

Aus dem Institut für Klinische Chemie
der Universität zu Köln
Direktor: Professor Dr. med. T. Streichert

**Hygieneverhalten und praktische Fertigkeiten bei Venenpunktion und
Venenverweilkanülierung durchgeführt von Medizinstudierenden**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Annika Meyer
aus Siegburg

promoviert am 30. August 2024

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink

1. Gutachter: Professor Dr. rer. nat. A. R. R. Klatt
2. Gutachter: Professor Dr. med. J. Matthes

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Professor Dr. med. Thomas Streichert
Professor Dr. rer. nat. Andreas Klatt
Dr. h.c. (Rus) Christoph Stosch
Jakob Schreiber
Julian Brinkmann
Dr. Jeremy Franklin (IMSIE)

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Der Ethikantrag und das Studiendesign für die erste Veröffentlichung wurden von Jakob Schreiber, Julian Brinkmann und Dr. Christoph Stosch erstellt. Den Ethikantrag und das Studiendesign für die zweite Publikation habe ich in Absprache mit Prof. Dr. Thomas Streichert eigenständig erstellt.

Der dieser Arbeit zugrunde liegende Datensatz zur OSCE 1 wurde von den regulären Prüfern dieser Prüfung im Kölner Interprofessionellen SkillsLab und Simulationszentrum erhoben und mir von Dr. Christoph Stosch zur Verfügung gestellt. Jakob Schreiber, Julian Brinkman und ich haben die Daten zur OSCE 2 für die erste Publikation erhoben.

Für beide Publikationen habe ich nach Rücksprache mit Dr. Jeremy Franklin vom Institut für Medizinische Statistik und Bioinformatik die statistischen Analysen mit IBM SPSS Statistics Version 25 und 27 (SPSS Inc., Chicago, Illinois) und Excel (Microsoft Office 365) durchgeführt. Die so erhaltenen Studienergebnisse habe ich daraufhin interpretiert. Zudem habe ich beide Manuskripte der Publikationen eigenständig verfasst. Nach kritischer Durchsicht durch Prof. Dr. Thomas Streichert, Prof. Dr. Andreas R. Klatt, Dr. Christoph Stosch, Jakob Schreiber und Julian Brinkmann habe ich beide Publikationen als korrespondierender Autor durch den Peer-Review-Prozess begleitet.

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Köln, den 18.04.2024

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Menschen danken, die mich bei der Anfertigung meiner Promotion unterstützt haben.

Meinem besonderen Dank gilt hierbei Professor Dr. Thomas Streichert, ohne dessen hervorragende Betreuung, uneingeschränkte Unterstützung und fachliche Expertise diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Nicht nur fachlich ist er mir ein Vorbild. Seine Ratschläge und Anregungen werden mich auch nach meiner Dissertation begleiten.

Zudem möchte ich mich gerne bei meinem Doktorvater, Professor Dr. Andreas Klatt, für die Möglichkeit der Promotion und die konstruktiven Anregungen in Bezug auf die zugrunde liegenden Veröffentlichungen danken.

Zusätzlich möchte ich Dr. Christoph Stosch meinen Dank aussprechen. Ohne die von ihm geschaffene beiseitslose Team-Atmosphäre hätte ich vermutlich meine Freude an der Forschung nie entdeckt. Ihm und dem Team des Kölner Interprofessionellen Skills Lab und Simulationszentrum gebührt mein Dank für die Infrastruktur, die diese Arbeit ermöglicht hat.

Für ihre innovativen Gedanken und freundschaftliche Zusammenarbeit möchte ich in diesem Zusammenhang Jakob Schreiber und Julian Brinkmann danken. Selbst die repetitiven Aufgaben wurden mit den beiden nicht langweilig.

Bedanken möchte ich mich zudem bei meinem Vertrauensdozenten der Studienstiftung Professor Dr. Heinz-Peter Mansel, dessen positiver Zuspruch mir half mit Niederlagen konstruktiv umzugehen und mich hierdurch in meinem Promotionsvorhaben bestärkte.

Zuletzt möchte ich mich zudem bei meiner kleinen Schwester, Dorothee Meyer, sowie Ari Soleman und Janik Riese für ihren Rat, ihre immerwährende Geduld und die konstruktiven Anregungen beim Verfassen meiner kumulativen Promotionsschrift sowie in jeder Lebenslage bedanken. Danken möchte ich außerdem meiner Oma, Regine Meyer, für ihre unerschütterliche Zuversicht und Liebe. Für ihre fortwährende Unterstützung möchte ich mich zudem bei meiner Tante, Almuth Meyer, und meinem Onkel, Jens Hintze, bedanken.

Vorwort

Grundlage der vorliegenden kumulativen Dissertation sind folgende Publikationen:

1. Meyer A, Schreiber J, Brinkmann J, Klatt AR, Stosch C, Streichert T: Deterioration in hygiene behavior among fifth-year medical students during the placement of intravenous catheters: a prospective cohort comparison of practical skills. *BMC Medical Education* 2021; 21: 434.
2. Meyer A, Stosch C, Klatt AR, Streichert T: The impact of Covid-19 on medical students' practical skills and hygiene behavior regarding venipuncture: a case control study. *BMC Med Educ* 2022; 22: 558.

Im Kapitel „Publikationen“ sind die Veröffentlichungen, die dieser Arbeit zugrunde liegen, beigefügt. Die Bestimmungen der Open-Access-Lizenzen der jeweiligen Verlage und Institutionen gelten für alle Abbildungen in dieser Arbeit. Aus lizenzrechtlichen Gründen ist es nicht möglich, Abbildungen aus dieser Arbeit außerhalb des Netzwerkes der Universität Köln zu veröffentlichen.

Diese Arbeit widme ich meiner Mutter, die leider viel zu früh von uns gegangen ist.

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	9
ZUSAMMENFASSUNG	10
1. EINLEITUNG.....	11
1.1. Hintergrund.....	12
1.1.1. Venenpunktion	12
(1) Relevanz und Indikation	12
(2) Kontraindikationen	12
(3) Durchführung	12
(4) Komplikationen	14
1.1.2. Venenverweilkanülierung.....	15
(1) Relevanz und Indikation	15
(2) Kontraindikationen	15
(3) Durchführung	15
(4) Komplikationen	15
1.1.3. Venenpunktion und Venenverweilkanülierung im Medizinstudium.....	17
(1) Stellenwert im Studium	17
(2) Stellenwert für Medizinstudierende sowie Patienten und Patientinnen	19
1.2. Aktueller Forschungsstand.....	20
1.2.1. Fertigungsstand von Medizinstudierenden bei Venenpunktion und Venenverweilkanülierung.....	20
(1) Praktische Fertigkeiten.....	20
(2) Hygienische Fertigkeiten.....	20
(3) Kommunikative Fertigkeiten	21
1.2.2. Einflussfaktoren auf die Venenpunktion und Venenverweilkanülierung durchgeführt von Medizinstudierenden.....	22
(1) Praktische Fertigkeiten.....	22
(2) Hygienische Fertigkeiten.....	22
(3) Kommunikative Fertigkeiten von Medizinstudierenden.....	23
1.3. Fragestellungen und Ziel der Arbeit.....	24
2. PUBLIKATIONEN.....	25
3. DISKUSSION	43

3.1.	Fertigkeitsstand der Medizinstudierenden	43
3.1.1.	Venenpunktion und Venenverweilkanülierung im fünften Semester.....	43
3.1.2.	Venenverweilkanülierung im neunten Semester	45
3.2.	Herausforderungen für die Medizinstudierenden	47
3.2.1.	Punktion der Vene.....	47
3.2.2.	Nadelstichverletzungen.....	47
3.2.3.	Hygienische Fertigkeiten.....	48
3.2.4.	Kommunikation	49
3.2.5.	Zwischenfazit.....	50
3.3.	Ansätze zur Kompetenzförderung.....	51
3.3.1.	Wiederholte Schulungen	51
3.3.2.	Ausreichende Übungsmöglichkeiten	53
3.3.3.	Vorbilder	55
3.3.4.	Weitere Ansätze	57
3.3.5.	Ausblick	58
3.3.6.	Schlussfolgerung	59
3.4.	Limitationen.....	60
4.	LITERATURVERZEICHNIS	61
5.	ANHANG.....	74
5.1.	Abbildungsverzeichnis.....	74
5.2.	Suchanfrage “phlebotomy AND medical students“, 14. August 2023.....	74

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
et al.	Lat.: "et alii" – und andere
OSCE	Eng.: "Objective Structured Clinical Examinations" – Objektive strukturierte klinische Prüfung
PIV	Periphere intravenöse Venenverweilkanüle
NKLM	Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin
COVID-19	Coronavirus disease 2019

Zusammenfassung

Die Venenpunktion und die Venenverweilkanülierung gehören zu den Grundfertigkeiten von Medizinstudierenden¹⁻⁵. Spätestens im Praktischen Jahr wenden Medizinstudierende diese Fertigkeiten häufig⁶ und ohne ärztliche Aufsicht^{7,8} in der Patientenversorgung an. Die korrekte Durchführung ist dabei für den Eigenschutz^{9,10} und das Patientenwohl¹¹ von großer Bedeutung. Dennoch fehlen bislang Studien, die sich mit dem Fertigungsstand von Medizinstudierenden oder dessen Einflussfaktoren befassen.

Ziel der zugrunde liegenden Arbeiten war es daher zunächst, den Kompetenzstand der Venenpunktion und Venenverweilkanülierung bei Medizinstudierenden zu Beginn des klinischen Studienabschnittes zu bestimmen^{12,13}. Da die Venenverweilkanülierungsfertigkeiten anderer Gesundheitsberufe von praktischen Erfahrungen profitieren¹⁴⁻¹⁶, wurde der Einfluss des Studienverlaufs auf diese Fertigkeit in einer prospektiven Längsschnittstudie bei Medizinstudierenden des fünften und neunten Semesters untersucht¹². Zur Evaluation der damals noch ungewissen Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf den medizinischen Fertigkeitserwerb¹⁷ wurden zudem Medizinstudierende des fünften Semesters vor und während der Pandemie hinsichtlich ihrer Venenpunktionsfertigkeiten retrospektiv verglichen¹³. Als Goldstandard zur Beurteilung klinischer Fertigkeiten¹⁸⁻²⁰, wurde zur Erhebung der Kompetenzstände das Format „Objective Structured Clinical Examinations“ (OSCE) gewählt. Die zugrunde liegenden Arbeiten zeigten, dass Medizinstudierende zu Beginn des klinischen Studienabschnittes kompetent in der Venenpunktion und Venenverweilkanülierung sind^{12,13}, sich jedoch im Verlauf des Studiums in der Venenverweilkanülierung und insbesondere der Hygienekonformität verschlechtern¹². Hingegen weisen die Studienergebnisse auf einen positiven Einfluss der COVID-19-Pandemie auf die Venenpunktion und Hygienekonformität hin¹³. Hieraus ergibt sich zum einen, dass die Ausbildungsziele des „Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalogs Medizin“ (NKLM)²⁻⁵ für diese Fertigkeiten zu Beginn des klinischen Studienabschnittes erreicht werden^{12,13}. Zum anderen verdeutlichen die Ergebnisse der fortgeschrittenen Medizinstudierenden, dass die im zukünftigen Lernzielkatalog vorgesehene Auslagerung von Übungsmöglichkeiten auf Blockpraktika und Famulaturen⁵ nicht zur Vertiefung dieser Kompetenzen ausreicht¹². Gemäß Literatur scheinen hingegen Auffrischkurse, supervidierte Übungsmöglichkeiten und Förderung ärztlicher Vorbilder mögliche Stellschrauben zu sein, um die praktischen²¹⁻²³, hygienischen^{24,25} und kommunikativen Fertigkeiten^{23,26,27} von Medizinstudierenden zu erhalten und zu vertiefen. In zukünftigen Studien gilt es hierbei Lehrformate und -inhalte zu explorieren.

Zusammenfassend sind Studien zur Ableitung zukünftiger Handlungsempfehlungen mit dem Ziel des Kompetenzerhalts von Venenpunktion und Venenverweilkanülierung notwendig, zumal insbesondere die Venenverweilkanülierung im Praktischen Jahr gemäß NKLM 2.0 als nicht supervidierbedürftige Kompetenz vorausgesetzt wird⁵.

1. Einleitung

Die Venenpunktion und das Legen von peripheren intravenösen Venenverweilkanülen (PIV) gehören in Deutschland²⁻⁵ wie auch in anderen Ländern^{28,29} zu den Kernkompetenzen, die von Medizinstudierenden am Ende ihres Studiums erwartet werden.

Im Vergleich zum europäischen Umland ist die Venenpunktion nur in Deutschland und Österreich eine ärztliche Tätigkeit³⁰. Da die Blutentnahme³¹ und deren logische Fortsetzung, die Venenverweilkanülierung³², delegierbar sind, führen Medizinstudierende diese Tätigkeiten nicht selten in Famulaturen und im Praktischen Jahr durch^{6,7,33,34}.

Auch wenn Ärzte und Ärztinnen Verantwortung für delegierte Aufgaben tragen, können ebenfalls Medizinstudierende zivil- oder strafrechtlich haften, zum Beispiel im Rahmen eines Übernahmeverschuldens infolge von bewusster Kompetenzüberschreitung^{35,36}.

Solide Kompetenzen in der Venenpunktion und Venenverweilkanülierung sind nicht nur vor dem rechtlichen Hintergrund, sondern auch für den Eigenschutz essenziell. So ist die hohe Rate an Nadelstichverletzungen unter Medizinstudierenden auf Venenpunktionen und Venenverweilkanülierungen während Famulaturen und dem Praktischen Jahr zurückzuführen^{9,37}. Solche Verletzungen bergen hierbei das Risiko, dass Infektionskrankheiten wie Hepatitis B, Hepatitis C oder das Humanen-Immundefizienz Virus übertragen werden³⁸.

Gleichzeitig tragen Medizinstudierende auch eine hohe Verantwortung für das Patientenwohl. So können wiederholte Punktionen infolge von Fehlpunktionen eine körperliche^{11,39} und psychische Belastung⁴⁰ für Patienten und Patientinnen darstellen sowie Diagnostik verfälschen⁴¹. Auch trägt hygienisches Arbeiten bei der Venenpunktion und Venenverweilkanülierung zur Vermeidung von nosokomialen Infektionen bei^{42,43}. Aufgrund des Stellenwertes von Medizinstudierenden bei der Vermeidung solcher nosokomialen Infektionen bezieht sich das Robert-Koch-Institut, in der Empfehlung zur „Prävention von Infektionen durch Gefäßkatheter“, auf die Notwendigkeit von Schulungen speziell für Medizinstudierende¹¹.

Trotzdem ist die sachgemäße Durchführung von Venenpunktionen und Venenverweilkanülierungen durch medizinisches Personal im Allgemeinen und Medizinstudierende im Spezifischen in der Literatur bisher unzureichend untersucht^{44,45}.

Es ist daher erforderlich, mögliche nachteilige Einflussfaktoren auf die korrekte Durchführung von Venenpunktion und Venenverweilkanülierung durch Medizinstudierenden zu identifizieren, um entsprechende Risiken für Patienten, Patientinnen und Medizinstudierende zu minimieren.

1.1. Hintergrund

1.1.1. Venenpunktion

(1) Relevanz und Indikation

Bereits in der Antike wurde die Phlebotomie (griechisch: phlebos = Vene, temnein = schneiden), auch Venenpunktion genannt, im Rahmen des Aderlasses zur Therapie verschiedener Erkrankungen eingesetzt^{46,47}. Seitdem haben technischer und medizinischer Fortschritt eine Weiterentwicklung der Materialien, Techniken und Anwendungsgebiete ermöglicht^{46,47}.

So ist die Indikation zur Phlebotomie seit der evidenzbasierten Medizin nicht mehr nur auf eine therapeutische Anwendung beschränkt^{47,48}, sondern trägt als Goldstandard zur Gewinnung von Blutproben maßgeblich zur medizinischen Diagnostik bei^{47,49}. Blutuntersuchungen der so gewonnenen Proben erlauben hierbei die Erstdiagnosen von Krankheiten⁴⁷ und Rückschlüsse auf deren Verläufe⁵⁰. Insgesamt werden somit 60-70 % der kritischen medizinischen Entscheidungen anhand von Laborwerten getroffen⁵¹.

Aufgrund ihres Stellenwertes, insbesondere in der Diagnostik, gehört die Phlebotomie somit zu einer der am häufigsten durchgeführten invasiven Prozeduren im Krankenhaus⁵².

(2) Kontraindikationen

Trotz des diagnostischen und therapeutischen Stellenwertes der Phlebotomie müssen vor einer Venenpunktion einige Kontraindikationen bedacht werden. Zu den systemischen Kontraindikationen gehören zum Beispiel nicht-hereditäre Hyperferritinämien⁴⁷. Zudem kann in seltenen Fällen eine Anämie eine relative Kontraindikation darstellen, die gegen die Indikation zur Phlebotomie abgewogen werden muss, da Blutentnahmen Auswirkungen auf Hämoglobin und Hämatokrit haben⁵³.

Auch ist bei lokalen Auffälligkeiten, wie zum Beispiel Infektionen, Hämatomen, Gefäßtransplantaten oder Fremdmaterial, auf eine andere Punktionsstelle auszuweichen. Insbesondere lokale Infektionen, wie Abszesse und Zellulitis, können zur Infekt-Ausbreitung in die Blutbahn führen⁴⁷. Zur Vermeidung von solchen Venenpunktion-assoziierten Infekten steht neben der Beachtung der Kontraindikationen⁴⁷ auch die korrekte und hygienische Durchführung der Venenpunktion im Vordergrund⁵⁴.

(3) Durchführung

Zur korrekten Phlebotomie gehört laut Weltgesundheitsorganisation neben der eigentlichen Venenpunktion auch eine gute Vorbereitung, welche unter anderem die „Standards for quality care for patients and health workers“ (deut.: Standards für eine qualitativ hochwertige Versorgung von Patienten und Gesundheitspersonal) umfasst. Zu diesen Standards gehören neben der Verfügbarkeit von (Schutz-)Materialien und der Einholung der Patienteneinwilligung auch die Vermeidung von Materialkontaminationen sowie eine ausreichende Ausbildung in

Hinblick auf die korrekte Durchführung der Phlebotomie. Gemäß der Weltgesundheitsorganisation darf die Dauer der Phlebotomie-Ausbildung hierbei in Abhängigkeit zu den geographischen Gegebenheiten variieren⁵⁴.

Nach erfolgter Indikationsstellung, Testauswahl sowie Auftragsanforderung⁴⁹ sind alle für die Blutentnahme benötigten Materialien griffbereit auf einem Tablett oder einer vergleichbaren Ablagefläche zu sammeln⁵⁴. Benötigt werden unter anderem Probengefäße, Kanülen, Stauschläuche, Desinfektionsmittel, Pflaster, Handschuhe und Tupfer beziehungsweise Verbandsmaterial. Ein Abwurfbehälter sollte sich in unmittelbarer Nähe befinden⁴⁹.

Ein darauffolgendes Gespräch mit dem Patienten oder der Patientin eröffnet die Möglichkeit zur Patientenidentifikation⁴⁷, Einholung der Patienteneinwilligung, Schaffung einer beruhigenden Atmosphäre^{47,55} sowie Patientenvorbereitung⁴⁹. Bei der Patientenvorbereitung ist unter anderem sicherzustellen, dass am Tag der Blutentnahme auf Koffein, Rauchen und körperliche Belastung verzichtet wurde und die Körperposition der Patientinnen und Patienten mindestens 15 Minuten vor der Phlebotomie unverändert geblieben ist. Zudem gilt es eine Probenverfälschung, beispielsweise durch Verwechslung, Verdünnung oder Medikation zu verhindern⁴⁹.

Nach darauffolgender Festlegung einer Punktionsstelle, Lagerung der Patientenextremität und Anlage eines Stauschlauchs, muss eine Händedesinfektion durchgeführt und Einmalhandschuhe angezogen werden⁵⁴. Hierdurch lassen sich Kontaminationen vermeiden⁴⁷.

Unter Beachtung der Mindesteinwirkzeit gemäß Herstellerangaben ist die Punktionsstelle daraufhin mittels Sprühdesinfektion oder durch das Abwischen eines in Desinfektionsmittelgetränkten Tupfers zu desinfizieren. Hiernach sind jegliche Berührungen der Punktionsstelle zu vermeiden. Insbesondere vom „Nachtasten“ ist abzusehen^{49,54}.

In einem 30 Grad Winkel sollte daraufhin die Venen punktiert und die Blutentnahme begonnen werden⁵⁴. Sollte eine Blutentnahme in EDTA-Röhrchen erforderlich sein, sind diese nach Serum- beziehungsweise Heparin-Röhrchen abzunehmen und auf eine vollständige Füllung des EDTA-Röhrchens zu achten^{49,54}.

Bevor die Punktionsnadel entfernt wird, ist der Stauschlauch zu öffnen⁵⁴. Um Verfälschungen der hämatologischen Parameter⁵⁶, der Elektrolyte sowie weiterer biochemischer Analyte⁵⁷ zu vermeiden, sollte nicht länger als eine Minute durch den Stauschlauch gestaut⁴⁹ und zudem eine Anspannung der Muskulatur vermieden werden^{49,58}.

