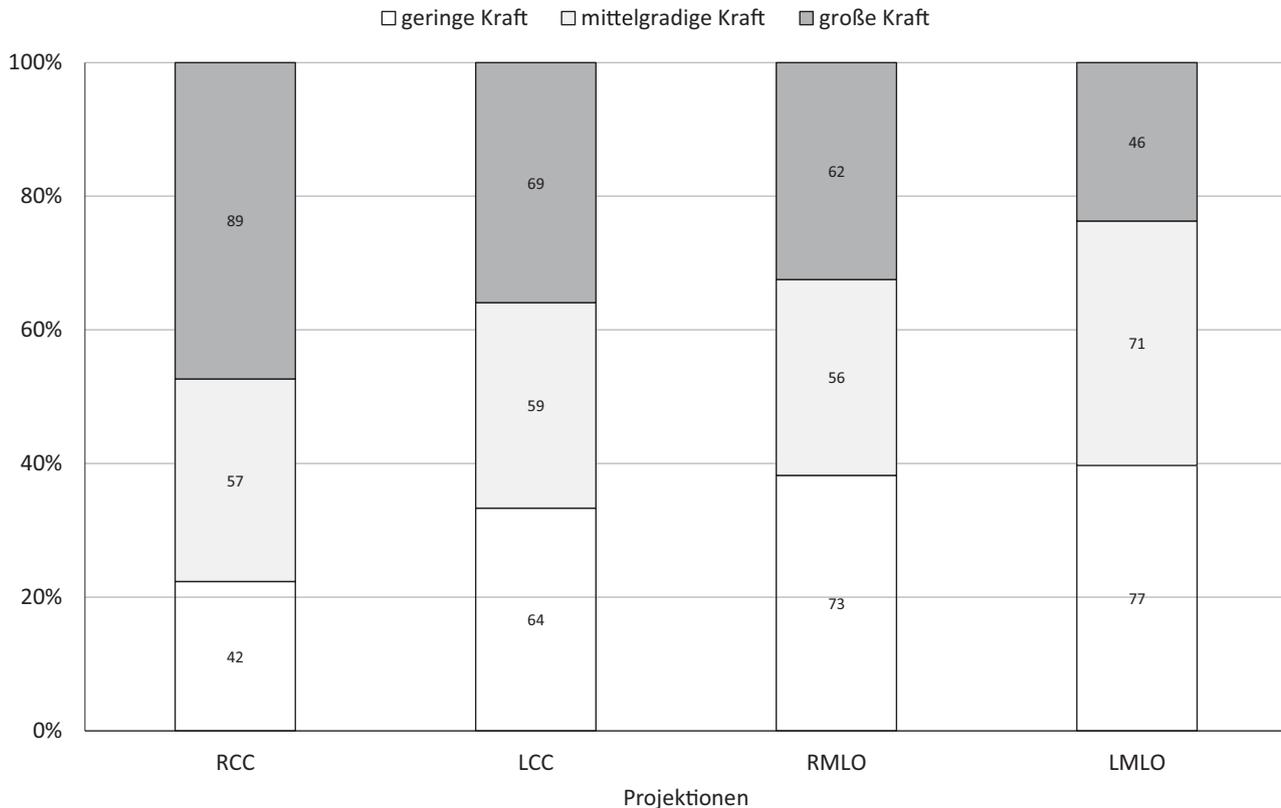
Beziehung zwischen Dosis und Brustdicke [3]. Bei unseren Untersuchungen betrug die durchschnittliche mittlere Parenchymdosis bei einer Brustdicke von 6 cm mit 1,1 mGy nur 55 % der durchschnittlichen Dosis bei einer Brustdicke von 8 cm mit 2 mGy. Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung der kompressionsbedingten Brustdickenreduktion für den Strahlenschutz.

Die Effektivität der Reduktion der Brustdicke nahm in unserer Studie mit steigender Kompressionskraft ab. Eine forcierte Kompression mit 15 daN führte zu einer durchschnittlichen Reduktion der Brustdicke auf 57,8 % der Ausgangsdicke der nicht komprimierten Brust und ermöglichte eine durchschnittliche Dosisre-

duktion von 17 % im Vergleich zur Kompression mit 10 daN. De Groot et al. [26] beschrieben ähnliche Kurvenverläufe für den mammografischen Kompressionsvorgang. Sie unterteilten die Kompression der Brust in eine „deformation“- und eine „clamping“-Phase. Die Autoren beschrieben, in Übereinstimmung mit unseren Ergebnissen, eine nur geringe Reduktion der Brustdicke in der „clamping“-Phase und empfahlen zur Schmerzreduktion die Verkürzung dieser Phase.

