

# **Prospektive Untersuchung der Früherkennung von Psoriasis Arthritis bei Psoriasis durch Dermatologen unter Anwendung eines neuen Handheld-Ultraschall Systems**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Hohen Medizinischen Fakultät

der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

Bonn

**Jakub Bartosz Grobelski**

aus Zabrze/Polen

2024

Angefertigt mit der Genehmigung  
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: PD. Dr. med. MUDr. Valentin Sebastian Schäfer
2. Gutachterin: Prof. Dr. Brigitte Sabine Strizek

Tag der Mündlichen Prüfung: 14.03.2024

Aus der Medizinischen Klinik III - Rheumatologie und klinische Immunologie  
Direktor: Univ. Prof. Dr. med. Peter Brossart

**Für meine Familie**



## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	7
<b>1. Deutsche Zusammenfassung</b>	<b>8</b>
1.1 Einleitung	8
1.2 Material und Methoden	9
1.3 Ergebnisse	13
1.4 Diskussion	15
1.5 Zusammenfassung	18
1.6 Literaturverzeichnis der deutschen Zusammenfassung	18
<b>2. Veröffentlichungen</b>	<b>24</b>
<b>2.1 Publikation A</b>	
Abstract	24
Introduction	24
Material and Methods	25
Results	27
Discussion	28
References	29
<b>2.2 Publikation B</b>	
Zusammenfassung	31
Einleitung	32
Materialien und Methodik	32
Ergebnisse	35
Diskussion	36
Referenzen	37
<b>2.3 Publikation C</b>	
Abstract	39
Introduction	39
Materials and Methods	40
Results	41

Discussion	44
References	45
<b>3. Danksagung</b>	<b>47</b>

## Abkürzungsverzeichnis

AMEE	Association for Medical Education in Europe
CASPAR	The CIASsification for Psoriatic ARthritis Criteria
DAPSA	Disease Activity in PSoriatic Arthritis
DAS-28-CRP	Disease Activity Score 28 – C-reaktives-Protein
DEGUM	Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin
eCRF	elektronischer Case Report Form
GEPARD	GERman Psoriasis ARthritis Diagnostic questionnaire
MCP	Metacarpophalangeal Gelenk
MSUS	Musculoskelettaler Ultraschall
NRS	Numerical Rating Scale
PASI	Psoriasis Area of Severity Index
PHQ-9	Patient Health Questionnaire - 9
PIP	Proximales interphalangeal Gelenk
PPV	Positiv prädiktiver Wert
PsA	Psoriasis Arthritis
PsAID12	Psoriatic Arthritis Impact of Disease 12-item questionnaire

## 1. Deutsche Zusammenfassung

### 1.1 Einleitung

Zur leichteren Lesbarkeit wurde auf einen gendergerechten Sprachgebrauch verzichtet. Psoriasis-Arthritis (PsA) ist eine chronisch - fortschreitende, immunvermittelte, seronegative und entzündliche Gelenkerkrankung. Typische Symptome sind Daktylitis, Enthesitis, periphere und axiale Arthritis sowie Psoriasis der Haut und Nägel (Ocampo und Gladman, 2019). Die Prävalenz in der westlichen Bevölkerung beträgt 2 – 4 % (Kurd und Gelfand, 2009). Im Laufe der Zeit entwickeln 20 – 30 % aller Patienten mit Psoriasis eine PsA (Alinaghi et al., 2019). Die Diagnose basiert auf einer Zusammenfassung der Befunde der klinischen Untersuchung, der muskuloskelettalen Sonographie (MSUS) (Gutierrez et al., 2010, Sapundzhieva et al., 2020) und der diagnostischen Klassifikationskriterien für PsA (CASPAR) (Tillett et al., 2012, Chandran et al., 2007, Taylor et al., 2006, Chandran et al., 2008). Insbesondere die Früherkennung der PsA ist entscheidend, da bereits nach 2 Jahren ca. 47 % der Betroffenen Gelenkerosionen entwickeln, die bildmorphologisch nachgewiesen werden können (Kane und Pathare, 2005)

MSUS wurde in den letzten Jahren zunehmend in der Diagnostik von PsA eingesetzt. Der Grund dafür ist dessen hohe Sensitivität und Spezifität beim Nachweis von Arthritis und Enthesitis. Auch präklinische Manifestationen der Erkrankung können nachgewiesen werden (McHugh, 2015b, Haddad und Chandran, 2012, Umezawa, 2021, McHugh, 2015a), weshalb MSUS als Screening - Methode an Bedeutung gewonnen hat. Neben der Sonographie spielen auch Dermatologen eine entscheidende Rolle bei der Früherkennung der PsA. Menschen mit Psoriasis befinden sich in regelmäßiger dermatologischer Betreuung. Bei Vorliegen einer Arthralgie, werden Sie üblicherweise zuerst von einem Dermatologen untersucht und bei Verdacht auf PsA an einen Rheumatologen überwiesen. Insbesondere bei der Früherkennung der PsA bedarf es einer engen interdisziplinären Kooperation der beiden Disziplinen (Haberman et al., 2018, Ziob et al., 2021). Der Prozess kann durch die hohe falsch-positiv-Rate der gestellten Verdachtsdiagnosen erschwert werden.



Bislang konnten Dermatologen den Verdacht einer PsA auf klinischer Untersuchung und Fragebögen, wie zum Beispiel dem German Psoriasis Arthritis Diagnostic Questionnaire (GEPARD) (Härle et al, 2010, Härle et al. 2016) stützen. In der klinischen Praxis haben die vorgenannten diagnostischen Mittel aufgrund der unterschiedlich ausgeprägten Symptomatik der Patienten eine geringere Trefferquote als die gezielte Sonografie (Backhaus et al., 1999). Infolgedessen sehen sich Rheumatologen mit zahlreichen Überweisungen konfrontiert, während nur bei einem kleinen Prozentsatz der Patienten die PsA diagnostiziert wird. Eine Optimierung des diagnostischen Pfads könnte die Problematik beheben. Aufgrund mangelnder Expertise und Erfahrung in der Anwendung des MSUS blieb dessen Einsatz, trotz hoher Sensitivität und Spezifität, den Dermatologen bislang verwehrt.

Die dargestellten Studien hatten als Ziel die Ausbildung von Dermatologen anhand eines speziellen MSUS-Curriculums (Publikation A/B), sowie anschließend die prospektive Untersuchung der Früherkennung von PsA unter 140 Psoriasis - Patienten mit Arthralgie durch Dermatologen unter Einsatz des MSUS (Publikation C). Ferner wurde das erste Chip-basierte, tragbare Ultraschallsystem in der Ausbildung und klinischen Anwendung des MSUS untersucht. Zudem konnten in dem vorgenannten Kollektiv die CASPAR Kriterien auf ihre Anwendbarkeit in der klinischen Routine untersucht werden.

## 1.2 Material und Methoden

### Kursteilnehmer und Geräte

In Studie A/B wurden zwölf Dermatologen zur Teilnahme am MSUS-Kurs rekrutiert. Sechs davon waren Kollegen aus der Klinik für Dermatologie und Allergologie des Universitätsklinikum Bonn. Darunter befanden sich fünf Assistenzärztinnen und eine Fachärztin. Weitere sechs Teilnehmer waren in ambulant-niedergelassenem Bereich fachärztlich tätig und Mitglieder des PsoNet Bonn/Rhein-Sieg, einem Dermatologen Netzwerk, spezialisiert in der Behandlung von Psoriasis.

Alle Teilnehmer wurden mit innovativen, chip-basierten Butterfly IQ<sup>®</sup>-Ultraschallsystemen und iPads<sup>®</sup> (Version 9, Display Größe 10.2" Retina 2020, Apple, San Cupertino, USA) als Monitore ausgestattet. Die Ultraschall-Frequenzen können insgesamt zwischen 1 – 10 MHz variieren und in muskuloskelettaler Einstellung 10 MHz aufrechterhalten. Die

Frequenz wird durch das System automatisch an die Bildtiefe angepasst. Die Teilnehmer konnten das System über der Gesamtdauer des Kurses behalten, um auch in der täglichen klinischen Tätigkeit das Training individuell fortzusetzen. Die Ultraschall-, insbesondere MSUS-Erfahrung und -Wissensstand wurden vor Beginn des Kurses mithilfe einer Online - Umfrage auf der SurveyMonkey<sup>®</sup> - Plattform überprüft.

#### Kursentwicklung und Konzept

Die Inhalte des Curriculums wurden anhand der MSUS-Sektion der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) und ausgewählter Literatur zu essenziellen sonographischen Kenntnissen in der Arthritis Diagnostik gewählt (Konermann und Gruber, 2000, Backhaus et al, 2001, Gutierrez et al., 2011, Gutierrez et al., 2010, Filippucci et al., 2019, D'Agostino, 2010, Grassi et al., 2005). Nur Schnittebenen mit der höchsten Sensitivität und Spezifität bei der Diagnostik von Gelenksergüssen und synovialer Hyperperfusion, die als sonographische Hauptmerkmale einer Arthritis fungieren, wurden ins Curriculum aufgenommen. Zertifizierte DEGUM Stufe I-III MSUS Untersucher waren in die Entwicklung involviert. Basierend auf dem DEGUM Lehrkonzept und in Anlehnung an das dreistufige Ausbildungskonzept der Association for Medical Education in Europe (AMEE) wurde der Kurs in drei Module unterteilt (Ramani und Leinster, 2008). Jedes Modul behandelte andere Themenbereiche und begann mit einer 60 Min. oralen Präsentation zu den theoretischen Aspekten des jeweiligen Themas. Anatomie, sonographische Landmarken, physiologische und pathologische Ultraschallbilder wurden präsentiert und zusammen mit den entsprechenden Ultraschallschnittebenen erläutert. Anschließend erfolgte eine drei-stündige praktische Übung an gesunden zur Verfügung gestellten Personen unter der Aufsicht erfahrener und zertifizierter DEGUM Stufe I-III Untersucher. Das erste Modul war auf Finger- und Handgelenke fokussiert. Das Zweite behandelte Ellenbogen, Schulter und Hüftgelenke, während das Dritte die Kniegelenke, obere Sprunggelenke und Zehengelenke behandelte.

#### Abschließende Leistungsevaluation

Nach Absolvierung aller drei Module erfolgte die Leistungskontrolle mittels einer Objective Structured Clinical Examination (OSCE) (Harden et al., 1975, Hofer et al., 2011).

Korrespondierend zu den drei Modulen wurden drei Teststationen vorbereitet. Die Gesamtdauer der Prüfung betrug 30 Min., mit jeweils 10 Min. pro Station. Die Leistungen wurden in Knobologie, Umgang mit der Ultraschallsonde, anatomischer Region des jeweiligen Themenbereiches und Einsatz des Power Dopplers aufgeteilt. Pro Station konnten maximal 25 Punkte erreicht werden. Die Prüfer waren erfahrene, DEGUM zertifizierte (Stufe II und III) MSUS Sonographeure. Um die Subjektivität der Prüfer zu minimieren, wurden detaillierte Kontrolllisten entwickelt (Hodges et al., 1999). Die Abschlussleistung wurde gemäß folgendem Schlüssel festgelegt: < 60 % (Ungenügend): 5, ≥ 60 – < 70 % (Ausreichend): 4, ≥ 70 % – < 80 % (Befriedigend): 3, ≥ 80 % – < 90 % (Gut): 2, ≥ 90 % (Sehr gut): 1. Als erfolgreicher Abschluss des Kurses wurde die Note „Ausreichend“ oder besser definiert.

Studie C wurde als prospektive, doppelblinde, monozentrische Studie ausgetragen, in der 140 Psoriasis – Patienten mit Arthralgie einem PsA - Screening durch, die zuvor in MSUS- ausgebildeten und mit Butterfly IQ<sup>®</sup>-Ultraschallsystemen ausgestatteten, Dermatologen unterzogen wurden.

#### Population

Die Zielgruppe umfasste erwachsene Psoriasis - Patienten, die über Arthralgie im Rahmen routinemäßiger dermatologischer Vorstellung berichteten. Einschlusskriterien waren das vollendete 18. Lebensjahr, Psoriasis diagnostiziert durch einen Facharzt für Dermatologie, Arthralgie an mindestens einem Gelenk, keine vorbekannte PsA und schriftliche Einwilligung zur Teilnahme an der Studie. Ausschlusskriterien entsprachen dem Nichterfüllen der Einschlusskriterien. Laborchemische Parameter (C-Reaktives-Protein, Rheumafaktor, Antikörper gegen zyklisch citrulliniertes Peptid) wurden den Befunden laborchemischer Routineuntersuchungen entnommen.

#### Dermatologische Datenerfassung

Im Rahmen des Screenings wurde zunächst konventionell, gestützt auf der Anamnese (Psoriasis Krankheitsdauer, Psoriasis-Aktivitäts- und Schweregrad-Index (PASI) (Fredriksson und Pettersson, 1978), aktueller Psoriasis Therapie, Dauer und Lokalisation der Gelenkschmerzen), klinischer Untersuchung und dem GEPARD Fragebogen, der

Verdacht einer PsA geäußert oder abgelehnt. Anschließend erfolgte an bis zu drei schmerzhaften oder geschwollenen Gelenken eine gezielte Sonographie. Ziel war die Erkennung von Gelenksergüssen und synovialer Hyperperfusion. Bei Vorliegen mindestens einer der vorgenannten Pathologien wurde das entsprechende Gelenk als Auffällig markiert, andernfalls wurde das Gelenk als unauffällig markiert. Ergänzt um die Befunde der Sonographie sollte der Verdacht einer PsA reevaluiert und entsprechend vermerkt werden. Zulässig war nur die Angabe zur PsA, weitere Differenzialdiagnosen wurden nicht berücksichtigt. Die erhobenen Daten aus der dermatologischen Untersuchung wurden auf einem speziell entwickelten Datenerhebungsbogen festgehalten. Die Bögen, ungeachtet der gestellten Verdachtsdiagnose, wurden an die Ambulanz der Rheumatologie des Universitätsklinikum Bonn gefaxt und dort ausschließlich von einem der Autoren (J.G.) entgegengenommen. Nach Erhalt wurde allen Patienten ein Vorstellungstermin binnen 48 Stunden zugeteilt.

#### Rheumatologische Datenerfassung

Vor der Vorstellung in der hiesigen Ambulanz wurde Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9) zur Erfassung depressiver Zustände (Manea et al. 2015), sowie Numerical Rating Scale 1-10 (NRS 1-10) zur gezielten Erfassung von Gelenks-, Haut- und Gesamtschmerzen durch jeden Patienten ausgefüllt. Im Anschluss wurde jeder Patient einem der zwei teilnehmenden, in MSUS erfahrenen, Fachärzte für Rheumatologie (P.K. und V.S.S.) zugeteilt, welcher eine ausführliche Anamnese, klinische Untersuchung und eine Sonographie von bis zu sechs schmerzhaften Gelenken durchführte. Beide Rheumatologen waren für die Ergebnisse der dermatologischen Datenerhebung verblindet. Die Sonographie wurde gemäß DEGUM Standards für MSUS mit einem GE Logiq S8 XDclear Ultraschallgerät fabriziert im Jahr 2018 durchgeführt (Treslev et al., 2013). Benutzt wurde ein linearer Schallkopf der Frequenz 9 – 15 MHz und ein hochauflösender „Hockey Stick“ Schallkopf der Frequenz 8 – 18 MHz. Die PsA Diagnose wurde in der Zusammenschau aller erhobenen Befunde gestellt. Die Klassifizierung erfolgte nach CASPAR-Kriterien. Bei PsA-Diagnose wurde zur Erfassung der Einschränkungen im alltäglichen Leben Psoriatic Arthritis Impact of Disease (PsAID12) Fragebogen für klinische Tätigkeit angewandt (Orbai et al., 2018). Die Krankheitsaktivität wurde, durch die Bestimmung des Disease Activity Score 28-CRP (DAS28-CRP)

(Fransen und van Riel, 2005, Wells et al., 2009) und Disease Activity in Psoriatic Arthritis (DAPSA) festgestellt (Schoels et al., 2010).

### Sammlung und Analyse von Daten

Alle in Studie C gesammelten Daten wurden in eine elektronische Datenbank (elektronischer Case Report Form [eCRF]) eingetragen, die spezifisch für die Studie mit REDCap Version 9.5.6 entwickelt wurde. Die statistische Auswertung erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Institut für medizinische Biometrie, Informatik und Epidemiologie unter Einsatz von SAS (Version 9.4) und R (Version 4.1.2) für Publikation C, sowie mit der Software Microsoft Excel, Version 2009 und R (Version 3.6.1) für Publikation A/B. Kontinuierliche Variablen wurden als Mittelwerte (S.D.) zusammengefasst. Kategorische Daten wurden als Proportionen ausgedrückt und (falls zutreffend) mit dem exakten Test von Fisher verglichen. Sensitivität und Spezifität, sowie die Ergebnisse der OSCE-Prüfungen wurden zusammen mit ihren 95,0%-Konfidenzintervallen bestimmt.

Der Einfluss des MSUS auf die Früherkennung der PsA wurde durch den Vergleich der Sensitivität und Spezifität der dermatologischen Verdachtsdiagnosen vor und nach der Durchführung der gezielten Sonographie untersucht.

Alle Studien wurden von der Ethikkommission des Universitätsklinikum Bonn genehmigt (Nr. 337/19).

### 1.3 Ergebnisse

Zwölf Dermatologen nahmen an der Studie A/B teil. Darunter befanden sich neun Frauen. Acht Teilnehmer waren Fachärzte für Dermatologie mit einer durchschnittlichen Berufserfahrung von 11,4 Jahren (SD  $\pm$  11 Jahre), während die restlichen Assistenzärzte in dermatologischer Weiterbildung seit durchschnittlich 3,1 Jahren (SD  $\pm$  1 Jahr) waren. Das Durchschnittsalter betrug 39 Jahre (SD  $\pm$  10 Jahre). Die Umfrage vor Beginn des Kurses wurde von elf der zwölf Dermatologen ausgefüllt. Keiner der Befragten gab an praktische oder theoretische Erfahrungen in MSUS zu haben. Sechs Dermatologen gaben an, bereits in der Vergangenheit einen DEGUM Ultraschallkurs besucht zu haben. Drei besuchten Kurse zu Hochfrequenzsonographie wie der Lymphknotenultraschallsonographie,

Zwei nahmen an Kursen der Abdomensonographie teil, während Einer einen Kurs zur Notfallsonographie besuchte. Keiner der Teilnehmer besaß eine DEGUM Zertifizierung. Alle Teilnehmer wurden an den drei Stationen der OSCE-Prüfung der Leistungsevaluation unterzogen. Durchschnittlich wurden in der ersten Station 18,92 Punkte (75,7 %), an der Zweiten 23,83 Punkte (95,3 %) und an der Dritten 22,83 Punkte (91,3 %) von jeweils 25 erreichbaren Punkten erzielt. Damit ergab sich ein durchschnittliches Gesamtergebnis von 21,86 (87,4 %) Punkten, der Note „Gut“ entsprechend. Darüber hinaus zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Fachärzten der Dermatologie und der Weiterbildungsassistenten innerhalb der OSCE-Prüfung.

In Studie C wurden alle Zwölf, in Studie A/B erfolgreich ausgebildete, Dermatologen als Rekrutierter eingesetzt. 140 Patienten (58,6 % Weiblich) im durchschnittlichen Alter von 49,87 Jahren (SD 13,58) wurden eingeschlossen. Psoriasis Diagnose war in allen Fällen fachärztlich gesichert und im Durchschnitt seit 14,69 Jahren (SD 13,98) bekannt. Zum Einschlusszeitpunkt betrug der PASI 8,54 Punkte (SD 7,52). Die häufigste Psoriasis Form war Psoriasis Vulgaris (72,1 %). 91,4 % der Patienten erhielten eine medikamentöse Psoriasis Therapie, wobei Keiner systemische Glucocorticoide erhielt. Die NRS 1-10 zeigte moderate Beschwerden im Bezug auf Gelenk-, Haut- und Gesamtschmerzen, während PHQ-9 Fragebogen einen depressiven Zustand bei 67,8 % (95 % CI: 59,4; 75,5 %) des Kollektivs anzeigte.

In 67 Fällen (51,2 %) wurde vor Anwendung des gezielten MSUS die Verdachtsdiagnose PsA von den Dermatologen geäußert, während in 64 Fällen (48,8 %) der Verdacht einer PsA abgelehnt wurde. Neun Fälle wurden aus der finalen, statistischen Analyse ausgeschlossen, da die Angaben zu den Verdachtsdiagnosen auf den gefaxten Datenerhebungsbögen widersprüchlich waren. Nach Durchführung des MSUS änderten sich die Verdachtsdiagnosen in 46 Fällen, wobei in 45 die PsA nicht mehr verdächtigt wurde. In einem Fall wurde die PsA als Verdachtsdiagnose geäußert bei zuvor fehlendem PsA Verdacht. Bei 19 (13,6 %) Patienten wurde nach rheumatologischer Evaluation eine PsA bestätigt. Gemäß CASPAR Kriterien wäre in 66 Fällen eine PsA Diagnose indiziert, was zu einer Sensitivität von 78,9 % (95 % CI: 54,0; 94,0 %) und einer Spezifität von 57,8 % (95 % CI: 49,0; 67,0 %) führt. Die mit PsA diagnostizierten Patienten zeigten eine moderate Krankheitsaktivität und Einschränkung im alltäglichen Leben.