Zur Vorbeugung von Nadelstichverletzungen ist ein „Re-Capping“ zu vermeiden, stattdessen muss die Nadel unverzüglich in einen stichresistenten Abwurfbehälter verworfen werden^{10,37}. Durch kontinuierlichen Druck auf die Punktionsstelle lässt sich das Risiko eines Hämatoms vermindern⁴⁷. Abschließend gilt es kontaminierte Oberflächen zu reinigen, erneut Händedesinfektion durchzuführen und den Transport der Blutproben vorzubereiten⁵⁴. In

Anbetracht der hohen Kontaminationsrate von Stauschläuchen in Krankenhäusern mit multiresistenten Pathogenen⁵⁹⁻⁶¹, trägt die Händehygiene und Reinigung von kontaminierten Gegenständen maßgeblich zur Vermeidung von Kontaminationen und folglich infektionsassoziierten Komplikationen der Venenpunktion bei⁵⁴.

(4) Komplikationen

Zu solchen infektionsassoziierten Komplikationen gehören insbesondere Entzündungen der Haut (Zellulitis) und der Venen (Phlebitis)⁶². Weitere schwerwiegenden Komplikationen der Phlebotomie sind Synkopen, Prä-Synkopen, Krampfanfälle, Allergien, Luft-Embolien, Ödeme und Thrombosen⁶³⁻⁶⁵. Auch Nervenläsionen stellen eine mögliche Komplikation der Phlebotomie dar. Die Häufigkeit von neuropathischen Schmerzen infolge von Nervenläsionen liegt gemäß Literatur hierbei zwischen 1/30.923 – 1/6.300 Venenpunktionen⁶⁶⁻⁶⁸.

Insbesondere durch Verletzungen von Venen⁶², jedoch auch durch Fehlpunktionen von Arterien sind zudem übermäßige Blutungen möglich⁶⁹. Übermäßiger Blutverlust kann in diesem Zusammenhang eine Anämie bedingen oder verstärken⁷⁰.

Insgesamt ist die Phlebotomie hierbei mit iatrogenen Anämien assoziiert⁷¹. Bereits eine geringfügige Erhöhung der Phlebotomie-Menge um 3,5 ml pro Tag verdoppelt bei Intensivpatienten und -patientinnen das Odds Ratio, innerhalb von 21 Tagen eine Fremdbluttransfusion zu benötigen⁷². Zudem können arterielle Verletzungen in sehr seltenen Fällen zu Pseudoaneurysmata, arteriovenösen Fisteln oder Kompartmentsyndromen führen⁶⁹.

Insgesamt sind diese schwerwiegenden Komplikationen der Phlebotomie jedoch selten^{63,64}. Häufiger treten hingegen leichte Komplikationen wie Blutergüsse (12,3 %) oder temporäre Schmerzen bei der Punktion (2 %) auf⁶⁴.

1.1.2. Venenverweilkanülierung

(1) Relevanz und Indikation

Auch PIVs sind aus dem heutigen Gesundheitssystem nicht mehr wegzudenken⁷³. Schätzungsweise erhalten 30-80 % der Patienten und Patientinnen eine PIV bei stationärer Aufnahme⁴³, sodass mutmaßlich jährlich Billionen von PIV in Krankenhäusern weltweit⁷⁴, davon alleine 150-330 Millionen in den USA^{42,43}, gelegt werden. Anwendung findet die PIV bei der intravenösen Flüssigkeitssubstitution, dem Ausgleich von Elektrolyten, der Applikation von Medikamenten oder parenteraler Ernährung sowie der diagnostischen Blutentnahme oder Verabreichung von Kontrastmittel^{73,75}.

(2) Kontraindikationen

Gemäß der Literatur bestehen keine absoluten Kontraindikationen zur Anlage einer PIV. Zu den relativen Kontraindikationen gehören die für die Phlebotomie bereits beschriebenen lokalen Kontraindikationen⁷³.

(3) Durchführung

Auch die Anlage der PIV weist Parallelen zur Phlebotomie auf. Anstelle einer Punktionsnadel sind eine Venenverweilkanüle, Spüllösung und ein steriler, feuchtigkeitsundurchlässiger Verband vorzubereiten. Bis zum Einstich der Venenverweilkanüle in die Haut entspricht das Vorgehen bei der PIV dem Ablauf der Phlebotomie. Besonderheit der PIV ist in diesem Kontext eine „Flashback“-Kammer. Nach erfolgreicher Punktion einer Vene im Rahmen der Venenverweilkanülierung fließt Blut in die „Flashback“-Kammer und dient somit als Signal, die Nadel unter vorsichtigem Vorschieben des Katheters zu entfernen. Das Entfernen des Stauschlauchs und die Entsorgung des Mandrins sollte wie bei der Phlebotomie erfolgen. Statt Druck auf die Punktionsstelle auszuüben, wird die PIV jedoch mit einem sterilen, feuchtigkeitsundurchlässigen Pflaster fixiert und die Lage mittels Spüllösung kontrolliert. Anschließend erfolgen eine hygienische Händedesinfektion und die Reinigung kontaminierter Oberflächen^{54,73}.

(4) Komplikationen

Die Komplikationsrate ist bei der PIV höher als bei der Venenpunktion. So müssen nach einer Studie von Martínez et alii (et al.) bis zu 49 % der PIVs bereits drei Tage nach Anlage aufgrund von Komplikationen entfernt werden⁷⁶. Mit 35-50 % berichten Zingg et al. von einer vergleichbaren Komplikationsrate für die PIV⁷⁷.

Neben lokalen Hautveränderungen⁷⁸ treten insbesondere Thrombophlebitiden in 14,7-28,8 % der Fälle als häufigste Komplikation von PIV auf⁷⁹. Diese können zu einer Verzögerung von intravenösen Therapien führen, weitere intravenöse Therapien erfordern oder den Krankenhausaufenthalt um 2 bis 5 Tage verlängern⁸⁰. Bei Keimbildung kann sich aus einer Thrombophlebitis eine septische Thrombose beziehungsweise eine Sepsis entwickeln^{81,82}.

Neben der Kontamination von Punktionsstelle, Punktionsnadel, PIV oder Infusionsbesteck, können bereits im Blut zirkulierende Erreger einer existierenden Infektion den PIV kontaminieren und einen Mikrofilm auf demselben bilden⁴². So finden sich bei 50 % der nosokomialen Blutstrominfektionen gleichzeitig PIV-assoziierte Thrombophlebitiden⁸². Insgesamt sind hierbei 6,3 % der nosokomialen Blutstrominfektionen auf PIVs zurückzuführen⁸³. Quantifizieren lässt sich die Inzidenz von PIV-assoziierten Blutstrominfektionen auf 0,2-0,7/1.000 PIV-Tage⁴³. Zusätzlich zu den vermeidbaren Gesundheitskosten einer solchen nosokomialen PIV-assoziierten Blutstrominfektion, endet diese häufig letal für den Patienten oder die Patientin⁸⁴. So liegt die 30-Tage-Mortalität bei PIV-assoziierten Blutstrominfektionen je nach zugrundeliegendem Erreger zwischen 11 und 35,8 %⁷⁷.

Zur Prävention solcher PIV-assoziierten Komplikationen empfiehlt das Robert-Koch-Institut daher unter anderem starke Hygieneadhärenz und Mitarbeiterschulungen. Führungskräfte sollten außerdem die Umsetzung des „Präventionsbündels“ für PIVs durch die Mitarbeitenden kontrollieren¹¹.

1.1.3. Venenpunktion und Venenverweilkanülierung im Medizinstudium

(1) Stellenwert im Studium

Die erste Publikation, die in den Meta-Datenbanken PubMed und Web of Science mit der Suchanfrage „medical student AND phlebotomy“ erscheint, wurde 1986 im Journal of Medical Education von McPherson et al. veröffentlicht (Anhang 5.2.). Aufgrund ihres Wissens über mangelnde Supervision, Übungsmöglichkeiten und Feedback entwickelten die Autoren bereits 1984 ein einwöchiges, auf Venenpunktion am Patienten ausgelegtes, Curriculum. Schon damals galt die Venenpunktion als eine besonders früh erlernte und relevante prozedurale Fertigkeit von Medizinstudierenden. Das Erlernen und Beherrschen dieser Fertigkeit, sollte das Patientenwohl fördern und es den Medizinstudierenden ermöglichen, rasch weitere, komplexere prozedurale Fertigkeiten zu erwerben. Gleichzeitig erkannten die Autoren einen ökonomischen Nutzen für das Gesundheitssystem durch die Delegation der Venenpunktion an Medizinstudierende⁸⁵.

Somit wurden die Venenpunktion und die Venenverweilkanülierung in den 90er Jahren auch als zwei der acht Grundfertigkeiten von der „American Association of Medical Colleges“ definiert, die Medizinstudierende vor Ende ihres Studiums beherrschen sollten²⁸. Auch der „Nationale Kompetenzbasierte Lernzielkatalog Medizin“ (NKLM) definiert die Venenpunktion und Venenverweilkanülierung als verbindliche Lernziele im Medizinstudium an deutschen Universitäten. Dabei sehen sowohl der aktuelle NKLM 1.0^{2,3} sowie der ab 2025 in Kraft tretende NKLM 2.0^{4,5} vor, dass Medizinstudierende zwischen dem fünften und sechsten Semester eine Handlungskompetenz 3a („unter Anleitung selbst durchführen und demonstrieren“) erreichen und diese bis zum zehnten Semester auf eine Handlungskompetenz 3b („selbstständig und situationsadäquat in Kenntnis der Konsequenzen durchführen“) vertiefen sollen. Für beide Kompetenzen findet sich im NKLM 1.0 keine genaue Beschreibung des Vermittlungsprozesses^{2,3}, für die Venenpunktion ebenso nicht im NKLM 2.0⁴. Durch die detaillierte Beschreibung des Vorgehens bei der Vermittlung der Venenverweilkanülierung liefert der NKLM 2.0 hingegen einen Eindruck davon, wie die Lernziele dieser Fertigkeiten erreicht werden könnten. So soll die Handlungskompetenz 3a zwischen dem fünften und sechsten Semester durch entsprechende Vorbereitungskurse und Prüfungen am Simulationsmodell erzielt werden. Eine Auslagerung wiederholender Übungsmöglichkeiten auf Blockpraktika und Famulaturen soll hingegen eine Vertiefung auf die Handlungskompetenz 3b bis zum zehnten Semester ermöglichen⁵. Ziel des NKLM 2.0 ist es hierbei, dass die Venenverweilkanülierung im Praktischen Jahr „als nicht supervidiertbedürftige Kompetenz vorausgesetzt werden“⁵ kann (Abbildung 1).

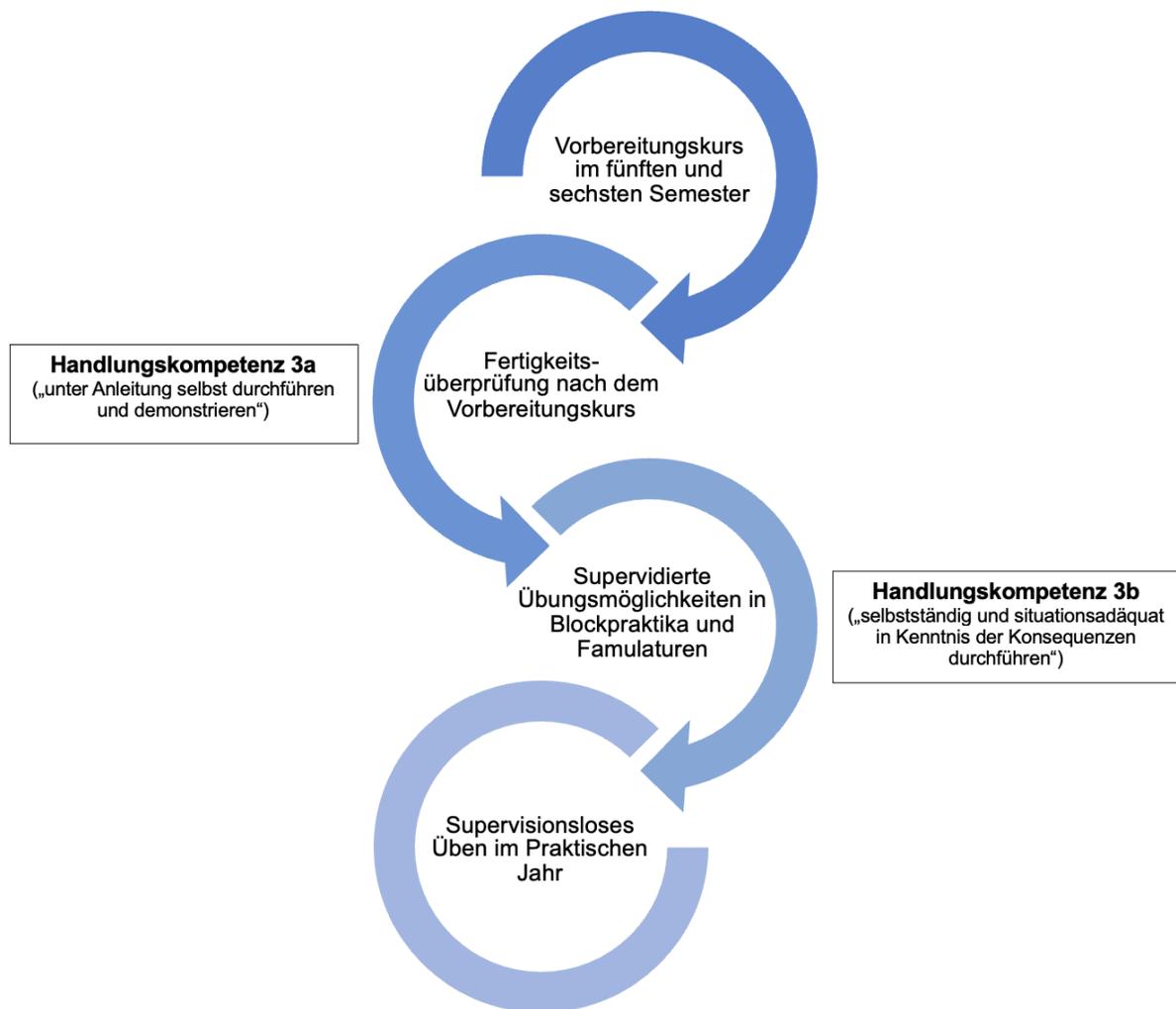


Abbildung 1: Graphische Darstellung in Anlehnung an die Empfehlungen des NKLM 2.0 zur Ausbildung von Handlungskompetenzen in der Venenverweilkanülierung (MFT und GMA, 2021, VIII.7-02.1.13)⁵.

An der Universität zu Köln werden Medizinstudierende im fünften Semester zum Beispiel in theoretischen und praktischen Kursen auf die Venenpunktion und Venenverweilkanülierung vorbereitet und in praktischen Prüfungen wie der „Objective Structured Clinical Examination“ (OSCE) in diesen Fertigkeiten geprüft^{12,13}. Die OSCE's, bei denen die Medizinstudierenden eine Abfolge von 5-minütigen praktischen Teststationen durchlaufen, sind hierbei nachweislich besonders dafür geeignet Rückschlüsse auf die praktischen und hygienischen Kompetenzen von Medizinstudierenden zu ziehen^{18-20,86,87}.

(2) Stellenwert für Medizinstudierende sowie Patienten und Patientinnen

Eine erfolgreiche Ausbildung von Medizinstudierenden in der Phlebomie und Venenverweilkanülierung ist in Deutschland von besonderer Relevanz, da diese Tätigkeiten von Ärztinnen und Ärzten in Famulaturen und im Praktischen Jahr häufig an Medizinstudierende delegiert werden^{7,33,34}. Auch in anderen Ländern gehören die Venenpunktion und Venenverweilkanülierung zu den häufigsten prozeduralen Tätigkeiten, die Medizinstudierende im Verlauf ihres Studiums selbstständig durchführen⁸⁸⁻⁹¹.

Dabei sind Venenpunktionen und Venenverweilkanülierungen gerade in diesem Ausbildungsstadium für Medizinstudierende häufig eine Abwägung zwischen medizinischer Notwendigkeit dieser Maßnahmen^{34,85} und den eigenen Versagensängsten und Überforderungsgefühlen^{34,92,93}. Insbesondere bei einfachen prozeduralen Fertigkeiten, wie im Falle der Venenpunktion, werden die Bedenken der Medizinstudierenden von den Lehrenden häufig unterschätzt⁹².

Im klinischen Kontext können Kompetenzüberschreitungen hierbei potenziell zivilrechtliche und Sorgfaltswidrigkeit strafrechtliche Folgen für die Medizinstudierenden nach sich ziehen^{35,36}. Über ausreichendes medizinrechtliches Hintergrundwissen verfügen die Medizinstudierenden dabei in diesem Ausbildungsabschnitt selten⁹⁴.

Gleichzeitig weisen Medizinstudierende ein besonders hohes Risiko für Nadelstichverletzungen und die damit verbundenen Infektionen auf. So erinnert sich mehr als die Hälfte der Medizinstudierenden in Deutschland an mindestens eine Nadelstichverletzung vor Eintritt in das Praktische Jahr^{9,37,95}. Insgesamt sind mehr als 20 verschiedene Erreger bekannt, darunter das Humane Immundefizienz-Virus, Hepatitis B und Hepatitis C, die durch solche Nadelstichverletzungen übertragen werden können³⁸. Das Infektionsrisiko ist hierbei erregerabhängig, so liegt die Übertragungswahrscheinlichkeit für Hepatitis B bei > 30 %, für Hepatitis C bei 1,8 % und für das Humane Immundefizienz-Virus bei 0,3 %⁹⁶.

Nicht nur für Medizinstudierende, sondern auch für Patientinnen und Patienten stellen Venenpunktionen und Venenverweilkanülierungen Stresssituationen dar, die sich in autonomen, endokrinen und psychischen Körperreaktionen manifestieren^{97,98}. Weniger als die Hälfte der Patienten und Patientinnen ist sich dabei bewusst, dass Medizinstudierende an ihnen zum ersten Mal eine Venenpunktion oder eine Venenverweilkanülierung durchführen könnten⁹⁹. Dabei erhöhen erfolglose Venenpunktionen das Komplikationsrisiko^{11,39} und können traumatisierend auf die Patientinnen und Patienten wirken⁴⁰.

Erfolgreiche Venenpunktionen und Venenverweilkanülierungen durch Medizinstudierende sind somit zum rechtlichen^{35,36} und gesundheitlichen Schutz⁹ der Medizinstudierenden sowie zur Abwendung von gesundheitlichen Risiken der Patienten unerlässlich^{11,30,54}.

1.2. Aktueller Forschungsstand

1.2.1. Fertigungsstand von Medizinstudierenden bei Venenpunktion und Venenverweilkanülierung

Wie in den Kapitel 1.1.1.3 und 1.1.2.3 beleuchtet, sind praktische, hygienische und kommunikative Kompetenzen Kernbestandteile der Venenpunktion und Venenverweilkanülierung. Hierbei werden Schulungen und Ausbildungen zum Erlernen dieser Kernkompetenzen empfohlen^{11,54}. Durch die Anwendung der so erlernten Fertigkeiten in Famulaturen und im Praktischen Jahr sollen sich diese Kompetenzen daraufhin vertiefen und festigen¹⁰⁰. Das Vertrauen in die eigene Fertigkeit korreliert dabei maßgeblich mit der Häufigkeit einer bereits durchgeführten Fertigkeit^{89,91,101}.

(1) Praktische Fertigkeiten

Über den Verlauf des Medizinstudiums akkumulieren die Möglichkeiten prozedurale Fertigkeiten in der klinischen Praxis anzuwenden, sodass auch die Häufigkeit der durchgeführten Venenpunktionen und Venenverweilkanülierungen mit dem Ausbildungsjahr steigt^{91,102}. Trotzdem deuten Studien aus Schottland¹⁰³ und Südafrika¹⁰⁴ auf unzureichende Phlebotomie- und PIV-Fertigkeiten bei Medizinstudierenden im letzten Studienjahr hin. Aufgrund loko-regionaler Unterschiede des Studiums¹⁰⁵ und in der Verfügbarkeit von Übungsmöglichkeiten für die Venenpunktion und Venenverweilkanülierung^{88-91,106}, sind diese jedoch nicht repräsentativ für den Ausbildungsstand der Medizinstudierenden in Deutschland.

(2) Hygienische Fertigkeiten

Auch in Bezug auf Hygiene deutet die Literatur auf allgemein unzureichendes Wissen^{107,108}, mangelnde Implementierung von Händedesinfektion^{24,107,109,110} und geringe Equipment-Hygiene¹¹¹ seitens Medizinstudierender hin. Nach Lau et al. schätzen Medizinstudierende im Vergleich zu Pflegestudierenden ihre Hygienekompetenz und -wissen in aseptischen Prozeduren und im Kontakt mit Körperflüssigkeiten, beides Aspekte der Venenverweilkanülierung und der Phlebotomie (siehe Kapitel 2.1.1.3 und 2.1.2.3), als gering ein¹¹². Hinsichtlich Hygiene bei der Venenpunktion kennen sich somit in einer Studie von Mann et al. nur 52,3 % der Medizinstudierenden in Händehygiene, 64,9 % in der Schutzausrüstung (Einmalhandschuhe) und 67,5 % im Umgang mit scharfen Gegenständen aus¹¹³. Ob sich diese subjektive Selbsteinschätzung und das unzureichende Hygienewissen auch in der praktischen Anwendung der Venenpunktion und Venenverweilkanülierung widerspiegeln, bedarf jedoch weiterer Studien.