Mammografische Kompression der Brust, Schmerzangaben und Kompressionskraft

Im Gegensatz zu unseren Erwartungen wurden bei Anwendung einer geringen Kompressionskraft häufiger stärkere Schmerzen angegeben. Es muss daher davon ausgegangen werden, dass die von diesen Frauen geäußerten Schmerzen weniger von dem physikalischen Ausmaß der Kompression als eher von einer individuell erhöhten Schmerzempfindlichkeit beeinflusst waren [21]. Frauen mit einer gesteigerten Schmerzempfindlichkeit brachen demnach den Kompressionsvorgang früher ab. Dies steht in Einklang mit Untersuchungen, die auf das psychologische Empfinden der Frau hinsichtlich der Schmerzen bei der Mammografie hinweisen [9–19]. Der Schmerz ist demnach als Parameter für eine interindividuelle Optimierung der mammografischen Brustkompression weniger geeignet, da individuelle von der Brust unabhängige Faktoren einen großen Einfluss auf das Schmerzempfinden haben. Dies erklärt auch, warum sowohl die Projektion, die Fläche der Brust als



► **Abb. 5** Verhältnis der tolerierten Kompressionskraft zu den vier Projektionen (RCC, LCC, RMLO und LMLO). Die Zahlenwerte sind die Anzahl der Mammografieaufnahmen. 100 % entsprechen jeweils der Summe der Mammografien in einer der vier Projektionen.

► **Tab. 4** Topografische Verteilung des maximalen Schmerzpunktes während der mammografischen Kompression (n = Anzahl der Patientinnen).

Projektionen		Brust	Axilla	Thoraxwand oben	Thoraxwand unten	Zeilensumme n = Anzahl der Patientinnen
RCC	n	18	0	22	7	47
	%	38,3	0,0	46,8	14,9	100,0
LCC	n	20	0	21	8	49
	%	40,8	0,0	42,9	16,3	100,0
RMLO	n	7	30	12	1	50
	%	14,0	60,0	24,0	2,0	100,0
LMLO	n	7	31	13	1	52
	%	13,5	59,6	25,0	1,9	100,0

auch das Verhältnis von Drüsengewebe und Fettgewebe entsprechend der Klassifikation des American College of Radiology (ACR) [23] in unserer Untersuchung keinen signifikanten Einfluss auf die Schmerzen zeigten. Markle et al. konnten ebenfalls keine Beziehung zwischen der Zusammensetzung des Brustgewebes und kompressionsbedingten Schmerzen finden [27], wogegen Kornguth et al. einen entsprechenden Zusammenhang beschrieben [28].

Unsere Patientinnen mit einer größeren Brust tolerierten eine größere Kompressionskraft. Dies galt besonders für die beiden Schrägprojektionen. Würde man demnach bei allen Brüsten unabhängig von der Größe die gleiche Kompressionskraft als Kriterium für eine optimale Kompression verwenden, würden große Brüste tendenziell nicht ausreichend komprimiert, wohingegen kleinere Brüste einer zu starken Kompression ausgesetzt wären. Bei gleicher Kompressionskraft wird in Abhängigkeit von der kom-

primierten Brustfläche in einer kleinen Brust ein höherer intramammärer Druck als in einer großen Brust erzeugt [21]. Unsere Ergebnisse legen nahe, dass der bei der Kompression der Brust erzeugte intramammäre Druck als Quotient von Kompressionskraft und Brustfläche ein besseres Maß für die Toleranz der Kompression ist, als die Schmerzangaben der Patientinnen. De Groot et al. wiesen ebenfalls auf die Bedeutung des intramammären Drucks als Parameter für eine Steuerung einer individualisierten Kompression unabhängig von der Brustgröße hin und entwickelten eine technische Aufrüstung für Mammografiegeräte mit kontinuierlicher Anzeige des intramammären Drucks während der Kompression [20, 21]. Dies ermöglichte sowohl eine Standardisierung des Kompressionsvorgangs als auch eine Reduktion der kompressionsbedingten Schmerzen.