Der GEPARD Fragebogen zeigte eine Sensitivität von 89,5 % (95 % CI: 67,0; 99,0 %) und eine Spezifität von 10,8 % (95 % CI: 6,0; 18,0 %). Die konventionell gestellten Verdachtsdiagnosen der Dermatologen erreichten eine Sensitivität von 88,2 % (95 % CI: 58,1; 94,6 %) und eine Spezifität von 54,4 % (95 % CI: 44,8; 64,1 %), während nach Anwendung des MSUS die Sensitivität auf 70,6 % (95 % CI: 38,4; 81,9 %) sank und die Spezifität auf 90,4 % (95 % CI: 83,9; 95,6 %) anstieg. Der positiv prädiktive Wert (PPV) konnte damit von 25,4 % (vor MSUS) auf 56,5% (nach MSUS) gesteigert werden. Zusätzlich konnte im interdisziplinären Vergleich des MSUS kein statistisch signifikanter Unterschied in der Erkennung von Gelenksergüssen und synovialer Hyperperfusion in gleichen Gelenken zwischen Dermatologen und Rheumatologen gezeigt werden. Insgesamt wurden 317 Gelenke durch Dermatologen sonographiert, während Rheumatologen 457 Gelenke untersuchten. Am häufigsten wurden Finger und Handgelenke untersucht, dabei lag der kumulative Anteil von untersuchten Handgelenken, Metacarpophalangeal Gelenk (MCP) 2, MCP3, Daumensattelgelenk, MCP 4, proximalem Interphalangealgelenk (PIP) 2 und PIP3 bei 65,2 %.

#### 1.4 Diskussion

Viele aktuelle Studien belegen die Wichtigkeit der Früherkennung der PsA, sowie die Schlüsselrolle der Dermatologen in diesem Prozess (McHugh, 2015b, Haddad und Chandran, 2012, Umezawa, 2021, McHugh, 2015a). Arthralgie erscheint bei bis zu 50 % der Psoriasis - Patienten (Stern, 1985). Die Unterscheidung in entzündlich und degenerativ verursachte Beschwerden gestaltet sich durch sehr unterschiedliche Ausprägung der Symptomatik erschwert. Darüber hinaus zeigt Publikation C, dass ein hoher Anteil dieser Patienten an depressiven Zuständen und im Falle einer tatsächlich vorliegenden PsA unter moderaten Einschränkungen des alltäglichen Lebens leiden. Somit erscheint die frühe Diagnostik der PsA und Beginn der Behandlung essenziell. Während validierte Fragebögen, wie der in Deutschland häufig genutzte GEPARD, hohe Sensitivität aufweisen, stellte sich die Spezifität mit 10,8 % in der untersuchten Population sehr niedrig dar. Kombiniert mit klinischer Untersuchung blieb die Sensitivität des dermatologischen Screenings weiterhin hoch, wobei die Spezifität auf 54,4 % anstieg. Resultierend ist eine hohe Anzahl an falsch-positiven Verdachtsdiagnosen, die zur

weiteren Diagnostik an rheumatologische Einrichtungen überwiesen werden. Dieses hohe Patientenaufkommen schlägt sich in langen Wartezeiten auf Termine nieder, die zu permanenten Gelenkschäden nach bereits sechs Monaten führen können (Haroon et al., 2015). Daher kann das konventionelle Screening, insbesondere dessen Spezifität, als insuffizient angenommen werden.

MSUS ist nachweislich ein akkurates Instrument zur Untersuchung von Weichgewebe, Knochen Oberflächen und Knorpel bei inflammatorischen Arthropathien. Zudem erscheint die Mobilität, Möglichkeit dynamischer Untersuchungen, nicht invasiver Charakter und niedriger Preis dieser Methode einen großen Vorteil gegenüber anderen bildmorphologischen Modalitäten (zum Beispiel der Magnet-Resonanz-Tomographie, Röntgen oder Fluoreszenztomographie) zu bieten (Anandarajah, 2013). Der Einsatz des MSUS durch Dermatologen zwecks PsA Screening wurde zuvor nicht untersucht.

Wir begegneten zwei Problemen in der Planung dieser Untersuchung. Zunächst existierte kein validiertes Curriculum zur Ausbildung von Dermatologen in MSUS. Hier wurde in Studie A/B das Curriculum durch DEGUM zertifizierte MSUS-Sonographeure in Anlehnung an das DEGUM Kurskonzept und unter Beachtung der in der Literatur definierten praktischen und theoretischen Kenntnisse zur sonographischen Arthritis Diagnostik entworfen. Ziel war die Erkennung von Gelenksergüssen und synovialer Hyperperfusion, die als sonographische Hauptmerkmale einer Arthritis zu werten sind. Die zwölf am Kurs teilnehmenden Dermatologen besaßen keine MSUS-Vorerfahrungen und wurden erst innerhalb des Kurses mit MSUS konfrontiert. In mehreren Publikationen erwies sich das zur Leistungsevaluation gewählte OSCE-Konzept als geeignet (Harden et al., 1975, Hofer et al., 2011). Alle Teilnehmer absolvierten erfolgreich die OSCE-Prüfung mit einem durchschnittlichen Ergebnis von 87,4 % der Punkte, resultierend in der Note 2, unabhängig vom Alter und Berufserfahrung. Dies verdeutlichtet, dass der MSUS interdisziplinär mit gutem Ergebnis erlernt werden kann. Auch das langfristige Ergebnis erscheint zufriedenstellend, da in Publikation C kein statistisch signifikanter Unterschied in der Erkennung von Gelenksergüssen und synovialer Hyperperfusion in gleichen Gelenken zwischen Dermatologen und Rheumatologen festgestellt werden konnte.



Das zweite Problem war die Verfügbarkeit von Ultraschallsystemen. Keiner der Dermatologen aus niedergelassen-ambulanten Bereich verfügte über ein Ultraschallgerät. Zur Ermöglichung der Teilnahme wurden alle an der Studie A teilnehmenden Dermatologen mit Butterfly IQ®-Ultraschallsystemen und iPads als Monitore ausgestattet. Das System bietet aufgrund einer innovativen Chip-Technologie günstigeren Preis und hohe Mobilität im Vergleich zu größeren, piezoelektrisch basierten Ultraschallgeräten.

Die im MSUS erfolgreich ausgebildeten Dermatologen konnten durch den Einsatz des MSUS im PsA Screening unter 140 Psoriasis - Patienten ihre konventionell gestellte Verdachtsdiagnose in 46 Fällen ändern. Dabei wurde in den meisten Fällen (n = 45) von der Verdachtsdiagnose einer PsA Abstand genommen. Die Sensitivität des, um MSUS ergänzten, Screeningverfahrens lag bei 70,6 %, während die Spezifität auf 90,4 % anstieg. Der PPV konnte mehr als verdoppelt werden (von 25,4 % zu 56,5 %). Somit erscheint die Anwendung von MSUS durch Dermatologen als Addendum zum konventionellen PsA Screening sinnvoll und könnte die hohe Anzahl an falsch-positiven Überweisungen an die Rheumatologie reduzieren. Ähnliche Ergebnisse zeigten Solmaz et al. (2020), die unter 51 Psoriasis - Patienten ein interdisziplinäres PsA Screening durchführten. In 20 Fällen konnte PsA diagnostiziert werden. Das Screening zeigte eine Reduktion der Zeit zwischen Überweisung von Dermatologen zu Rheumatologen und Reduktion der Anzahl an falsch-positiven Verdachtsdiagnosen. Der Entscheidende Unterschied zu Publikation B war die Durchführung des Ultraschalls. Nachdem Dermatologen eine Verdachtsdiagnose äußerten, wurden die Patienten in der vorgenannten Studie, von einem erfahrenen MSUS - Sonographeur direkt Vorort untersucht. Diese Herangehensweise funktioniert in Zentren mit Vertretung beider Disziplinen (Habermann et al., 2018, Ziob et al., 2021), allerdings erscheint schwierig im niedergelassenen Bereich. Dermatologen sind häufig die ersten Ansprechpartner für Psoriasis-Patienten (Coates und Helliwell, 2017), daher ist es für Sie sinnvoll, MSUS eigenständig einzusetzen zu können. Zusätzlich stellten sich in Publikation B die, seit 2006 intensiv genutzten, CASPAR Kriterien bei einer Spezifität von 57,8 % als ineffektiv in der Klassifikation der PsA innerhalb des untersuchten Kollektivs dar.

### 1.5 Zusammenfassung

Die vorliegenden Studien (Publikation A, B und C), zeigen dass der vorgeschlagene modulare MSUS-Kurs mit abschließender OSCE-Prüfung zur Ausbildung von Dermatologen in gezielter Gelenksonographie unabhängig von Berufserfahrung oder Vorkenntnissen geeignet ist. Ferner erscheint der Einsatz des MSUS durch Dermatologen zur Früherkennung der PsA sinnvoll und kann zu einer Reduktion der falsch-positiven Rate an Verdachtsdiagnosen, sowie der Anzahl an Überweisungen zum Rheumatologen führen bei einer insgesamt präziseren PsA Früherkennung. Weitere Studien werden benötigt, um die Umsetzbarkeit des vorgeschlagenen Screenings zu untersuchen.

Des Weiteren zeigte sich das verwendete Chip-basierte Ultraschallsystem vielversprechend in der MSUS-Edukation und Screening Diagnostik. Aufgrund des innovativen Charakters besteht die Notwendigkeit weiterer Studien zu Chip-basierter Sonographie.

Zuletzt konnte nachgewiesen werden, dass CASPAR Kriterien in dem analysierten Kollektiv ineffektiv in der Klassifikation von PsA waren. Evaluation der Anwendbarkeit der Kriterien im klinischen Alltag erscheint sinnvoll.

### 1.6 Literaturverzeichnis der deutschen Zusammenfassung

Alinaghi F, Calov M, Kristensen LE, Gladman DD, Coates LC, Jullien D, Gottlieb AB, Gisondi P, Wu JJ, Thyssen JP, Egeberg A. Prevalence of psoriatic arthritis in patients with psoriasis: A systematic review and meta-analysis of observational and clinical studies. *J Am Acad Dermatol*. 2019 Jan;80(1):251-265.e19. doi: 10.1016/j.jaad.2018.06.027. Epub 2018 Jun 19. PMID: 29928910.

Anandarajah A. Imaging in psoriatic arthritis. *Clin Rev Allergy Immunol*. 2013 Apr;44(2):157-165. doi: 10.1007/s12016-012-8304-4. PMID: 22294202.

Backhaus M, Burmester GR, Gerber T, Grassi W, Machold KP, Swen WA, Wakefield RJ, Manger B; Working Group for Musculoskeletal Ultrasound in the EULAR Standing Committee on International Clinical Studies including Therapeutic Trials. Guidelines for musculoskeletal ultrasound in rheumatology. *Ann Rheum Dis*. 2001 Jul;60(7):641-649. doi: 10.1136/ard.60.7.641. PMID: 11406516; PMCID: PMC1753749.

Backhaus M, Kamradt T, Sandrock D, Loreck D, Fritz J, Wolf KJ, Raber H, Hamm B, Burmester GR, Bollow M. Arthritis of the finger joints: a comprehensive approach comparing conventional radiography, scintigraphy, ultrasound, and contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Arthritis Rheum.* 1999 Jun;42(6):1232-1245. doi: 10.1002/1529-0131(199906)42:6<1232::AID-ANR21>3.0.CO;2-3. PMID: 10366117.

Chandran V, Schentag CT, Gladman DD. Sensitivity and specificity of the CASPAR criteria for psoriatic arthritis in a family medicine clinic setting. *J Rheumatol.* 2008 Oct;35(10):2069-2070; author reply 2070. PMID: 18843760.

Chandran V, Schentag CT, Gladman DD. Sensitivity of the classification of psoriatic arthritis criteria in early psoriatic arthritis. *Arthritis Rheum.* 2007 Dec 15;57(8):1560-1563. doi: 10.1002/art.23104. PMID: 18050230.

Coates LC, Helliwell PS. Psoriatic arthritis: state of the art review. *Clin Med (Lond).* 2017 Feb;17(1):65-70. doi: 10.7861/clinmedicine.17-1-65. PMID: 28148584; PMCID: PMC6297592.

D'Agostino MA. Ultrasound imaging in spondyloarthropathies. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2010 Oct;24(5):693-700. doi: 10.1016/j.berh.2010.05.003. PMID: 21035089.  
Filippucci E, Cipolletta E, Mashadi Mirza R, Carotti M, Giovagnoni A, Salaffi F, Tardella M, Di Matteo A, Di Carlo M. Ultrasound imaging in rheumatoid arthritis. *Radiol Med.* 2019 Nov;124(11):1087-1100. doi: 10.1007/s11547-019-01002-2. Epub 2019 Mar 9. PMID: 30852792.

Fransen J, van Riel PL. The Disease Activity Score and the EULAR response criteria. *Clin Exp Rheumatol.* 2005 Sep-Oct;23(5 Suppl 39):S93-9. PMID: 16273792.

Fredriksson T, Pettersson U. Severe psoriasis--oral therapy with a new retinoid. *Dermatologica.* 1978;157(4):238-44. doi: 10.1159/000250839. PMID: 357213.

Grassi W, Salaffi F, Filippucci E. Ultrasound in rheumatology. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2005 Jun;19(3):467-85. doi: 10.1016/j.berh.2005.01.002. PMID: 15939370.

Gutierrez M, Filippucci E, De Angelis R, Filosa G, Kane D, Grassi W. A sonographic spectrum of psoriatic arthritis: "the five targets". *Clin Rheumatol.* 2010 Feb;29(2):133-42. doi: 10.1007/s10067-009-1292-y. Epub 2009 Oct 24. PMID: 19851707; PMCID: PMC2797402.

Gutierrez M, Filippucci E, Salaffi F, Di Geso L, Grassi W. Differential diagnosis between rheumatoid arthritis and psoriatic arthritis: the value of ultrasound findings at metacarpophalangeal joints level. *Ann Rheum Dis.* 2011 Jun;70(6):1111-4. doi: 10.1136/ard.2010.147272. Epub 2011 Mar 15. PMID: 21406459.

Haberman R, Perez-Chada LM, Merola JF, Scher J, Ogdie A, Reddy SM. Bridging the Gaps in the Care of Psoriasis and Psoriatic Arthritis: the Role of Combined Clinics. *Curr Rheumatol Rep.* 2018 Oct 26;20(12):76. doi: 10.1007/s11926-018-0785-6. PMID: 30367311.

Haddad A, Chandran V. How can psoriatic arthritis be diagnosed early? *Curr Rheumatol Rep.* 2012 Aug;14(4):358-63. doi: 10.1007/s11926-012-0262-6. PMID: 22576859.

Harden RM, Stevenson M, Downie WW, Wilson GM. Assessment of clinical competence using objective structured examination. *Br Med J.* 1975 Feb 22;1(5955):447-51. doi: 10.1136/bmj.1.5955.447. PMID: 1115966; PMCID: PMC1672423.

Härle P, Hartung W, Lehmann P, Ehrenstein B, Schneider N, Müller H, Müller-Ladner U, Tarner I, Vogt T, Fleck M, Bongartz T. GEPARD-Patientenfragebogen: Erfassung von Patienten mit Psoriasisarthritis aus einem ambulanten dermatologischen Patientenpool [Detection of psoriasis arthritis with the GEPARD patient questionnaire in a dermatologic outpatient setting]. *Z Rheumatol.* 2010 Mar;69(2):157-160, 162-3. German. doi: 10.1007/s00393-009-0462-2. PMID: 19455345.

Härle P, Letschert K, Wittig B, Mrowietz U. Sensitivity of the GEPARD Patient Questionnaire to Identify Psoriatic Arthritis in Patients with Psoriasis in Daily Practice: The GEPARD-Life Study. *Dermatology*. 2016;232(5):597-605. doi: 10.1159/000448029. Epub 2016 Sep 8. PMID: 27603046.

Hodges B, Regehr G, McNaughton N, Tiberius R, Hanson M. OSCE checklists do not capture increasing levels of expertise. *Acad Med*. 1999 Oct;74(10):1129-1134. doi: 10.1097/00001888-199910000-00017. PMID: 10536636.

Hofer M, Kamper L, Sadlo M, Sievers K, Heussen N. Evaluation of an OSCE assessment tool for abdominal ultrasound courses. *Ultraschall Med*. 2011 Apr;32(2):184-190. doi: 10.1055/s-0029-1246049. Epub 2011 Feb 14. PMID: 21321843.

Kane D, Pathare S. Early psoriatic arthritis. *Rheum Dis Clin North Am*. 2005 Nov;31(4):641-657. doi: 10.1016/j.rdc.2005.07.009. PMID: 16287589.

Konermann W, Gruber G. *Ultraschalldiagnostik der Stütz-und Bewegungsorgane: nach den Richtlinien der DEGUM*. Stuttgart: Thieme, 2000.

Kurd SK, Gelfand JM. The prevalence of previously diagnosed and undiagnosed psoriasis in US adults: results from NHANES 2003-2004. *J Am Acad Dermatol*. 2009 Feb;60(2):218-224. doi: 10.1016/j.jaad.2008.09.022. Epub 2008 Nov 20. Erratum in: *J Am Acad Dermatol*. 2009 Sep;61(3):507. PMID: 19022533; PMCID: PMC4762027.

Manea L, Gilbody S, McMillan D. A diagnostic meta-analysis of the Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9) algorithm scoring method as a screen for depression. *Gen Hosp Psychiatry*. 2015 Jan-Feb;37(1):67-75. doi: 10.1016/j.genhosppsy.2014.09.009. Epub 2014 Sep 23. PMID: 25439733.

McHugh NJ. Early Psoriatic Arthritis. *Rheum Dis Clin North Am*. 2015 Nov;41(4):615-622. doi: 10.1016/j.rdc.2015.07.005. Epub 2015a Aug 24. PMID: 26476222.

McHugh NJ. Verna Wright Lecture: Psoriatic Arthritis: The Need for Early Intervention. *J Rheumatol Suppl.* 2015b Nov; 93:10-13. doi: 10.3899/jrheum.150625. PMID: 26523046.

Ocampo D V, Gladman D. Psoriatic arthritis. *F1000Res.* 2019 Sep 20;8:F1000 Faculty Rev-1665. doi: 10.12688/f1000research.19144.1. PMID: 31583079; PMCID: PMC6758836.

Orbai AM, Holland R, Leung YY, Tillett W, Goel N, Christensen R, McHugh N, Gossec L, de Wit M, Højgaard P, Coates LC, Mease PJ, Birt J, Fallon L, FitzGerald O, Ogdie A, Shea B, Strand V, Duffin KC, Tugwell P, Beaton D, Gladman DD. PsAID12 Provisionally Endorsed at OMERACT 2018 as Core Outcome Measure to Assess Psoriatic Arthritis-specific Health-related Quality of Life in Clinical Trials. *J Rheumatol.* 2019 Aug;46(8):990-995. doi: 10.3899/jrheum.181077. Epub 2018 Dec 15. PMID: 30554154; PMCID: PMC6571063.

Ramani S, Leinster S. AMEE Guide no. 34: Teaching in the clinical environment. *Med Teach.* 2008;30(4):347-364. doi: 10.1080/01421590802061613. PMID: 18569655.

Sapundzhieva T, Karalilova R, Batalov A. Hand ultrasound patterns in rheumatoid and psoriatic arthritis: the role of ultrasound in the differential diagnosis. *Rheumatol Int.* 2020 Jun;40(6):837-848. doi: 10.1007/s00296-020-04559-8. Epub 2020 Mar 24. PMID: 32211929.

Schoels M, Aletaha D, Funovits J, Kavanaugh A, Baker D, Smolen JS. Application of the DAREA/DAPSA score for assessment of disease activity in psoriatic arthritis. *Ann Rheum Dis.* 2010 Aug;69(8):1441-1447. doi: 10.1136/ard.2009.122259. Epub 2010 Jun 4. PMID: 20525844.

Stern RS. The epidemiology of joint complaints in patients with psoriasis. *J Rheumatol.* 1985 Apr;12(2):315-320. PMID: 4032404.

Taylor W, Gladman D, Helliwell P, Marchesoni A, Mease P, Mielants H; CASPAR Study Group. Classification criteria for psoriatic arthritis: development of new criteria from a large international study. *Arthritis Rheum.* 2006 Aug;54(8):2665-2673. doi: 10.1002/art.21972. PMID: 16871531.