(3) Kommunikative Fertigkeiten

Neben den psychomotorischen Fertigkeiten und der Hygienekonformität gehört auch die Kommunikation mit Patienten und Patientinnen zu den Kernbestandteilen der Venenpunktion und Venenverweilkanülierung^{54,114,115}. So ermöglicht sie Identifikation und Einwilligung von Patienten und Patientinnen⁵⁴ und kann das Wohlbefinden während der Punktionen steigern⁵⁵. Gleichzeitig dient sie der rechtlichen Absicherung^{116,117} und kann das Vertrauensverhältnis zwischen Patient oder Patientin und medizinischem Personal stärken^{118,119}. Insgesamt werden einer guten Arzt-Patienten-Kommunikation eine erleichterte Diagnostik, eine verbesserte Therapietreue, eine höhere Patientenzufriedenheit und eine Steigerung der Lebensqualität der Patienten und Patientinnen zugeschrieben¹²⁰. Auch die Berufszufriedenheit von Ärzten und Ärztinnen steht in einem positiven Zusammenhang mit der Arzt-Patienten-Kommunikation^{116,117,120}. Hingegen übersetzen sich Kommunikationsschwierigkeiten in Patientenunzufriedenheit¹²¹ sowie Schwierigkeiten der Patientinnen und Patienten, ärztliche Empfehlungen zu verstehen, gesundheitsbezogene Informationen zu verarbeiten oder sich im Gesundheitssystem zurechtzufinden¹²².

Aufgrund dieser Relevanz für Behandelnde und Behandelte findet die Arzt-Patientenkommunikation seit 2012 auch in der ärztlichen Approbationsordnung und seit 2015 in den definierten Lernzielen des NKLM 1.0 explizit Berücksichtigung¹²³. Hierbei stellt die Verknüpfung von verbalen und psychomotorischen Fertigkeiten Lehrende und Medizinstudierende nachweislich vor Herausforderungen¹¹⁵. Dieses spiegelt sich auch in einer Untersuchung von Krautter et al. wider, in der eine geringe durchschnittliche Kommunikationsrate von Medizinstudierenden im letzten Studienjahr während der körperlichen Untersuchungen nachgewiesen werden konnte¹²⁴. Entsprechende Studien zu den kommunikativen Fähigkeiten von Medizinstudierenden bei der Venenpunktion oder Venenverweilkanülierung fehlen jedoch bisher.

1.2.2. Einflussfaktoren auf die Venenpunktion und Venenverweilkanülierung durchgeführt von Medizinstudierenden

(1) Praktische Fertigkeiten

Als signifikante Einflussfaktoren auf eine erfolgreiche Venenpunktion und Venenverweilkanülierung sind sowohl patientenabhängige (Alter^{15,16,75,125}, Body-Mass-Index¹⁵, Venenstatus^{15,75,125-127}, Erkrankungsstadium^{16,126}, Punktionsstelle^{15,75}) als auch technische Faktoren (Venenkathetergröße¹⁴, wiederholte Venenpunktion^{14,75}) bekannt. Weitere Einflussfaktoren zeigen sich abhängig von Eigenschaften der durchführenden Person (Erfahrungsgrad^{14,15,75}, Spezialisierung¹⁶). Dieser Eindruck wird auch durch eine Studie von Woelfel und Tabake untermauert, nach der mehr als die Hälfte der Medizinstudierenden erfolglose Venenverweilkanülierungen auf mangelnde eigene technische Fertigkeiten und patientenabhängige Faktoren zurückführen. Gemäß subjektiver Selbsteinschätzung lag somit die Erfolgsrate bei der Venenverweilkanülierung zwischen 81,4 % ± 3,3 % bis 86,6 % ± 4,2 % bei Medizinstudierenden mit Vorerfahrungen im Vergleich zu ihren Kommilitonen ohne Vorerfahrungen (67,8 % ± 3,3 %). Bei durchschnittlich 3,2 – 5,4 gelegten PIVs fand sich hierbei kein Unterschied hinsichtlich der Erfolgsrate in der Venenverweilkanülierung innerhalb der Gruppen mit und ohne Vorerfahrungen⁷⁵.

Unter der Prämisse, dass mangelnde technische Fähigkeiten mit Hilfe von praktischen Übungen deutlich steigerungsfähig sind^{128,129}, könnte die Transition von Präsenz zur Online-Lehre im medizinischen Bereich während der COVID-19-Pandemie bedenklich sein¹³⁰. Dieses spiegelt sich auch in der Sorge von 70 % der Medizinstudierenden wider, aufgrund von mangelnden Übungsmöglichkeiten während der COVID-19-Pandemie unzureichende praktische Fertigkeiten zu erwerben¹³¹.

Für eine Objektivierung der mutmaßlichen Auswirkungen von Übungsmöglichkeiten auf die Fertigkeiten von Medizinstudierenden erscheinen somit Beobachtungsstudien zum praktischen Fertigkeitserwerb über den Verlauf des Studiums sowie in Bezug auf die Transition zur Online-Lehre während der COVID-19-Pandemie von Nöten.

(2) Hygienische Fertigkeiten

Nachweislich lassen sich 40 % der Variation in Hygienekonformität von Medizinstudierenden auf ihre Erwartung an das Resultat (Vermeidung von Infektionen) sowie ihre Selbsteffizienz und Gewohnheit hinsichtlich Hygiene zurückführen¹³². Die Relevanz der Erwartungshaltung an das Resultat zeigte sich auch an der beobachteten, steigenden Hygienekonformität während der SARS-Epidemie in Hongkong¹³³ und nun auch an der COVID-19-Pandemie^{134,135}. Die Schweinegrippe-Pandemie 2009 hatte im Gegensatz dazu keinen Einfluss auf das Wissen oder die Hygienekonformität von Medizinstudierenden. Stattdessen hielten die Medizinstudierenden positive Vorbilder für den wichtigsten Faktor zur Verbesserung der Händehygiene¹³⁶. Auch eine qualitative Analyse von Erasmus et al. verdeutlicht, dass

Medizinstudierende das Hygieneverhalten ihrer Vorgesetzten nachahmen²⁵. Dementsprechend führen ein Viertel der Medizinstudierenden unzureichende Händehygiene auf mangelnde Umsetzung durch Vorbilder zurück¹¹⁰, welche durch Gewohnheit die Händehygiene negativ beeinflusst¹³².

Insbesondere in Famulaturen dienen den Medizinstudierenden hierbei Assistenzärzte und Assistenzärztinnen als Vorbilder²³. Nachweislich haben diese jedoch eine schlechte Hygienekonformität¹³⁷⁻¹³⁹. Es erscheint somit denkbar, dass sich die Hygienekonformität von Medizinstudierenden durch die Akkumulation von Famulaturen über den Studienverlauf verschlechtern könnte. Andere Studien deuten hingegen auf eine Steigerung der Hygienekonformität über den Studienverlauf hin^{24,113} und führen diese auf kontinuierliche Schulungen zurück²⁴. Es bleibt somit unklar, welche Auswirkungen der Studienverlauf und dessen Inhalte auf das Hygieneverhalten von Medizinstudierenden schlussendlich haben.

(3) Kommunikative Fertigkeiten von Medizinstudierenden

Gemäß der Literatur sind zudem weitere Untersuchungen zu den Einflussfaktoren und Motivationen hinter der Kommunikation von Medizinstudierenden notwendig¹⁴⁰. So sind inter-individuelle Unterschiede in der Kommunikationsfreudigkeit von Medizinstudierenden^{140,141}, trotz hoher Relevanz für die Patientenversorgung^{54,55} sowie des Stellenwertes in der medizinischen Ausbildung¹²³, nach wie vor ungeklärt.

1.3. Fragestellungen und Ziel der Arbeit

Zur Untersuchung der praktischen, hygienischen und kommunikativen Fertigkeiten von Medizinstudierenden in der Phlebotomie und Venenverweilkanülierung sowie möglicher Einflussfaktoren sind daher longitudinale Beobachtungsstudien und Fall-Kontroll-Studien erforderlich.

Ziel der zugrunde liegenden Studien war es daher, die Venenverweilkanülierung und Venenpunktion durch Medizinstudierende am Kölner Interprofessionellen SkillsLab und Simulationszentrum der Uniklinik Köln zu untersuchen. Dabei wurden in einer prospektiven Längsschnittstudie der Einfluss von Erfahrungen und Übungsmöglichkeiten auf die Venenverweilkanülierung von Medizinstudierenden und in einer retrospektiven Fall-Kontroll-Studie der Einfluss der COVID-19-Pandemie auf deren Venenpunktion evaluiert. Die Auswahl der untersuchten Einflussfaktoren erfolgte nach ausführlicher Literaturrecherche und auf Grundlage ihrer potenziellen Relevanz zur Förderung der praktischen, hygienischen und kommunikativen Kompetenz bei Medizinstudierenden.

Hierdurch sollen mögliche Ansatzpunkte identifiziert werden, die einer Verbesserung der Venenpunktion und Venenverweilkanülierung durch Medizinstudierende dienen könnten. Da Medizinstudierende bereits während ihres Studiums und mitunter ohne ärztliche Aufsicht Venen punktieren und PIVs legen, sollen diese Forschungsergebnisse das Wohl der Patienten und Patientinnen sowie der Medizinstudierenden fördern.

2. Publikationen

Meyer et al. *BMC Medical Education* (2021) 21:434
<https://doi.org/10.1186/s12909-021-02868-5>

BMC Medical Education

RESEARCH

Open Access



Deterioration in hygiene behavior among fifth-year medical students during the placement of intravenous catheters: a prospective cohort comparison of practical skills

Annika Meyer^{1,2†}, Jakob Schreiber^{2†}, Julian Brinkmann², Andreas R. Klatt¹, Christoph Stosch² and Thomas Streichert¹

Abstract

Background: The American Association of Medical Colleges has defined peripheral intravenous cannulation as one of the eight practical skills that a medical student should possess upon graduation. Since following a standard hygiene protocol can reduce the rate of complications such as bloodstream infections, the medical student's compliance to hygienic standards is highly relevant.

Methods: This unicentric longitudinal cohort study included 177 medical students undergoing OSCE 1 in the winter semesters 2016/2017 and 2017/2018 as well as OSCE 2 during the winter semesters 2018/2019 and 2019/2020 at the University of Cologne. Their performance in peripheral intravenous cannulation was rated by trained student supervisors using a scaled 13-item questionnaire and compared between OSCE 1 and OSCE 2.

Results: Overall, a decline in the correct placement of peripheral intravenous catheters was observed among advanced medical students during OSCE 2 (mean total score: 6.27 ± 1.84) in comparison to their results in OSCE 1 (mean total score: 7.67 ± 1.7). During OSCE 2, the students were more negligent in regard to hygienic behavior, such as disinfection of the puncture site as well as hand disinfection before and after venipuncture. Their patients were also less likely to be informed about the procedure as compared to OSCE 1.

Conclusions: An unsatisfying performance in regard to peripheral intravenous cannulation was observed in medical students with hygiene compliance deteriorating between the third and fifth year of their study. Thus, we promote an extension of practical hygiene and stress management training in medical school to reduce complications associated with intravenous catheters, such as bloodstream infections.

Keywords: Hygienic venipuncture, Hygiene, Medical student, Peripheral intravenous catheter (PIV), Objective Structured Clinical Examination (OSCE)

* Correspondence: annika.meyer1@uk-koeln.de

[†]Annika Meyer and Jakob Schreiber share the first authorship.

¹Department of clinical chemistry, University of Cologne, Faculty of medicine and university hospital, Kerpener Str. 62, 50937 Cologne, Germany

²Interprofessional Skills Lab and Simulation center (KISS), University of Cologne, faculty of medicine and university hospital, Joseph-Stelzmann-Straße 9a, 50931 Cologne, Germany



© The Author(s). 2021 **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

Highlights

- Advanced medical students are less likely to place a PIV correctly.
- Hygiene compliance is especially insufficient in more advanced medical students.
- Patients are less likely informed about PIV by more advanced medical students.

Background

For over 20 years, the use of intravenous catheters such as peripheral intravenous catheter (PIV), has been determined as one of eight basic practical skills medical students should possess upon graduation by the American Association of Medical Colleges [1, 2]. This is not surprising, since PIV is an established and frequently used method in the clinical practice with 150–330 million applications per year in the USA alone [3, 4].

Despite this, the literature suggests that medical students often gain insufficient practical experience with PIV during their studies. Furthermore, students do not feel confident placing a PIV even though repeated use of a PIV could improve their ability and foster their confidence [1, 5]. Moreover, a study by Friederichs et al. showed the positive effect of simulation training on students' PIV skills with no special regard to hygiene behavior, but these results did not remain constant over 8 days [6].

There have not yet been any studies specifically evaluating the hygiene behavior of medical students in relation to the use of PIV. Hygiene behavior in regard to PIV is essential to avoid complications, such as PIV-associated bloodstream infections (BSI). With a presumed 250 million cases and an incidence of 21.6 per 1,000 admissions alone in the USA, the rates of nosocomial BSI are rather high [7, 8]. Of all nosocomial BSI, 6.3–23% are attributed to PIV and their incidence can be reduced by up to 70% with trained staff and standard hygiene protocols [9–13]. Reducing the rate of nosocomial BSI would not only lessen BSI-associated mortality and morbidity risk, but also reduce health care costs of up to \$40,000 per case [9, 14, 15].

Given their role in the current and future patient care, the relevance of medical students and their compliance with a hygiene protocol when placing a PIV cannot be underestimated.

Consequently, this study seeks to examine hygiene behaviors related to PIV during medical school.

Material and methods: study design and patient population

This study is an unicentric prospective longitudinal cohort study of 177 medical students undergoing the “objective structured clinical examinations 1 and 2” (OSCE

1 and OSCE 2). Of the original 234 volunteering participants during OSCE 2 in the winter semesters 2018/2019 and 2019/2020, four had to be excluded due to incorrect data collection and 53 students due to missing participation during OSCE 1 in the winter semesters 2017/2018 or 2018/2019.

The OSCEs are intra-curricular practical skill exams, which take place in the third (OSCE 1, formative evaluation) and fifth (OSCE 2, summative test) year of medical school in Cologne, to prove practical suitability for clinical internships and the practical year in Germany.

PIV placement is regularly tested in the third year of medical study using OSCE 1. For the purpose of this study, the test station for PIV was additionally set up during OSCE 2 which takes place during the fifth year of medical study. Participation was voluntarily. All members were informed that their participation and the results of the study would not be included in the score of OSCE 2. All data was collected pseudonymized.

Data was collected during OSCE 2 using the same materials (patient couch, stool, simulation dummy, infusion arm, blanket, pillow, infusion, infusion stand, tray, PIV, plaster, stasis loop, disinfectant, gloves, sharp-safe, swabs) and 13-item questionnaire as in OSCE 1. The items were graded by trained professionals on a scale with at least two categorical possibilities. Poor performance was rated with 0, moderate performance with 0.25 or 0.5 and high performance with 0.5 or 1 point. Overall, students could receive 0.5 points in 6 items and 1 point in 7 items, giving students a possible maximum score of 10.

For the purpose of this study, the weighting of the individual items used for grading OSCE 1 was also retained for OSCE 2. The questionnaire contained the items shown in Table 1 and in the Appendix 1.

The PIV placement had to be performed within 5 min under examination conditions on a simulation manikin in both OSCE 1 and OSCE 2, while being observed by either an examiner or data collector. If the 5 min were exceeded, the test was ended prematurely whilst the test scores were still included in the study.

OSCE 2 consists of 14 test stations while OSCE 1 consists of 7. Thus, OSCE 2 takes twice as long as OSCE 1. While the results of this study were not relevant for the OSCE 2 score, the results of the PIV placement during OSCE 1 were included in the OSCE 1 grade and feedback. The examiners at OSCE 1 were more advanced in their medical studies than the data collectors during OSCE 2 and did not know of this study, while the data collectors were fully informed.

In contrast to OSCE 2, the students received a hygiene course and a course for placing intravenous catheters five months to a few weeks prior to the OSCE 1 exam, while the students in their fifth year of study were able

Table 1 Results of the placed PIV in OSCE 1 and 2

N = 177	OSCE 1	OSCE 2	P-value
Score (Maximum = 10)	7.67 ± 1.707	6.27 ± 1.844	< 0.001**
Informing the patient			
The patient is not informed about the procedure	17 (9.6)	113 (63.8)	< 0.001*
The patient is informed about the procedure	160 (90.4)	64 (36.2)	
Preparation of the material			
More than one material or the sharp-safe is missing	49 (27.7)	50 (28.2)	< 0.001*
At least one material is missing	23 (13.0)	68 (38.4)	
Complete and correct preparation of the material	105 (59.3)	59 (33.3)	
Hygienic hand disinfection prior to patient contact			
No hand disinfection was performed before patient contact	13 (7.3)	111 (62.7)	< 0.001*
Hygienic hand disinfection prior to putting on the medical gloves	164 (92.7)	66 (37.3)	
Application and deposition of the tourniquet			
The tourniquet is not applied or disposed of correctly	11 (6.2)	20 (11.3)	< 0.001*
The tourniquet is not applied, while the needle is pulled before disposing of the tourniquet	88 (49.7)	23 (13)	
The tourniquet is applied and disposed in the correct manner	78 (44.1)	134 (75.7)	
Disinfection of the puncture site			
The puncture site is not disinfected, or it is palpated after the disinfection and prior to the venipuncture	16 (9)	79 (44.6)	< 0.001*
The puncture site is correctly disinfected	161 (91)	98 (55.4)	
30 s application time for the disinfectant			
Disinfectant has not acted for 30 s	6 (3.4)	47 (26.6)	< 0.001*
Disinfectant has acted for 30 s	171 (96.6)	130 (73.4)	
Venipuncture			
The vein is not punctured	9 (5.1)	52 (29.4)	< 0.001*
The vein is punctured the second time	50 (28.2)	27 (15.2)	
The vein is punctured the first time	118 (66.7)	98 (55.4)	
Needle safety while puncturing the vein			
The needle was touched or bent by the student	24 (13.6)	37 (20.9)	0.079
The needle was neither touched nor bent by the student	153 (86.4)	140 (79.1)	
Discarding of the puncture needle			
The needle is not discarded correctly	47 (26.5)	31 (17.5)	< 0.001*
The needle is discarded immediately but not correctly	41 (23.2)	81 (45.8)	
The needle is discarded immediately and correctly	89 (50.3)	65 (36.7)	
Fixation of the PIV			
The PIV is not fixated correctly	33 (18.6)	31 (17.5)	0.894
The PIV is fixated correctly	144 (81.4)	146 (82.5)	
Controlling and connecting the NaCl-infusion			
The infusion is neither controlled, nor connected to the PIV	44 (24.9)	24 (13.6)	< 0.001*
The infusion is connected to the PIV, without prior control	44 (24.9)	27 (15.2)	
The infusion is controlled and connected correctly to the PIV	89 (50.3)	126 (71.2)	
Structured work process			
The work process is not structured	7 (3.9)	22 (12.4)	0.025*
The work process is partly structured	55 (31.1)	42 (23.7)	
The work process is structured	115 (65)	113 (63.8)	

Table 1 Results of the placed PIV in OSCE 1 and 2 (Continued)

N = 177	OSCE 1	OSCE 2	P-value
Hand disinfection after discarding the medical gloves			
Hands are not disinfected after discarding the medical gloves	70 (39.5)	159 (89.8)	< 0.001*
Hands are disinfected after discarding the medical gloves	107 (60.5)	18 (10.2)	

*Statistically significant difference in this feature between OSCE 1 and 2 was determined using the McNemar-test.

**Statistically significant difference in this feature between OSCE 1 and 2 was determined using the t-test.

to train their PIV-skills in up to four months of clinical clerkships under non-university-controlled conditions (Appendix 2).

Statistical Analysis

The Data was analyzed using IBM SPSS Statistics 25. For the descriptive statistics, categorical variables were expressed by frequencies and percentages, while the continuous parameters were described by their mean and standard deviation.

The McNemar test and Chi-square test were used to determine statistically significant differences in the grouped item-categories between OSCE 1 and OSCE 2, while the t-test was used to compare averages of continuous characteristics.

In addition, binary logistic regression was used in the subgroup analyses to investigate the possible association between features of hygiene behavior during OSCE 1 and non-sterile venipuncture in OSCE 2.

Results

While a total score of 10 for placing a PIV was possible, participants received 6.97 ± 1.91 in average, with fifth-year students scoring worse (6.27 ± 1.84) than in their third year during OSCE 1 (7.67 ± 1.7). Thus, an increase in the number of unsuccessful venipunctures was observed during OSCE 2 (29.4 %) in comparison to OSCE 1 (5.1 %), and the simulation model was less frequently informed about the procedure by the more advanced students (36.2 %) than during OSCE 1 (90.4 %) (Table 1; Fig. 1, Appendix 3–4).