Bei unseren Untersuchungen wurde im Verlaufe der individuellen Mammografieuntersuchung eine größere Kompressionskraft zunehmend seltener toleriert. Der Anteil von Mammografien, bei denen die Patientinnen eine größere Kraft tolerierten, halbierte sich von 47,3 % in der ersten Einstellung (RCC), auf 23,7 % in der zuletzt durchgeführten LMLO-Projektion. Demnach können nicht nur schmerzhaft Mammografien in der Vergangenheit, sondern auch eine im Verlauf der aktuellen Untersuchung als schmerzhaft empfundene Einstellung den Untersuchungsablauf negativ beeinflussen. Es sollte daher vermieden werden, die Mammografie mit der Brust zu beginnen, die aufgrund von Voroperationen, Bestrahlungen oder einseitiger Mastodynie besonders empfindlich ist. Mehrere Autoren weisen auf den positiven Einfluss untersuchungsbegleitender psychologischer Führung mit Erklärungen des Ablaufs der Untersuchung und genauer Beobachtung des Empfindens der Frau durch die untersuchende Person hin [1, 11 – 13, 15, 17].

Einige Frauen mit brusterhaltenden Tumoroperationen (BET) und Radiatio klagten im Seitenvergleich zur nicht operierten Seite über mehr Schmerzen bei der Kompression der operierten Seite. Diese Beobachtung wird auch von de Groot et al. beschrieben [7]. Die Mehrzahl unserer Patientinnen gab jedoch keine Unterschiede hinsichtlich der Schmerzen an.

Mammografische Kompression der Brust und topografische Verteilung der Schmerzen

Für mehr als die Hälfte der diesbezüglich von uns befragten Frauen war die Brust nicht der Ort, der während der Kompression als am schmerzhaftesten empfunden wurde. Dies traf besonders für die Schrägprojektionen zu, bei denen die Region der Axilla von 60 % der Patientinnen als am schmerzhaftesten wahrgenommen wurde. Schmerzen unmittelbar in der Brust sind demnach nicht allein für die Schmerzen bei der Mammografie verantwortlich. Dies sollten sowohl die Untersucher bei der technischen Durchführung der Mammografie als auch die Hersteller der Mammografiegeräte bei der Konstruktion ihrer Geräte berücksichtigen. Mehrere Autoren berichteten über eine Reduktion der Kompressionschmerzen durch technische Veränderungen an der Kompressionsplatte [20, 29 – 32].

Limitationen der Studie

Unsere Untersuchungen bezogen sich auf Mammografien von symptomatischen Patientinnen. Die Ergebnisse lassen sich daher

nur mit Einschränkungen auf Früherkennungsuntersuchungen bei asymptomatischen Frauen (Mammografiescreening) übertragen. Eine weitere Limitation der Studie ist die fehlende Vorgabe eines Mindestwertes für die Kompressionskraft, da sich die Untersucher an den Schmerzangaben der Patientinnen orientierten. Die angestrebte Kompressionskraft von mindestens 10 daN konnte in einigen Fällen aufgrund der Schmerzangaben der Patientinnen nicht realisiert werden. Dies kann zu interindividuellen Unterschieden in der Vorgehensweise der Untersucher geführt haben. Im Gegensatz zum Mammografiescreening asymptomatischer Frauen erfordert die Mammografie symptomatischer Patientinnen ein stärkeres Eingehen auf die individuelle Situation der Patientin unter Berücksichtigung von Vorerkrankungen und Voroperationen der Brust.

Eine direkte Messung des intramammären Druckes während der Kompression wäre ohne technische Eingriffe in das Mammografiesystem mit Verlust der Betriebserlaubnis nicht möglich gewesen. Wir mussten uns auf die Erfassung der Kompressionskraft und der Brustfläche beschränken, die eine indirekte Aussage über den intramammären Druck ermöglichten. Eine weitere Limitation sind unterschiedliche Fallzahlen in den Analysen, die die statistische Auswertung möglicherweise beeinflusst haben. Es sind daher weitere Studien zur individualisierten druckabhängigen mammografischen Kompression auch unter Einsatz drucksensitiver Kompressionsplatten [20] und unter Einbeziehung des Mammografiescreenings asymptomatischer Frauen erforderlich.