Terslev L, Hammer HB, Torp-Pedersen S, Szkudlarek M, Iagnocco A, D'Agostino MA, Schmidt WA, Uson J, Bruyn GA, Filippucci E, Möller I, Balint P, Wakefield R, Naredo E. EFSUMB minimum training requirements for rheumatologists performing musculoskeletal ultrasound. *Ultraschall Med.* 2013 Oct;34(5):475-477. doi: 10.1055/s-0033-1335143. Epub 2013 May 21. PMID: 23696065.

Tillett W, Costa L, Jadon D, Wallis D, Cavill C, McHugh J, Korendowych E, McHugh N. The CIASsification for Psoriatic ARthritis (CASPAR) criteria--a retrospective feasibility, sensitivity, and specificity study. *J Rheumatol.* 2012 Jan;39(1):154-156. doi: 10.3899/jrheum.110845. Epub 2011 Nov 15. PMID: 22089469.

Umezawa Y. Psoriatic arthritis. *J Dermatol.* 2021 Jun;48(6):741-749. doi: 10.1111/1346-8138.15954. PMID: 34060132.

Wells G, Becker JC, Teng J, Dougados M, Schiff M, Smolen J, Aletaha D, van Riel PL. Validation of the 28-joint Disease Activity Score (DAS28) and European League Against Rheumatism response criteria based on C-reactive protein against disease progression in patients with rheumatoid arthritis, and comparison with the DAS28 based on erythrocyte sedimentation rate. *Ann Rheum Dis.* 2009 Jun;68(6):954-960. doi: 10.1136/ard.2007.084459. Epub 2008 May 19. PMID: 18490431; PMCID: PMC2674547.

Ziob J, Behning C, Brossart P, Bieber T, Wilsmann-Theis D, Schäfer VS. Specialized dermatological-rheumatological patient management improves diagnostic outcome and patient journey in psoriasis and psoriatic arthritis: a four-year analysis. *BMC Rheumatol.* 2021 Oct 30;5(1):45. doi: 10.1186/s41927-021-00217-z. PMID: 34715940; PMCID: PMC8556909.

## 2. Veröffentlichungen

### 2.1 Publikation A



#### Original Article

Submitted: 2.2.2021

Accepted: 23.7.2021

DOI: 10.1111/ddg.14614

## Establishment and validation of a didactic musculoskeletal ultrasound course for dermatologists using an innovative handheld ultrasound system – the MUDE study (Musculoskeleta Ultrasound in Dermatology)

Jakub Grobelski<sup>1\*</sup>, Florian Recker<sup>2\*</sup>, Dagmar Wilsmann-Theis<sup>3</sup>, Wolfgang Hartung<sup>4</sup>, Pantelis Karakostas<sup>1</sup>, Peter Brossart<sup>1</sup>, Valentin Sebastian Schäfer<sup>1</sup>

(1) Clinic of Internal Medicine III, Oncology, Hematology, Rheumatology and Clinical Immunology, University Hospital Bonn, Germany

(2) Department of Obstetrics and Prenatal Medicine, University Hospital Bonn, Germany

(3) Clinic and Polyclinic for Dermatology and Allergology, University Hospital Bonn, Germany

(4) Department of Rheumatology and Clinical Immunology, Asklepios Clinic, Bad Abbach, Germany

\* The first two authors contributed equally to the present article.

#### Summary

**Background:** In the early detection of arthritis, such as psoriatic arthritis, musculoskeletal ultrasound (MSUS) of painful joints plays an important role in diagnosis. Pathological findings can be missed during clinical examination, especially if conducted by physicians who are not trained. The objective of this study was to examine a pilot MSUS course designed specifically for dermatologists, the MUDE protocol.

**Methods:** To assess the degree of MSUS expertise of the participants, a questionnaire using SurveyMonkey<sup>®</sup> was completed before the course. The course concept covered only the most important ultrasound sections of all joints and focused on the detection of joint effusion and hyperperfusion. The course consisted of three modules and was carried out over six months. The portable Butterfly IQ<sup>®</sup> system in combination with an Apple iPad was provided to enable practice between the courses. The final teaching evaluation was carried out as an objective structured clinical examination (OSCE).

**Results:** Twelve dermatologists participated. The survey revealed no prior knowledge of MSUS. The overall score of all participants in the OSCE was 21.86 (87.44 %) out of a total of 25 points, which corresponded to the school grade good.

**Conclusion:** The innovative MUDE protocol is thus particularly suitable for the training of dermatologists in MSUS, irrespective of prior knowledge.

#### Introduction

Point of care ultrasound in the diagnosis of many diseases has been proven and established in numerous fields of medicine [1]. Its excellency and wide-spread use are attributed to the absence of radiation, portability, dynamic examination, and low cost [2]. Numerous diseases overlap both dermatology and rheumatology and many can lead to arthritis of one or more joints [3–5]. One of the most frequent is psoriatic arthritis (PsA), occurring in about 30 % of psoriasis patients [6] with prevalence rates of 1.8–2.1 and 2.1–2.5 per 100,000 individuals, respectively [7]. Non-specific musculoskeletal complaints even occur in about 50 % of psoriasis patients [8]. Several publications have emphasized the importance of early arthritis detection and diagnosis of PsA and other arth-

ritis diseases in order to decrease joint disability and reduce referral rates to rheumatologists [9–12]. This process can take months or even years, exposing patients to the risk of developing irreversible joint damage [13].

Musculoskeletal ultrasound (MSUS) can rapidly and accurately detect the typical hallmarks of PsA and other arthritic diseases [14]. It is a common adjunct of an advanced rheumatological examination and a keystone in the diagnosis of PsA and other arthritis diseases. Using MSUS, the physician can often differentiate instantly between inflammatory and degenerative pathologies, which are much more common. Major advances in imaging resolution, capabilities, and cost of MSUS systems now allow physicians access to equipment that provides high-resolution images [15]. Portable ultrasound machines (PUM) such as the Butterfly IQ system<sup>®</sup> equipped with an iPad or iPhone as a



monitor facilitate the spread of ultrasound (US) throughout all medical fields and enable diagnosis at the bedside.

This proof-of-concept study aimed to establish and evaluate a modular MSUS course specifically designed for dermatologists (the musculoskeletal ultrasound for dermatologists – MUDE protocol), using a modern high-resolution PUM, in order to facilitate the diagnosis of PsA and other arthritis disorders. It is the first worldwide attempt to conduct an MSUS course specifically adapted for dermatologists, designed according to the widely accepted DEGUM (Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin - German Society for Ultrasound in Medicine) guidelines for ultrasound teaching [16].

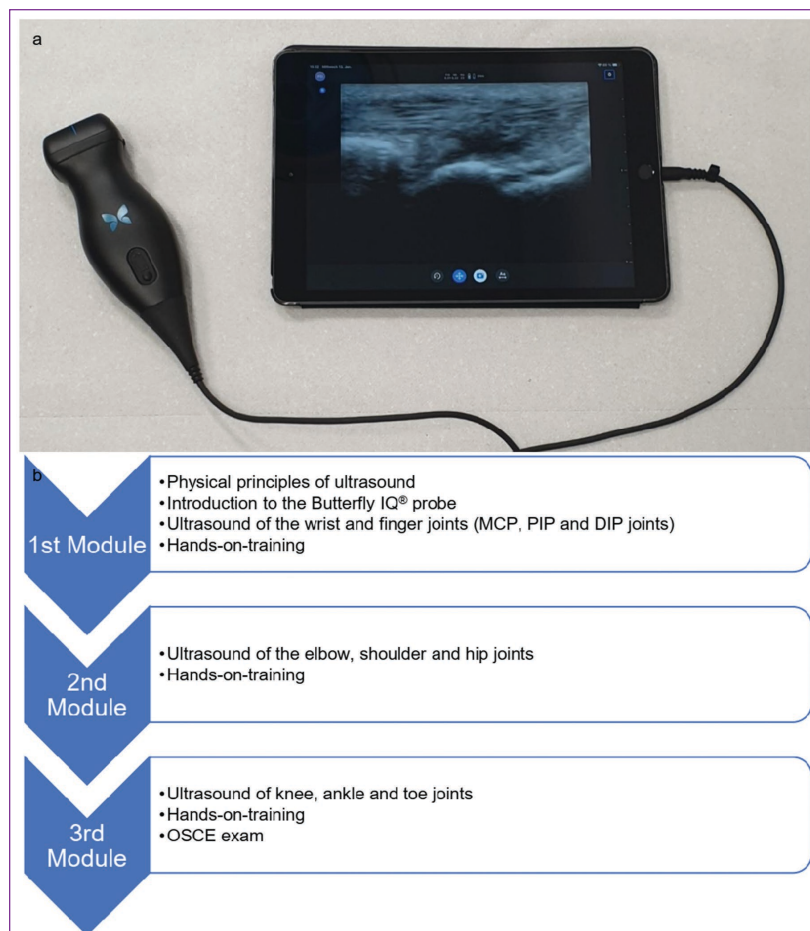
## Materials and Methods

### Participants and devices

The study was conducted from March 31, 2020 to September 30, 2020. Twelve dermatologists took part in the study. Six were working in the Clinic for Dermatology at the

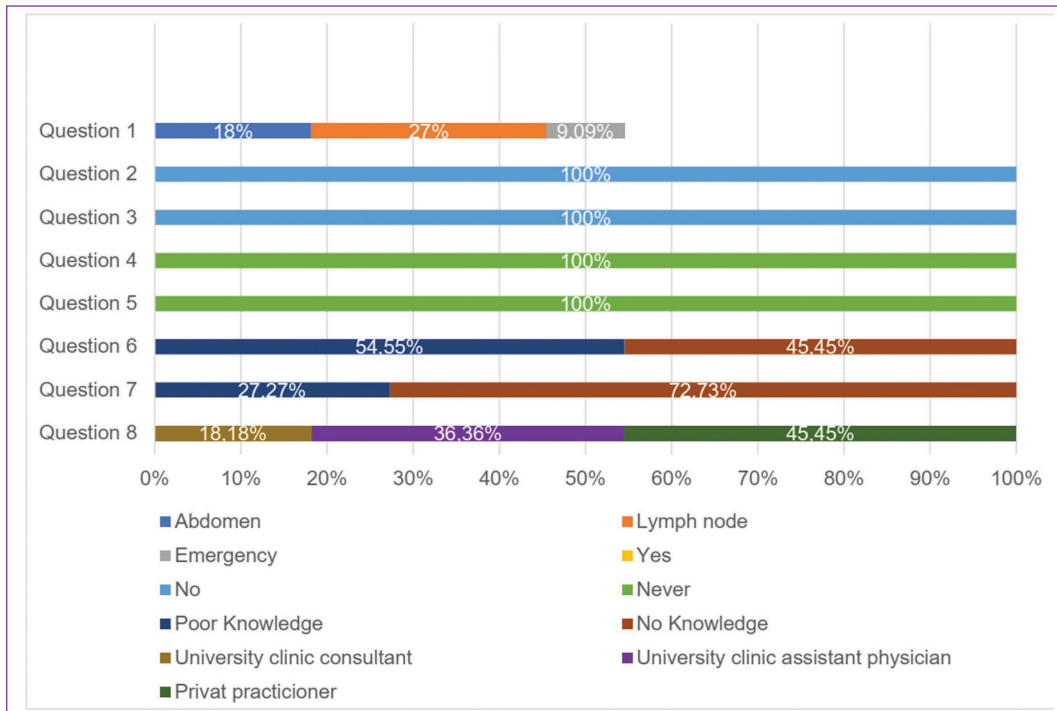
University Hospital Bonn. Of these six, one was a specialist in dermatology and five were assistant physicians. The other six participants were specialists in dermatology, working in private practices in and around Bonn and were members of the PsoNet Bonn/Rhein-Sieg, a network of dermatologists specialized in the treatment of psoriasis. The recruitment was carried out by the department of rheumatology and clinical immunology at the University Hospital Bonn, Germany.

Each study participant was equipped with a Butterfly IQ ultrasound device with an iPad (version 9, display size 10.2” Retina from 2020, Apple, San Cupertino, USA). The ultrasound frequencies range between 1 and 10 MHz in general and 6 to 10 MHz in the musculoskeletal preset. The probe automatically adjusts frequencies according to image depth. This PUM was used in every training session. In addition, to consolidate the newly learned ultrasound skills, participants were also provided with the ultrasound machine during the six months of training to allow further practice between the ultrasound courses (Figure 1a).



**Figure 1** The portable ultrasound machine used in the study and the MUDE ultrasound course module structure. Butterfly IQ ultrasound device with an iPad, display size 10.2”, 2020, Apple, San Cupertino, USA (a, b).

*Abbr.:* MCP, metacarpophalangeal joint; PIP, proximal interphalangeal joint; DIP, distal interphalangeal joint; OSCE, objective structured clinical examination.



**Figure 2** Pre-course survey results. Question 1: Have you ever taken part in a DEGUM-certified ultrasound course? Question 2: Have you been certified by the German Society for Ultrasound in Medicine (DEGUM)? Question 3: Do you have experience in musculoskeletal ultrasound? Question 4: How often have you performed musculoskeletal ultrasound? Question 5: How often have you evaluated ultrasound images of joints? Question 6: How would you rate your own theoretical knowledge of musculoskeletal ultrasound? Question 7: How would you rate your own practical skills in musculoskeletal ultrasound? Question 8: Do you work at the University Hospital Bonn or in a private practice?

### Pre-course survey on ultrasound knowledge

We prepared a survey utilizing the SurveyMonkey® platform to assess the participants' prior knowledge about ultrasonography in general and MSUS in particular. Figure 2 shows the questions and results of the survey.

### Medical education tools

We used Kern's six step approach in the development of the MSUS course curriculum [17]. To determine which topics to include in the MSUS curriculum we relied on the following resources:

- The German Society for Ultrasound in Medicine (Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin, DEGUM) which has an MSUS section. The section defines standard ultrasound planes for each joint.
- The published literature on MSUS skills or algorithms that are crucial for the detection of PsA and other arthritic diseases [18–22].

The MSUS planes identified by the above listed sources were then discussed extensively with board-certified MSUS physicians of the Department of Rheumatology. Clinical members from DEGUM/EFSUMB (European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology) level I–III were heavily involved in the process. Since the learning goals comprised theoretical knowledge as well as practical skills, different educational strategies were blended to cover all areas and aspects. We employed the techniques developed, used, and evaluated by the DEGUM for ultrasound instruction: lectures for the theoretical knowledge and supervised hands-on training for the practical sessions. The units focused on a three-level training curriculum based on the Association for Medical Education in Europe (AMEE) levels: well-founded theoretical knowledge, basic practical skills under guidance, and independent learning of practical skills [23].

### Course development

Based on the DEGUM ultrasound course structure, a three-module training concept was developed (Figure 1b).

The interval between each course was chosen to be two months, resulting in a six-month total duration of this pilot study. To ensure simplicity, we concentrated on the most sensitive ultrasound planes for all joints (Online Supplement 1a–c) regarding the two most important signs of arthritis: joint effusion and synovial hyperperfusion [24, 25] (Table 1).

Each module began with a 60-minute oral presentation of the above-mentioned topics and was prepared and presented by a DEGUM/EFSUMB level III MSUS instructor. Anatomy and landmarks, as well as images of the ultrasound planes, were shown and explained, including possible pathologies in rheumatic and degenerative diseases. Followed by a short 30 min-break, the attendees were given the opportunity to have three hours of hands-on training with an experienced DEGUM/EFSUMB level I–III tutor. For this purpose, the twelve participants were assigned to four groups, each consisting of three dermatologists. For training purposes, we arranged the presence of adult, healthy volunteers for each group.

### Course Assessment

The efficacy of the MSUS course was measured with various tools. At the end of the course, each participant completed an objective structured clinical examination (OSCE) [26, 27]. The participants were tested by independent raters (two EFSUMB/DEGUM level II and one EFSUMB/DEGUM level III). A practical case study combined with a patient case study was used to guide participants through the exam. This OSCE parcours (Online Supplement 2a–4b) assessed basic skills and pattern recognition in MSUS in a broad range of

single tasks. Based on these objectives, task sheets for hands-on procedures, checklists, and scoring instructions were designed. Ten minutes were assigned for each OSCE station, including eight minutes of exam and immediate feedback, and approximately two minutes to walk to the next station.

In each OSCE station, 25 achievable points in the following tasks could be obtained: device handling, knobology, anatomical landmarks, and use of the power-Doppler [28]. This was consistently applied to each OSCE module station. All participants rotated through three OSCE stations, each displaying the content of the three ultrasound course modules. Performance scores were reviewed using the following five-point scoring system: < 60 % (Failed): 5, ≥ 60 – < 70 % (Sufficient): 4, ≥ 70 % – < 80 % (Satisfactory): 3, ≥ 80 % – < 90 % (Good): 2, ≥ 90 % (Very good): 1.

### Statistical analysis

Statistical analysis was performed using Microsoft Excel software, version 2009 and with R statistical software (version i386 4.0.2). For quantitative parameters (for example, age of the participants), the mean standard deviation (SD) and range were determined for each. Significant changes were calculated by using t-test,  $\chi^2$ -test, and ANOVA calculation. *P* values less than 0.05 were considered statistically significant. Furthermore, for each OSCE station, mean values with mean SD and specific confidence interval were calculated.

The study was approved by the Ethics Committee of the University Hospital Bonn, Germany. All participants gave written informed consent before participation in the study.

### Results

The mean age of our cohort, which included nine females (75 %), was 39 years (SD ±10 years). The mean time from attaining medical licensure from the German board of physicians (Ärzttekammer) was 10.7 years (SD 10.4 years). Eight participants had been specialists in dermatology since a mean duration of 11.4 years (SD 11 years). Four were assistant physicians practicing dermatology for a mean of 3.1 years (SD 1.0 years).

The pre-course survey was answered by eleven of the twelve attendees (92 %). All of the respondents stated to have never performed an MSUS examination or even viewed MSUS images. Poor theoretical and practical knowledge has been outlined in the following queries. Six dermatologists reported having taken part in DEGUM ultrasound courses other than MSUS courses in the past. Three participated in courses for high frequency ultrasound such as lymph node ultrasound, two in courses for abdominal ultrasound, and one in a course for emergency ultrasound. None of the participants possessed a DEGUM/EFSUMB certification

**Table 1** Overview of the joints included in the MUDE protocol and the corresponding ultrasound planes.

Joint	Ultrasound plane
MCP, PIP, DIP hand	Dorsal and palmar longitudinal
Wrist	Dorsal longitudinal and palmar transversal
Elbow	Ventral longitudinal humeroradial and dorsal longitudinal
Shoulder	Ventral and dorsal transversal
Hip	Ventral longitudinal
Knee	Suprapatellar longitudinal and medial/lateral longitudinal
Ankle	Ventral longitudinal
MTP, PIP, DIP feet	Dorsal longitudinal

*Abbr.:* MCP, metacarpophalangeal joint; PIP, proximal interphalangeal joint; DIP, distal interphalangeal joint; MTP, metatarsophalangeal joint.

**Table 2** Objective structured clinical examination (OSCE) results for all three stations.

OSCE stations	Mean absolute	Standard deviation	Confidence interval	Mean percentage	Standard deviation	Confidence interval	Grade
1	18.92	± 3.07	16.97–20.87	75.67 %	± 12.27 %	67.87–83.46 %	Satisfactory
2	23.83	± 0.99	23.21–24.46	95.33 %	± 3.94 %	92.83–97.84 %	Very good
3	22.83	± 0.37	22.60–23.07	91.33 %	± 1.49 %	90.39–92.28 %	Very good
Stations 1–3	21.86	± 2.12	16.59–27.13	87.44 %	± 8.49 %	66.36–108.53 %	Good

grade. Detailed graphic presentation of the data can be found below (Figure 2).

### Didactic medical findings that define Kern's six-step approach

In the literature, there is extensive support for the requirements that a musculoskeletal sonographer should meet during ultrasound training [29]. This implies that all trainees should undergo at least a basic level of theoretical and skill-based training in MSUS. This is particularly relevant as ultrasound technology becomes more accessible and integral to the diagnosis of PsA [18]. The required assessments consisted of a three-step approach for the participants. This approach is founded upon the incorporated theoretical teaching. Within it, hands-on-training to identify PsA was the major component.

### OSCE results

All participants were assessed at three different OSCE stations. A total of 25 points could be scored at each OSCE station. The first station focused on finger, hand, and wrist joints (Online Supplement 2a, b). The points achieved at the first station ranged from twelve to 25 points. This station consisted of four major tasks: handling of the probe, knobology, (precise) visualization of the anatomical target region, and application of power Doppler. The mean total score achieved at the first station was 18.92 (75,7 %) points, yielding the grade 3.

At the second OSCE station, which focused on elbow, shoulder, and hip joints (Online Supplement 3a, 3b. 1, 3b. 2), results ranged from 22 to 25 points, yielding a mean of 23.83 points (95.3 %) and a grade of 1. This station included six different major tasks (handling of the probe, knobology, anatomical target regions shoulder, elbow, and hip, and use of power Doppler).