Similar to these results, the fifth-year medical students were also more unsuccessful in hygiene. Hence, hand disinfection prior to patient contact was performed by less than half of the students in OSCE 2 (37.7 %) as compared to the majority of medical students performing it during OSCE 1 (92.7 %). Likewise, the chance of not disinfecting one's hand after patient contact was higher in OSCE 2 (89.8 %) than during OSCE 1 (39.5 %). Moreover, only 16 medical students (9 %) did not disinfect the puncture site correctly or palpated it after disinfection during OSCE 1, while 79 participants (44.6 %) did not correctly disinfect the puncture site during OSCE 2. In addition, 26.6 % of the medical students in OSCE 2 as compared to 3.4 % of the medical students in OSCE 1

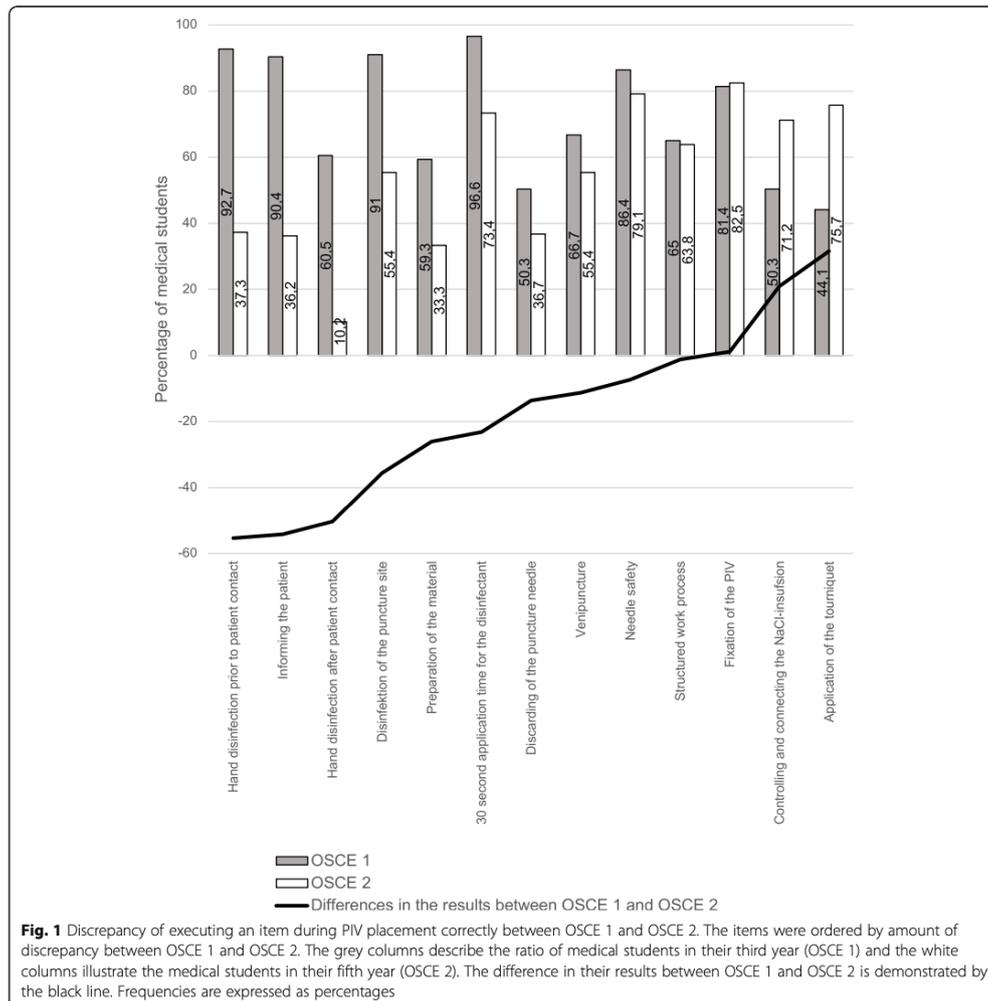
did not obey to the 30-second exposure time of the disinfectant (Table 1; Fig. 1, Appendix 1).

Nonetheless, fifth-year medical students did not score lower on all items. During OSCE 2, the students more often correctly applied the tourniquet (OSCE 1: 44.1 %, OSCE 2: 75.7 %) and were similarly successful in not contaminating nor bending the needle before venipuncture (OSCE 1: 86.4 %, OSCE 2: 79.1 %), in fixation of the PIV (OSCE 1: 81.4 %, OSCE 2: 82.5 %) and structuring their work process (OSCE 1: 65 %, OSCE 2: 63.8 %) in both OSCEs (Table 1).

Discussion

With 150–330 million applications per year alone in the USA, the PIV is an established and frequently used method in the clinical practice [3, 4]. Accordingly, the use of PIV is also considered one of the basic practical skills medical students should possess at the end of medical school [1, 2].

Medical students are given the opportunity to place PIV during their internship, as this skill is delegated to them by physicians [1, 16, 17]. Thus, it can be assumed that medical students in higher semesters will have had more opportunities to place PIV during their internships than their less advanced peers, which is consistent to the description of learning-goals in the German national competency-based learning-goal catalogue [18]. Even though more practice evidently leads to more successful PIV placement, the opportunities to place PIV might still be too rare throughout medical school. This hypothesis is also supported by the literature, since 30–60 % of US third-year medical students and 22–23 % of fourth-year medical students have reportedly not the opportunity to place a PIV [1, 5, 19]. This is especially alarming, considering one must place 79 ± 47 PIV to master this skill [20]. However, in a study by Morton et al. only 4 % of students worried about low practice opportunities, while 15–36 % complained about a lack of supervision, feedback, and/or support when placing a PIV [17]. A stronger focus on these aspects in the curriculum would therefore seem necessary. The model curriculum in Cologne covers the leak by inserting a venipuncture-course since 2004 in the first year of medical study followed by a PIV-course in the third year [21]. Thus, the high



overall test results in the third as compared to the fifth-year medical students, might be due to the practical training on hygienic placements of PIVs that took place prior to OSCE 1 and not OSCE 2. Similar results in regard to simulation training and successful venipuncture were reported in a study by Friederichs et al., thus demonstrating the relevance of supervised practice opportunities [6].

In accordance with the lower test scores, the patient was less likely informed about the procedure during OSCE 2 compared to OSCE 1. The information provided by the exam coordinator that communication with

simple simulation models such as the PIV model would not be assessed during OSCE 2 as opposed to OSCE 1 may have negatively influenced students' communication skills during OSCE 2 and positively influenced them during OSCE 1. Nevertheless, it seems unlikely this information led to a reduction of up to 64% in physician-patient communication from OSCE 2 to OSCE 1, especially since the literature suggests a decline in medical student's communication skills over the course of medical school [22]. Especially the reduction of empathy during medical school seems to negatively influence medical student's communication skills [23, 24]. Stress

and distress are believed to be main factor in the reduction of empathy of medical students [23]. Thus, the stress due to OSCE 2's relevance, duration and difficulty, as compared to OSCE 1 could have been a reason for the deteriorating doctor patient communication.

A possible solution for better communication skills in medical students during their studies and future career might be voluntary courses for stress management strategies, which have been proven successful for medical students in several studies [25, 26]. Additional curriculum aspects with a positive impact on medical student's empathy are practical learning, presentation of the patient perspective and early patient contact that had been partially introduced to the Cologne curriculum several years before [27, 28].

Moreover, hygiene during the placement of PIV is highly relevant to minimize the risk of PIV-associated complications, such as PIV-associated BSI. A study by Zhang et al. identified four main ways, contamination of the puncture site (Items: disinfection of the puncture site, hand disinfection), contamination of the PIV (Item: needle safety), contamination of the applied infusion (Item: controlling and connecting the infusion) and hematogenous spread of existing infections, as causal for the development of a PIV-associated BSI [4].

Students performed poorly in the first three causes, while they were particularly negligent in hand disinfection and disinfection of the puncture site during OSCE 1 as compared to OSCE 2. This contradicts a study by Jayarajah et al. in which more advanced medical students were better in hand and equipment hygiene than their less advanced peers. Such differing results may be due to the different study design or country-specific teaching content of the examined medical schools [29].

The average rate of hygienic hand disinfection in students during OSCE 1 (77.5 %) and OSCE 2 (31.3 %) was higher compared to the rate of hygienic hand disinfection in physicians (32 %), nurses (48 %) and medical students (8.5–18.3 %) described in the literature and might be due to the test environment of this study [30, 31].

In a study by Erasmus et al. hand disinfection was perceived as a form of self-protection or self-cleaning and therefore more often performed after (47 %) than before (21 %) contact with the patient [30]. Since model, non-infectious, patients were used during OSCE 1 and OSCE 2, self-protection and self-cleaning might not have been a predominant motivation for the medical students. This might explain the higher rates of hand disinfection before than after patient contact.

Particularly noticeable in this study was the large proportion of students who did not correctly disinfect the puncture site during OSCE 2 as compared to OSCE 1 and thus might be even more likely to contaminate the puncture site with their own skin flora.

Surprisingly, palpation before venipuncture did not increase the success rate of venipuncture in this study. Thus, more insecure medical students might have been more likely to re-palpate the vein before venipuncture, leading to these results.

In general, the number of non-controlled infusions was unsatisfactory with worse scores in OSCE 1. It stands to reason that controlling the infusion before connecting it to the PIV might lower the risk of infection and medication mix-ups. However, further studies have to be conducted to validate this hypothesis.

The set time of five minutes for the PIV placement might not have allowed enough time for hand disinfection after the procedure, disinfection of the puncture site or sufficient ratio of infusion checks. However, in daily clinical practice, five minutes for placing a PIV cannot be guaranteed. According to the literature, an average of 32–120 s is usually sufficient to perform an indwelling venous cannulation [32, 33]. Thus, the argument of insufficient time can be dismissed.

Since the PIV placement was assessed during a graded (OSCE 1) and non-graded (OSCE 2) situation, the students' ambition and/or the Hawthorne Effect, which also significantly influences the hygienic behavior of physicians (11 %) and nurses (30 %), are alternative explanations for the different hygienic outcomes in OSCE 1 and 2 [34–37]. The Hawthorne effect describes the behavioral adaptation caused by the knowledge of study participants, that they are being observed, which might have been higher during OSCE 1 due to their results being graded [38].

General causes for low compliance in hygiene have been investigated in the literature mainly for hand disinfection but not for disinfection of the puncture site or control of the infusion. However, the causes described in the literature might also act as plausible explanations for the inadequate disinfection of the puncture site and lack of infusion checks in this context.

According to several studies, reasons for low compliance in hand hygiene include lack of knowledge, misinformation, insufficient role models and fear of skin damage caused by disinfection [30, 39–42]. Thus, the older students might have become accustomed to working unhygienically during their often-unobserved placement of PIV in the many months of clinical clerkships or have learned to do so from their role-models on the wards.

However, the most plausible explanation for the better test results in terms of hygiene during OSCE 1 than OSCE 2 is the practical training course in hygienic placement of a PIV held shortly before OSCE 1, which underlines the argument for repetitive hygiene courses for medical students [6, 31, 43, 44].

Another measure to foster hygiene and reduce the contamination load during palpation before venipuncture could be the disinfection of disposable gloves, which showed an improvement in disinfection efficacy in the literature [45].

Nevertheless, further studies have to be conducted to determine the benefit of such disinfection, repetitive courses in hygienic PIV placement and stress management as well as the direct influence of role-modeling on the ward.

Limitations

In contrary to OSCE 1, participation was voluntary during OSCE 2. Assuming that only students who felt confident in the use of PIV or had a relaxed approach to testing participated in OSCE 2, the data could be biased. Nevertheless, this argument can be refuted by the worse total score in OSCE 2 as compared to OSCE 1.

Even though similar conditions to OSCE 1 were created for the study station in OSCE 2, the time difference between OSCE 1 and OSCE 2 might have caused minimal deviation in examination performance and structure.

The investigators during OSCE 1 and OSCE 2 also differed in both their progress in medical school and knowledge of this study. Since only the investigators of OSCE 2 had knowledge of this study, a detection bias could have been possible during OSCE 2. As according to this study, the focus shifts away from hygiene as medical school progresses, so the investigators of OSCE 1 may have paid less attention to hygiene than the less advanced investigators in OSCE 2. However, if such an effect occurred, it only supports the hypothesis of this study.

Additionally, OSCE 2 may have resulted in a performance bias due to the relevance of its grade, longer duration, and more complex content.

As medical students in higher semesters have more patient contact, they might not place as much value on simulation models. Accordingly, further studies on medical students' hygiene behaviors directly related to patients need to be conducted.

Conclusions

Since this study showed, that the communication skills and hygiene behavior of the students in their fifth year of medical students deteriorated significantly compared to their results two years earlier, stress-management and repeating practical hygiene training courses should be additionally implemented in the curriculum to avoid complications such as BSI when placing a PIV.

Abbreviations

PIV: Peripheral Intravenous Catheter; OSCE: Objective Structural Clinical Examination; BSI: Bloodstream Infections

Supplementary Information

The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1186/s12909-021-02868-5>.

Additional file 1:

Additional file 2:

Additional file 3:

Additional file 4:

Acknowledgements

We thank Timmothy Meyer, Linea Fuchs and Dorothee Meyer for proofreading this article.

Authors' contributions

The study design was created by CS and JS. JS, JB, and AM collected the data. AM analyzed and interpreted the data as well as drafted the research article. TS, AK and CS substantially revised this article. All authors have read and approved the final manuscript.

Funding

The authors financed this study from their own funds. Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Availability of data and materials

The datasets generated and analyzed during the current study are not publicly available due to sensitivity of human data but are available from corresponding author on reasonable request.

Declarations

Ethics approval and consent to participate

The study was reviewed and approved by the ethics committee of the University Hospital Cologne prior to initiation. All methods were performed in accordance with the relevant guidelines and regulations of this ethics committee. Informed consent was obtained from all participants in this study.

Consent for publication

Not applicable.

Competing interests

Not applicable.

Received: 1 June 2021 Accepted: 4 August 2021

Published online: 17 August 2021

References

1. Woelfel IA, Takabe K. Successful intravenous catheterization by medical students. *J Surg Res*. 2016;204(2):351–60.
2. O'Donneix JF. The medical school objectives project (MSOP). *Journal of Cancer Education*. 1999;14(1):13–8.
3. Zingg W, Pittet D. Peripheral venous catheters: an under-evaluated problem. *Int J Antimicrob Agents*. 2009;34:38–42.
4. Zhang L, Cao S, Marsh N, Ray-Barruel G, Flynn J, Larsen E, et al. Infection risks associated with peripheral vascular catheters. *Journal of infection prevention*. 2016;17(5):207–13.
5. Wu EH, Elnicki DM, Alper EJ, Bost JE, Corbett EC, Jr., Fagan MJ, et al. Procedural and Interpretive Skills of Medical Students: Experiences and Attitudes of Fourth-Year Students. *Academic Medicine*. 2008;83(10):63–7.
6. Friederichs H, Brouwer B, Marschall B, Weissenstein A. Mastery learning improves students skills in inserting intravenous access: a pre-post-study. *GMS J Med Educ*. 2016;33(4):Doc56.
7. Al-Rawajfah OM, Stetzer F, Hewitt JB. Incidence of and Risk Factors for Nosocomial Bloodstream Infections in Adults in the United States, 2003. *Infection Control & Hospital Epidemiology*. 2009;30(11):1036–44.
8. Pittet D, Li N, Woolson RF, Wenzel RP. Microbiological Factors Influencing the Outcome of Nosocomial Bloodstream Infections: A 6-Year Validated, Population-Based Model. *Clinical Infectious Diseases*. 1997;24(6):1068–78.

9. Blot S, Poulakou G, Timsit JF. Catheter-associated bloodstream infection rates: how low can you go? *Intensive Care Med.* 2019;45(6):896–7.
10. Umscheid CA, Mitchell MD, Doshi JA, Agarwal R, Williams K, Brennan PJ. Estimating the proportion of healthcare-associated infections that are reasonably preventable and the related mortality and costs. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2011;32(2):101–14.
11. Mermel LA. What is the predominant source of intravascular catheter infections? *Clin Infect Dis.* 2011;52(2):211–2.
12. Maki DG, Kluger DM, Crnich CJ. The Risk of Bloodstream Infection in Adults With Different Intravascular Devices: A Systematic Review of 200 Published Prospective Studies. *Mayo Clinic Proceedings.* 2006;81(9):1159–71.
13. Lolom I, Deblangy C, Capelle A, Guerinet W, Bouvet E, Barry B, et al. [Effect of a long-term quality improvement program on the risk of infection related to peripheral venous catheters]. *Presse Med.* 2009;38(1):34–42.
14. Renaud B, Brun-Buisson C. Outcomes of primary and catheter-related bacteremia. A cohort and case-control study in critically ill patients. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001;163(7):1584–90.
15. Pittet D, Tarara D, Wenzel RP. Nosocomial bloodstream infection in critically ill patients. Excess length of stay, extra costs, and attributable mortality. *Jama.* 1994;271(20):1598–601.
16. Robert Koch-Institut. Prävention von Infektionen, die von Gefäßkathetern ausgehen Teil 2 –Peripherenöse Verweilkanülen und arterielle Katheter Empfehlung der Kommission. 2017(60):207–15.
17. Morton J, Anderson L, Frame F, Moyes J, Cameron H. Back to the future: teaching medical students clinical procedures. *Medical Teacher.* 2006;28(8):723–8.
18. MFT Medizinischer Fakultätentag der Bundesrepublik Deutschland e.V., GMA Gesellschaft für Medizinische Ausbildung e.V. Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin (NKLM). 2015. p. 149 – 55.
19. Wu EH, Elnicki DM, Alper EJ, Bost JE, Corbett EC, Jr., Fagan MJ, et al. Procedural and Interpretive Skills of Medical Students: Experiences and Attitudes of Third-Year Students. *Academic Medicine.* 2006;81(10):48–51.
20. de Oliveira Filho GR. The construction of learning curves for basic skills in anesthetic procedures: an application for the cumulative sum method. *Anesth Analg.* 2002;95(2):411–6, table of contents.
21. Stosch C, Joachim A, Ascher J. Clerkship maturity: does the idea of training clinical skills work? *GMS Z Med Ausbild.* 2011;28(3):Doc41.
22. Ha JF, Longnecker N. Doctor-patient communication: a review. *Ochsner J.* 2010;10(1):38–43.
23. Neumann M, Edelhäuser F, Tauschel D, Fischer MR, Wirtz M, Woopen C, et al. Empathy decline and its reasons: a systematic review of studies with medical students and residents. *Acad Med.* 2011;86(8):996–1009.
24. Mercer SW, Reynolds WJ. Empathy and quality of care. *Br J Gen Pract.* 2002; 52 Suppl(Suppl):9–12.
25. de Vibe M, Solhaug I, Tyssen R, Friborg O, Rosenvinge JH, Sørli E, et al. Mindfulness training for stress management: a randomised controlled study of medical and psychology students. *BMC Med Educ.* 2013;13:107.
26. Yang E, Schamber E, Meyer RML, Gold JI. Happier Healers: Randomized Controlled Trial of Mobile Mindfulness for Stress Management. *J Altern Complement Med.* 2018;24(5):505–13.
27. Pohontsch NJ, Stark A, Ehrhardt M, Kötter T, Scherer M. Influences on students' empathy in medical education: an exploratory interview study with medical students in their third and last year. *BMC Med Educ.* 2018; 18(1):231.
28. Zims H, Karay Y, Neugebauer P, Herzig S, Stosch C. Fifteen years of the cologne medical model study course: has the expectation of increasing student interest in general practice specialization been fulfilled? *GMS journal for medical education.* 2019;36:Doc58.
29. Jayarajah U, Athapathu AS, Jayawardane BAAJ, Prasanth S, Seneviratne SN. Hygiene practices during clinical training: knowledge, attitudes and practice among a cohort of South Asian Medical students. *BMC Medical Education.* 2019;19(1):157.
30. Erasmus V, Daha TJ, Brug H, Richardus JH, Behrendt MD, Vos MC, et al. Systematic Review of Studies on Compliance with Hand Hygiene Guidelines in Hospital Care. *Infection Control & Hospital Epidemiology.* 2010;31(3):283–94.
31. Feather A, Stone SP, Wessier A, Boursicot KA, Pratt C. 'Now please wash your hands': the handwashing behaviour of final MBBS candidates. *Journal of Hospital Infection.* 2000;45(1):62–4.
32. Jacobson AF, Winslow EH. Variables influencing intravenous catheter insertion difficulty and failure: an analysis of 339 intravenous catheter insertions. *Heart Lung.* 2005;34(5):345–59.
33. Lapostolle F, Catineau J, Garrigue B, Monmarteau V, Houssaye T, Vecchi I, et al. Prospective evaluation of peripheral venous access difficulty in emergency care. *Intensive Care Medicine.* 2007;33(8):1452–7.
34. Wu K-S, Lee S-S-J, Chen J-K, Chen Y-S, Tsai H-C, Chen Y-J, et al. Identifying heterogeneity in the Hawthorne effect on hand hygiene observation: a cohort study of overtly and covertly observed results. *BMC Infect Dis.* 2018; 18(1):369–.
35. Kohli E, Ptak J, Smith R, Taylor E, Talbot EA, Kirkland KB. Variability in the Hawthorne effect with regard to hand hygiene performance in high- and low-performing inpatient care units. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2009; 30(3):222–5.
36. Bruchez SA, Duarte GC, Sadowski RA, Custódio da Silva Filho A, Fahring WE, Belini Nishiyama SA, et al. Assessing the Hawthorne effect on hand hygiene compliance in an intensive care unit. *Infection Prevention in Practice.* 2020; 2(2):100049.
37. Schüttelpetz-Brauns K, Obertacke U, Kaden J, Hagl CI. Association between students' personality traits and hand hygiene compliance during objective standardized clinical examinations. *J Hosp Infect.* 2015;89(3):210–4.
38. Holden JD. Hawthorne effects and research into professional practice. *J Eval Clin Pract.* 2001;7(1):65–70.
39. Birnbach DJ, Rosen LF, Fitzpatrick M, Arheart KL, Everett-Thomas R. Current hand hygiene education is suboptimal. *Clin Teach.* 2019;16(6):589–92.
40. Cresswell P, Monrouxe LV. 'And you'll suddenly realise I've not washed my hands': medical students', junior doctors' and medical educators' narratives of hygiene behaviours. *BMJ Open.* 2018;8(3):e018156.
41. Barroso V, Caceres W, Loftus P, Evans KH, Shieh L. Hand hygiene of medical students and resident physicians: predictors of attitudes and behaviour. *Postgrad Med J.* 2016;92(1091):497–500.
42. Snow M, White GL, Jr., Alder SC, Stanford JB. Mentor's hand hygiene practices influence student's hand hygiene rates. *Am J Infect Control.* 2006; 34(1):18–24.
43. Askarian M, Memish ZA, Khan AA. Knowledge, Practice, and Attitude Among Iranian Nurses, Midwives, and Students Regarding Standard Isolation Precautions. *Infection Control & Hospital Epidemiology.* 2007;28(2): 241–4.
44. Chauhan K, Pandey A, Thakuria B. Hand hygiene: An educational intervention targeting grass root level. *J Infect Public Health.* 2019;12(3): 419–23.
45. Scheithauer S, Häfner H, Seef R, Seef S, Hilgers RD, Lemmen S. Disinfection of gloves: feasible, but pay attention to the disinfectant/glove combination. *J Hosp Infect.* 2016;94(3):268–72.