KLINISCHE RELEVANZ

- Eine forcierte Kompression von 15 daN ermöglichte im Vergleich zur Kompression mit 10 daN eine zusätzliche durchschnittliche Reduktion der mittleren Parenchymdosis (AGD) von 17 %.
- Die Schmerzen bei der Mammografie sind nicht ausschließlich durch das physikalische Ausmaß der Kompression, sondern auch durch individuelle Unterschiede im Schmerzempfinden bedingt.
- Die Kompressionskraft sollte von der Größe der Brust abhängig gemacht werden, wobei Frauen mit einer größeren Brust häufiger eine größere Kompressionskraft tolerieren.
- Der bei der Kompression der Brust erzeugte intramammäre Druck als Quotient von Kompressionskraft und Brustfläche ist ein besseres Maß für die Toleranz der Kompression als die Schmerzangaben der Patientinnen.
- Es sollte vermieden werden, die Mammografie mit der Brust zu beginnen, die besonders empfindlich ist, da eine im Verlauf der aktuellen Untersuchung als schmerzhaft empfundene Einstellung den weiteren Untersuchungsablauf negativ beeinflussen kann.
- Das Vorhandensein von mammografieassoziierten Schmerzen außerhalb der Mammæe sollte sowohl bei der Einstellung der Aufnahmen als auch bei der Konstruktion von Mammografiegeräten berücksichtigt werden.

Anmerkung

Die in der dieser Originalarbeit vorgestellten Untersuchungen wurden im Rahmen der Promotionsarbeit von Frau Katarzyna Feder unter der Betreuung von PD Dr. med. Jens-Holger Grunert durchgeführt.