The third OSCE station consisted of four major tasks (Online Supplement 4a, b) (handling of the probe, knobology, anatomical target regions knee joints, ankle joints, and

toe joints, and use of power Doppler). The results from this OSCE station ranged from 22 to 23 points, with a mean of 22.83 points (91.3 %) and the grade 1.

The overall mean score was 21.86 out of 25 (87.4 %), resulting in the grade 2. There was no statistically significant difference between the assistant physicians and the dermatology specialists regarding the OSCE results (Table 2).

### Discussion

This is the first study to investigate the individual and practical learning outcomes of physicians in dermatology in a newly developed MSUS course, the MUDE protocol, using a modern PUM following a course concept designed according to the widely accepted DEGUM guidelines for ultrasound teaching [16].

Musculoskeletal ultrasound has been shown to be more sensitive than physical examination for detection of arthritis [30], though it is less sensitive than fluorescence optical imaging (FOI) [31]. Fluorescence optical imaging is an invasive method that is not widely available, whereas MSUS has no such limitations. Several publications emphasize the importance of early arthritis detection and diagnosis in PsA in order to decrease joint disability and minimize the delay in referral to a rheumatologist [32]. Solmaz et al. [33] showed in a pilot study on 51 patients with psoriasis, of whom 20 were diagnosed with PsA, that MSUS, performed by the rheumatologist, is useful in early detection. However, due to the high frequency of nonspecific pain in psoriasis, it is not possible for every patient with psoriasis and joint complaints to be assessed by a rheumatologist. Different screening tools have been developed for dermatologists to identify patients with a higher risk of PsA. However, the limited specificity of these tools restricts their use in clinical practice [34–36]. To date, there have been no attempts to introduce an MSUS course specifically designed for dermatologists in order to enable screening of patients with musculoskeletal complaints.

The present study focused on the training of dermatologists in the most important MSUS standard sections for every joint, following the MUDE protocol, in order to detect joint

effusion and hyperperfusion of the synovia using a PUM, which, due to its compact design, can easily be transported to the bedside or used in outpatient clinics. The MSUS competency exam contained two components: ultrasound image acquisition and interpretation. Although knowledge of anatomy and pathology as well as the ability to interpret ultrasound images can be tested by a multiple-choice question audit, practical tests of ultrasound examination abilities is the most important method. We therefore used an OSCE format, which has previously been shown, using a comprehensive and reliable OSCE parcours, to be suitable for a broader assessment of the sonographer's competencies [24]. Furthermore, comprehensive checklists have been developed for our MSUS course in order to minimize examiner-dependent deviations [37].

Several studies have shown that a valid MSUS OSCE can be performed using normal anatomy even with blinded experts [38, 39]. These studies have mainly focused on postgraduate training in internal medicine residency programs. To date, no study has examined postgraduate MSUS training for dermatologists. Participants reached an overall grade of 2 (Good), with an overall mean OSCE score of 87.4 %. Our study showed that the MSUS training implemented using the MUDE protocol is suitable for dermatological training. Furthermore, we were able to demonstrate that learning success is independent of the dermatological experience and age of the participant, and requires no prior MSUS knowledge, as revealed by our pre-course survey.

Nevertheless, our study contains several limitations, including the relatively small sample size of twelve dermatologists. This limitation is due to the limited number of PUM devices and the intensive small group lessons during the MSUS course. Additionally, ultrasound examination of the joints was performed under ideal controlled conditions. Furthermore, long-term retention of both functional and theoretical knowledge was not evaluated in the course design [40]. It has previously been shown that longitudinal training of mandatory MSUS knowledge and practice can lead to the acquisition and retention of MSUS skills. Therefore, the present study and training concept must be implemented early to provide residents with a foundation for MSUS skills. These skills can then be developed further and refined in a clinical setting, allowing trainees to build up experience for future practice [41]. We could not assess individual examinees by multiple blinded examiners in order to test for inter-observer reliability in the real course setting. Otherwise, the time required for the OSCEs would have doubled, leading to feasibility issues [42].

## Conclusions

This is the first study to demonstrate the efficacy of an MSUS course developed for dermatologists using a modern PUM. Our pilot study revealed that MSUS training in

dermatological postgraduate programs is feasible and should be considered for inclusion in postgraduate dermatological education.

A clear improvement in both the dermatologists' knowledge and their practical skills in MSUS was observed during the course. Therefore, our MSUS course concept will enhance the interdisciplinary approach to musculoskeletal pain between dermatology and rheumatology, possibly accelerating its diagnosis. Due to the flexibility of application, PUM devices are optimal for ultrasound education programs. Turning the smartphone or tablet into an ultrasound machine is less time consuming and improves patient care for many rheumatological diseases. Further prospective studies will be necessary to investigate the clinical benefit and the detection rate of arthritis diseases here specifically PsA, by dermatologists using MSUS. Our group is in the process of conducting such a prospective study (the PsoSone study), which is currently being evaluated.

## Acknowledgement

Open access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

## Conflict of interest

Financial support was received from Novartis Pharma.

## Correspondence to

Valentin S. Schäfer, MD  
Clinic of Internal Medicine III, Oncology, Hematology,  
Rheumatology and Clinical Immunology  
University Hospital Bonn

Venusberg-Campus 1  
53127 Bonn, Germany

E-mail: valentin.s.schaefer@hotmail.de

## References

- 1 Sahlani L, Thompson L, Vira A, Panchal AR. Bedside ultrasound procedures: musculoskeletal and non-musculoskeletal. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2016; 42(2): 127–38.
- 2 Özçakar L, Kara M, Chang K-V et al. Nineteen reasons why physiatrists should do musculoskeletal ultrasound: EURO-MUSCULUS/USPRM recommendations. *Am J Phys Med Rehabil* 2015; 94: 45–49.
- 3 Huhn CK, Schauer F, Schempp CM et al. Skin inflammation associated with arthritis, synovitis and enthesitis. Part 1: psoriatic arthritis, SAPHO syndrome, Still's disease, Behcet's disease. *J Dtsch Dermatol Ges* 2019; 17(1): 43–64.
- 4 Schempp CM, Schauer F, Huhn CK et al. Skin inflammation associated with arthritis, synovitis and enthesitis. Part 2: rheumatoid arthritis, reactive arthritis, Reiter's syndrome, Lyme borreliosis, dermatomyositis and lupus erythematosus. *J Dtsch Dermatol Ges* 2019; 17(2): 167–81.

- 5 Meier-Schiesser B, French LE. Autoinflammatory syndromes. *J Dtsch Dermatol Ges* 2021; 19(3): 400–26.
- 6 Ritchlin CT, Colbert RA, Gladman DD. Psoriatic Arthritis. *N Engl J Med Overseas Ed* 2017; 376(10): 957–70.
- 7 Sewerin P, Brinks R, Schneider M et al. Prevalence and incidence of psoriasis and psoriatic arthritis. *Ann Rheum Dis* 2019; 78(2): 286–7.
- 8 Stern RS. The epidemiology of joint complaints in patients with psoriasis. *J Rheumatol* 1985; 12(2): 315–20.
- 9 McHugh NJ. Verna Wright Lecture: Psoriatic arthritis: the need for early intervention. *J Rheumatol* 2015; 93: 10–3.
- 10 Haddad A, Chandran V. How can psoriatic arthritis be diagnosed early? *Curr Rheumatol Rep* 2012; 14(4): 358–63.
- 11 Altomare G, Capsoni F. The diagnosis of early psoriatic arthritis. *G Ital Dermatol Venereol* 2013; 148(5): 501–4.
- 12 McHugh NJ. Early Psoriatic Arthritis. *Rheum Dis Clin North Am* 2015; 41(4): 615–22.
- 13 Haroon M, Gallagher P, FitzGerald O. Diagnostic delay of more than 6 months contributes to poor radiographic and functional outcome in psoriatic arthritis. *Ann Rheum Dis* 2015; 74(6): 1045–50.
- 14 Kaeley GS, Eder L, Aydin SZ et al. Dactylitis: A hallmark of psoriatic arthritis. *Semin Arthritis Rheum* 2018; 48(2): 263–73.
- 15 Kane D. The role of ultrasound in the diagnosis and management of psoriatic arthritis. *Curr Rheumatol Rep* 2005; 7(4): 319–24.
- 16 Backhaus M, Burmester G-R, Gerber T et al. Guidelines for musculoskeletal ultrasound in rheumatology. *Ann Rheum Dis* 2001; 60(7): 641–9.
- 17 Kern D, Thomas P, Howard D, Bass E. Curriculum development for medical education: A six-step approach. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1998.
- 18 Gutierrez M, Filippucci E, Salaffi F et al. Differential diagnosis between rheumatoid arthritis and psoriatic arthritis: the value of ultrasound findings at metacarpophalangeal joints level. *Ann Rheum Dis* 2011; 70: 1111–4.
- 19 Gutierrez M, Filippucci E, De Angelis R et al. sonographic spectrum of psoriatic arthritis: “the five targets”. *Clin Rheumatol* 2009; 29(2): 133.
- 20 Filippucci E, Cipolletta E, Mashadi Mirza R et al. Ultrasound imaging in rheumatoid arthritis. *Radiol Med* 2019; 124(11): 1087–1100.
- 21 D’Agostino MA. Ultrasound imaging in spondyloarthropathies. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2010; 24(5): 693–700.
- 22 Grassi W, Salaffi F, Filippucci E. Ultrasound in rheumatology. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2005; 19(3): 467–85.
- 23 Ramani S, Leinster S. AMEE Guide no. 34: teaching in the clinical environment. *Med Teach* 2008; 30(4): 347–64.
- 24 Schmidt WA, Schicke B, Krause A. [Which ultrasound scan is the best to detect glenohumeral joint effusions?]. *Ultraschall Med* 2008; 29 (Suppl 5): 250–5.
- 25 Lee MJ, Chow K. Ultrasound of the Knee. *Semin Musculoskelet Radiol* 2007; 11(02): 137–48.
- 26 Harden RM, Stevenson M, Downie WW et al. Assessment of clinical competence using objective structured clinical examination (OSCE). *Br Med J* 1975; 1: 447–51.
- 27 Hofer M, Kamper L, Sadlo M et al. Evaluation of an OSCE assessment tool for abdominal ultrasound courses. *Ultraschall Med* 2011; 32(02): 184–90.
- 28 Pell G, Fuller R, Homer M, Roberts T. How to measure the quality of the OSCE: A review of metrics – AMEE guide no. 49. *Med Teach* 2010; 32(10): 802–11.
- 29 Konermann W, Gruber G. *Ultraschalldiagnostik der Stütz- und Bewegungsorgane: nach den Richtlinien der DEGUM*. Thieme, 2000.
- 30 Backhaus M, Kamradt T, Sandrock D et al. Arthritis of the finger joints: A comprehensive approach comparing conventional radiography, scintigraphy, ultrasound, and contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Arthritis Rheum* 1999; 42(6): 1232–45.
- 31 Erdmann-Keding M, Ohrndorf S, Werner SG et al. Fluorescence optical imaging for the detection of potential psoriatic arthritis in comparison to musculoskeletal ultrasound. *J Dtsch Dermatol Ges* 2019; 17(9): 913–21.
- 32 Bandinelli F, Denaro V, Prignano F et al. Ultrasonographic wrist and hand abnormalities in early psoriatic arthritis patients: correlation with clinical, dermatological, serological and genetic indices. *Clin Exp Rheumatol* 2015; 33(3): 330–5: 330–5.
- 33 Solmaz D, Bakirci S, Al Onazi A et al. Musculoskeletal ultrasound can improve referrals from dermatology to rheumatology for patients with psoriasis. *Br J Dermatol* 2020; 182(3): 804–6.
- 34 Coates LC, Aslam T, Al Balushi F et al. Comparison of three screening tools to detect psoriatic arthritis in patients with psoriasis (CONTEST study). *Br J Dermatol* 2013; 168(4): 802–7.
- 35 Tinazzi I, Adami S, Zanolin M et al. The early psoriatic arthritis screening questionnaire: A simple and fast method for the identification of arthritis in patients with psoriasis. *Rheumatology (Oxford)* 2012; 51: 2058–63.
- 36 Ibrahim GH, Buch MH, Lawson C et al. Evaluation of an existing screening tool for psoriatic arthritis in people with psoriasis and the development of a new instrument: the Psoriasis Epidemiology Screening Tool (PEST) questionnaire. *Clin Exp Rheumatol* 2009; 27(3): 469–74.
- 37 Hodges B, McNaughton N, Tiberius R. OSCE Checklists Do Not Capture Increasing. *Acad Med* 1999; 74: 1129–34.
- 38 Kissin EY, Grayson PC, Cannella AC et al. Musculoskeletal ultrasound objective structured clinical examination: an assessment of the test. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2014; 66(1): 2–6.
- 39 Gulati G, Alweis R, George D. Musculoskeletal ultrasound in internal medicine residency – a feasibility study. *J Community Hosp Intern Med Perspect* 2015; 5(3): 27481.
- 40 Irwin RW, Smith J, Issenberg SB. Long-term retention of musculoskeletal ultrasound training during residency. *Am J Phys Med Rehabil* 2018; 97(7): 523–30.
- 41 Heinzow HS, Friederichs H, Lenz P et al. Teaching ultrasound in a curricular course according to certified EFSUMB standards during undergraduate medical education: a prospective study. *BMC Med Educ* 2013; 13–84.
- 42 Terkamp C, Kirchner G, Wedemeyer J et al. Simulation of abdomen sonography. evaluation of a new ultrasound simulator. *Ultraschall Med* 2003; 24(04): 239–44.

## 2.2 Publikation B



### Originalarbeit

Eingereicht: 2.2.2021  
Angenommen: 23.7.2021

DOI: 10.1111/ddg.14614\_g  
English online version on Wiley Online Library

## Etablierung und Validierung eines didaktischen muskuloskelettalen Ultraschallkurses für Dermatologen unter Verwendung eines innovativen Hand-Ultraschallsystems – die MUDE-Studie (Muskuloskelettaler Ultraschall für Dermatologen)

### Establishment and validation of a didactic musculoskeletal ultrasound course for dermatologists using an innovative handheld ultrasound system – the MUDE study (Musculoskeleta Ultrasound in Dermatology)

Jakub Grobelski<sup>1\*</sup>, Florian Recker<sup>2\*</sup>, Dagmar Wilsmann-Theis<sup>3</sup>, Wolfgang Hartung<sup>4</sup>, Pantelis Karakostas<sup>1</sup>, Peter Brossart<sup>1</sup>, Valentin Sebastian Schäfer<sup>1</sup>

(1) Medizinische Klinik III, Onkologie, Hämatologie, Rheumatologie und Klinische Immunologie, Universitätsklinikum Bonn

(2) Klinik für Geburtshilfe und Pränatale Medizin, Universitätsklinikum Bonn

(3) Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie, Universitätsklinikum Bonn

(4) Abteilung für Rheumatologie und Klinische Immunologie, Asklepios Klinik, Bad Abbach

\*Die beiden erstgenannten Autoren haben in gleichem Maße zur Publikation beigetragen.

#### Zusammenfassung

**Hintergrund:** Der muskuloskelettale Ultraschall (MSUS) schmerzhafter Gelenke spielt bei der Früherkennung der Arthritis, wie zum Beispiel der Psoriasisarthritis, eine wichtige Rolle. Pathologische Befunde können bei der klinischen Untersuchung übersehen werden, insbesondere wenn sie von Ärzten durchgeführt werden, die nicht in der Durchführung geschult sind. Das Ziel dieser Studie war die Untersuchung eines Pilot-MSUS-Kurses anhand des MUDE-Protokolls, welches speziell für Dermatologen entwickelt wurde.

**Methodik:** Um den Grad der MSUS-Expertise der Teilnehmer zu ermitteln, wurde vor dem Kurs eine Umfrage mittels SurveyMonkey<sup>®</sup> durchgeführt. Das Kurskonzept umfasste nur die wichtigsten Ultraschallschnitte aller Gelenke und konzentrierte sich auf die Erkennung von Gelenkergüssen und Hyperperfusion der Synovia. Der Kurs bestand aus drei Modulen und wurde über sechs Monate durchgeführt. Das tragbare Butterfly IQ<sup>®</sup> System in Kombination mit einem Apple iPad wurde allen Teilnehmern zur Verfügung gestellt, um das Üben zwischen den Kursen zu ermöglichen. Die abschließende Lehrrevaluation wurde als objective structured clinical examination (OSCE) durchgeführt.

**Ergebnisse:** Zwölf Dermatologen nahmen teil. Die Umfrage ergab keine Vorkenntnisse des MSUS. Die Gesamtpunktzahl aller Teilnehmer in der OSCE betrug 21,86 (87,44 %) von insgesamt 25 Punkten, was der Schulnote „gut“ entspricht.

**Schlussfolgerung:** Das innovative Lehrkonzept MUDE eignet sich somit, unabhängig von Vorkenntnissen, in besonderer Weise für die Ausbildung von Dermatologen im MSUS.

## Summary

**Background:** In the early detection of arthritis, such as psoriatic arthritis, musculoskeletal ultrasound (MSUS) of painful joints plays an important role in diagnosis. Pathological findings can be missed during clinical examination, especially if conducted by physicians who are not trained. The objective of this study was to examine a pilot MSUS course designed specifically for dermatologists, the MUDE protocol.

**Methods:** To assess the degree of MSUS expertise of the participants, a questionnaire using SurveyMonkey® was completed before the course. The course concept covered only the most important ultrasound sections of all joints and focused on the detection of joint effusion and hyperperfusion. The course consisted of three modules and was carried out over six months. The portable Butterfly IQ® system in combination with an Apple iPad was provided to enable practice between the courses. The final teaching evaluation was carried out as an objective structured clinical examination (OSCE).

**Results:** Twelve dermatologists participated. The survey revealed no prior knowledge of MSUS. The overall score of all participants in the OSCE was 21.86 (87.44 %) out of a total of 25 points, which corresponded to the school grade good.

**Conclusion:** The innovative MUDE protocol is thus particularly suitable for the training of dermatologists in MSUS, irrespective of prior knowledge.

## Einleitung

Der Point-of-Care-Ultraschall hat sich in zahlreichen Bereichen der Medizin bewährt und in der Diagnostik vieler Erkrankungen etabliert [1]. Seine Vorteile und weite Verbreitung wird auf die Strahlungsfreiheit, Mobilität, dynamische Untersuchung und die geringen Kosten zurückgeführt [2]. Zahlreiche Erkrankungen überschneiden sich zwischen Dermatologie und Rheumatologie, wobei viele zu einer Arthritis führen können [3–5]. Eine der häufigsten Formen ist die Psoriasisarthritis (PsA), die bei etwa 30 % der Psoriasispatienten [6] mit Prävalenzraten von 1,8–2,1 beziehungsweise 2,1–2,5 pro 100 000 Personen [7] auftritt. Unspezifische muskuloskelettale Beschwerden treten sogar bei etwa 50 % der Psoriasis Patienten auf [8]. In mehreren Publikationen wird die Bedeutung einer frühzeitigen Erkennung und Diagnose der PsA und anderer Arthritis-Erkrankungen hervorgehoben, um Gelenkschäden zu verringern und die Überweisungsrate an Rheumatologen zu reduzieren [9–12]. Dieser Prozess kann Monate oder sogar Jahre dauern und setzt die Patienten dem Risiko aus, irreversible Gelenkschäden zu entwickeln [13].

Der muskuloskelettale Ultraschall (MSUS) kann die typischen Merkmale der PsA und anderer Arthritis Erkrankungen schnell und präzise erkennen [14]. Er ist ein häufig genutztes Instrument der erweiterten rheumatologischen Untersuchung und eine der wichtigsten Grundlagen in der Diagnostik entzündlicher Gelenkerkrankungen, insbesondere der PsA. Mit Hilfe des MSUS können die Ärzte oft sofort zwischen entzündlichen und degenerativen Pathologien, die viel häufiger vorkommen, unterscheiden. Große Fortschritte in der Technik sowie geringe Kosten von MSUS-Systemen ermöglichen Ärzten heute einen breiten Zugang zu Geräten, die

hochauflösende Bilder liefern [15]. Tragbare Ultraschallgeräte (PUM) wie das Butterfly IQ System®, die mit einem Tablet oder Smartphone als Monitor ausgestattet sind, erleichtern den Einsatz des Ultraschalls in allen medizinischen Bereichen und ermöglichen die Diagnose am Krankenbett.

Ziel dieser Proof-of-Concept-Studie war die Etablierung und Evaluation eines modularen, speziell für Dermatologen entwickelten MSUS-Kurses (das muskuloskelettale Ultraschallprotokoll für Dermatologen – MUDE-Protokoll) unter Verwendung eines modernen hochauflösenden PUM, um die Früherkennung der PsA und anderer Arthritis Erkrankungen zu verbessern. Es ist der weltweit erste Versuch, einen speziell für Dermatologen entwickelten MSUS-Kurs durchzuführen, der nach den weithin akzeptierten DEGUM (Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin)-Richtlinien für die Ultraschalllehre konzipiert wurde [16].