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

Learn more biomedcentral.com/submissions



RESEARCH

Open Access

The impact of COVID-19 on medical students' practical skills and hygiene behavior regarding venipuncture: a case control study



Annika Meyer^{1*}, Christoph Stosch², Andreas R. Klatt¹ and Thomas Streichert¹

Abstract

Background: Despite their importance to current and future patient care, medical students' hygiene behaviors and acquisition of practical skills have rarely been studied in previous observational study. Thus, the aim of this study was to investigate the potential impact of the COVID-19 pandemic on medical student's hygiene and practical skills.

Methods: This case-control study assessed the effect of the COVID-19 pandemic on hygiene behavior by contrasting the practical skills and hygiene adherence of 371 medical students post the pandemic associated lockdown in March 2020 with that of 355 medical students prior to the SARS-CoV-2 outbreak. Students' skills were assessed using an objective structured clinical examination (OSCE). Their skills were then compared based on their results in hygienic venipuncture and the total OSCE score.

Results: During the SARS-CoV-2 pandemic, medical students demonstrated an increased level of compliance regarding hand hygiene before (prior COVID-19: 83.7%; during COVID-19: 94.9%; $p < 0.001$) and after patient contact (prior COVID-19: 19.4%; during COVID-19: 57.2%; $p = 0.000$) as well as disinfecting the puncture site correctly (prior COVID-19: 83.4%; during COVID-19: 92.7%; $p < 0.001$). Prior to the pandemic, students were more proficient in practical skills, such as initial venipuncture (prior COVID-19: 47.6%; during COVID-19: 38%; $p < 0.041$), patient communication (prior COVID-19: 85.9%; during COVID-19: 74.1%; $p < 0.001$) and structuring their work process (prior COVID-19: 74.4%; during COVID-19: 67.4%; $p < 0.024$).

Conclusion: Overall, the COVID-19 pandemic sensitized medical students' attention and adherence to hygiene requirements, while simultaneously reducing the amount of practice opportunities, thus negatively affecting their practical skills. The latter development may have to be addressed by providing additional practice opportunities for students as soon as the pandemic situation allows.

Highlights

- The COVID-19 pandemic sensitizes medical students to hygienic aspects of venipuncture.
- The hygiene compliance of medical students is proportional to the duration of the COVID-19 pandemic.
- During the COVID-19 pandemic, medical students performed worse in non-hygienic tasks.

*Correspondence: ameyer18@smail.uni-koeln.de

¹ Faculty of medicine and university hospital, department of clinical chemistry, University of Cologne, Kerpener Str. 62, 50937 Cologne, Germany
Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s) 2022. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

Keywords: Medical student, COVID-19, Hygiene, Practical skills, Objective structured clinical examination (OSCE), Online teaching, Venipuncture

Background

Over the last century, the world population has repeatedly been confronted with pandemics primarily targeting the respiratory system, such as Influenza A, SARS, MERS-CoV as well as the current COVID-19 pandemic. As these pandemics are associated with high mortality, reducing the transmission of the virus is crucial [1].

“Social distancing” and the implementation of hygiene standards have proven to be reliable precautionary measures to reduce the spread of SARS-CoV-2 [2]. Hence, lockdowns have been implemented all over the world [3–5]. Thus, SARS-CoV-2 has largely impacted and restricted public life on a global scale and made previously contact-based medical teaching of basic practical skills such as venipuncture infeasible [6, 7].

Due to the nature of their work, healthcare professionals are at a particularly high risk of exposure to SARS-CoV-2, as well as susceptible to increased stress levels which result from a pandemic related increased workload [8, 9]. To alleviate the strain on healthcare workers, medical students have reportedly volunteered to assist them during this health care crisis [10–13]. Since proper hygiene, or lack thereof, plays a fundamental role in the transmission of pathogens, such as SARS-CoV-2, medical students’ hygiene adherence is highly relevant to pandemic containment [14]. While previous pandemics have had little impact on medical students, the literature suggests that SARS-CoV-2 is now affecting medical students’ hygiene awareness, knowledge and compliance to a greater extent [8, 15–22]. Nonetheless, these study results are based on surveys and not on other study models, such as observational studies. Moreover, European medical students have not been surveyed so far [15, 19, 23–27]. Therefore, European medical students’ adherence to hygiene protocols during the COVID-19 pandemic seems insufficiently investigated.

Methods

This unicentric case-control study examined the venipuncture skills and level of hygiene-compliance of third year medical students who participated in OSCE at the University of Cologne before and during the COVID-19 pandemic. The data was collected during OSCE, which is a practical test consisting of seven five-minute test stations and usually takes place in the third year of medical school in Cologne. The examined practical skills were assessed by medical students during their practical year. Failure to pass this exam was of no academic relevance

to the tested students. Students are prepared for this test in a practical course, which is designed to teach skills such as hygienic venipuncture and hand disinfection. In total 910 medical students underwent OSCE from February 5th, 2019, to February 19th, 2021, in Cologne. 184 medical students participating in the OSCE in February of 2020 were excluded from this study, since they were assessed after the first SARS-CoV-2 case and before the implementation of pandemic containment measures in Germany. Therefore, the 184 medical students could not be assigned to either the control group or the lockdown group. In conclusion, only the data of 726 medical students were included in this study. Medical students who participated in OSCE prior to the first diagnosed SARS-CoV-2 case in Germany provided the control group (cohort 1). On contrary medical students who took part in OSCE after the first lockdown in March 2020 provided the investigated cohort (cohort 2). A subgroup analysis of cohort 2 allowed the comparison of medical students’ hygiene behavior at different stages of the pandemic (cohort 2a: after first lockdown; cohort 2b: after second lockdown) (Fig. 1).

All data were collected using the same standardized questionnaire (Additional file 1: Appendix 1). The focus of this study was hygienic venipuncture as part of indwelling venous cannulation or blood extraction and the total OSCE score.

Based the results of the Kolmogorov-Smirnov-test, all data were not normally distributed (Additional file 2: Appendix 2). Accordingly, differences between the control and the investigated group were assessed using Mann-Whitney-U test. *P*-values < 0.05 were considered statistically significant. Frequencies and percentages were demonstrated by categorical parameters, while continuous variables were expressed by their mean and standard deviation.

For all statistical analyses, IBM SPSS Statistics version 27 (SPSS Inc., Chicago, Illinois) was used.

All medical students partaking in this study were of legal age. Neither the students nor the examiners knew the purpose of this study prior to the data collection. The local ethics committee reviewed and approved this research project on August 20, 2021, prior to its initiation (approval number: 21–1332). Upon enrollment in the medical program at the University of Cologne, students consented in writing to data collection and analysis. The examined retrospective data were analyzed pseudonymously.

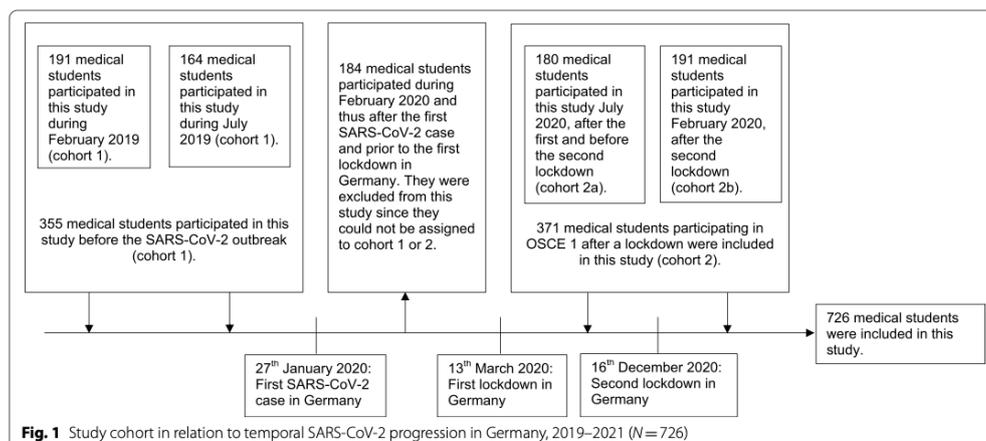


Fig. 1 Study cohort in relation to temporal SARS-CoV-2 progression in Germany, 2019–2021 (N = 726)

The aim of this study was to compare medical students' compliance with standard hygiene protocol regarding venipuncture and other hygienic tasks before and during the COVID-19 pandemic using their results in OSCE.

Results

Out of 726 medical students partaking in OSCE, 355 (48.9%) participated before (cohort 1) and 371 (51.1%) after the first lockdown in Germany during March 2020 (cohort 2). The relative score of both cohorts showed only a slight deviance regarding their relative score for OSCE (pre-lockdown: 62.53 ± 8.47 ; post-lockdown: 67.13 ± 7.22 ; $p < 0.001$) and venipuncture (pre-lockdown: 71.87 ± 15.85 ; post-lockdown: 74.36 ± 17.4 ; $p < 0.001$).

After the lockdown, 352/371 medical students (94.9%) disinfected their hands before patient contact and 212/371 (57.2%) after patient contact, whereas prior to the lockdown only 297/355 students (83.7%) did so before and 69/355 (19.4%) after patient contact (p -value for hand disinfection prior to patient contact < 0.001 ; p -value for hand disinfection after patient contact = 0.000).

After lockdown, significantly more students disinfected their hands prior patient contact (94.95%) compared to after patient contact (57.2%) ($p < 0.001$). Moreover, the number of students disinfecting the puncture site increased post lockdown. (pre-lockdown: 296/355, 83.4%; post-lockdown: 344/371, 92.7%; $p < 0.001$). No significant difference was found between the groups regarding the observance of the 30-second exposure time of the disinfectant. Here, both demonstrated a high level of hygiene compliance (pre-lockdown: 94.9%; post-lockdown: 97.6%; $p < 0.06$).

There was no statistically significant difference between the two cohorts regarding the preparation of the materials (pre-lockdown: 176/355, 49.6%; post-lockdown: 201/371, 54.2%; $p = 0.691$), the use of sterile and unbent puncture needles (pre-lockdown: 303/355, 85.4%; post-lockdown: 311/371, 83.9%; $p = 0.57$) as well as discarding the puncture needle (pre-lockdown: 126/355, 35.5%; post-lockdown: 149/371, 40.2%; $p = 0.177$).

Notably, successful venipuncture (pre-lockdown: 169/355, 47.6%; post-lockdown: 141/371, 38%; $p = 0.041$), doctor-patient communication (pre-lockdown: 305/355, 85.9%; post-lockdown: 275/371, 74.1%; $p < 0.001$) and structure in the work processes (pre-lockdown: 264/355, 74.4%; post-lockdown: 250/371, 67.4%; $p = 0.024$) were less frequently demonstrated by the students partaking after the first lockdown. Thus, applying a tourniquet was the only practical skill that medical students were more proficient at after the first lockdown than before (pre-lockdown: 184/355, 51.8%; post-lockdown: 245/371, 66%; p -value < 0.001) (Table 1, Fig. 2).

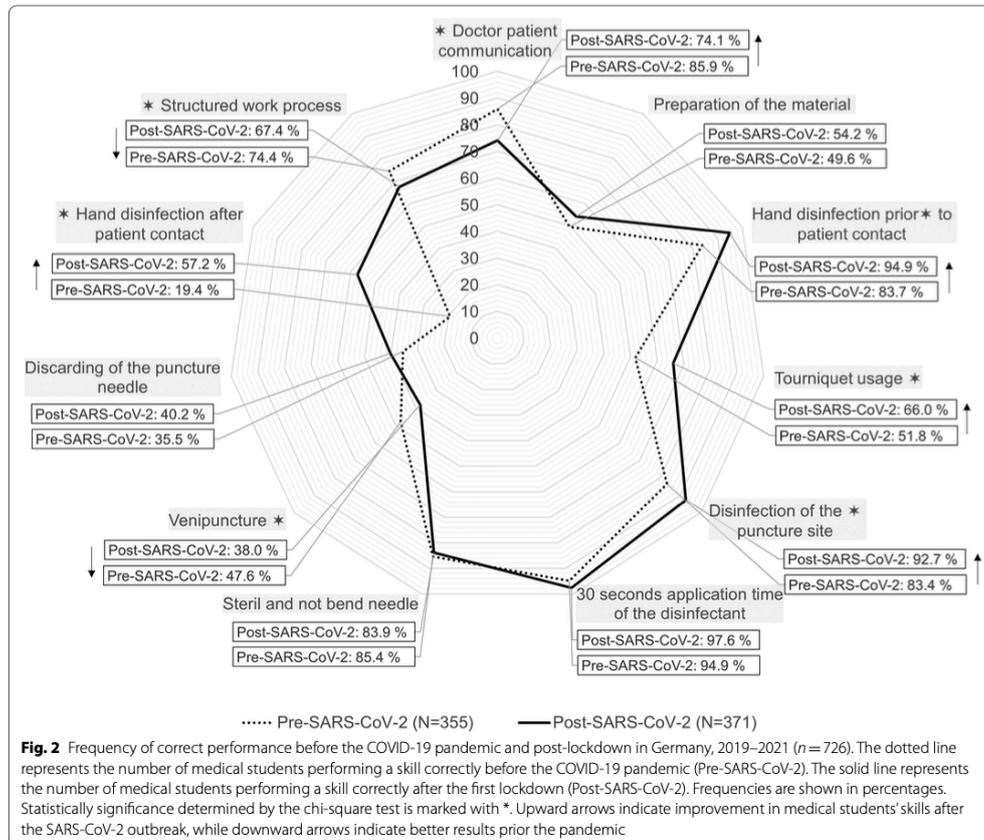
Out of 371 medical students partaking in OSCE during the pandemic (cohort 2), 180 (48.5%) participated after the first lockdown in March 2020 (cohort 2a) and 191 (51.5%) after the start of the second lockdown in December 2020 (cohort 2b).

Medical students performed slightly better in OSCE after the first compared to the second lockdown (first lockdown: 68.23 ± 6.46 ; second lockdown: 66.1 ± 7.75 ; $p = 0.003$), while no significant statistical difference could be found between the relative score in venipuncture after the first (74.86 ± 11.3) compared to the second lockdown (73.89 ± 18.23 ; $p = 0.833$). No statistical difference was also evident in regards to hand disinfection

Table 1 Hygienic venipuncture of medical students pre- and post-SARS-CoV-2 in Germany during 2019–2021 (N= 726)

	All	Before SARS-CoV-2	After SARS-CoV-2	P-value
Number of participants	(N= 726)	(N= 355)	(N= 371)	
Winter semester	382 (52.6)	191 (53.8)	191 (48.5)	
Summer semester	344 (47.4)	164 (46.2)	180 (51.5)	
Scores for other Stations				
Mean relative OSCE score	64.88 ± 8.18	62.53 ± 8.47	67.13 ± 7.22	< .001
Mean relative score in venipuncture	72.25 ± 16.79	71.87 ± 15.85	74.36 ± 17.4	< .001
Doctor-patient communication				
The patient is not informed about the procedure	146 (20.1)	50 (14.1)	96 (25.9)	< .001
The patient is informed about the procedure	580 (79.9)	305 (85.9)	275 (74.1)	
Preparation of the material				
More than one material or the sharp-safe is missing	211 (29.1)	85 (23.9)	126 (34)	.691
At least one material is missing	138 (19)	94 (26.5)	44 (11.9)	
Complete and correct preparation of the material	377 (51.9)	176 (49.6)	201 (54.2)	
Hygienic hand disinfection and medical gloves prior to patient contact				
Neither hygienic hand disinfection nor medical gloves	16 (2.2)	13 (3.7)	3 (0.8)	< .001
Medical gloves without prior hand disinfection	61 (8.4)	45 (12.7)	16 (4.3)	
Hand disinfection and medical gloves	649 (89.4)	297 (83.7)	352 (94.9)	
Tourniquet usage				
The tourniquet is not applied or disposed of correctly	67 (9.2)	51 (14.4)	16 (4.3)	< .001
The tourniquet is not applied, while the needle is pulled before disposing of the tourniquet	230 (31.7)	120 (33.8)	110 (29.6)	
The tourniquet is applied and disposed in the correct manner	429 (59.1)	184 (51.8)	245 (66)	
Disinfection of the puncture site				
The puncture site is not disinfected, or it is palpated after the disinfection and prior to the venipuncture	86 (11.8)	59 (16.6)	27 (7.3)	< .001
The puncture site is correctly disinfected	640 (88.1)	296 (83.4)	344 (92.7)	
Exposure time of the disinfectant				
30 seconds exposure time is not considered	27 (3.7)	18 (5.1)	9 (2.4)	.06
30 seconds exposure time is considered	699 (96.3)	337 (94.9)	362 (97.6)	
Hygienic needle				
The needle is not sterile or is curved	112 (15.4)	52 (14.6)	60 (16.2)	.57
The needle is sterile and not curved	614 (84.5)	303 (85.4)	311 (83.9)	
Correct venipuncture				
The vein is not punctured	171 (23.6)	81 (22.8)	90 (24.3)	.041
The vein is punctured the second time	245 (33.7)	105 (29.6)	140 (37.7)	
The vein is punctured the first time	310 (42.7)	169 (47.6)	141 (38)	
Discarding the puncture needle				
The needle is not discarded correctly	339 (46.7)	174 (49)	165 (44.5)	.177
The needle is discarded immediately but not correctly	112 (15.4)	55 (15.5)	57 (15.4)	
The needle is discarded immediately and correctly	175 (37.9)	126 (35.5)	149 (40.2)	
Hand disinfection after discarding the medical gloves				
Hands are not disinfected after discarding the medical gloves	445 (61.3)	286 (80.6)	149 (42.9)	.000
Hands are disinfected after discarding the medical gloves	281 (38.7)	69 (19.4)	212 (57.2)	
Structure in the work process				
The work process is not structured	36 (5)	11 (3.1)	25 (6.7)	.024
The work process is partly structured	176 (24.2)	80 (22.5)	96 (25.9)	
The work process is structured	514 (70.8)	264 (74.4)	250 (67.4)	

Counts are described by their frequency and percentage. Continuous variables are described by their mean and standard deviation
Statistic differences between pre- and post-SARS-CoV-2 was tested using the Mann-Whitney-U test



before patient contact (first lockdown: 93.9%; second lockdown: 95.8%; $p=0.412$), disinfection of the puncture site (first lockdown: 93.3%; second lockdown: 92.1%; $p=0.661$), consideration of the 30 second disinfectant exposure time (first lockdown: 96.7%; second lockdown: 98.4%; $p=0.271$), correct tourniquet usage (first lockdown: 67.8%; second lockdown: 64.4%; $p=0.354$), the use of sterile and unbent needles (first lockdown: 84.4%; second lockdown: 83.2%; $p=0.754$), discarding the puncture needle (first lockdown: 40.6%; second lockdown: 39.8%; $p=0.256$). Although the cohorts did not differ significantly in their communication (first lockdown: 78.3%; second lockdown: 70.2%; $p=0.073$), the number of medical students informing the patient about the procedure decreased by 8.1% during the second lockdown compared to the first.

In terms of structured work (first lockdown: 76.7%; second lockdown: 58.6%; $p < 0.001$) and successful venipuncture (first lockdown: 48.3%; second lockdown: 28.3%; $p < 0.001$), the cohort who participated in OSCE after the first lockdown in March 2020 performed better than their peers partaking during the second lockdown.

In contrast, an improvement in the disinfection of their hands after patient contact could be observed in the medical students participating after the second lockdown as compared to the first (first lockdown: 47.8%; second lockdown: 66%; $p < 0.001$). Materials needed for venipuncture were also more frequently adequately prepared during the second than during the first lockdown (first lockdown: 44.4%; second lockdown: 63.4%; $p < 0.001$) (Table 2).