Literatur

- [1] Perry N, Broeders MJ, de Wolf C et al., (eds) European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis (fourth edition). Nijmegen: The European Commission, in cooperation with EUREF, EBCN and EUSOMA. 2006. erreichbar unter: <http://www.euref.org/european-guidelines/4th-edition>
- [2] Bundesärztekammer. Leitlinie zur Qualitätssicherung in der Röntgen-diagnostik. B Katalog spezifischer ärztlicher und aufnahmetechnischer Qualitätsanforderungen bei Röntgenuntersuchungen. Berlin, 2007. erreichbar unter: http://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/LeitRoentgen2008Korr2.pdf
- [3] Sommer A, Schopphoven S, Land I et al. Prüfanleitung für die Bestimmung der mittleren Parenchymdosis nach DIN 6868-162 und des Kontrastaufklärungsvermögens nach Qualitätssicherungs-Richtlinie für digitale Mammografieeinrichtungen-Leitfaden der deutschen Referenzzentren für Mammografie Version 2.0. Fortschr Röntgenstr 2014; 186: 474–481
- [4] Helvie MA, Chan HP, Adler DD et al. Breast thickness in routine mammograms: effect on image quality and radiation dose. American journal of roentgenology 1994; 163: 1371–1374
- [5] Keemers-Gels ME, Groenendijk RP, van den Heuvel JH et al. Pain experienced by women attending breast cancer screening. Breast cancer research and treatment 2000; 60: 235–240
- [6] Whelehan P, Evans A, Wells M et al. The effect of mammography pain on repeat participation in breast cancer screening: a systematic review. Breast (Edinburgh, Scotland) 2013; 22: 389–394
- [7] de Groot JE, Broeders MJ, Branderhorst W et al. Mammographic compression after breast conserving therapy: controlling pressure instead of force. Medical physics 2014; 41: 023501
- [8] Kornguth PJ, Keefe FJ, Wright KR et al. Mammography pain in women treated conservatively for breast cancer. The journal of pain: official journal of the American Pain Society 2000; 1: 268–274
- [9] Cockburn J, Cawson J, Hill D et al. An analysis of reported discomfort caused by mammographic X-ray amongst attenders at an Australian pilot breast screening program. Australasian radiology 1992; 36: 115–119
- [10] Keemers-Gels ME, Groenendijk RP, van den Heuvel JH et al. Pain experienced by women attending breast cancer screening. Breast cancer research and treatment 2000; 60: 235–240
- [11] Gökten C, Taskin O. Mammography-related pain and anxiety. Diagnostic and interventional radiology (Ankara, Turkey) 2005; 11: 175
- [12] Van Goethem M, Mortelmans D, Bruyninckx E et al. Influence of the radiographer on the pain felt during mammography. European radiology 2003; 13: 2384–2389
- [13] Wiratkapun C, Lertsithichai P, Wibulpolprasert B et al. Breast pain and service satisfaction during digital mammography. Journal of the Medical Association of Thailand 2006; 89: 1864–1873
- [14] Gupta R, Nayak M, Khoursheed M et al. Pain during mammography: impact of breast pathologies and demographic factors. Medical principles and practice: international journal of the Kuwait University 2003; 12: 180–183
- [15] Dullum JR, Lewis EC, Mayer JA. Rates and correlates of discomfort associated with mammography. Radiology 2000; 214: 547–552
- [16] Kornguth PJ, Rimer BK, Conaway MR et al. Impact of patient-controlled compression on the mammography experience. Radiology 1993; 186: 99–102
- [17] Bruyninckx E, Mortelmans D, Van Goethem M et al. Risk factors of pain in mammographic screening. Social science & medicine 1999; 49: 933–941
- [18] Miller D, Livingstone V, Herbison P. Interventions for relieving the pain and discomfort of screening mammography. The Cochrane database of systematic reviews 2008: 2942
- [19] Miller D, Martin I, Herbison P. Interventions for relieving the pain and discomfort of screening mammography. The Cochrane database of systematic reviews 2002: 2942
- [20] de Groot JE, Branderhorst W, Grimbergen CA et al. Towards personalized compression in mammography: a comparison study between pressure- and force-standardization. European journal of radiology 2015; 84: 384–391
- [21] de Groot JE, Broeders MJ, Branderhorst W et al. A novel approach to mammographic breast compression: Improved standardization and reduced discomfort by controlling pressure instead of force. Medical physics 2013; 40: 81901
- [22] Branderhorst W, de Groot JE, Highnam R et al. Mammographic compression—a need for mechanical standardization. European journal of radiology 2015; 84: 596–602
- [23] Fischer U (ed) ACR BI-RADS: illustrierte Anleitung zur einheitlichen Befunderstellung von Mammografie, Mammasonografie, MR-Mammografie, Ausgabe 2; Stuttgart: Thieme; 2006: 174
- [24] Siemens. Mammography Applications for Mammomat 1000/3000 Nova. Erlangen: Siemens AG. 2004. erreichbar unter: http://www.healthcare.siemens.com/siemens_hwem-hwem_sxxa_websites-context-root/wcm/idc/groups/public/@global/@imaging/@mammo/documents/download/mdaw/mtux/~edis/mammomat-1000-mammography-applications-00009977.pdf
- [25] Harrington S, Gilchrist L, Sander A. Breast Cancer EDGE Task Force Outcomes: Clinical Measures of Pain. Rehabil Oncol 2014; 32: 13–21
- [26] de Groot JE, Broeders MJ, Grimbergen CA et al. Pain-preventing strategies in mammography: an observational study of simultaneously recorded pain and breast mechanics throughout the entire breast compression cycle. BMC women's health 2015; 15: 185
- [27] Markle L, Roux S, Sayre JW. Reduction of discomfort during mammography utilizing a radiolucent cushioning pad. The breast journal 2004; 10: 345–349
- [28] Kornguth PJ, Keefe FJ, Conaway MR. Pain during mammography: characteristics and relationship to demographic and medical variables. Pain 1996; 66: 187–194
- [29] Tabar L, Lebovic GS, Hermann GD et al. Clinical assessment of a radiolucent cushion for mammography. Acta radiologica 2004; 45: 154–158
- [30] Dibble SL, Israel J, Nussey B et al. Mammography with breast cushions. Women's health issues: official publication of the Jacobs Institute of Women's Health 2005; 15: 55–63
- [31] Timmers J, Voorde MT, Engen RE et al. Mammography with and without radiolucent positioning sheets: Comparison of projected breast area, pain experience, radiation dose and technical image quality. Eur J Radiol 2015; 84: 1903–1909
- [32] Broeders MJ, Ten Voorde M, Veldkamp WJ et al. Comparison of a flexible versus a rigid breast compression paddle: pain experience, projected breast area, radiation dose and technical image quality. Eur Radiol 2015; 25: 821–829