## Materialien und Methodik

## Teilnehmer und Geräte

Die Studie wurde vom 31. März 2020 bis 30. September 2020 durchgeführt. Zwölf Dermatologen nahmen an der Studie teil, sechs Mitarbeiter der Klinik für Dermatologie am Universitätsklinikum Bonn, darunter eine Fachärztin für Dermatologie und fünf Assistenzärztinnen. Die weiteren sechs Teilnehmer waren niedergelassene Fachärzte für Dermatologie in und um Bonn. Alle niedergelassenen Dermatologen waren Mitglieder des PsoNet Bonn/Rhein-Sieg, einem dermatologischen Netzwerk, das auf die Behandlung von Psoriasis spezialisiert ist. Die Rekrutierung erfolgte durch die Rheumatologie und klinische Immunologie des Universitätsklinikums Bonn.



Jeder Studienteilnehmer wurde mit einem Butterfly IQ-Ultraschallgerät und einem iPad (Version 9, Displaygröße 10,2" Retina ab 2020, Apple, San Cupertino, USA) ausgestattet. Die Ultraschallfrequenzen dieses Schallkopfes liegen zwischen 1 und 10 MHz im Allgemeinen und 6 bis 10 MHz im muskuloskelettalen Preset. Die Sonde passt die Frequenzen automatisch, je nach Bildtiefe, an. Dieser PUM wurde in jedem Training verwendet. Um die neu erlernten Ultraschallfähigkeiten zu festigen, wurde den Teilnehmern während der sechsmonatigen Ausbildung zusätzlich das Ultraschallgerät zur Verfügung gestellt, um das Üben zwischen den Ultraschallkursen zu ermöglichen (Abbildung 1a).

### Umfrage zu Ultraschall Vorkenntnissen

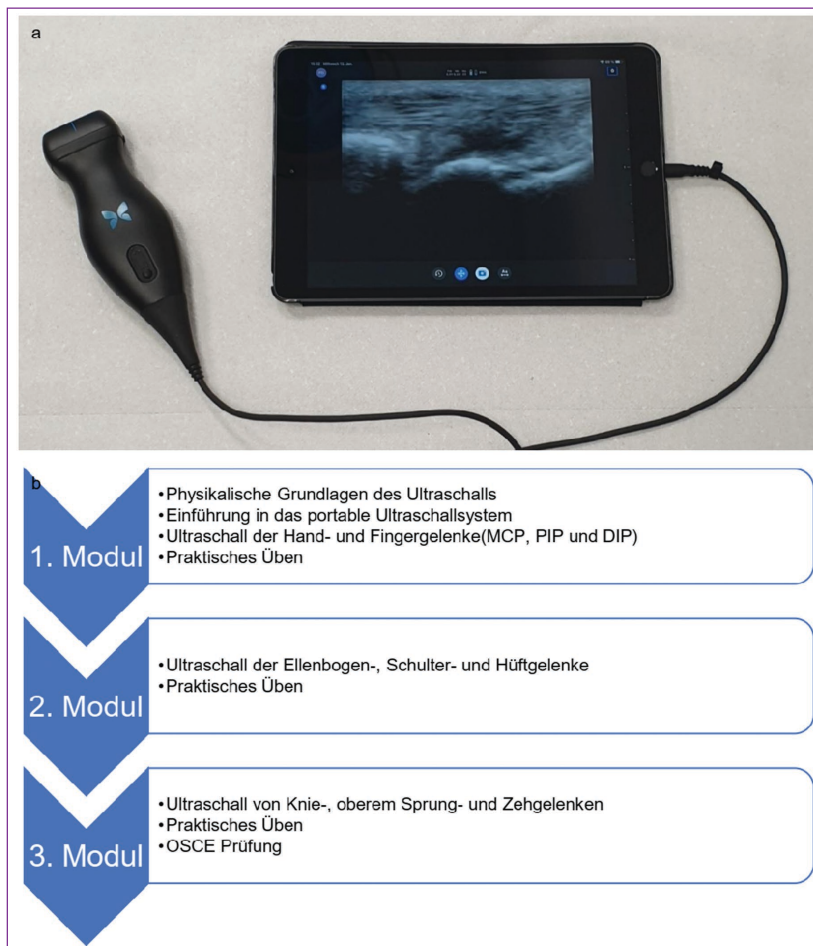
Um die Vorkenntnisse zum Ultraschall im Allgemeinen und zum MSUS abzufragen, erstellten wir eine Umfrage mit der Plattform SurveyMonkey®. Abbildung 2 zeigt die Fragen und Ergebnisse dieser Umfrage.

### Medizinische Ausbildungsinstrumente

Bei der Entwicklung des MSUS-Curriculums verwendeten wir den sechsstufigen Ansatz von Kern [17]. Um zu bestimmen, welche Themen in das MSUS-Curriculum aufgenommen werden sollten, stützten wir uns auf die folgenden Ressourcen:

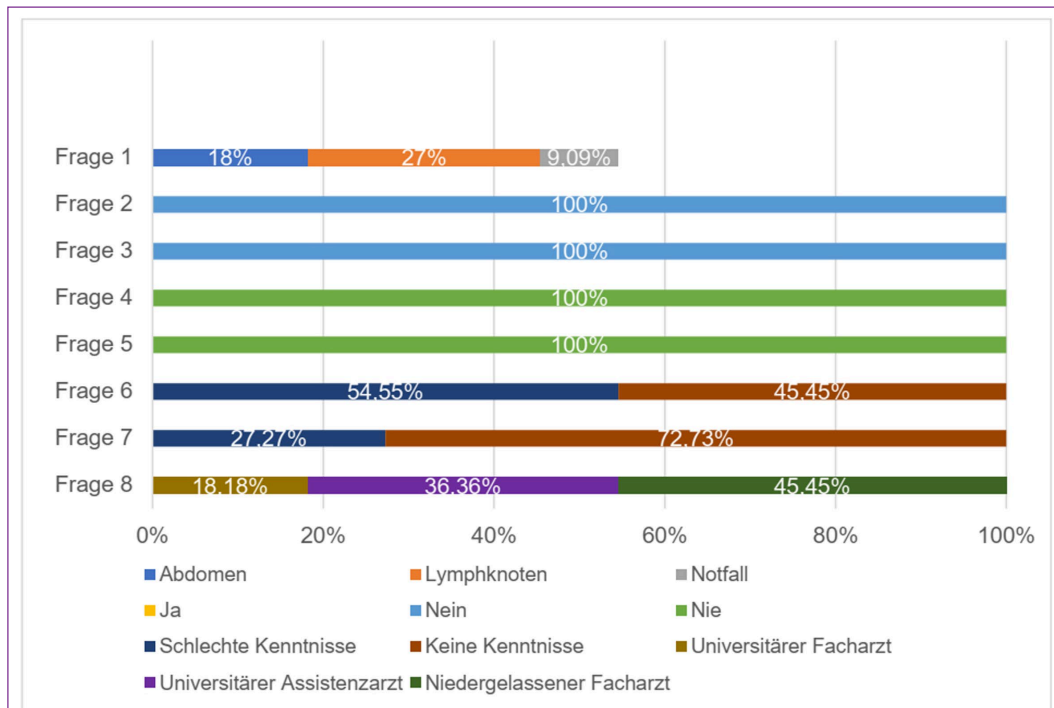
- die Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM), die über eine MSUS-Sektion verfügt. Die Sektion definiert Standard-Ultraschall-Ebenen für jedes Gelenk.
- die veröffentlichte Literatur über MSUS-Fähigkeiten und Algorithmen, die für die Erkennung von PsA und anderer Arthritis-Erkrankungen entscheidend sind [18–22].

Die aus den oben genannten Quellen identifizierten MSUS-Ebenen wurden anschließend ausführlich mit zertifizierten MSUS-Spezialisten diskutiert. Mitglieder der DEGUM/EFSUMB (European Federation of Societies for



**Abbildung 1** Das in der Studie verwendete tragbare Ultraschallgerät und der Aufbau des MUDE-Ultraschallkurses. Butterfly IQ-Ultraschallgerät mit einem iPad, Displaygröße 10,2", 2020, Apple, San Cupertino, USA (a, b).

Abk.: MCP, Metacarpophalangealgelenk; PIP, proximales Interphalangealgelenk; DIP, distales Interphalangealgelenk; OSCE, objektiv strukturierte klinische Untersuchung.



**Abbildung 2** Ergebnisse der Umfrage. Frage 1: Haben Sie jemals an einem DEGUM-Ultraschall-Kurs teilgenommen? Frage 2: Haben Sie eine Zertifizierung durch die Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) erhalten? Frage 3: Haben Sie Erfahrung im muskuloskelettalen Ultraschall? Frage 4: Wie oft haben Sie muskuloskelettalen Ultraschall durchgeführt? Frage 5: Wie oft haben Sie Ultraschallbilder von Gelenken beurteilt? Frage 6: Wie würden Sie Ihre eigenen theoretischen Kenntnisse im muskuloskelettalen Ultraschall einschätzen? Frage 7: Wie würden Sie Ihre eigenen praktischen Fähigkeiten im muskuloskelettalen Ultraschall einschätzen? Frage 8: Sind Sie am Universitätsklinikum Bonn oder in einer Privatpraxis tätig?

Ultrasound in Medicine and Biology) mit Grad I–III waren in den Prozess eingebunden. Da die Lernziele sowohl theoretisches Wissen als auch praktische Fertigkeiten umfassten, wurden verschiedene Ausbildungsstrategien kombiniert, um alle Bereiche und Aspekte abzudecken. Wir setzten die von der DEGUM entwickelten, verwendeten und evaluierten Techniken für die Ultraschallausbildung ein: Vorträge zur Unterstützung des theoretischen Wissens und Tutor-geleitete Übungen zur Erarbeitung der praktischen Einheiten/Handhabung/Fertigkeiten. Die Einheiten basierten auf einem dreistufigen Ausbildungscurriculum, das sich an den Stufen der *Association for Medical Education in Europe* (AMEE) orientiert: fundiertes theoretisches Wissen, grundlegende praktische Fertigkeiten unter Anleitung und selbständiges Erlernen der praktischen Fertigkeiten [23].

### Kursentwicklung

Auf der Grundlage der DEGUM-Ultraschallkursstruktur wurde ein Schulungskonzept mit insgesamt drei Modulen entwickelt (Abbildung 1b). Der Abstand zwischen den

einzelnen Kursen wurde mit je zwei Monaten gewählt, so dass sich eine Gesamtdauer von sechs Monaten für diese Pilotstudie ergab. Zur Vereinfachung konzentrierten wir uns auf die wichtigsten Ultraschallebenen aller Gelenke (Online-Supplement 1a–c) im Hinblick auf die zwei wichtigsten Zeichen der Arthritis: Gelenkerguss und synoviale Hyperperfusion [24, 25] (Tabelle 1).

Jedes Modul begann mit einem 60-minütigen Vortrag der oben genannten Themen und wurde von einem DEGUM/EFSUMB-Grad-III-MSUS-Kursleiter vorbereitet und präsentiert. Anatomie und Landmarken sowie Bilder der durchzuführenden Ultraschallebenen, einschließlich möglicher Pathologien bei rheumatologischen und degenerativen Erkrankungen, wurden gezeigt und erklärt. Nach einer kurzen 30-minütigen Pause hatten die Teilnehmer die Möglichkeit zu einem dreistündigen Hands-on-Training mit erfahrenen DEGUM/EFSUMB-Grad-I–III-Tutoren. Zu diesem Zweck wurden die zwölf Teilnehmer in vier Gruppen à drei Dermatologen eingeteilt. Zu Schulungszwecken wurde für jede Gruppe die Anwesenheit erwachsener gesunder Probanden gewährleistet.

**Tabelle 1** Übersicht der im MUDE-Protokoll enthaltenen Gelenke mit den dazugehörigen Ultraschallschnittebenen.

Gelenk	Ultraschallschnittebene
MCP, PIP, DIP der Hand	Dorsal und palmar longitudinal
Handgelenk	Dorsaler radiocarpaler Longitudinalschnitt und palmarer Transversalschnitt
Ellenbogengelenk	Ventraler longitudinaler humeroradialer Schnitt und dorsaler Longitudinalschnitt
Schultergelenk	Ventraler Transversalschnitt und dorsaler Transversalschnitt
Hüftgelenk	Ventraler Longitudinalschnitt
Kniegelenk	Suprapatellarer Longitudinalschnitt und medialer sowie lateraler Longitudinalschnitt
Oberes Sprunggelenk	Ventraler Longitudinalschnitt
MTP, PIP, DIP der Füße	Dorsaler Longitudinalschnitt

Abk.: MCP, Metacarpophalangealgelenk; PIP, proximales Interphalangealgelenk; DIP, distales Interphalangealgelenk; MTP, Metatarsophalangealgelenk.

### Bewertung des Kurses

Die Wirksamkeit des MSUS-Kurses wurde mit verschiedenen Instrumenten gemessen. Am Ende des Kurses absolvierte jeder Teilnehmer eine OSCE(-Prüfung) [26, 27]. Die Teilnehmer wurden von unabhängigen Prüfern (zwei EFSUMB/DEGUM Level II und ein EFSUMB/DEGUM Level III) geprüft. Eine Praxis- als auch Patientenfallstudie wurde verwendet, um die Teilnehmer durch die Prüfung zu führen. Dieser OSCE-Par-kour (Online-Supplement 2a–4b) bewertete die Grundfertigkeiten und die Erkennung von spezifischen Mustern im MSUS durch ein breites Spektrum von Einzelaufgaben. Basierend auf diesen Zielen wurden Aufgabenblätter für die praktischen Abläufe, Kontrolllisten und Bewertungsanweisungen entworfen. Für jede OSCE-Station wurden zehn Minuten angesetzt, davon acht Minuten Prüfung mit sofortigem Feedback und circa zwei Minuten für den Stationswechsel.

An jeder OSCE-Station konnten 25 Punkte in den folgenden Aufgaben erreicht werden: Gerätehandhabung, Knobologie, anatomische Landmarken und Verwendung des Power-Dopplers [28]. Dies wurde konsequent auf jede OSCE-Modulstation angewendet. Alle Teilnehmer durchliefen im Rotationsverfahren drei OSCE-Stationen, die jeweils den Inhalt der drei Ultraschall-Kursmodule abbildeten. Die Leistungsbewertung wurde nach dem folgenden fünfstufigen Punktesystem überprüft: < 60 % nicht bestanden – 5, ≥ 60

– < 70 % ausreichend – 4, ≥ 70 – < 80 % befriedigend – 3, ≥ 80 – < 90 % gut – 2, ≥ 90 % sehr gut – 1.

### Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software Microsoft Excel, Version 2009 und mit der Statistiksoftware R (Version i386 4.0.2). Für quantitative Parameter wurden jeweils die mittlere Standardabweichung (SD) und das Streuungsmaß ermittelt. Signifikante Veränderungen wurden mit Hilfe von t-Test,  $\chi^2$ -Test und ANOVA-Kalkulation berechnet. P-Werte kleiner als 0,05 wurden als statistisch signifikant gewertet. Weiterhin wurden für jede OSCE-Station Mittelwerte mit mittlerer SD und spezifischem Konfidenzintervall berechnet.

Die Studie wurde von der Ethikkommission des Universitätsklinikums Bonn genehmigt. Alle Teilnehmer gaben vor der Teilnahme an der Studie eine schriftliche Einverständniserklärung ab.

### Ergebnisse

Das mittlere Alter unserer Kohorte betrug 39 Jahre (SD ± 10 Jahre), darunter befanden sich neun Frauen (75 %). Die mittlere Zeit ab Erlangung der Approbation betrug 10,7 Jahre (SD ± 10,4 Jahre). Acht waren Fachärzte für Dermatologie seit durchschnittlich 11,4 Jahren (SD ± 11 Jahre). Vier waren Assistenzärzte in der Dermatologie seit durchschnittlich 3,1 Jahren (SD ± 1,0 Jahre).

Die Umfrage vor dem Kurs wurde von elf der zwölf Teilnehmer (92 %) beantwortet. Alle Befragten gaben an, noch nie eine MSUS-Untersuchung durchgeführt oder gar MSUS-Bilder gesehen zu haben. Unzureichende theoretische und praktische Kenntnisse wurden in den folgenden Themen dargelegt. Sechs Dermatologen gaben an, in der Vergangenheit an anderen DEGUM-Ultraschallkursen außer MSUS-Kursen teilgenommen zu haben. Drei nahmen an Kursen für Hochfrequenz-Ultraschall wie Lymphknoten-Ultraschall, zwei an Kursen für abdominellen Ultraschall und einer an einem Kurs für Notfall-Ultraschall teil. Keiner der Teilnehmer besaß einen DEGUM/EFSUMB-Grad. Eine detaillierte grafische Darstellung der Daten finden Sie in Abbildung 2.

### Medizinisch-didaktische Erkenntnisse, die den Sechs-Schritte-Ansatz von Kern definieren

In der Literatur finden sich umfangreiche Belege für Anforderungen, die ein muskuloskelettaler Sonograph während der Ultraschallausbildung erwerben sollte [29]. Dies impliziert, dass alle Ärzte zumindest ein grundlegendes Niveau an theoretischer und handlungsorientierter Ausbildung im MSUS durchlaufen sollten. Dies ist besonders relevant, da die Ultraschalltechnologie, bei zunehmender Zugänglichkeit,

ein integraler Bestandteil der PsA-Diagnostik wird/ist [18]. Die erforderlichen Beurteilungen bestanden für die Teilnehmer aus einem dreistufigen Ansatz. Dieser Ansatz beinhaltete den theoretischen Unterricht als grundlegende Basis. Dabei bildete das praktische Training zur Identifizierung der PsA die Hauptkomponente.

### OSCE-Ergebnisse

Alle Teilnehmer wurden an drei verschiedenen OSCE-Stationen bewertet. In jeder OSCE-Station konnten insgesamt 25 Punkte erreicht werden. Die erste Station konzentrierte sich auf Finger- und Handgelenke (Online-Supplement 2a, b). Die an der ersten Station erzielten Punkte reichten von zwölf bis 25 Punkten. Diese Station bestand aus vier Hauptaufgaben: Handhabung der Sonde, Knobologie, (präzise) Darstellung der anatomischen Zielregion und Anwendung des Power-Dopplers. Die durchschnittliche Gesamtpunktzahl, die in der ersten Station erreicht wurde, betrug 18,92 (75,7 %) Punkte, resultierend in der Note 3.

Die zweite OSCE-Station, die sich auf Ellenbogen-, Schulter- und Hüftgelenke konzentrierte (Online-Supplement 3a, b.1, b.2), ergab eine Ergebnisbreite von 22 bis 25 erreichten Punkten mit einem Mittelwert von 23,83 Punkten (95,3 %) und damit der Note 1. Diese Station umfasste sechs verschiedene Hauptaufgaben (Handhabung der Sonde, Knobologie, präzise Darstellung der anatomischen Zielregion Schulter, Ellenbogen und Hüfte sowie die Anwendung des Power-Dopplers).

Die dritte OSCE-Station bestand aus vier Hauptaufgaben (Online-Supplement 4a, b) (Handhabung der Sonde, Knobologie, präzise Darstellung der anatomischen Zielregion Kniegelenke, Sprunggelenke und Zehengelenke sowie den Einsatz des Power-Dopplers). Die Ergebnisse dieser OSCE-Station lagen zwischen 22 und 23 Punkten mit einem Mittelwert von 22,83 Punkten (91,3 %) und der Note 1.

Der Gesamtmittelwert der erreichten Punkte lag bei 21,86 (87,4 %) von 25 Punkten und resultierte in der Note 2. Es gab keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Assistenzärzten und den Fachärzten für Dermatologie hinsichtlich der OSCE-Ergebnisse (Tabelle 2).

### Diskussion

Dies ist die erste Studie, die den individuellen und praktischen Lernerfolg von Dermatologen in einem neu entwickelten MSUS-Kurs, dem MUDE-Protokoll, unter Verwendung eines modernen PUMs nach einem Kurskonzept untersucht, das gemäß den weithin akzeptierten DEGUM-Richtlinien für die Ultraschalllehre entworfen wurde [16].

Der muskuloskelettale Ultraschall ist nachweislich empfindlicher als die körperliche Untersuchung zum Nachweis von Arthritiden [30], jedoch weniger empfindlich als die invasive fluoreszenzoptische Bildgebung (FOI) [31]. Die invasive fluoreszenzoptische Bildgebung ist eine Methode, die nicht überall verfügbar ist, während MSUS keine derartigen Einschränkungen aufweist. Mehrere Publikationen betonen die Wichtigkeit der frühzeitigen Arthritisdiagnose bei PsA und anderen Arthritiden, um die Gelenkdestruktionen zu verringern und die Verzögerung der Überweisung an einen Rheumatologen zu minimieren [32]. Solmaz et al. [33] zeigten in einer Pilotstudie an 51 Patienten mit Psoriasis, von denen 20 mit einer PsA diagnostiziert wurden, dass der MSUS, der von Rheumatologen durchgeführt wird, für die Früherkennung essenziell ist. Aufgrund der hohen Prävalenz von unspezifischen Schmerzen bei Psoriasis ist es nicht möglich, dass jeder Patient mit Psoriasis und Arthralgien zeitnah von einem Rheumatologen untersucht wird. Es wurden verschiedene Screening-Instrumente für Dermatologen entwickelt, um Patienten mit einem höheren Risiko für eine PsA zu identifizieren. Die begrenzte Spezifität dieser Instrumente schränkt jedoch ihre Anwendung in der klinischen Praxis ein [34–36]. Bislang gab es keine Versuche, einen MSUS-Kurs speziell für Dermatologen einzuführen, um ein Screening von Patienten mit muskuloskelettalen Beschwerden zu ermöglichen.