Table 2 Hygienic venipuncture of medical students after the first and second lockdown in Germany during 2020–2021 (N = 371)

	First lockdown	Second lockdown	P-value
Number of participants	(N = 180)	(N = 191)	
Scores for other stations			
Relative OSCE Score	68.23 ± 6.46	66.1 ± 7.75	.003
Relative score venipuncture	74.86 ± 11.3	73.89 ± 18.23	.833
Doctor-patient communication			
The patient is not informed about the procedure	39 (21.7)	57 (29.8)	.073
The patient is informed about the procedure	141 (78.3)	134 (70.2)	
Preparation of the material			
More than one material or the sharp-safe is missing	78 (43.3)	48 (25.1)	< .001
At least one material is missing	22 (12.2)	22 (11.5)	
Complete and correct preparation of the material	80 (44.4)	121 (63.4)	
Hygienic hand disinfection and medical gloves prior to patient contact			
Neither hygienic hand disinfection nor medical gloves	1 (0.6)	2 (1)	.412
Medical gloves without prior hand disinfection	10 (5.6)	6 (3.1)	
Hand disinfection and medical gloves	169 (93.9)	183 (95.8)	
Tourniquet usage			
The tourniquet is not applied or disposed of correctly	4 (2.2)	12 (6.3)	.354
tourniquet is not applied, while the needle is pulled before disposing of the tourniquet	54 (30)	56 (29.3)	
The tourniquet is applied and disposed in the correct manner	122 (67.8)	123 (64.4)	
Disinfection of the puncture site			
The puncture site is not disinfected, or it is palpated after the disinfection and prior to the venipuncture	12 (6.7)	15 (7.9)	.661
The puncture site is correctly disinfected	168 (93.3)	176 (92.1)	
Exposure time of the disinfectant			
30 seconds exposure time is not considered	6 (3.3)	3 (1.6)	.271
30 seconds exposure time is considered	174 (96.7)	188 (98.4)	
Hygienic needle			
The needle is not sterile or is curved	28 (15.6)	32 (16.8)	.754
The needle is sterile and not curved	152 (84.4)	159 (83.2)	
Correct venipuncture			
The vein is not punctured	31 (17.2)	58 (30.9)	< .001
The vein is punctured the second time	62 (34.4)	78 (40.8)	
The vein is punctured the first time	87 (48.3)	54 (28.3)	
Discarding the puncture needle			
The needle is not discarded correctly	71 (39.4)	94 (49.2)	.256
The needle is discarded immediately but not correctly	36 (20)	21 (11)	
The needle is discarded immediately and correctly	73 (40.6)	76 (39.8)	
Hand disinfection after discarding the medical gloves			
Hands are not disinfected after discarding the medical gloves	94 (52.2)	65 (34)	< .001
Hands are disinfected after discarding the medical gloves	86 (47.8)	126 (66)	
Structure in the work process			
The work process is not structured	5 (2.8)	20 (10.5)	< .001
The work process is partly structured	37 (20.6)	59 (30.9)	
The work process is structured	138 (76.7)	112 (58.6)	

Counts are described by their frequency and percentage. Continuous variables are described by their mean and standard deviation

Statistic differences between after the first and the second lockdown was tested using the Mann-Whitney-U test

Discussion

Since the World Health Organization (WHO) classified COVID-19 as a pandemic, SARS-CoV-2 has impacted life around the world [28]. Without sufficient medication and adequate coverage rates of vaccination, preventative measures have been and still are the only way to contain the COVID-19 pandemic [29]. As part of these precautions, the WHO and the German Federal Ministry of Health recommend hygiene measures such as hand disinfection [30, 31]. To implement these measures, the campaign "AHA" ("Abstand, Hygiene, Alltagsmaske" – "Distance, Hygiene, Facemask") was launched in Germany [31]. Other preventative measures, such as lockdowns, have been implemented all over the world [5].

Although the world's population has been threatened by pandemics in every decade of the last 30 years, none had such a strong impact on daily life but also on the hygiene behavior of medical students. For example, during the H1N1 influenza pandemic, neither the awareness of H1N1 influenza increased nor the compliance to hygiene protocols by medical students (hand hygiene, use of mouth and nose protection) [16, 20, 21]. The hygiene behavior of medical students remained unaffected [17]. Since these studies have been based on surveys, a discrepancy between self-perception and hygiene behavior might have been possible. Nonetheless, the literature on the COVID-19 pandemic, also based primarily on self-reported questionnaires, suggests a stronger impact of SARS-CoV-2 on medical students' hygiene knowledge, behavior and adherence [15, 18, 19, 22–25, 32, 33].

During the H1N1 influenza pandemic, the perceived individual risk of infection appeared to be a strong indicator for the level of pandemic awareness and observance of hygiene behavior among medical students [16]. Due to the more severe course of disease, increased lethality, and wider spread, medical students might perceive the risk of a SARS-CoV-2 infection as higher than they did with the H1N1 influenza [34, 35]. Pandemic containment measures, such as mandatory face masks, also increased the perceived presence of COVID-19 in everyday life [36, 37]. Moreover, the media landscape has changed since the H1N1 influenza pandemic, making information widely and easily accessible. While medical students received information about the H1N1 influenza pandemic through newspapers, medical journals or television, current medical students are more likely to obtain information about SARS-CoV-2 through social media [18, 20, 23, 32, 38, 39]. It can be assumed that social media facilitates medical students self-reported high levels of awareness and knowledge about SARS-CoV-2 as well as compliance to pandemic containment measures and hygiene standards, as indicated in several studies [15, 18, 19, 22–25, 32,

33]. The increase in hygiene compliance demonstrated in this study corresponds to the self-reported high level of knowledge about SARS-CoV-2 and the compliance regarding its containment. In contrast to these results, two questionnaire-based studies describe high levels of awareness and knowledge about SARS-CoV-2, also reported insufficient implementation of hygiene measures among medical students in Mumbai and Egypt [8, 38]. This apparent discrepancy might be explained by the different pandemic stages, during which these studies were conducted. Since the studies were conducted shortly after the pandemic was declared, the examined medical students might have been less familiar with the pandemic and its preventative measures. Furthermore, 80% of accumulated COVID-19 cases and death were reported in Europe and America at the time of this study [40]. The German medical students could have perceived the risk of contracting SARS-CoV-2 as higher compared to the previously studied participants in India or Egypt, driving the conflicting results. Apart from this, a multitude of other factors could potentially have influenced the outcomes of the studies. Further research is needed to confirm, whether these findings can be transferred to other American or European states. This study's results regarding the hand hygiene compliance before and after the second lockdown further substantiate the hypothesis of a relationship between risk perception and hygiene compliance. Since more medical students properly implemented hand disinfection after the second lockdown as compared to the first, it seems plausible that a prolonged exposure to pandemic containment measures led to increased awareness, which in turn resulted in higher rates of hand disinfection after medical glove removal.

Overall, however, rates of hand disinfection after venipuncture were inadequate in all studied cohorts. This may be attributed to the utilization of noninfectious simulation manikins in this study. Hence, hand disinfection after venipuncture in this study served only a minor role in self-protection and self-cleaning, which serve as the main motivating factors for medical students' hand disinfection after patient contact [41].

Moreover, it remains unclear if and how the hygiene behavior of medical students exposed to COVID-19 changes after the pandemic or the course of their studies. In the literature, medical students with more experience are associated with higher awareness and compliance to SARS-CoV-2 containment measures [27, 38]. This could be due to a greater amount of medical background knowledge, simplifying the understanding of COVID-19 relevant information. Nonetheless, the literature also suggests, that the hygiene behavior of medical students without the influence of a pandemic decreases during their medical training [41–44]. Whether and how

these two effects may influence each other not only during, but also after the COVID-19 pandemic needs to be investigated further.

Surprisingly, the pandemic-related improvement in hygiene compliance was not reflected in the overall venipuncture score, as medical students performed worse in terms of work structure, successful venipuncture, and patient education during the COVID-19 pandemic. The decreased doctor-patient communication could be a result of pandemic-induced psychological distress or stress due to a lack of hands-on practice opportunities since stress reportedly correlates with decreased doctor-patient communication [9, 29, 45–49]. Additionally, pandemic containment measures and the switch to online teaching at universities may have caused to a lack of hands-on practice opportunities for medical students [45, 50]. Consequently, medical students were unable to become sufficiently familiarized with a proper structure for practical work and to practice complex procedures, such as venipuncture. Since medical students performed even worse after the second than after the first lockdown, the accumulation of such missed practice opportunities might further affect the quality of medical students' practical skills.

Even though the pandemic positively impacted the hygiene behavior of medical students, their impaired practical skills must be addressed to restore the former standard of practical medical education and ensure patients' well-being.

Conclusion

This study found an overall increase in compliance with hygiene measures by medical students during the COVID-19 pandemic. Hand disinfection after patient contact was performed more frequently during the second lockdown as opposed to the first lockdown. It can be assumed that the COVID-19 pandemic and its containment measures increased medical students' awareness of hygiene. However, it remains to be seen whether the hygiene compliance of medical students will persist after the pandemic. Regardless of this, measures should be taken to reinforce this behavior and pass it on to future generations of prospective physicians.

The observed shortcomings of medical students during the pandemic in terms of structured work, doctor-patient communication, and venipuncture should be further investigated to identify possible strategies to compensate for these deficiencies going forward.

Limitations

Since this unicentric study was only conducted with medical students at the University of Cologne, a sampling bias cannot be ruled out. Thus, the results cannot be generalized to medical students from other locations.

Furthermore, this study was realized in an examination setting, so the collected data may deviate from the behavior in the clinical setting. Also, medical students' hygiene behaviors and practical skills are a dynamic process, so a single observation time points might not capture these skills accurately.

It must also be assumed that the teachers as well as the data collectors could not escape the effects of the COVID-19 pandemic. Sensitization of the data collectors to hygiene during the COVID-19 pandemic, and thus an exaggerated assessment of medical students' hygiene compliance by the same, thus cannot be ruled out. Another risk of a case control study could be that confounding factors might not have been identified, which in turn could have led to confounding bias.

At the same time, the retrospective nature of this study only allows conclusions about the correlation of hygiene, practical skills, and the COVID-19 pandemic. Thus, possible causalities need to be investigated by further prospective studies.

Abbreviations

OSCE: Objective structured clinical examinations; SARS-CoV-2: Severe acute respiratory syndrome coronavirus type 2; COVID-19: Coronavirus disease 2019.

Supplementary Information

The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1186/s12909-022-03601-6>.

Additional file 1: Appendix 1. Rating of the 11-item questionnaire.

Additional file 2: Appendix 2. Test of normal distribution prior and after the first COVID-19 lockdown.

Additional file 3: Appendix 3. Test of normal distribution for the different student cohorts.

Acknowledgments

We thank Timothy Meyer, Hannah Ziegelski, Dorothee Meyer, Janik Riese, Konstantin Marbach and Reka Fuchs for proofreading this article.

Authors' contributions

The study design was created by AM. CS ensured the data acquisition. AM analyzed and interpreted the data as well as drafted the research article. TS, AK and CS substantially revised this article. All authors approved the final manuscript.

Funding

Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL. The study was financed by the Department of clinical chemistry, University of Cologne, faculty of medicine and university hospital, Cologne, Germany.

Availability of data and materials

The dataset generated and analyzed during this study are available from corresponding author on reasonable request.

Declarations

Ethics approval and consent to participate

Prior to its initiation, this study was evaluated and approved by the ethics committee of the University Hospital Cologne on August 20, 2021 (approval

number: 21–1332). All methods were performed according to the guidelines of this ethics committee as well as the Declaration of Helsinki. The retrospective personal data were accessed only by authorized personnel. The need for informed consent was waived by the ethics committee of the University Hospital Cologne, because of the retrospective nature of the study.

Consent for publication
Not applicable.

Competing interests
Not applicable.

Author details

¹Faculty of medicine and university hospital, department of clinical chemistry, University of Cologne, Kerpener Str. 62, 50937 Cologne, Germany. ²Faculty of medicine and university hospital, Interprofessional Skills Lab and Simulation center (KISS), University of Cologne, Joseph-Stelzmann-Straße 9a, 50931 Cologne, Germany.

Received: 18 March 2022 Accepted: 4 July 2022
Published online: 19 July 2022

References

- Abdelrahman Z, Li M, Wang X. Comparative review of SARS-CoV-2, SARS-CoV, MERS-CoV, and influenza a respiratory viruses. *Front Immunol.* 2020;11:52909.
- Khanna RC, Cicinelli MV, Gilbert SS, Honavar SG, Murthy GSV. COVID-19 pandemic: lessons learned and future directions. *Indian J Ophthalmol.* 2020;68(5):703–10.
- Althwanay A, Ahsan F, Oliveri F, Goud HK, Mehkari Z, Mohammed L, et al. Medical education, pre- and post-pandemic era: a review article. *Cureus.* 2020;12(10):e10775.
- FAZIT Communication GmbH, Auswärtiges Amt. Corona-Virus: Der Liveticker, 2021. Updated March 21, Available from: <https://www.deutschtland.de/de/news/coronavirus-in-deutschland-informationen>.
- Hamzelou J. World in lockdown. *New Sci.* 2020;245(3275):7.
- Whelan A, Prescott J, Young G, Catanese V, McKinney R. Interim guidance on medical students' participation in direct patient contact activities: principles and guidelines. *Assoc Am Med Coll.* 2020;30:1–2.
- Whelan A, Prescott J, Young G, Catanese V. Guidance on medical students' clinical participation: effective immediately. *Assoc Am Med Coll.* 2020;17:1–2.
- Modi PD, Nair G, Uppe A, Modi J, Tuppekar B, Gharpure AS, et al. COVID-19 awareness among healthcare students and professionals in Mumbai metropolitan region: a questionnaire-based survey. *Cureus.* 2020;12(4):e7514.
- Bohiken J, Schömig F, Lemke MR, Pumberger M, Riedel-Heller SG. COVID-19 pandemic: stress experience of healthcare workers - a short current review. *Psychiatr Prax.* 2020;47(4):190–7.
- Mihatsch L, von der Linde M, Knolle F, Luchting B, Dimitriadis K, Heyn J. Survey of German medical students during the COVID-19 pandemic: attitudes toward volunteering versus compulsory service and associated factors. *J Med Ethics.* 2021;0:1–7.
- Domaradzki J, Walkowiak D. Medical Students' voluntary service during the COVID-19 pandemic in Poland. *Front Public Health.* 2021;9(363):618608.
- Rasmussen S, Sperling P, Poulsen MS, Emmersen J, Andersen S. Medical students for health-care staff shortages during the COVID-19 pandemic. *Lancet.* 2020;395(10234):e79–80.
- Soled D, Goel S, Barry D, Erfani P, Joseph N, Kochis M, et al. Medical student mobilization during a crisis: lessons from a COVID-19 medical student response team. *Acad Med.* 2020;95(9):1384–7.
- Alzyood M, Jackson D, Aveyard H, Brooke J. COVID-19 reinforces the importance of handwashing. *J Clin Nurs.* 2020;29(15–16):2760–1.
- Batais MA, Tamsah MH, AlGhofli H, AlRuwayshid N, Alsohime F, Almigbal TH, et al. The coronavirus disease of 2019 pandemic-associated stress among medical students in middle east respiratory syndrome-CoV endemic area: an observational study. *Medicine (Baltimore).* 2021;100(3):e23690.
- Hasan F, Khan MO, Ali M. Swine flu: knowledge, attitude, and practices survey of medical and dental students of Karachi. *Cureus.* 2018;10(1):e2048.
- Hsu LY, Jin J, Ang BS, Kurup A, Tambyah PA. Hand hygiene and infection control survey pre- and peri-H1N1-2009 pandemic: knowledge and perceptions of final year medical students in Singapore. *Singap Med J.* 2011;52(7):486–90.
- Hu Y, Zhang G, Li Z, Yang J, Mo L, Zhang X, et al. Knowledge, attitudes, and practices related to COVID-19 pandemic among residents in Hubei and Henan provinces. *Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao.* 2020;40(5):733–40.
- Khasawneh AI, Humeidan AA, Alsulaiman JW, Bloukh S, Ramadan M, Al-Shatanawi TN, et al. Medical students and COVID-19: knowledge, attitudes, and precautionary measures. A descriptive study from Jordan. *Front. Public Health.* 2020;8:253.
- Khowaja ZA, Soomro MI, Pirzada AK, Yoosuf MA, Kumar V. Awareness of the pandemic H1N1 influenza global outbreak 2009 among medical students in Karachi, Pakistan. *J Infect Dev Ctries.* 2011;5(3):151–5.
- May L, Katz R, Johnston L, Sanza M, Petinaux B. Assessing physicians' in training attitudes and behaviors during the 2009 H1N1 influenza season: a cross-sectional survey of medical students and residents in an urban academic setting. *Influenza Other Respir Viruses.* 2010;4(5):267–75.
- Saddik B, Hussein A, Sharif-Askari FS, Kheder W, Tamsah MH, Koutaich RA, et al. Increased levels of anxiety among medical and non-Medical University students during the COVID-19 pandemic in the United Arab Emirates. *Risk Manag Healthc Policy.* 2020;13:2395–406.
- Ali S, Alam BF, Farooqi F, Almas K, Noreen S. Dental and medical students' knowledge and attitude toward COVID-19: a cross-sectional study from Pakistan. *Eur J Dent.* 2020;14(5 01):597–s104.
- Noreen K, Rubab Z-e, Umar M, Rehman R, Baig M, Baig F. Knowledge, attitudes, and practices against the growing threat of COVID-19 among medical students of Pakistan. *Plos One.* 2020;15(12):e0243696.
- Susmita S, Aneja P, Savita B, Vaidya V, Paras K. Wash and wipe to win over COVID-19. *Natl J Clin Anat.* 2020;9(2):48–53.
- Gao Z, Ying S, Liu J, Zhang H, Li J, Ma C. A cross-sectional study: comparing the attitude and knowledge of medical and non-medical students toward 2019 novel coronavirus. *J Infect Public Health.* 2020;13(10):1419–23.
- Alsoghair M, Almazyad M, Alburaykan T, Alsaltan A, Alnughaymishi A, Almazyad S, et al. Medical students and COVID-19: knowledge, preventive behaviors, and risk perception. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(2):842.
- Ghebreyesus TA. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19: World Health Organization (WHO); 2020. Available from: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19-11-march-2020>
- Cirrincione L, Plescia F, Ledda C, Rapisarda V, Martorana D, Moldovan R, et al. COVID-19 pandemic: prevention and protection measures to be adopted at the workplace. *Sustainability.* 2020;12:3603.
- World Health Organisation. Coronavirus disease (COVID-19) advice for the public. Available from: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>.
- Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung, Robert Koch Institut, Die Bundesregierung Deutschland. Mit AHA durchs Jahr: Bundesministerium für Gesundheit (BMG); Available from: <https://www.zusammengengencorona.de/aha/>.
- Olaimat AN, Aolyamat I, Shahbaz HM, Holley RA. Knowledge and information sources about COVID-19 Among University students in Jordan: a cross-sectional study. *Front Public Health.* 2020;8:254.
- Taghrir MH, Borazjani R, Shiraly R. COVID-19 and Iranian medical students: a survey on their related-knowledge, preventive behaviors and risk perception. *Arch Iran Med.* 2020;23(4):249–54.
- Tang X, Du RH, Wang R, Cao TZ, Guan LL, Yang CQ, et al. Comparison of hospitalized patients with ARDS caused by COVID-19 and H1N1. *Chest.* 2020;158(1):195–205.
- da Costa VG, Saivish MV, Santos DER, de Lima Silva RF, Moreli ML. Comparative epidemiology between the 2009 H1N1 influenza and COVID-19 pandemics. *J Infect Public Health.* 2020;13(12):1797–804.
- Matuschek C, Moll F, Fangerau H, Fischer JC, Zänker K, van Griensven M, et al. Face masks: benefits and risks during the COVID-19 crisis. *Eur J Med Res.* 2020;25(1):32.

37. Lyu W, Wehby GL. Community use of face masks and COVID-19: evidence from a natural experiment of state mandates in the US. *Health Aff (Millwood)*. 2020;39(8):1419–25.
38. Abd El Fatah SAM, Salem M, Abdel Hakim A, El Desouky ED. Knowledge, attitude, and behavior of Egyptian medical students toward the novel Coronavirus Disease-19: a cross-sectional study. *Open Access Maced J Med Sci*. 2020;8(11):443–50.
39. Sirekbasan S, Ilhan AO, Baydemir C. Evaluation of knowledge, attitudes and practices of health services vocational schools' students with regard to COVID-19. *Gac Med Mex*. 2021;157(1):70–5.
40. World Health Organisation. Weekly epidemiological update on COVID-19 - 23 March 2021 2020 Available from: <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update-on-covid-19-23-march-2021>.
41. Meyer A, Schreiber J, Brinkmann J, Klatt AR, Stosch C, Streichert T. Deterioration in hygiene behavior among fifth-year medical students during the placement of intravenous catheters: a prospective cohort comparison of practical skills. *BMC Med Educ*. 2021;21(1):434.
42. Wu EH, Elnicki DM, Alper EJ, Bost JE, Corbett EC Jr, Fagan MJ, et al. Procedural and interpretive skills of medical students: experiences and attitudes of third-year students. *Acad Med*. 2006;81(10):48–51.
43. Wu EH, Elnicki DM, Alper EJ, Bost JE, Corbett EC Jr, Fagan MJ, et al. Procedural and interpretive skills of medical students: experiences and attitudes of fourth-year students. *Acad Med*. 2008;83(10):63–7.
44. Woelfel IA, Takabe K. Successful intravenous catheterization by medical students. *J Surg Res*. 2016;204(2):351–60.
45. Rose S. Medical student education in the time of COVID-19. *JAMA*. 2020;323(21):2131–2.
46. Stadnytskyi V, Bax CE, Bax A, Anfinrud P. The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission. *Proc Natl Acad Sci*. 2020;117(22):11875.
47. Neumann M, Edelhäuser F, Tauschel D, Fischer MR, Wirtz M, Woopen C, et al. Empathy decline and its reasons: a systematic review of studies with medical students and residents. *Acad Med*. 2011;86(8):996–1009.
48. Erasmus V, Daha TJ, Brug H, Richardus JH, Behrendt MD, Vos MC, et al. Systematic review of studies on compliance with hand hygiene guidelines in hospital care. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2010;31(3):283–94.
49. Byrne L, Gavin B, Adamis D, Lim YX, McNicholas F. Levels of stress in medical students due to COVID-19. *J Med Ethics*. 2021;47:383–8.
50. Friederichs H, Brouwer B, Marschall B, Weissenstein A. Mastery learning improves students skills in inserting intravenous access: a pre-post-study. *GMS J Med Educ*. 2016;33(4):Doc56.

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

Learn more biomedcentral.com/submissions



3. Diskussion

Bereits während des Studiums wenden Medizinstudierende die Venenpunktion und die Venenverweilkanülierung regelhaft in der Patientenversorgung an^{6,7,33,34}. Die Beherrschung dieser Grundfertigkeiten^{2-5,28,29} schützt hierbei sowohl die Medizinstudierenden^{9,35} als auch die Patientinnen und Patienten^{11,30,54}.

3.1. Fertigungsstand der Medizinstudierenden

3.1.1. Venenpunktion und Venenverweilkanülierung im fünften Semester

Es ist daher positiv hervorzuheben, dass sich Medizinstudierende im fünften Semester an der Universität zu Köln gemäß den zugrunde liegenden Studienergebnissen versiert in der Venenpunktion¹³ und in der Venenverweilkanülierung¹² zeigen. Zurückzuführen sind diese Beobachtungen auf die vorherigen Vorbereitungskurse sowie supervidierten Übungsmöglichkeiten an der Universität zu Köln^{12,13} und liefern somit Evidenz für die Empfehlung des NKLM 2.0 zum Erwerb der Handlungskompetenz 3a („unter Anleitung selbst durchführen und demonstrieren“)⁵.

Zudem demonstrieren die Medizinstudierenden in den zugrunde liegenden Arbeiten besonders gute Leistungen in der Venenpunktion während der COVID-19-Pandemie (Abbildung 2)¹³.

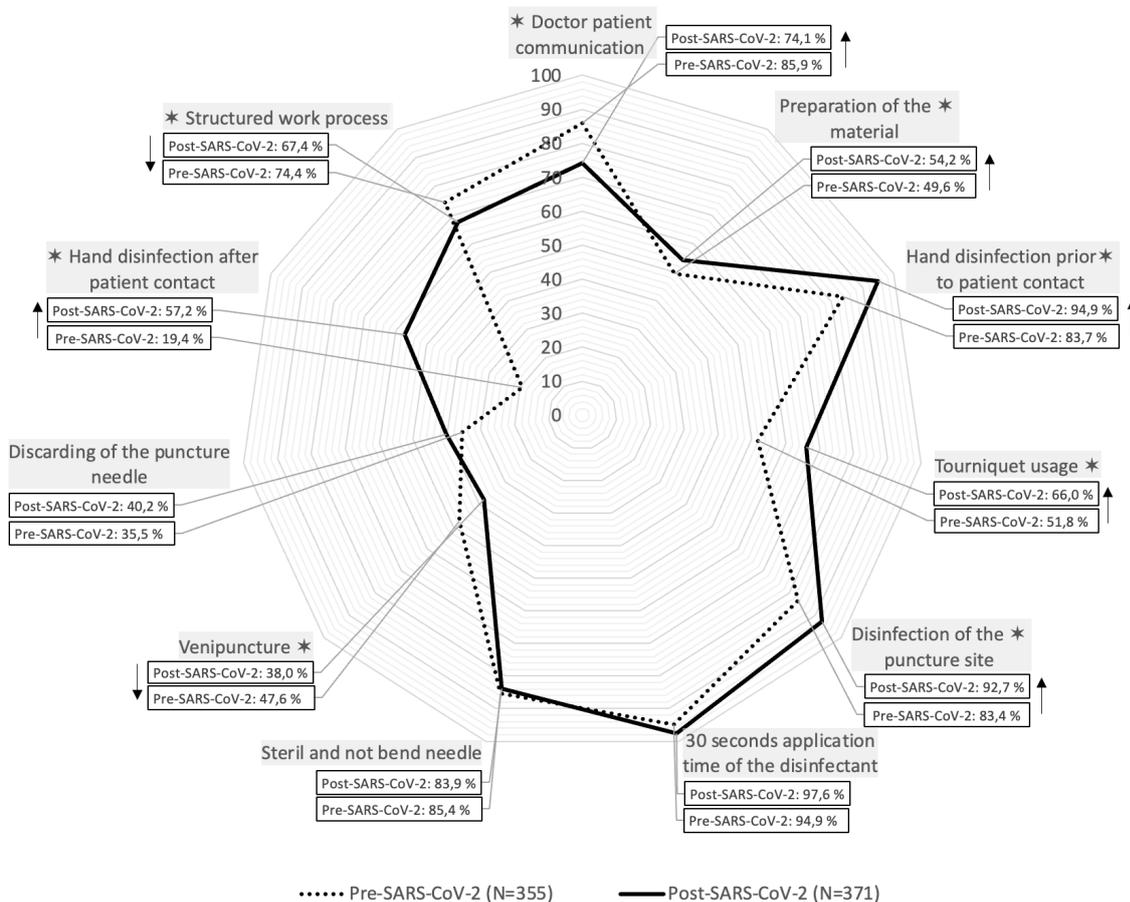


Abbildung 2: Venenpunktionfertigkeiten von Medizinstudierenden im fünften Semester an der Universität zu Köln vor dem Ausbruch (Pre-SARS-COV-2) und nach dem Ausbruch der COVID-19-Pandemie (Post-SARS-COV-2) (Meyer et al., 2022, S.5)¹³.

Dies steht im Einklang mit der Literatur, der zufolge auch andere praktische Fertigkeiten (Herzauskultation¹⁴², Abdomen-Untersuchung¹²⁴, Anamneseerhebung¹⁴², chirurgisches Nähen¹⁴³) von den Pandemiebedingungen profitieren. Denkbar erscheint daher, dass die allgemeine Umstellung auf Online-Lehre durch zeitliche Flexibilität¹⁴⁴⁻¹⁴⁶ und einen erleichterten Zugang zu Lernmaterialien^{144,146} zum Erlernen weniger komplexer prozeduraler Fertigkeiten somit von Vorteil für die Medizinstudierenden sein könnte.

Zu beachten ist dabei, dass trotz Umstellung anderer Unterrichtseinheiten auf Online-Formate, die Vorbereitungskurse zur Venenpunktion an der Universität zu Köln während der COVID-19-Pandemie weiterhin in Präsenz stattfanden¹³. Dieses könnte auch die Diskrepanz zu den Ergebnissen von Saad et al. erklären, die eine Verschlechterung bei Medizinstudierenden nach der pandemiebedingten Umstellung auf Online-Vorbereitungskurse zur Venenpunktion beschreiben¹⁴⁷.

Insgesamt scheint somit die Kombination aus zeitlicher Flexibilität¹⁴⁴⁻¹⁴⁶, Zugang zu Lernmaterialien^{144,146} und Präsenzlehre den praktischen Kompetenzerwerb von Medizinstudierenden zu fördern¹³.

3.1.2. Venenverweilkanülierung im neunten Semester

Die zugrunde liegenden Studienergebnisse verdeutlichen jedoch auch, dass die Handlungskompetenz 3a („unter Anleitung selbst durchführen und demonstrieren“)²⁻⁵ in der Venenverweilkanülierung bis zum neunten Semester nicht erhalten bleibt (Abbildung 3)¹².

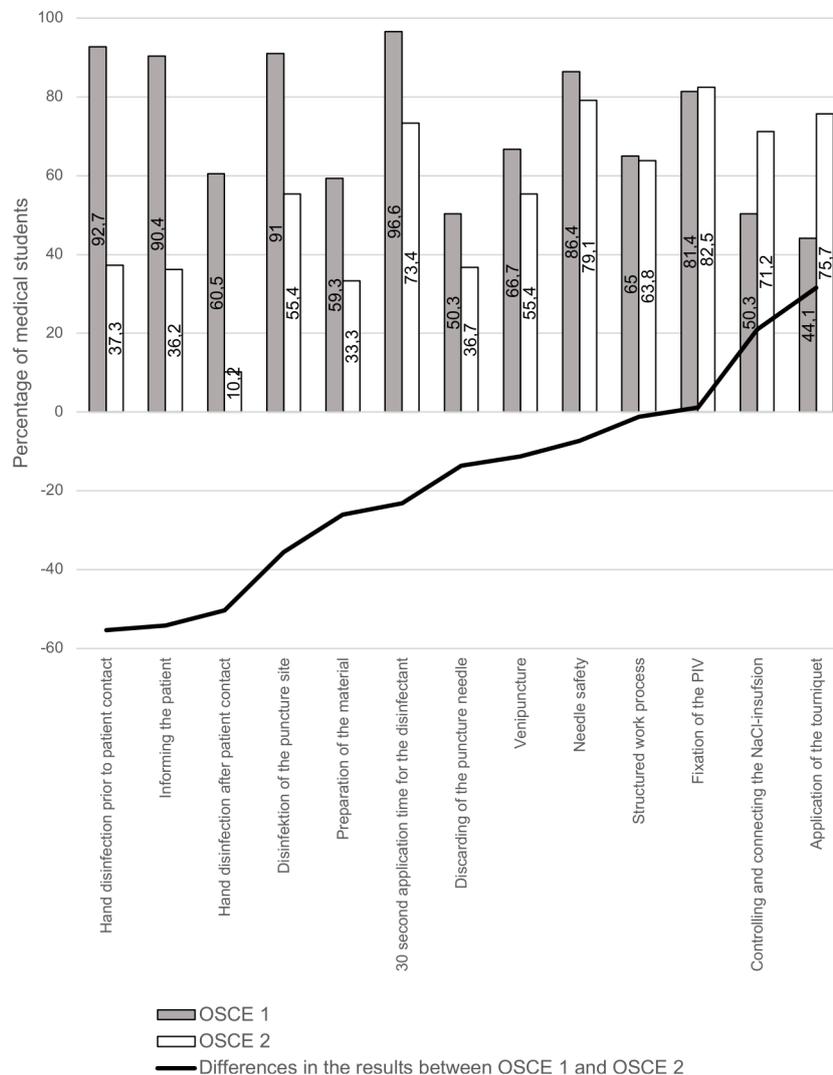


Abbildung 3: Fertigungsstand der Venenverweilkanülierung von Medizinstudierenden im fünften (OSCE 1) und neunten Semester (OSCE 2) an der Universität zu Köln (Meyer und Schreiber et al., 2021, S.5)¹².

Ursächlich für den Fertigungsverfall könnte die zeitliche Distanz zwischen dem neunten Semester und den entsprechenden Vorbereitungskursen sein^{22,148}. So sind Schulungsinhalte des fünften Semesters den Medizinstudierenden im neunten Semester möglicherweise weniger präsent. Als komplexere Fertigkeit unterliegt die Venenverweilkanülierung hierbei besonders stark dem Leistungsabbau¹⁴⁸. Bereits mit einer Woche Abstand zum Vorbereitungskurs sinkt so die Anzahl sachgemäßer Venenverweilkanülierungen durch Medizinstudierende von 97,2 % auf 74,5 %¹⁴⁹. Insbesondere die psychomotorischen Aspekte der Venenverweilkanülierung werden hierbei von Medizinstudierenden besonders schnell verlernt¹⁵⁰. Dem Abbau dieser psychomotorischen Fertigkeiten kann laut Literatur durch wiederholte Übungseinheiten entgegengewirkt werden^{21,22}.

Der NKLM sieht daher vor, dass erworbene Kompetenzen während Famulaturen und Blockpraktika geübt und hierdurch vertieft werden sollen⁵. Die Literatur legt jedoch nahe, dass eine Auslagerung von Übungsmöglichkeiten ausschließlich auf Famulaturen und Blockpraktika^{75,90,91,151} den Medizinstudierenden nicht ausreichend Gelegenheit bietet, um praktische Fertigkeiten zu meistern¹⁵².

So geben 36 % der Medizinstudierenden an der Charité – Universitätsmedizin Berlin an, trotz durchschnittlich zwei absolvierten Famulaturen, noch keine PIV gelegt zu haben¹⁵³. Medizinstudierende aus Münster legen hingegen durchschnittlich 20 PIVs über den Verlauf der ersten neun Wochen Famulatur¹⁰². Nach der Approbationsordnung für Ärzte und Ärztinnen sind hierbei 16 Wochen Famulatur vor Beginn des Praktischen Jahres vorgeschrieben¹⁵⁴. Trotz loko-regionaler Unterschiede erscheint es somit unwahrscheinlich, dass Medizinstudierende in Deutschland die für eine ausreichende Kompetenzentwicklung notwendigen 79 ± 47 PIV¹⁵⁵ bis zum Beginn des Praktischen Jahres im sechsten Studienjahr erbringen.

„Blutentnahmen und Viggos“⁶ prägen hingegen laut einer Online-Befragung des Marburger Bundes den Alltag von Medizinstudierenden im Praktischen Jahr. Spätestens in diesem Ausbildungsstadium bieten sich den Medizinstudierenden somit genügend Gelegenheiten, um ihre PIV-Kompetenzen zu üben. Es ist daher denkbar, dass Medizinstudierende die praktischen Teilaspekte, in denen sie im neunten Semester schlechter abschneiden¹², durch das Praktische Jahr kompensieren können. Gleichzeitig besteht jedoch das Risiko, dass sich Fehler bei der Venenverweilkanülierung verfestigen¹⁵⁶, da die PIV-Schulungsinhalte den Medizinstudierenden zu diesem Zeitpunkt nicht mehr präsent sind^{12,149}. Dieses erscheint umso bedenklicher, als die ärztliche Kontrollinstanz im praktischen Jahr fehlen kann. So wird die Venenverweilkanülierung nach dem NKLM 2.0 in diesem Ausbildungsabschnitt zukünftig als „nicht supervidiert bedürftige Kompetenz vorausgesetzt“⁵. Der Erwerb von Kernkompetenzen im Praktischen Jahr bleibt nach Engel et al. damit weiterhin „dem Zufall überlassen“⁸. Supervidiert werden Medizinstudierende in diesem Ausbildungsabschnitt selten¹⁵⁷. So geben 97 % der Medizinstudierenden im praktischen Jahr an, delegierte ärztliche Aufgaben ohne Aufsicht oder Anleitung durchzuführen⁷. Obwohl das Legen von Venenverweilkanülen und die Venenpunktion aus ärztlicher Sicht eine hohe Relevanz für die spätere Berufsausübung der Medizinstudierenden haben, schätzen auch die Ärztinnen und Ärzte ihre eigene aktive Vermittlung und Supervision der Medizinstudierenden in dieser Tätigkeiten als gering ein⁸.

In Zusammenschau der Studienergebnisse und der Literatur ergibt sich daher, dass die Empfehlung des NKLM 2.0, wiederholende Übungsmöglichkeiten zur Venenverweilkanülierung primär auf Blockpraktika und Famulaturen auszulagern, dem Erreichen der Handlungskompetenz 3b („selbstständig und situationsadäquat in Kenntnis der Konsequenzen durchführen“)⁵ nicht gerecht wird und diese Fertigkeit daher im Praktischen Jahr nicht ohne Supervision vorausgesetzt werden sollte.

3.2. Herausforderungen für die Medizinstudierenden

3.2.1. Punktion der Vene

Die zugrunde liegenden Studienergebnisse legen hierbei nahe, dass insbesondere die eigentliche Punktion der Vene eine Herausforderung für die Medizinstudierenden darstellt. So müssen bei der Venenverweilkanülierung mindestens die Hälfte aller Medizinstudierenden die Punktion wiederholen¹². Auch bei der Phlebotomie ist mindestens jeder dritte Punktionsversuch erfolglos¹³. Die beobachtete Punktionserfolgsrate liegt somit unter der auf Selbsteinschätzungen basierenden Erfolgsrate von 67,8 – 86,6 % gemäß Woelfel und Tabake¹⁵¹. Da Medizinstudierende eigene praktische Leistungen tendenziell überschätzen¹⁵⁸, erscheint diese Diskrepanz jedoch plausibel.

Zwar berichten Medizinstudierende in diesem Zusammenhang von einer Verbesserung der Erfolgsrate mit zunehmender Anzahl an gelegten PIVs^{150,151}, jedoch verschlechtert sich die beobachtete Punktionserfolgsrate über den Studienverlauf¹². Möglicherweise lässt sich dieser Leistungsabfall auf die verwendete Simulationsumgebung zurückführen. So üben fortgeschrittene Medizinstudierende eher im klinischen Alltag^{5,12} und könnten daher weniger vertraut mit Simulationsmodellen sein. Der zeitliche Abstand zu den Vorbereitungskursen bei gleichzeitigem Mangel an Übungsmöglichkeiten scheint aber auch hier der wesentliche Einflussfaktor zu sein.

Diese Hypothese wird ebenfalls durch die zugrunde liegenden Studienergebnissen zur geringen Punktionserfolgsrate¹³ infolge eingeschränkter Übungsmöglichkeiten unter Pandemiebedingungen unterstützt^{159,160}. Insbesondere die Koordination von Bewegungsabläufen wie Winkel und Druck bei der Venenpunktion während der COVID-19-Pandemie empfinden Medizinstudierende ohne Übungsmöglichkeiten als eine Herausforderung¹⁴⁷. Unter Berücksichtigung der in der Literatur berichteten Verschlechterung anderer komplexer prozeduraler Fertigkeiten während der COVID-19-Pandemie wird daher deutlich^{142,143}, dass praktische Übungsmöglichkeiten nicht nur förderlich, sondern unverzichtbar sind, um solche komplexen, ausrüstungsabhängigen Bewegungsabläufe zu erlernen und folglich die Punktionserfolgsrate von Medizinstudierenden zu verbessern.

3.2.2. Nadelstichverletzungen

In Konkordanz mit der Literatur^{161,162}, stellt gemäß den zugrunde liegenden Studien auch der ordnungsgemäße Abwurf von Punktionsnadeln für mindestens die Hälfte aller Medizinstudierenden eine Herausforderung dar^{12,13}. Dabei ist die unsachgemäße Entsorgung von Punktionsnadeln einer der Hauptrisikofaktoren für das Auftreten von Nadelstichverletzungen¹⁶³⁻¹⁶⁵.

Zwar erscheint Unachtsamkeit als Ursache solch unsachgemäßer Entsorgung denkbar^{166,167}, im beobachteten Prüfungskontext¹⁶⁸ jedoch weniger wahrscheinlich als das in der Literatur beschriebene unzureichende Wissen zur Entsorgung von scharfen Gegenständen^{113,162}.

3.2.3. Hygienische Fertigkeiten

Neben dem eigenen Infektionsrisiko durch unsachgemäße Entsorgung von Punktionsnadeln¹⁶³⁻¹⁶⁵, birgt die in den zugrunde liegenden Studien beobachtete mangelnde Hygienekonformität seitens der Medizinstudierenden^{12,13} ein nosokomiales Infektionsrisiko für Patienten und Patientinnen^{42,43}. Entscheidend für die Prävention nosokomialer Infektionen ist hierbei die Vermeidung einer Kontamination von Punktionsstelle, Punktionsnadel und applizierten Infusionen oder Medikamenten⁴². Hierbei wird der Stellenwert der Punktionsstellen-Desinfektion in der Literatur kritisch diskutiert¹⁶⁹, während die tragende Rolle der Handhygiene zur Prophylaxe nosokomialer Infektionen als gesichert gilt¹⁷⁰.

Vor diesem Hintergrund ist die in den zugrunde liegenden Studien beobachtete mäßige Hygienekonformität der Medizinstudierenden auffallend^{12,13}. Neben Wissensdefiziten¹⁷¹, Zeitmangel und fehlenden Vorbildern¹¹⁰ werden in der Literatur vielfältige persönliche, klinische, verhaltens- und umweltbedingte Faktoren im Rahmen einer multifaktoriellen Genese diskutiert¹⁷⁰.

Positiv zu vermerken ist jedoch, dass Medizinstudierende sich gemäß der Studienergebnisse durchschnittlich häufiger die Hände desinfizieren^{12,13}, als die Literatur für Gesundheitspersonal vermuten lässt¹⁷²⁻¹⁷⁴. Möglicherweise ist diese Diskrepanz auf den Hawthorne-Effekt zurückzuführen. Der Hawthorne-Effekt beschreibt in diesem Zusammenhang die Verhaltensanpassung der teilnehmenden Medizinstudierenden durch das Wissen beobachtet zu werden^{173,175-178}. Dies würde jedoch darauf hindeuten, dass sich die beobachtete Hygienekonformität nicht in den klinischen Alltag überträgt. Dagegen spricht, dass nach Scheithauer et al. die Vorbereitungskurse einen stärkeren Einfluss auf die Hygienekonformität zu haben scheinen als der Hawthorne-Effekt²⁴. Untermauert wird diese Hypothese durch die beobachtete hohe Hygienekonformität der Medizinstudierenden nach Vorbereitungskursen an der Universität zu Köln^{12,13}.

Dennoch deutet die Verschlechterung der Hygienekonformität bei den fortgeschritteneren Medizinstudierenden nach den Studienergebnissen auf eine unzureichende Umsetzung der Hygienemaßnahmen in dieser Ausbildungsphase hin¹². Während zu Beginn des Studiums die Dozierende und deren Hygienestandards als Vorbilder der Medizinstudierenden dienen, werden diese Vorbilder im Laufe des Studiums von Ärzten und Ärztinnen abgelöst¹⁷⁹. Es erscheint daher wahrscheinlich, dass Medizinstudierende das nachweislich mangelnde Hygieneverhalten von Ärzten und Ärztinnen¹³⁷⁻¹³⁹ über den Verlauf von Famulaturen nachahmen und übernehmen^{25,136}.

Losgelöst von prozeduralen Fertigkeiten nimmt hierbei eigentlich das Wissen¹⁸⁰ und die richtige Hygienepraxis^{24,113} gemäß der Literatur über den Studienverlauf zu. Insbesondere die Kombination einzelner, fachgerecht ausgeführter Komponenten scheint daher Fehler zu bedingen und spiegelt hierdurch die Herausforderungen der mehrstufigen praktischen

Kompetenzvermittlung wider^{115,181,182}. Diese Hypothese wird auch durch die unterschiedliche Hygienekonformität einzelner Teilkomponenten der Venenpunktion und Venenverweilkanülierung unterstützt.