Die vorliegende Studie konzentrierte sich auf die Schulung von Dermatologen in den wichtigsten MSUS-Standardsektoren für jedes Gelenk. Das Ziel war, in Anlehnung an das DEGUM-Kurskonzept, Gelenkergüsse und Hyperperfusion der Synovia mit einem PUM zu erkennen, welcher aufgrund seiner kompakten Bauweise leicht zum Krankentisch transportiert oder in Ambulanzen eingesetzt werden

**Tabelle 2** Ergebnisse aller drei Stationen der objektiv strukturierten klinischen Untersuchung (OSCE).

OSCE-Station	Mittelwert absolut	Standardabweichung	Konfidenzintervall	Mittelwert prozentual	Standardabweichung	Konfidenzintervall	Note
	18,92	± 3,07	16,97–20,87	75,67 %	± 12,27 %	67,87–83,46 %	Befriedigend
	23,83	± 0,99	23,21–24,46	95,33 %	± 3,94 %	92,83–97,84 %	Sehr gut
	22,83	± 0,37	22,60–23,07	91,33 %	± 1,49 %	90,39–92,28 %	Sehr gut
Station 1–3	21,86	± 2,12	16,59–27,13	87,44 %	± 8,49 %	66,36–108,53 %	Gut

kann. Die Prüfung der MSUS-Kompetenz beinhaltet zwei Komponenten: Ultraschallbildakquisition und Interpretation. Obwohl das Wissen über Anatomie und Pathologie sowie die Fähigkeit, Ultraschallbilder zu interpretieren, durch eine Multiple-Choice-Prüfung getestet werden kann, ist die praktische Prüfung der Ultraschalluntersuchungsfähigkeiten die wichtigste Methode. Daher haben wir das OSCE-Format verwendet, bei dem sich bereits gezeigt hat, dass ein umfassender und zuverlässiger OSCE-Parkour für eine breitere Beurteilung der praktischen Kompetenzen des Sonographers geeignet ist [24]. Außerdem wurden für unseren MSUS-Kurs umfassende Kontrolllisten entwickelt, um Prüfer-abhängige Abweichungen zu minimieren [37].

Mehrere Studien haben gezeigt, dass eine valide MSUS-OSCE unter Verwendung der normalen Anatomie auch mit verblindeten Experten durchgeführt werden kann [38, 39]. Diese Studien konzentrierten sich hauptsächlich auf die Ausbildung in internistischen Facharztprogrammen. Bislang wurde keine Studie durchgeführt, in der die MSUS-Ausbildung für Dermatologen untersucht wurde. Die Teilnehmer erreichten eine Gesamtnote von 2 mit einem mittleren OSCE-Gesamtergebnis von 87,4 %. Unsere Studie zeigte, dass das MUDE-Protokoll für die dermatologische Ausbildung im MSUS geeignet ist. Darüber hinaus konnten wir nachweisen, dass der Lernerfolg unabhängig von der dermatologischen Erfahrung und dem Alter der Teilnehmer ist. MSUS-Vorkenntnisse sind dabei nicht erforderlich, wie unsere Umfrage vor dem Kurs ergab.

Dennoch enthält unsere Studie einige Einschränkungen, darunter die relativ kleine Stichprobengröße von zwölf Dermatologen. Diese Einschränkung ist auf die begrenzte Anzahl von PUM-Geräten und den intensiven Unterricht in kleinen Gruppen während des MSUS-Kurses zurückzuführen. Auch wurde die Ultraschalluntersuchung der Gelenke unter ideal kontrollierten Bedingungen durchgeführt. Darüber hinaus wurde das prozedurale Langzeitgedächtnis im Hinblick auf das funktionelle als auch das theoretische Wissen im Kursdesign nicht evaluiert [40]. Zuvor wurde gezeigt, dass ein longitudinales Training von obligatorischem MSUS-Wissen und -Übung zum Erwerb und zur Beibehaltung von MSUS-Fähigkeiten führen kann. Daher muss das vorliegende Studien- und Schulungskonzept frühzeitig umgesetzt werden, um den Assistenzärzten eine Grundlage für MSUS-Fähigkeiten zu bieten. Sie können diese Fertigkeiten dann in der klinischen Umgebung weiterentwickeln und verfeinern, um Erfahrungen für die zukünftige Praxis zu erlangen [41]. Wir konnten die einzelnen Prüflinge nicht durch mehrere verblindete Prüfer beurteilen, um die Inter-rater-Reliabilität in der realen Kursumgebung zu testen. Andernfalls hätte sich der Zeitaufwand für die OSCE verdoppelt, was zu Problemen bei der Durchführbarkeit geführt hätte [42].

## Schlussfolgerungen

Dies ist die erste Studie, welche die Wirksamkeit eines speziell für Dermatologen entwickelten MSUS-Kurses unter Verwendung eines modernen PUMs beweist. Unsere Pilotstudie zeigt, dass die MSUS-Schulung für die dermatologische Postgraduierenausbildung durchführbar ist und für die Aufnahme in die postgraduale dermatologische Ausbildung in Betracht gezogen werden sollte.

Sowohl das Wissen der Dermatologen als auch ihre praktischen Fähigkeiten im MSUS verbesserten sich während des Kurses relevant. Daher wird unser MSUS-Kurskonzept die interdisziplinäre Herangehensweise an muskuloskeletale Schmerzen zwischen Dermatologie und Rheumatologie verbessern und möglicherweise deren Detektion beschleunigen. Die PUM-Geräte sind aufgrund ihrer flexiblen Einsatzmöglichkeiten optimal für Ultraschall-Ausbildungsprogramme geeignet. Die Verwendung des Smartphones oder Tablets als Ultraschallgerät ist weniger zeitaufwändig und verbessert die Patientenversorgung bei vielen rheumatologischen Erkrankungen. Weitere prospektive Studien sind notwendig, um den klinischen Nutzen und die Erkennungsrate von Arthritiden, hier im Besonderen der PsA, durch Dermatologen mittels MSUS zu untersuchen. Unsere Arbeitsgruppe führt aktuell eine solche prospektive Studie durch (die PsoSone-Studie), die sich aktuell in Auswertung befindet.

## Danksagung

Open Access Veröffentlichung ermöglicht und organisiert durch Projekt DEAL.

### Interessenkonflikt

Finanzielle Unterstützung wurde von Novartis Pharma erhalten.

### Korrespondenzanschrift

Priv.-Doz. Dr. med. Valentin S. Schäfer  
Medizinische Klinik und Poliklinik III, Onkologie, Hämatologie, Rheumatologie und klinische Immunologie  
Universitätsklinikum Bonn

Venusberg-Campus 1  
53127 Bonn

E-Mail: valentin.s.schaefer@hotmail.de

### Literatur

- 1 Sahlani L, Thompson L, Vira A, Panchal AR. Bedside ultrasound procedures: musculoskeletal and non-musculoskeletal. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2016; 42(2): 127–38.
- 2 Özçakar L, Kara M, Chang K-V et al. Nineteen reasons why physiatrists should do musculoskeletal ultrasound: EURO-MUSCULUS/USPRM recommendations. *Am J Phys Med Rehabil* 2015; 94: 45–49

- 3 Huhn CK, Schauer F, Schempp CM et al. Skin inflammation associated with arthritis, synovitis and enthesitis. Part 1: psoriatic arthritis, SAPHO syndrome, Still's disease, Behcet's disease. *J Dtsch Dermatol Ges* 2019; 17(1): 43–64.
- 4 Schempp CM, Schauer F, Huhn CK et al. Skin inflammation associated with arthritis, synovitis and enthesitis. Part 2: rheumatoid arthritis, reactive arthritis, Reiter's syndrome, Lyme borreliosis, dermatomyositis and lupus erythematosus. *J Dtsch Dermatol Ges* 2019; 17(2): 167–81.
- 5 Meier-Schiesser B, French LE. Autoinflammatory syndromes. *J Dtsch Dermatol Ges* 2021; 19(3): 400–26.
- 6 Ritchlin CT, Colbert RA, Gladman DD. Psoriatic Arthritis. *N Engl J Med Overseas Ed* 2017; 376(10): 957–70.
- 7 Sewerin P, Brinks R, Schneider M et al. Prevalence and incidence of psoriasis and psoriatic arthritis. *Ann Rheum Dis* 2019; 78(2): 286–7.
- 8 Stern RS. The epidemiology of joint complaints in patients with psoriasis. *J Rheumatol* 1985; 12(2): 315–20.
- 9 McHugh NJ. Verna Wright Lecture: Psoriatic arthritis: the need for early intervention. *J Rheumatol* 2015; 93: 10–3.
- 10 Haddad A, Chandran V. How can psoriatic arthritis be diagnosed early? *Curr Rheumatol Rep* 2012; 14(4): 358–63.
- 11 Altomare G, Capsoni F. The diagnosis of early psoriatic arthritis. *G Ital Dermatol Venereol* 2013; 148(5): 501–4.
- 12 McHugh NJ. Early Psoriatic Arthritis. *Rheum Dis Clin North Am* 2015; 41(4): 615–22.
- 13 Haroon M, Gallagher P, FitzGerald O. Diagnostic delay of more than 6 months contributes to poor radiographic and functional outcome in psoriatic arthritis. *Ann Rheum Dis* 2015; 74(6): 1045–50.
- 14 Kaeley GS, Eder L, Aydin SZ et al. Dactylitis: A hallmark of psoriatic arthritis. *Semin Arthritis Rheum* 2018; 48(2): 263–73.
- 15 Kane D. The role of ultrasound in the diagnosis and management of psoriatic arthritis. *Curr Rheumatol Rep* 2005; 7(4): 319–24.
- 16 Backhaus M, Burmester G-R, Gerber T et al. Guidelines for musculoskeletal ultrasound in rheumatology. *Ann Rheum Dis* 2001; 60(7): 641–9.
- 17 Kern D, Thomas P, Howard D, Bass E. Curriculum development for medical education: A six-step approach. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1998.
- 18 Gutierrez M, Filippucci E, Salaffi F et al. Differential diagnosis between rheumatoid arthritis and psoriatic arthritis: the value of ultrasound findings at metacarpophalangeal joints level. *Ann Rheum Dis* 2011; 70: 1111–4.
- 19 Gutierrez M, Filippucci E, De Angelis R et al. sonographic spectrum of psoriatic arthritis: "the five targets". *Clin Rheumatol* 2009; 29(2): 133.
- 20 Filippucci E, Cipolletta E, Mashadi Mirza R et al. Ultrasound imaging in rheumatoid arthritis. *Radiol Med* 2019; 124(11): 1087–1100.
- 21 D'Agostino MA. Ultrasound imaging in spondyloarthropathies. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2010; 24(5): 693–700.
- 22 Grassi W, Salaffi F, Filippucci E. Ultrasound in rheumatology. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2005; 19(3): 467–85.
- 23 Ramani S, Leinster S. AMEE Guide no. 34: teaching in the clinical environment. *Med Teach* 2008; 30(4): 347–64.
- 24 Schmidt WA, Schicke B, Krause A. [Which ultrasound scan is the best to detect glenohumeral joint effusions?]. *Ultraschall Med* 2008; 29 (Suppl 5): 250–5.
- 25 Lee MJ, Chow K. Ultrasound of the Knee. *Semin Musculoskelet Radiol* 2007; 11(02): 137–48.
- 26 Harden RM, Stevenson M, Downie WW et al. Assessment of clinical competence using objective structured clinical examination (OSCE). *Br Med J* 1975; 1: 447–51.
- 27 Hofer M, Kamper L, Sadlo M et al. Evaluation of an OSCE assessment tool for abdominal ultrasound courses. *Ultraschall Med* 2011; 32(02): 184–90.
- 28 Pell G, Fuller R, Homer M, Roberts T. How to measure the quality of the OSCE: A review of metrics – AMEE guide no. 49. *Med Teach* 2010; 32(10): 802–11.
- 29 Konermann W, Gruber G. Ultraschalldiagnostik der Stütz- und Bewegungsorgane: nach den Richtlinien der DEGUM. Thieme, 2000.
- 30 Backhaus M, Kamradt T, Sandrock D et al. Arthritis of the finger joints: A comprehensive approach comparing conventional radiography, scintigraphy, ultrasound, and contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Arthritis Rheum* 1999; 42(6): 1232–45.
- 31 Erdmann-Keding M, Ohrndorf S, Werner SG et al. Fluorescence optical imaging for the detection of potential psoriatic arthritis in comparison to musculoskeletal ultrasound. *J Dtsch Dermatol Ges* 2019; 17(9): 913–21.
- 32 Bandinelli F, Denaro V, Prignano F et al. Ultrasonographic wrist and hand abnormalities in early psoriatic arthritis patients: correlation with clinical, dermatological, serological and genetic indices. *Clin Exp Rheumatol* 2015; 33(3): 330–5: 330–5.
- 33 Solmaz D, Bakirci S, Al Onazi A et al. Musculoskeletal ultrasound can improve referrals from dermatology to rheumatology for patients with psoriasis. *Br J Dermatol* 2020; 182(3): 804–6.
- 34 Coates LC, Aslam T, Al Balushi F et al. Comparison of three screening tools to detect psoriatic arthritis in patients with psoriasis (CONTEST study). *Br J Dermatol* 2013; 168(4): 802–7.
- 35 Tinazzi I, Adami S, Zanolin M et al. The early psoriatic arthritis screening questionnaire: A simple and fast method for the identification of arthritis in patients with psoriasis. *Rheumatology (Oxford)* 2012; 51: 2058–63.
- 36 Ibrahim GH, Buch MH, Lawson C et al. Evaluation of an existing screening tool for psoriatic arthritis in people with psoriasis and the development of a new instrument: the Psoriasis Epidemiology Screening Tool (PEST) questionnaire. *Clin Exp Rheumatol* 2009; 27(3): 469–74.
- 37 Hodges B, McNaughton N, Tiberius R. OSCE Checklists Do Not Capture Increasing. *Acad Med* 1999; 74: 1129–34.
- 38 Kissin EY, Grayson PC, Cannella AC et al. Musculoskeletal ultrasound objective structured clinical examination: an assessment of the test. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2014; 66(1): 2–6.
- 39 Gulati G, Alweis R, George D. Musculoskeletal ultrasound in internal medicine residency – a feasibility study. *J Community Hosp Intern Med Perspect* 2015; 5(3): 27481.
- 40 Irwin RW, Smith J, Issenberg SB. Long-term retention of musculoskeletal ultrasound training during residency. *Am J Phys Med Rehabil* 2018; 97(7): 523–30.
- 41 Heinow HS, Friederichs H, Lenz P et al. Teaching ultrasound in a curricular course according to certified EFSUMB standards during undergraduate medical education: a prospective study. *BMC Med Educ* 2013; 13–84
- 42 Terkamp C, Kirchner G, Wedemeyer J et al. Simulation of abdomen sonography. evaluation of a new ultrasound simulator. *Ultraschall Med* 2003; 24(04): 239–44.

## 2.3 Publikation C

*Rheumatology*, 2023, **62**, 2724–2731  
<https://doi.org/10.1093/rheumatology/keac702>  
 Advance access publication 22 December 2022  
 Original article



British Society for  
Rheumatology

RHEUMATOLOGY

OXFORD

## Clinical science

## Prospective double-blind study on the value of musculoskeletal ultrasound by dermatologists as a screening instrument for psoriatic arthritis

Jakub Grobelski <sup>1\*</sup>, Dagmar Wilsmann-Theis<sup>2</sup>, Pantelis Karakostas<sup>1</sup>, Charlotte Behning<sup>3</sup>, Peter Brossart<sup>1</sup>, Valentin S. Schäfer <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Clinic of Internal Medicine III, Oncology, Hematology, Rheumatology, and Clinical Immunology, University Hospital Bonn, Bonn, Germany

<sup>2</sup>Clinic for Dermatology and Allergology, University Hospital Bonn, Bonn, Germany

<sup>3</sup>Institute for Medical Biometry, Informatics and Epidemiology, University Hospital Bonn, Bonn, Germany

\*Correspondence to: Jakub Bartosz Grobelski, Clinic of Internal Medicine III, Oncology, Hematology, Rheumatology, and Clinical Immunology, University Hospital Bonn, Venusberg-Campus 1, 53127 Bonn, Germany. E-mail: jakubgro@gmail.com

### Abstract

**Objectives:** This study evaluated musculoskeletal ultrasound (MSUS) use by dermatologists previously trained on a novel handheld, chip-based ultrasound device (HHUD) to screen for early PsA.

**Methods:** Twelve dermatologists were recruited to screen psoriasis patients for PsA using the novel HHUD in one major hospital in Bonn (Germany) and six private practices in surrounding regions. Patient screening was based on medical history, clinical examination, and the GEPARD questionnaire paired with an MSUS examination of up to three painful joints. All screened patients were then referred to rheumatologists, who determined the final diagnosis. The screening effect of MSUS was assessed according to its sensitivity and specificity before and after its application.

**Results:** Between 1 October 2020 and 26 May 2021, a total of 140 psoriasis patients with arthralgia participated in this study. PsA was diagnosed in 19 (13.6%) cases. Before applying MSUS, dermatologists' screening sensitivity and specificity were recorded as 88.2% and 54.4%, respectively, while after applying MSUS the sensitivity and specificity changed to 70.6% and 90.4%, respectively. MSUS led to a change of PsA suspicion in 46 cases, with PsA no longer being suspected in 45 of them.

**Conclusion:** This study was able to demonstrate that PsA screening using MSUS by previously trained dermatologists can lead to more precise PsA detection and potentially decreased rheumatologist referral rates.

**Keywords:** arthritis, dermatology, early PsA, musculoskeletal ultrasound

#### Rheumatology key messages

- Early psoriatic arthritis diagnosis is crucial to maintaining joint functionality.
- Ultrasound can accurately detect arthritis; commonly dermatologists do not deploy it for psoriatic arthritis screening.
- Musculoskeletal ultrasound conducted by dermatologists significantly improves the accuracy of early psoriatic arthritis diagnosis.

### Introduction

PsA is a seronegative, immune-mediated, chronic-progressive inflammatory joint disease. Symptoms include dactylitis, enthesitis, peripheral and axial joint inflammation, and skin and nail psoriasis [1]. Prevalence is ~2–4% of adults in the Western population [2], and PsA occurs in 20–30% of people with psoriasis [3]. The diagnosis is set according to clinical examination, musculoskeletal ultrasound (MSUS) [4, 5], and Classification Criteria for the Diagnosis of Psoriatic Arthritis (CASPAR) [6–9]. Within 2 years, around 47% of patients acquire radiographic joint erosions, which may result in irreversible damage [10]. As a result, early diagnosis is critical.

In recent years, MSUS has been increasingly used to diagnose PsA due to its high sensitivity and specificity in diagnosis of

arthritis and enthesitis. MSUS can detect preclinical manifestations, and several recent publications have highlighted its use as a screening modality [11–14]. Dermatologists play a key role in diagnosis and treatment of psoriasis. Patients with arthralgia and psoriasis are typically examined by their dermatologists first and then referred to Rheumatology, if PsA is suspected. This needs a close interdisciplinary cooperation between Rheumatology and Dermatology, especially in cases of early diagnosis [15, 16]. Due to overburdening of the rheumatological schedule, high referral rates frequently with unspecific symptoms may result in a slowed interdisciplinary diagnostic pathway. An improved PsA suspicion could accelerate this process.

Yet, dermatologists base their suspicion of PsA mostly on medical history, clinical examination and questionnaires, as

Received: 5 September 2022. Accepted: 7 December 2022

© The Author(s) 2022. Published by Oxford University Press on behalf of the British Society for Rheumatology. All rights reserved.  
 For permissions, please email: journals.permissions@oup.com

they do not have the experience or expertise in MSUS to underpin their suspicion. Clinical examination can deliver objective findings, pointing in the correct direction to the diagnostic path. These findings have a high degree of inter-examiner reliability due to the different symptom expression. Backhaus *et al.* have demonstrated that clinical examination is less sensitive than MSUS or magnetic resonance imaging for detecting arthritis in finger joints [17].

Validated questionnaires are available to screen for PsA. The most common questionnaire in Germany is the German Psoriasis Arthritis Diagnostic Questionnaire (GEPARD), which implies a high sensitivity [18, 19]. The specificity, however, according to clinical experience is rather low. As a result, rheumatologists face a substantial number of referrals from dermatologists, but most referred patients are not diagnosed with PsA.

Given the low specificity of available screening tools, it is uncertain whether MSUS performed by dermatologists after completing a structured MSUS training can influence the accuracy of early PsA diagnosis if a relatively small and inexpensive handheld ultrasound device (HHUD) that can be easily transported to the patients' bedside is used. To answer this question, we designed and evaluated an MSUS curriculum for dermatologists [20]. The aim of this study was to investigate if trained dermatologists' MSUS impacts the sensitivity and specificity of early PsA diagnosis by comparing dermatologists' pre- and post-ultrasound PsA suspicion with the final diagnosis confirmed by rheumatologists.

## Methods

This is a prospective double-blind single-centre study that included psoriasis patients suffering with arthralgia between 1 October 2020 and 26 May 2021. Patients underwent a PsA-screening by one of 12 dermatologists, who had been previously trained in MSUS and equipped with an innovative HHUD (Butterfly IQ 6+, Butterfly Network, Inc., Burlington, MA, USA). The screening consisted of medical history (date of psoriasis diagnosis, Psoriasis Activity and Severity Index (PASI), current psoriasis medication, arthralgia and duration of arthralgia), clinical examination (swollen and tender joint count), the GEPARD questionnaire, and MSUS of up to three painful joints. Two suspected diagnoses—one before and one after the MSUS exam—were given, corresponding to a conventional and MSUS-based screening suspicion. All screened patients were then referred to rheumatologists, who determined the final diagnosis. Both screening methods were compared regarding their screening sensitivity and specificity.

## Population

The study was focused on adult psoriasis patients who presented to dermatologists with arthralgia in daily practice. Inclusion criteria were age over 18 years, psoriasis diagnosis set by a dermatologist, arthralgia of at least one joint, no PsA diagnosis in the history, and signed informed consent to take part in the study. Exclusion criteria were solely non-fulfillment of any of the inclusion criteria. Laboratory parameters (CRP, RF, CCP antibodies) were extracted from the routine laboratory examination. The ethics committee of University Hospital Bonn approved the study (no. 337/19).

## Musculoskeletal ultrasound training

The MSUS training was held between 31 March and 30 September 2020. Only the most sensitive and specific

ultrasound planes to detect joint effusion and synovial hyperperfusion were taught. The performance rating of all participants was verified in an Objective Structured Clinical Examination. Using the standard German grading system ranging from 1 ('excellent') to 6 ('insufficient'), the average grade was 2 ('good') with a mean of 21.86 points (87.4%) out of 25 points [20].

## Dermatological assessment process

Two distinct approaches were employed to test for PsA in psoriasis patients with arthralgia. One was conventional screening, consisting of medical history, clinical examination and the GEPARD questionnaire. A diagnosis of whether a patient is suspected of suffering from PsA was given. A paper clinical report form (CRF) for dermatological clinical assessment was used to document the initial suspicion and all collected findings. The second was an MSUS exam of up to three painful joints was conducted by the dermatologists. The HHUD used by the dermatologists was the Butterfly IQ system version 6+, an innovative chip-based ultrasound probe, generating 6–10 MHz in the MSUS preset. A tablet computer (2020 Apple iPad 9, 10.2-inch display size; Apple Inc., Cupertino, CA, USA) was connected by wire to the HHUD and used as a monitor. The scanning focused on finding joint effusion and synovial hyperperfusion. In cases where at least one of these pathologies was present, the examined joint was considered suspicious and noted accordingly on the CRF. The examined joint was considered unsuspecting if no pathology was found. Finally, a second preliminary diagnosis based on the MSUS findings was given. The only possible suspected diagnoses for pre- and post-ultrasound were presence or absence of PsA. In addition, a PASI [21] value and the current psoriasis medication were recorded for each patient. The CRFs of all patients were sent to the Department of Rheumatology and Clinical Immunology at the University Hospital Bonn for appointment scheduling, independent of the preliminary diagnosis.

## Rheumatological assessment process

The two rheumatologists (P.K. and V.S.S.) involved in the following examination process were blinded to the preliminary suspicion determined by the dermatologists. Within 48 h of receiving the CRF, appointments were scheduled. Prior to their consultation, each patient arriving at the rheumatology facility was requested to complete the following questionnaires:

- i) Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9) to assess the degree of depressive conditions among the included population [22].
- ii) Numerical Rating Scale (NRS) 1–10 quantifying joint, skin and general pain complaints with higher numbers indicating stronger complaints.

Then, each patient was examined by a rheumatologist. The examination consisted of the medical history, clinical examination of all painful joints, and MSUS of up to six painful joints, including those previously examined by the dermatologist. The ultrasound was performed by two experienced musculoskeletal ultrasonographers (DEGUM/EFSUMB level II and III; P.K., 13 years of expertise, and V.S.S., 14 years of expertise) using a GE Logiq S8 XDclear (GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) ultrasound machine manufactured in 2018 with a linear probe of 9–15 MHz range and a hockey



stick probe of 8–18 MHz range. The ultrasound planes applied were the standard MSUS planes for each joint defined by the German Society for Ultrasound in Medicine (DEGUM) MSUS section [23].

The PsA diagnosis was made by one of the two rheumatologists. Classification was done using CASPAR criteria [6–9]. Patients diagnosed with PsA were asked to fill out the EULAR Psoriatic Arthritis Impact of Disease questionnaire (PsAID12) for clinical practice [24] assessing the PsA's impact on the patients' health.

To evaluate the disease activity at the time of diagnosis, Disease Activity Score 28–CRP (DAS28–CRP) [25, 26] and Disease Activity in Psoriatic Arthritis (DAPSA) [27] were calculated. Fig. 1 shows the overall study protocol.

### Data collection and analysis

Data were transferred and collected in a specially designed electronic case report form (eCRF) developed by the Department of Rheumatology and Clinical Immunology at the University Hospital Bonn in cooperation with the Institute of Medical Biometrics, Informatics and Epidemiology at the University Hospital Bonn. The software used for this purpose was REDCap (Version 9.5.6.; Vanderbilt University Vanderbilt, Nashville, TN, USA).

Statistical analysis was performed using SAS (Version 9.4; SAS Institute, Cary, NC, USA) and R (Version 4.1.2; R foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria). Continuous variables were summarized as means (s.d.). Categorical data were expressed as proportions and compared (if applicable) with Fisher's exact test. Sensitivity and specificity were determined together with their 95.0% confidence intervals. No confirmatory analysis was planned for the trial.

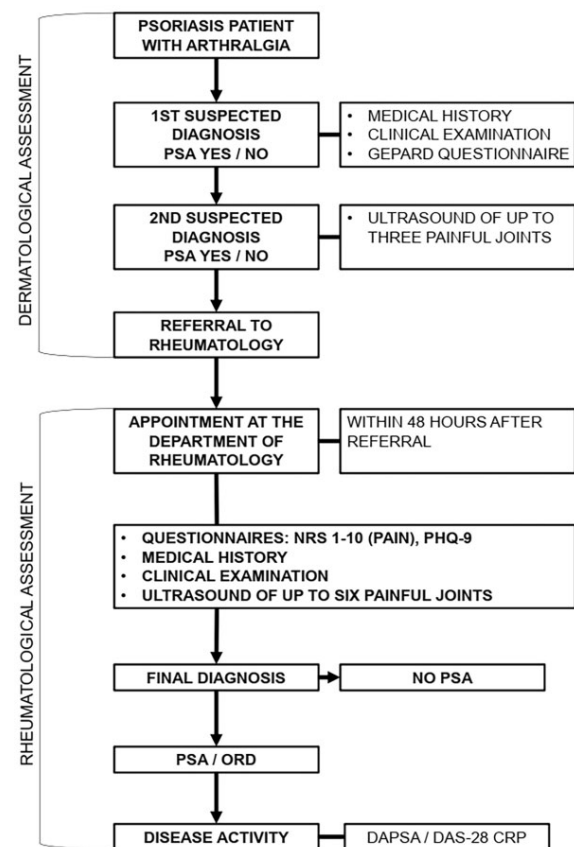
## Results

### Patient characteristics

A total of 140 patients (58.6% female) with a mean age of 49.87 years (s.d. 13.58) were enrolled. At the time of inclusion, all patients had psoriasis, for a mean of 14.69 years (s.d. 13.98), and had a mean PASI of 8.54 (s.d. 7.52). Nineteen patients (13.6%) were diagnosed with PsA as final diagnosis by one of the two blinded rheumatologists. The most frequent psoriasis form was psoriasis vulgaris (72.1%). Psoriasis medication was administered to 91.4%, while systemic glucocorticoids were not prescribed to any patients (Supplementary Table S1, available at *Rheumatology* online). The NRS (1–10) showed moderate severity of skin ( $n$  [s.d.]  $4.49 \pm 2.81$ ) and joint ( $n$  [s.d.]  $4.70 \pm 2.52$ ) complaints, as well as general pain ( $n$  [s.d.]  $4.84 [2.44]$ ). The PHQ-9 questionnaire indicated that 67.8% (95% CI: 59.4, 75.5%) of the patients could suffer from depressive states, while the overall mean result was 9.2 (s.d. 6.4) out of 27 points. Table 1 shows further population characteristics.

### Dermatological screening results

After dermatological pre-ultrasound screening, in 67 (51.2%) cases suspicion of PsA was confirmed, while in 64 (48.8%) cases PsA was excluded. In nine cases, the suspected diagnosis could not be extracted properly due to contradicting CRF specification, which led to an exclusion of these cases in the final screening effect comparison (Fig. 2).

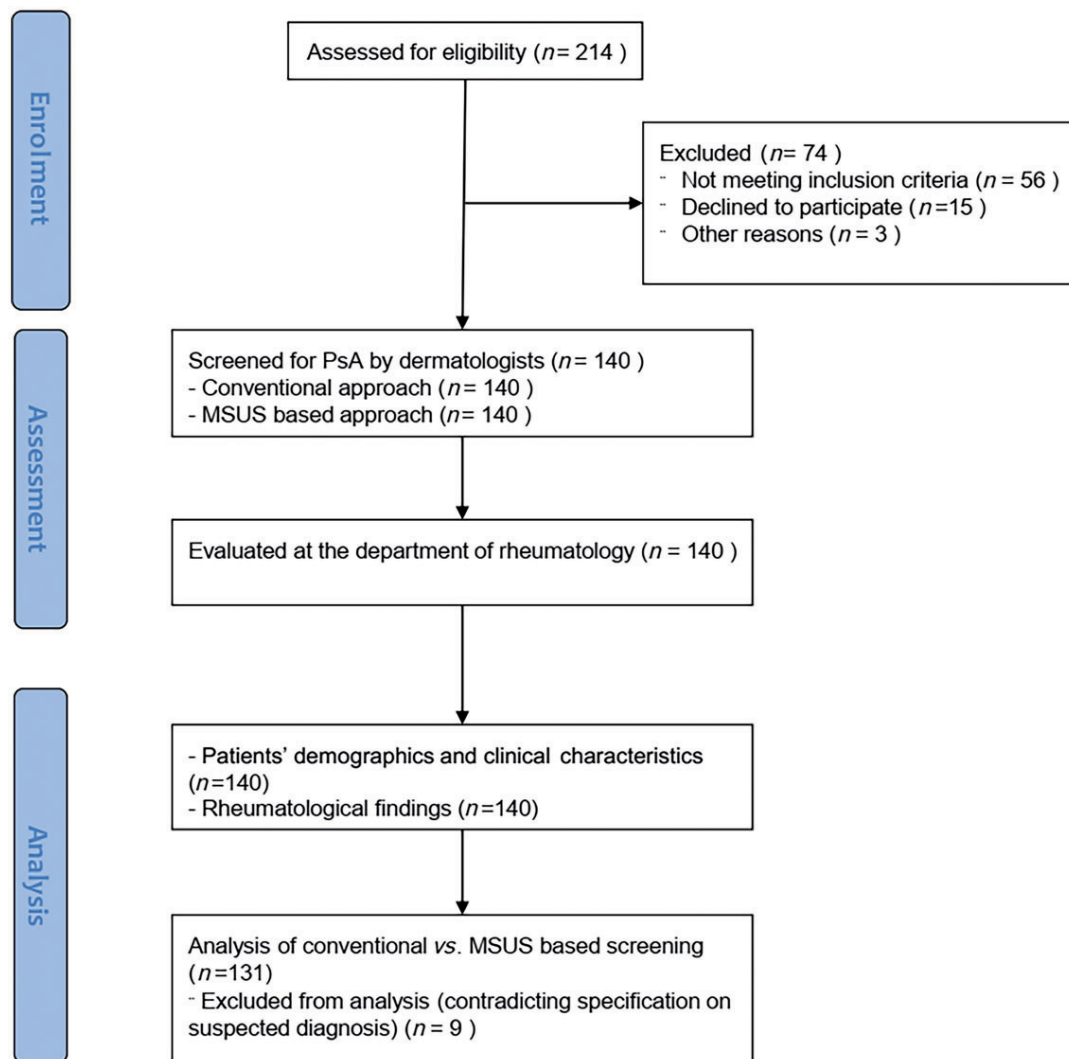


**Figure 1.** Study protocol. DAPSA: disease activity in PsA; DAS28–CRP: Disease Activity Score 28–CRP; GEPARD: German Psoriasis Arthritis Diagnostic Questionnaire; NRS 1–10: Numerical Rating Scale 1–10; ORD: other rheumatic disease; PHQ-9: Patient Health Questionnaire-9

**Table 1.** Patient demographics and clinical characteristics

Parameter	All ( <i>n</i> = 140)	No PsA ( <i>n</i> = 121)	PsA ( <i>n</i> = 19)
Age, mean (s.d.), years	49.8 (13.5)	50.6 (12.4)	44.9 (19.0)
Sex (M/F)	58/82	46/75	12/7
Body mass index, mean (s.d.), kg/m <sup>2</sup>	29.6 (5.6)	29.9 (5.6)	27.4 (5.5)
Psoriasis, mean (s.d.), years	14.6 (13.9)	14.8 (13.8)	13.4 (15.2)
PASI, mean (s.d.)	8.5 (7.5)	8.5 (7.6)	8.3 (6.5)
NRS Skin, mean (s.d.)	4.5 (2.7)	4.3 (2.8)	4.8 (2.7)
NRS Joint, mean (s.d.)	4.5 (2.5)	4.8 (2.4)	4.3 (2.6)
NRS General, mean (s.d.)	4.7 (2.4)	4.8 (2.4)	4.6 (2.4)
Type of psoriasis			
Vulgaris, <i>n</i>	101	87	14
Palmoplantar, <i>n</i>	10	9	1
Others, <i>n</i>	29	25	4
Psoriasis treatment			
No PsoT, %	7.1	9.24	3.28
Topical PsoT, %	72.9	73.11	71.43
Systemic PsoT, %	8.6	6.72	15.79
Biological PsoT, %	11.4	10.92	9.5
csDMARDs, %	6.4	5.04	4.76
bDMARDs, %	5.00	5.88	0.00

Others: other psoriasis forms including psoriasis capitis (4.3%), plaque psoriasis (3.6%), psoriasis guttata (2.1%), psoriasis pustulosa (3.6%), nail psoriasis (0.7%), psoriasis genitalis (0.7%) and psoriasis inversa (0.7%). NRS General: higher numbers describe stronger general pain; NRS Joint: higher numbers describe stronger joint ailment; NRS Skin: higher numbers describe stronger skin ailment. bDMARD: biologic DMARD; csDMARD: conventional systemic DMARD; NRS: Numerical Rating Scale (1–10); PASI: Psoriasis Activity and Severity Index; PsoT: psoriasis therapy.



**Figure 2.** Number of patients at each study stage. MSUS: musculoskeletal ultrasound

Following MSUS, the preliminary diagnosis was revised in 46 patients, with PsA no longer being suspected in 45 of them. In one initially non-suspicious case, the MSUS led to a PsA suspicion. According to the GEPARD questionnaire, 124 patients achieved 4 or more points, indicating PsA. The mean score for patients without a final PsA diagnosis was 7.6 points, while the mean score for patients with PsA was 7.4 points, yielding a sensitivity of 89.5% (95% CI: 67.0, 99.0%) and a specificity of 10.8% (95% CI: 6.0, 18.0%), respectively.

### Rheumatological assessment results

The most frequent final diagnosis among our cohort was osteoarthritis in 47.1% of patients, followed by unspecific arthralgia in 30.7% of them. Additionally, two (1.4%) patients were diagnosed with rheumatoid arthritis and one (0.7%) patient presented with a shoulder impingement syndrome.

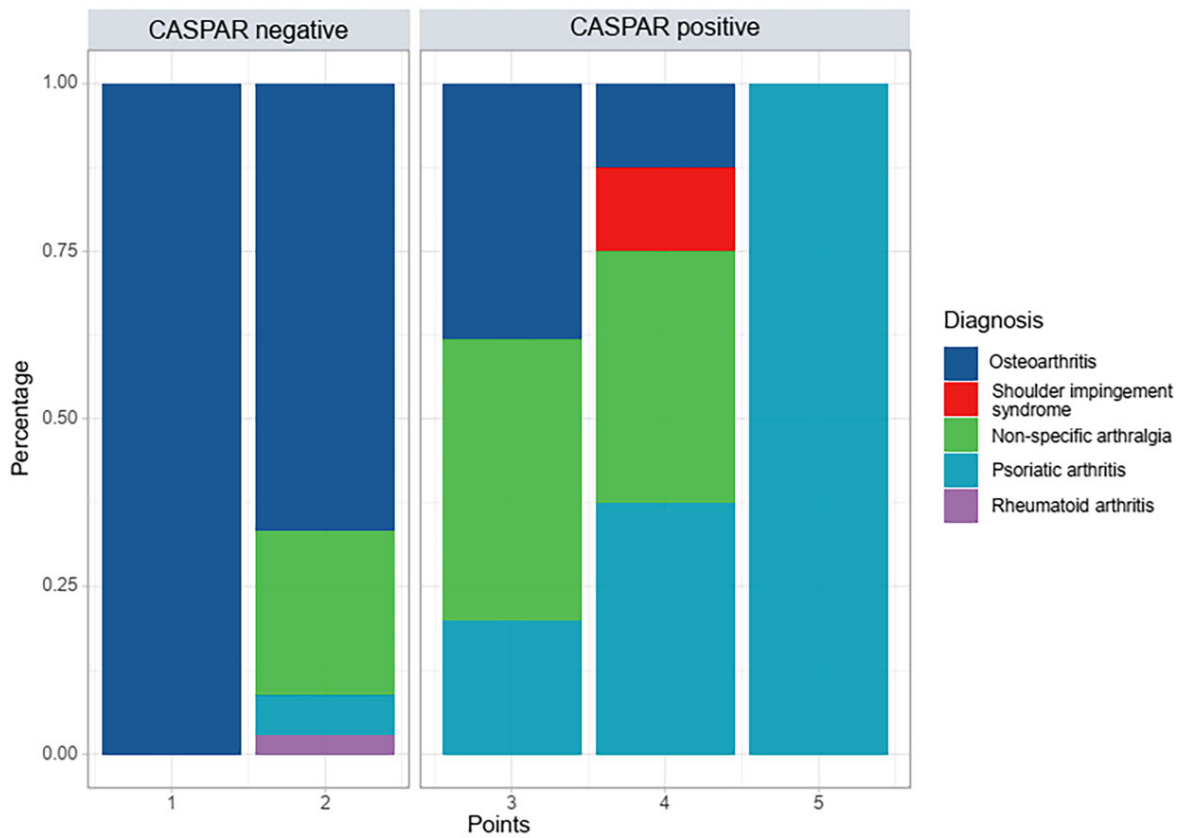
The CASPAR criteria indicated a PsA in 66 cases, while only 19 (13.6%) patients were *de facto* diagnosed with PsA (Fig. 3). Furthermore, the CASPAR criteria showed a sensitivity of 78.9% (95% CI: 54.0, 94.0%) and specificity of 57.8% (95% CI: 49.0, 67.0%).

Comparing the final rheumatological diagnosis to the preliminary diagnoses set by the dermatologists (Fig. 4), the conventional screening achieved a sensitivity of 88.2% (95% CI: 58.1, 94.6%) and a specificity of 54.4% (95% CI: 44.8, 64.1%), while augmented by the MSUS the sensitivity decreased to 70.6% (95% CI: 38.4, 81.9%) and the specificity increased to 90.4% (95% CI: 83.9, 95.6%). The positive predictive value (PPV) before MSUS was 25.4%, while after MSUS the PPV increased to 56.5% (Supplementary Table S2, available at *Rheumatology* online).

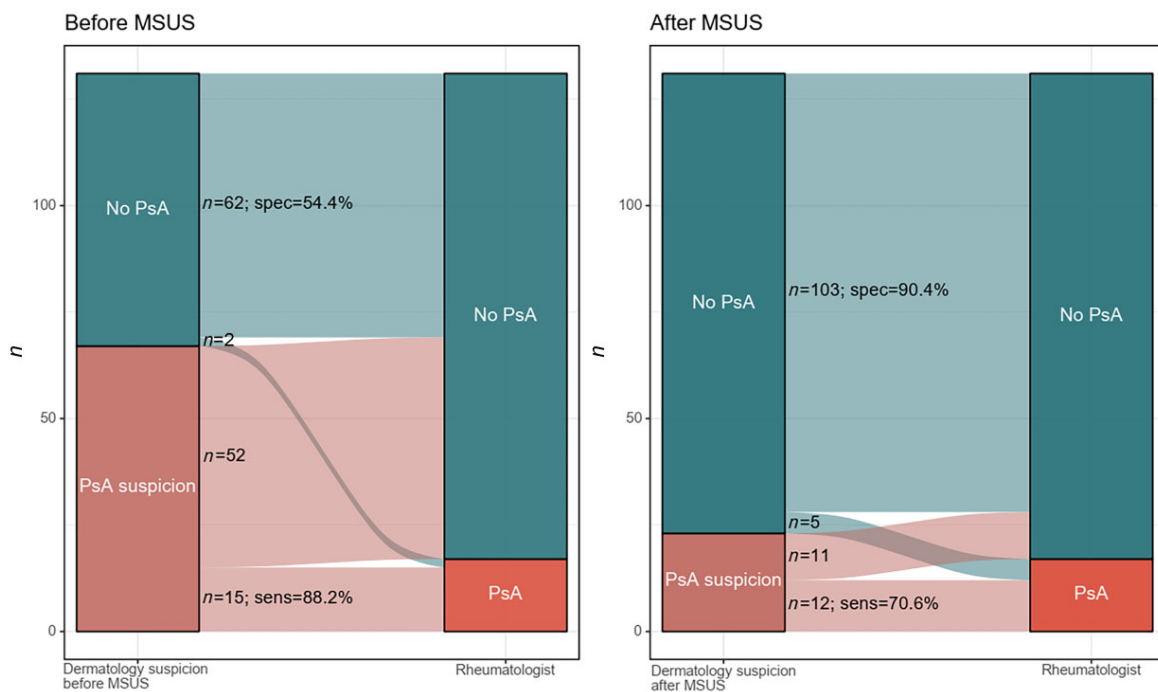
The mean disease activity for the 19 PsA patients measured with DAS28-CRP reached 8.3 (s.d. 8.1) indicating high disease activity. The DAPSA score showed a mean activity score of 16.6 points (s.d. 15.7) indicating moderate disease activity. The subjective impact of disease according to PsAID12 revealed a mean score of 5.1 points (s.d. 2.4) indicating a moderate impact on patients' life.

### MSUS results

The MSUS findings in relation to dermatological and rheumatological examinations are shown in Table 2. In the interest of a better overview only joints examined at least seven times (2.2%) in general are listed in Table 2. In total,



**Figure 3.** CASPAR vs rheumatologist diagnoses. CASPAR: Classification Criteria for the Diagnosis of Psoriatic Arthritis



**Figure 4.** Accuracy of dermatological pre- and post-ultrasound psoriatic arthritis suspicion. MSUS: musculoskeletal ultrasound; sens: sensitivity; spec: specificity

the dermatologists examined 317 joints, and 66 thereof were found suspicious. Rheumatologists examined 457 joints, including all joints examined by the dermatologists.

The most frequent investigated were the finger and wrist joints; to be more specific, wrist joints, MCP2, MCP3, PIP3, PIP2, CMC and MCP4 accounted for 65.2% of total

**Table 2.** Comparison of musculoskeletal ultrasound findings between dermatology and rheumatology matched for most common joints

Extremity	Musculoskeletal ultrasound dermatology			Musculoskeletal ultrasound rheumatology			Difference of pathological findings between dermatology and rheumatology P-value	
	Joint	Number of joints examined (n = 219)	Suspicious, %	Joint effusion, %	Synovial hyperperfusion, %	Osteophytes, %		Erosions, %
Upper	MCP 2	38	13.2	18.4	7.9	31.6	0.0	0.5
	MCP 3	23	13.0	8.7	0.0	26.1	4.4	1
	MCP 4	13	23.1	38.5	7.7	15.4	0.0	0.6
	CMC	23	0.0	4.4	0.0	69.6	4.4	1
	PIP 2	25	16.0	20.0	4.0	32.0	0.0	1
	PIP 3	25	32.0	12.0	0.0	60.0	0.0	0.2
	PIP 4	9	55.6	33.3	22.2	22.2	0.0	0.5
	PIP 5	8	25.0	12.5	12.5	12.5	12.5	1
	DIP 2	7	28.6	14.3	0.0	42.9	0.0	1
	Wrist	30	16.7	3.3	3.3	13.3	0.0	0.1
Lower	Tibiotalar	11	18.2	36.4	18.2	18.2	0.0	0.5

P-values obtained by McNemar test. CMC: carpometacarpal joint; DIP: distal interphalangeal joint; MSUS: musculoskeletal ultrasound; PIP: proximal interphalangeal joint.

examined joints. In matched joints the scans performed by dermatologists showed no statistically significant difference regarding the detection of joint effusion and synovial hyperperfusion compared with the final MSUS results collected by rheumatologists.

## Discussion

A new PsA screening strategy combining traditional screening (medical history, clinical evaluation and questionnaires) with targeted MSUS performed by dermatologists was developed to examine its value in early PsA diagnosis. Until now, dermatologists' use of MSUS to test for this inflammatory-joint disease has not been studied. This is the first prospective, double-blind study to investigate with this novel PsA screening approach.

Many recent studies have underlined the importance of early PsA diagnosis and the key role of the dermatologists in this process [11–14]. Unspecific arthralgia occurs in about 50% of psoriasis patients [28]. Due to individual disease expression, it may be difficult to differentiate between inflammatory and non-inflammatory arthralgia. The PsAID12 questionnaire indicated that patients with diagnosis of PsA experience moderate quality of life limitations. Hence, an early PsA diagnosis is crucial to starting targeted therapy as soon as possible.

While the clinical examination has proven to be less sensitive in detection of arthritis than MSUS or magnetic resonance imaging [17], the common screening questionnaire used in Germany, the GEPARD questionnaire, presents a relatively high sensitivity of 89.5%, but the specificity in our trial is low, at 10.8%. Because of this low specificity, patients are routinely referred to rheumatologists, although only a small fraction will be diagnosed with PsA, resulting in a large number of referrals with extended waiting times, which can lead to permanent joint damage after only 6 months [29]. Within our cohort, 124 out of 140 patients were suspected of PsA based on the GEPARD questionnaire, although only 19 (13.6%) patients were *de facto* diagnosed with PsA. This questionnaire combined with clinical examination and medical history led to a screening sensitivity and specificity of 88.2% and 54.4%,

respectively. Yet, the specificity of conventional screening was higher compared with the GEPARD questionnaire solely, which is still dissatisfying.

MSUS, however, has been shown to be a sensitive and specific tool for detecting changes in soft tissue, superficial bone and cartilage in inflammatory arthropathies. The possibility of scanning dynamically at the bedside and its non-invasive and inexpensive characteristics distinguish this imaging modality from others (e.g. radiographs, magnetic resonance and fluorescence optical imaging). Therefore, recent literature emphasized its high value in the diagnosis of PsA [30]. Nevertheless, the deployment of MSUS by dermatologists to screen for PsA has never been investigated in literature.

In order to carry out this investigation we faced two major challenges. Firstly, there was no validated MSUS training for dermatologists. Secondly, none of the dermatologists working in private practice possessed an ultrasound machine. To proceed with the present study, we developed and validated a specially designed MSUS course for dermatologists—the MUDE protocol [20]—and equipped the trained dermatologists with innovative and inexpensive portable ultrasound devices. These devices have been successfully used in several studies focused on ultrasound education, vascular and cardiac ultrasonography [20, 31–33]. Only one study investigated the performance of this new system in 32 arthritis patients [34].

The MSUS rating of 241 joints scanned by both the dermatologist and rheumatologist within our study protocol showed no statistically significant difference in the detection of joint effusion and/or synovial hyperperfusion. Trained dermatologists seem to be capable of conducting MSUS with similar results to rheumatologists with extensive MSUS experience for the pathologies mentioned above. Additionally, the novel chip-based ultrasound systems used by the dermatologists in this study seem to be suitable for musculoskeletal point of care ultrasound and can be easily transported anywhere.

Our study demonstrated that MSUS performed by trained dermatologists, equipped with a HHUD, influences the sensitivity and specificity of early PsA diagnosis. This procedure changed the PsA suspicion in 46 cases, while in 45 cases PsA was no longer suspected. After conducting MSUS, the sensitivity decreased from 88.2% to 70.6% and the specificity increased from 54.4% to 90.4%, potentially leading to less and

more precise referrals, respectively, from dermatologists to rheumatologists, as the PPV before MSUS was 25.4%, while after MSUS it increased to 56.5%.

Interestingly, 11 of the 23 patients suspected of having PsA after having MSUS performed by dermatologists were found to have no PsA in the final rheumatological examination. One probable cause is the order of dermatological screenings. If the examiner had a high suspicion of PsA before using MSUS, he could be more inclined to perceive marginal ultrasound data as suspicious. Another possible explanation is the characterization of suspicious joints in dermatologists' MSUS examinations, as joint effusion alone is already regarded as suspicious, yet this pathology is also frequent in other arthropathies.

Similar findings have been reported by Solmaz *et al.* who showed in a study with 51 psoriasis patients of which 20 were diagnosed with PsA that MSUS reduces the referral time from dermatology to rheumatology and the false-positive rate of the suspected diagnoses [35]. However, a significant difference from our investigation was that the ultrasound in their study protocol was performed by experienced rheumatologists, limiting the screening possibility. To generalize MSUS-based PsA screening, first contact physicians should use the ultrasound. In cases of PsA, the first contact physicians are often dermatologists [36], and therefore it is reasonable to empower their MSUS deployment.

Additionally, we found the CASPAR criteria, which have been extensively employed as a screening tool since 2006, to have an unusually low specificity of 57.8% in our cohort. In the present study, this classification indicated PsA in 66 cases, out of which only 19 patients have been diagnosed with this inflammatory-joint disease. The reason for this may be our study design. We applied the criteria to the whole cohort, out of which no patient was previously diagnosed with PsA. The literature on this topic revealed mostly high sensitivity and specificity, but most studies estimating these parameters included patients with already diagnosed PsA [6–9]. Therefore, further investigation is necessary to assess the accuracy of CASPAR criteria in routine clinical setting.

The limitations of this study include that the population of 140 patients was chosen due to the feasibility of this monocentric study. Due to the MUDE teaching concept for each joint, the dermatologists' MSUS was confined to the most sensitive and specific ultrasound planes to ensure a lower complexity. Further we only used the GEPARD as screening questionnaire for PsA, and did not apply other (e.g. PURE4 [37]) screening questionnaires. The ultrasound of entheses was not applied due to heightened complexity, although enthesitis can be a sign of PsA [38]. Further research is needed to evaluate how enthesal ultrasound performed by dermatologists influences the early PsA diagnosis. The dermatologists used the same paper CRF to record the suspected diagnosis before and after the MSUS. This could affect the suspicion if the examiner first conducted both the traditional and MSUS-based screening and noted the suspected diagnoses afterwards.

## Conclusion

To the best of our knowledge, this is the first study to evaluate the impact of MSUS performed by dermatologists using an innovative portable ultrasound device for early PsA diagnosis. In conclusion, we were able to demonstrate that targeted

MSUS conducted by previously trained dermatologists can help rule out PsA, potentially leading to fewer referrals to rheumatologists and a more precise diagnosis of PsA. In addition, the use of HHUD is promising, especially for screening purposes. Furthermore, we discovered that the CASPAR criteria were ineffective in identifying PsA. Further investigation is needed to ensure the practical validity of our suggested screening application.

## Supplementary material

Supplementary material is available at *Rheumatology* online.

## Data availability

The datasets generated during and/or analysed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

## Funding

This work was supported by Novartis Pharma.

**Disclosure statement:** The authors have declared no conflicts of interest.

## References

- Ocampo DV, Gladman D. Psoriatic arthritis. *F1000Res* 2019;8: F1000 Faculty Rev-1665.
- Kurd SK, Gelfand JM. The prevalence of previously diagnosed and undiagnosed psoriasis in US adults: results from NHANES 2003–2004. *J Am Acad Dermatol* 2009;60:218–24.
- Alinaghi F, Calov M, Kristensen LE *et al.* Prevalence of psoriatic arthritis in patients with psoriasis: a systematic review and meta-analysis of observational and clinical studies. *J Am Acad Dermatol* 2019;80:251–65.e19.
- Gutierrez M, Filippucci E, De Angelis R *et al.* A sonographic spectrum of psoriatic arthritis: “the five targets”. *Clin Rheumatol* 2010; 29:133–42.
- Sapundzhieva T, Karalilova R, Batalov A. Hand ultrasound patterns in rheumatoid and psoriatic arthritis: the role of ultrasound in the differential diagnosis. *Rheumatol Int* 2020;40:837–48.
- Tillett W, Costa L, Jadon D *et al.* The Classification for Psoriatic ARthritis (CASPAR) Criteria – a retrospective feasibility, sensitivity, and specificity study. *J Rheumatol* 2012;39:154–6.
- Chandran V, Schentag CT, Gladman DD. Sensitivity of the classification of psoriatic arthritis criteria in early psoriatic arthritis. *Arthritis Care Res* 2007;57:1560–3.
- Taylor W, Gladman D, Helliwell P *et al.*; CASPAR Study Group. Classification criteria for psoriatic arthritis: Development of new criteria from a large international study. *Arthritis Rheum* 2006;54: 2665–73.
- Chandran V, Schentag CT, Gladman DD. Sensitivity and specificity of the CASPAR criteria for psoriatic arthritis in a family medicine clinic setting. *J Rheumatol* 2008;35:2069–70.
- Kane D, Pathare S. Early psoriatic arthritis. *Rheum Dis Clin North Am* 2005;31:641–57.
- McHugh NJ. Verna Wright lecture: psoriatic arthritis: the need for early intervention. *J Rheumatol Suppl* 2015;93:10–3.
- Haddad A, Chandran V. How can psoriatic arthritis be diagnosed early? *Curr Rheumatol Rep* 2012;14:358–63.
- Umezawa Y. Psoriatic arthritis. *J Dermatol* 2021;48:741–9.
- McHugh NJ. Early psoriatic arthritis. *Rheum Dis Clin North Am* 2015;41:615–22.

15. Haberman R, Perez-Chada LM, Merola JF *et al.* Bridging the gaps in the care of psoriasis and psoriatic arthritis: the role of combined clinics. *Curr Rheumatol Rep* 2018;20:76.
16. Ziob J, Behning C, Brossart P *et al.* Specialized dermatological-rheumatological patient management improves diagnostic outcome and patient journey in psoriasis and psoriatic arthritis: a four-year analysis. *BMC Rheumatol* 2021;5:45.
17. Backhaus M, Kamradt T, Sandrock D *et al.* Arthritis of the finger joints: a comprehensive approach comparing conventional radiography, scintigraphy, ultrasound, and contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Arthritis Rheum* 1999;42:1232–45.
18. Härle P, Hartung W, Lehmann P *et al.* GEPARD-patientenfragebogen. *Z Rheumatol* 2010;69:157–63.
19. Härle P, Letschert K, Wittig B, Mrowietz U. Sensitivity of the GEPARD patient questionnaire to identify psoriatic arthritis in patients with psoriasis in daily practice: the GEPARD-life study. *DRM* 2016;232:597–605.
20. Grobelski J, Recker F, Theis DW *et al.* Establishment and validation of a didactic musculoskeletal ultrasound course for dermatologists using an innovative handheld ultrasound system – the MUDE study (Musculoskeletal Ultrasound in Dermatology). *J Dtsch Dermatol Ges* 2021;19:1753–9.
21. Fredriksson T, Pettersson U. Severe psoriasis – oral therapy with a new retinoid. *Dermatologica* 1978;157:238–44.
22. Manea L, Gilbody S, McMillan D. A diagnostic meta-analysis of the Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9) algorithm scoring method as a screen for depression. *Gener Hosp Psychiatry* 2015;37:67–75.
23. Terslev L, Hammer HB, Torp-Pedersen S *et al.* EFSUMB minimum training requirements for rheumatologists performing musculoskeletal ultrasound. *Ultraschall Med* 2013;34:e11.
24. Orbai A-M, Holland R, Leung Y *et al.* PsAID12 provisionally endorsed at OMERACT2018 as core outcome measure to assess Psoriatic Arthritis-specific Health-Related Quality of Life in clinical trials. *J Rheumatol* 2019;46:990–5.
25. Fransen J, van Riel PLCM. The Disease Activity Score and the EULAR response criteria. *Clin Exp Rheumatol* 2005;23:S93–9.
26. Wells G, Becker J-C, Teng J *et al.* Validation of the 28-joint Disease Activity Score (DAS28) and European League Against Rheumatism response criteria based on C-reactive protein against disease progression in patients with rheumatoid arthritis, and comparison with the DAS28 based on erythrocyte sedimentation rate. *Ann Rheum Dis* 2009;68:954–60.
27. Schoels M, Aletaha D, Funovits J *et al.* Application of the DAREA/DAPSA score for assessment of disease activity in psoriatic arthritis. *Ann Rheum Dis* 2010;69:1441–7.
28. Stern RS. The epidemiology of joint complaints in patients with psoriasis. *J Rheumatol* 1985;12:315–20.
29. Haroon M, Gallagher P, FitzGerald O. Diagnostic delay of more than 6 months contributes to poor radiographic and functional outcome in psoriatic arthritis. *Ann Rheum Dis* 2015;74:1045–50.
30. Anandarajah A. Imaging in psoriatic arthritis. *Clin Rev Allerg Immunol* 2013;44:157–65.
31. Rajendram R, Hussain A, Mahmood N, Kharal M. Feasibility of using a handheld ultrasound device to detect and characterize shunt and deep vein thrombosis in patients with COVID-19: an observational study. *Ultrasound J* 2020;12:49.
32. Höhne E, Recker F, Schmok E *et al.* Conception and feasibility of a digital tele-guided abdomen, thorax, and thyroid gland ultrasound course for medical students (TELUS study). *Ultraschall Med* (in press), doi: [10.1055/a-1528-1418](https://doi.org/10.1055/a-1528-1418).
33. Baribeau Y, Sharkey A, Chaudhary O *et al.* Handheld point-of-care ultrasound probes: the new generation of POCUS. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2020;34:3139–45.
34. Corte G, Bayat S, Tascilar K *et al.* Performance of a handheld ultrasound device to assess articular and periarticular pathologies in patients with inflammatory arthritis. *Diagnostics (Basel)* 2021;11:1139.
35. Solmaz D, Bakirci S, Al Onazi A *et al.* Musculoskeletal ultrasound can improve referrals from dermatology to rheumatology for patients with psoriasis. *Br J Dermatol* 2020;182:804–6.
36. Coates LC, Helliwell PS. Psoriatic arthritis: state of the art review. *Clin Med (Lond)* 2017;17:65–70.
37. Audureau E, Roux F, Lons Danic D *et al.* Psoriatic arthritis screening by the dermatologist: development and first validation of the ‘PURE-4 scale’. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 2018;32:1950–3.
38. Kaeley GS, Eder L, Aydin SZ, Gutierrez M, Bakewell C. Enthesitis: a hallmark of psoriatic arthritis. *Semin Arthritis Rheum* 2018;48:35–43.

### **3. Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei den nachstehenden Personen für die große Unterstützung und Hilfe bedanken:

Mein Dank gilt zunächst meinem Doktorvater Herrn PD Dr. med. MUDr. Valentin Sebastian Schäfer für die Betreuung dieser Arbeit, der mich stets enorm unterstützte und mir die Einführung, sowie Ausbildung auf dem Gebiet der klinischen Forschung ermöglichte. Die hervorragende und fruchtbare Zusammenarbeit wird mir immer äußerst positiv in der Erinnerung bleiben.

Desweiteren möchte ich mich bei Frau PD Dr. med. Dagmar Wilsmann-Theis für die außerordentliche Hilfe in der Organisation dieser Untersuchungen bedanken. Ohne Ihren Einsatz wären diese Studien nicht zustande gekommen.

Ferner möchte mich bei meinem Freund Dr. med. Florian Recker für zahlreiche, konstruktive Gespräche auf der wissenschaftlichen und freundschaftlichen Ebene, sowie medizindidaktische Hilfe in der Entwicklung unserer edukativen Konzepte bedanken.

Zuletzt möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden, insbesondere meiner Ehefrau Cheyenn Grobelski und meinem Sohn Leopold Grobelski, sowie meinen Eltern für die Geduld und Ausdauer auch in schwierigen Momenten bedanken. Sie standen mir stets zur Seite und ermöglichten mir, sich auf das Wesentliche, zu konzentrieren.