Im Widerspruch zur Literatur^{172,183,184}, führen Medizinstudierende in den zugrunde liegenden Studien die Händedesinfektion häufiger vor als nach Patientenkontakt durch^{12,13}. Dies ist wahrscheinlich auf die unterschiedliche Motivation zur Einhaltung der Hygienevorschriften in der Simulationsumgebung im Vergleich zum klinischen Alltag zurückzuführen. So stehen Selbstschutz und Infektionsprophylaxe^{172,185} in der Simulationsumgebung mutmaßlich weniger im Vordergrund als beim Umgang mit potenziell infektiösen Patienten und Patientinnen. Gemäß dieser Hypothese könnte es daher sein, dass sich die geringe Hygienekonformität nach Patientenkontakt nicht in den klinischen Alltag übersetzt.

Insgesamt zeigt sich somit ein Verbesserungsbedarf bei der Hygienekonformität von Medizinstudierenden im Allgemeinen und fortgeschrittenen Medizinstudierenden im Besonderen.

3.2.4. Kommunikation

Ähnlich der Überforderung von Assistenzärzten und -ärztinnen in Bezug auf Patienten-Kommunikation in der Literatur¹²⁰, stellt diese laut Studienergebnissen auch für Medizinstudierende eine Herausforderung dar^{12,13}. Diese Beobachtung wird durch die Literatur gestützt, der zufolge 43 % der Medizinstudierenden und der Ärzteschaft Schwierigkeiten haben, bei der Übermittlung schlechter Nachrichten professionell zu bleiben¹⁸⁶.

Auch beim Ausbau der kommunikativen Fertigkeiten scheinen Medizinstudierenden daher Vorbilder in der klinischen Praxis zu fehlen¹⁸⁷. Gleichzeitig stellt die kombinierte Vermittlung von prozeduralen Fertigkeiten und Patienten-Kommunikation eine didaktische Herausforderung an sich dar¹¹⁵. So legt die Literatur nahe, dass Medizinstudierende nach gleichzeitiger Vermittlung entsprechender Fertigkeiten, entweder nur praktizieren oder nur kommunizieren können¹⁸⁸.

Die in den zugrunde liegenden Studien beobachtete Abnahme der Patienten-Kommunikation im Studienverlauf¹² sowie unter Pandemiebedingungen¹³ verdeutlicht darüber hinaus die Parallele zwischen kommunikativen Fähigkeiten und Empathie¹⁸⁹. Ähnlich wie die Patientenkommunikation nimmt auch die Empathie während des Studiums ab^{190,191}. In der Literatur wird letzteres auf Priorisierung von biomedizinischem Wissens, mangelnde Vorbilder und Stress durch die hohe Arbeitsbelastung der Medizinstudierenden zurückgeführt¹⁹¹. Auch die COVID-19-Pandemie erhöhte nachweislich den Stress und die psychische Belastung von Medizinstudierenden¹⁹².

Da gute Kommunikation das Patientenwohl fördert^{54,55} und zudem der rechtlichen Absicherung dient¹⁹³, zeichnet sich somit ein Handlungsbedarf zur Förderung kommunikativer Defizite von Medizinstudierenden in Bezug auf die Venenpunktion und Venenverweilkanülierung ab.

3.2.5. Zwischenfazit

Die Ergebnisse der zugrunde liegenden Studien verdeutlichen, dass die im zukünftigen NKLM 2.0⁵ empfohlenen Vorbereitungskurse und Übungsmöglichkeiten zu Beginn des klinischen Studienabschnitts geeignet sind, um die Handlungskompetenz 3a in diesem Ausbildungsabschnitt zu erreichen^{12,13}.

Allerdings scheinen Medizinstudierende erst im Praktischen Jahr ausreichend Gelegenheit zu haben, die Venenpunktion und Venenverweilkanülierung ausreichend zu üben^{102,153}. Die zeitliche Latenz zwischen Praktischem Jahr und entsprechenden Vorbereitungskursen birgt jedoch die Gefahr, dass sich Fehler verfestigen^{12,149,156}. Die zugrunde liegenden Studienergebnisse verdeutlichen in diesem Zusammenhang, dass sowohl psychomotorische als auch hygienische und kommunikative Aspekte Herausforderungen für die Medizinstudierenden darstellen^{12,13}. Dabei führen Fehler bei der Venenverweilkanülierung und Venenpunktion zu gesundheitlichen Risiken für Patientinnen und Patienten^{11,30,54} sowie für die Medizinstudierenden^{9,35}. Unter Berücksichtigung mangelnder Übungsmöglichkeiten^{102,153}, fehlender Vorbilder und unzureichender ärztlicher Supervision^{7,8,157} kann daher keine sachgerechte Venenpunktion und Venenverweilkanülierung durch Medizinstudierende im Praktischen Jahr gewährleistet werden.

Wie in Abbildung 4 vereinfacht dargestellt, kristallisiert sich in Zusammenschau der zugrunde liegenden Studienergebnissen und der Literatur ein Missverhältnis zwischen positiven und negativen Einflussfaktoren auf die psychomotorische, hygienische und kommunikative PIV- und Venenpunktionskompetenzen von Medizinstudierenden heraus. Gerade die Auseinandersetzung mit den negativen Einflussfaktoren könnte hier die entscheidende Stellschraube sein, um die PIV- und Venenpunktionsfertigkeiten der Medizinstudierenden zu erhalten und zu festigen.

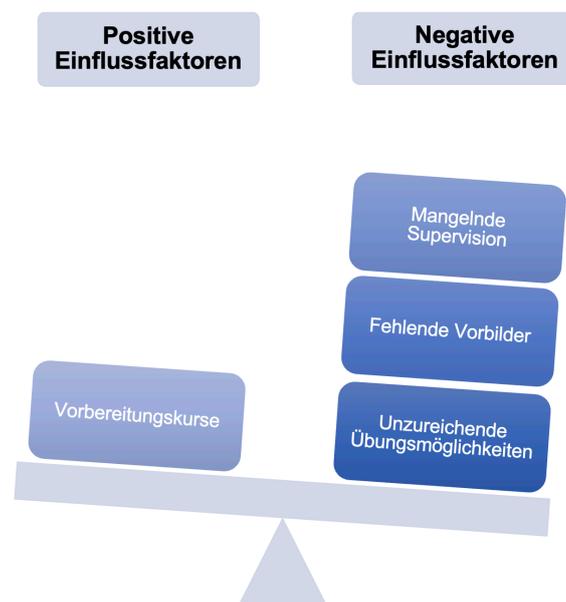


Abbildung 4: Vereinfachte Darstellung des Missverhältnisses zwischen bestehenden Einflussfaktoren auf die PIV-Kompetenz über den Verlauf des Medizinstudiums.

3.3. Ansätze zur Kompetenzförderung

3.3.1. Wiederholte Schulungen

Die soliden Leistungen der Medizinstudierenden nach Vorbereitungskursen in den zugrunde liegenden Studien lassen vermuten, dass wiederholte Schulungen eine solche Stellschraube sein könnten¹⁹⁴. Immerhin empfiehlt die Literatur zur medizinischen Lehre solche Schulungen, wenn die Trainingsfrequenz zum praktischen Fertigkeitserhalt nicht ausreicht¹⁹⁵.

Im Einklang mit dieser Empfehlung, profitieren die Hygienequantität^{12,13} und -qualität²⁴ der Medizinstudierenden nachweislich von Vorbereitungsschulungen. Laut Scheithauer et al. sank beispielsweise die Nachlässigkeit in der Händedesinfektion dank erstmaliger Vorbereitungsschulung von 93 % auf 71 % und bei wiederholender Schulung von 92 % auf 18 %²⁴. Gleichzeitig begegnen entsprechende Schulungen dem Wunsch der Medizinstudierenden nach mehr Informationen zur Infektionsprävention während der medizinischen Ausbildung¹¹¹.

Entsprechende Interventionen wirken sich nachweislich auch positiv auf die kommunikativen Fähigkeiten der Medizinstudierenden aus¹⁹⁶. Die Nachhaltigkeit des Interventionserfolgs hängt dabei von der festen Verankerung im Lehrplan²⁷ sowie der Berücksichtigung soziodemographischer Merkmale der Medizinstudierenden ab¹⁹⁷.

Vorbereitungskurse und Präventionstrainings fordert die Literatur zudem auch zur Prävention von Nadelstichverletzungen bei Medizinstudierenden⁹⁵. In diesem Zusammenhang haben sich insbesondere die Kombination von Workshops mit dem Einsatz von Sicherheitsvorrichtungen für Injektionsnadeln in randomisierten kontrollierten Studien und Metaanalysen als determinierende Faktoren entsprechender Präventionsstrategien erwiesen^{198,199}.

Auch beim praktischen Fertigkeitserhalt der kardiopulmonalen Reanimation haben sich entsprechende Strategien bereits bewährt^{200,201}. Die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse erscheint insofern vorstellbar, als sowohl die kardiopulmonale Reanimation im klinischen Alltag²⁰² als auch die Venenpunktion und Venenverweilkanülierung von Medizinstudierenden vor dem Praktischen Jahr nicht regelmäßig durchgeführt werden^{102,153}. Dagegen lassen sich die anderen positiven Einflussfaktoren auf die kardiopulmonale Reanimation (klinische Erfahrung^{200,201}, die Verknüpfung von Emotionen und Stress mit dem Vorbereitungskurs und realitätsnahe Simulationsmodelle²⁰⁰) nur bedingt auf die Venenpunktion und Venenverweilkanülierung übertragen. Während klinische Erfahrung nachweislich die Punktionserfolgsrate von Medizinstudierenden⁷⁵ und Angehörigen der Gesundheitsberufe¹⁴⁻¹⁶ verbessert, scheinen realitätsferne Simulationsmodelle Anfängern und Anfängerinnen den Transfer der Venenpunktionfertigkeiten in den klinischen Alltag zu erleichtern²⁰³. Gemäß der „Cognitive Load Theory“ ist diese Beobachtung auf eine kognitive Überlastung durch Detailreichtum der realitätsnahen Simulationsmodelle zurückzuführen²⁰⁴. Im Zuge des „naiven

Realismus“ warnen Smallman und St. John daher auch vor der Annahme, dass realitätsnahe Visualisierungen zu besseren Lernerfolgen führe²⁰⁵.

Einig ist sich die Literatur zur kardiopulmonalen Reanimation²⁰⁴ und Venenverweilkanülierung²⁰⁶ hingegen, dass kurzgehaltene Auffrischkurse kein geeignetes Lehrformat für nachhaltige Fertigkeitsvermittlung darstellt. Nachhaltig erfolgreiche Lehrformate wurden bei der Venenpunktion und Venenverweilkanülierung bisher jedoch nur in Bezug auf die initiale Kompetenzentwicklung untersucht.

In diesem Zusammenhang gilt „simulationsbasiertes lernzielorientiertes Lernen“ („Simulation-Based Mastery Learning“), ein prüfungskontrolliertes Lehrformat¹⁴⁹, als vielversprechend²⁰⁷⁻²¹⁰. So legten nach einmaligem „simulationsbasierten lernzielorientierten Lernen“ 74 % der Medizinstudierenden im Vergleich zu 33 % der Kontrollgruppe eine Venenverweilkanüle fachgerecht¹⁰². Gekennzeichnet ist dieses Lehrformat durch eine besonders hohe Intensität, da eine Dosis-Wirkungsbeziehung zur Beständigkeit der vermittelten Fertigkeit besteht¹⁹⁵.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Fortbildungen für die Aufrechterhaltung der praktischen, hygienischen und kommunikativen Fähigkeiten der Medizinstudierenden von großer Bedeutung sind.

3.3.2. Ausreichende Übungsmöglichkeiten

Neben wiederholenden Schulungen könnten auch der Ausgleich des Missverhältnisses zwischen notwendigen und tatsächlichen Übungsmöglichkeiten ein weiterer Ansatz zur Förderung der Venenpunktions- und PIV-Fertigkeiten von Medizinstudierenden sein¹⁹⁴. So fördern Übungseinheiten nachweislich praktische^{211,212}, hygienische²¹³ und kommunikative²⁶ Fertigkeiten von Medizinstudierenden. Daher sind wiederholte kurze Übungseinheiten nicht nur ein Kernstück der praktischen Fertigkeitsvermittlung in der medizinischen Lehre²¹⁴, sondern werden auch von der Literatur empfohlen^{156,215,216}.

In diesem Kontext bietet das Stufenmodell („Learn, See, Practice, Prove, Do, Maintain“) nach Sawyer et al. einen möglichen Ansatz zur Implementierung von mehr Übungseinheiten in die medizinische Lehre. Dieses Modell basiert unter anderem auf einer Kombination aus kompetenzorientiertem Training am Simulationsmodell („Practice“) und kontinuierlichen praxisorientierten Übungseinheiten im klinischen Alltag, zunächst unter Supervision („Do“), später zunehmend supervisionsfrei („Maintain“). Methodische Grundlage für dieses Modell ist hierbei das „bewusste Üben“ („Deliberate Practice“)²¹⁷. Dieses ursprünglich aus der Musikpädagogik stammende Konzept beschreibt die Entwicklung von „Expertise, Expertenleistung und Experten“ („expertise, expert performance, and experts“)²¹⁸ durch das zielgerichtete wiederholte Üben von spezifischen Aktivitäten zur Förderung einer konkreten Fertigkeit (Abbildung 5)²¹⁹.

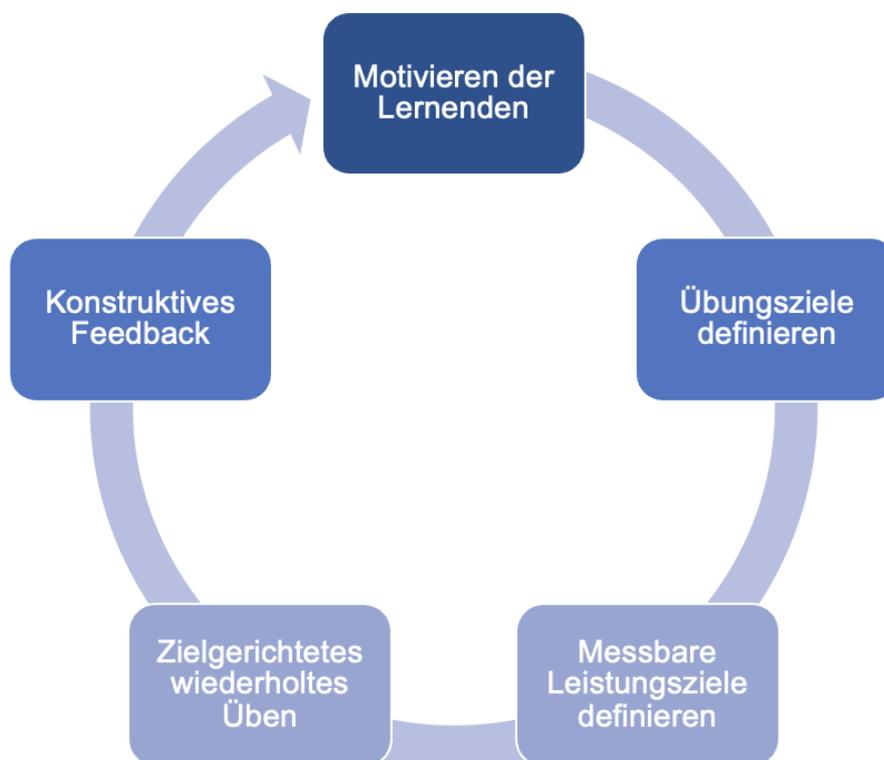


Abbildung 5: Iterativer Zyklus des „bewussten Übens“ nach Ericsson^{21,220} in Anlehnung an die Beschreibung von Mitchell und Boyer, 2023, S. 1²¹⁸.

Auch im medizinischen Bereich profitieren prozedurale²¹⁸, kommunikative²²¹⁻²²³ und hygienische^{224,225} Fertigkeiten vom „bewussten Üben“ und werden daher auch für Auffrischkurse empfohlen¹⁹⁵. Hierbei ist dieser didaktische Ansatz zur Auffrischung von medizinischen Inhalten selbst nach vollständigem Kompetenzabbau geeignet¹⁹⁵.

Die Ergebnisse von Chambers et al. verdeutlichen den potenziellen Nutzen des „bewussten Übens“ für die Vermittlung der Venenverweilkanülierung. So führte die Entwicklung und Implementierung eines Lehrplans in Anlehnung an das Stufenmodell von Sawyer et al. mit dem Ziel des "bewussten Übens" zu einer PIV-Erfolgsrate von 98 % bei Medizinstudierenden in zwei aufeinander folgenden Jahren. Als größte Herausforderungen bei der Umsetzung dieses Ausbildungskonzeptes identifizierten die Autorinnen und Autoren hierbei logistische und wirtschaftliche Aspekte. Eine Nachbeobachtung wurde nicht durchgeführt²²⁶.

Die Nachhaltigkeit von kurzen, zielorientierten Übungseinheiten in der klinischen Praxis im Rahmen der „Niedrigdosis-Hochfrequenz-Übungseinheiten“ („Low-Dose-High-Frequency Training“) ist hingegen in der Literatur bereits anerkannt¹⁹⁵, wenn auch noch nicht für die Venenpunktion oder Venenverweilkanülierung bestätigt. Diese Übungseinheiten zeichnen sich durch eine geringere Intensität als beim „simulationsbasierten lernzielorientierten Lernen“ oder beim „bewussten Üben“ bei gleichzeitig höherer Wiederholungsfrequenz aus¹⁹⁵. Hierbei variiert die Kosteneffizienz dieses didaktischen Ansatzes in Abhängigkeit zur Umsetzung²²⁷. Aufgrund des potenziellen Nutzens dieses Lehrkonzepts, um beispielsweise dem Fertigungsabbau der Venenpunktion entgegenzuwirken, empfehlen Offiah et al. weitere Forschung mit dem Ziel der erfolgreichen Implementierung von „Niedrigdosis-Hochfrequenz-Übungseinheiten“ in die medizinische Ausbildung¹⁵⁰.

Insgesamt zeigt sich, dass bewusstes und wiederholendes Üben auch nach der strukturierten anfänglichen Ausbildung notwendig ist, um Expertise von Medizinstudierenden zu erhalten und Fertigkeiten zu perfektionieren^{21,150,195}.

3.3.3. Vorbilder

Zur Supervision von Schulungen und Übungseinheiten eignen sich gemäß Literatur hierbei sowohl Medizinstudierende im „Peer-Teaching-Kontext“ als auch dozierende Ärztinnen und Ärzte²¹⁶.

Am Beispiel der Hygienekonformität zeigt sich jedoch, dass Dozierende eher zu Beginn der klinischen Ausbildung eine Vorbild-Funktion für Medizinstudierende einnehmen. Der spätere Werdegang ist hingegen stärker von ärztlichen Vorbildern geprägt¹⁷⁹. Solche ärztlichen Vorbilder sind dabei die stärksten Einflussfaktoren auf die zukünftige Fachrichtungswahl von Medizinstudierenden^{228,229} und die Entwicklung ärztlicher Professionalität^{230,231} und Identität²³¹. Auch hygienische^{232,233} und kommunikative Fertigkeiten^{234,235} profitieren von positiven Vorbildern. Aus Sicht der Medizinstudierenden besteht zudem ein signifikanter Zusammenhang zwischen positiv wahrgenommenen Vorbildern und dem Lernzuwachs in logistischen, sozialen sowie praktische Kompetenzen²³. Dementsprechend definieren Reuler et al. die Demonstration von klinischen Fertigkeiten am Krankenbett auch als relevanteste Aufgabe der klinischen Vorbilder²³⁶. Schließlich vermitteln Vorbilder nach Ansicht der Medizinstudierenden nicht nur medizinische Theorie, sondern auch ärztliches Handeln („*In addition to teaching medical sciences, he taught us to practice medicine.*“)²³⁷. Seit 1986 gelten gute Vorbilder in der klinischen Ausbildung daher auch als eine der primären Lehrstrategien²³⁸. Die Implementierung von guten klinischen Vorbildern ist jedoch eine in der Literatur anerkannte Herausforderung²³⁸. So entzieht sich diese informelle Wissens- und Kompetenzvermittlung, des sogenannten „versteckten Lehrplans“ („Hidden Curriculum“), der curriculären Kontrollinstanzen und birgt daher das Risiko, fehlerhafte Inhalte an Medizinstudierende weiterzugeben^{239,240}. Im Hinblick auf die Wertevermittlung durch Vorbilder wird daher beispielsweise empfohlen, solche Inhalte durch ein Konsortium aus Fakultätsmitgliedern, Medizinstudierenden und Externen zu identifizieren und zu adressieren. Die Bewältigung dieser Herausforderung beginnt somit bei der Schulung der ärztlichen Vorbilder²⁴⁰.

Gemäß Kreis et al. sind Ärzte und Ärztinnen in Weiterbildung hierbei die führenden Vorbilder für Medizinstudierende in Famulaturen²³. Im Gegensatz zu Fakultätsmitgliedern haben sich diese in der Regel jedoch nicht gezielt für die Vorbild-Funktion entschieden und wurden auch nicht hinsichtlich ihrer Eignung für die Lehre ausgewählt²⁴¹. Hieraus ergeben sich mehrere Ansatzpunkte zur Verbesserung der Kompetenzen von Medizinstudierenden durch eine Förderung der Vorbildfunktion von Ärztinnen und Ärzten.

Obwohl der Lernzielkatalog die Lehrfunktion von Ärzten und Ärztinnen für Medizinstudierende in der ärztlichen Kompetenzrolle „Gelehrte*r“ anerkennt^{242,243}, haben medizinpädagogische Inhalte im NKLM 1.0 nur einen untergeordneten Stellenwert im Lernzielkatalog und beziehen sich primär auf die Handlungskompetenz 3b („selbstständig und situationsadäquat in Kenntnis

der Konsequenzen durchführen“) bei der Patientenedukation. So sollen Medizinstudierende bei der Vermittlung medizinpädagogischer Inhalte für medizinisch versierte Zielgruppen lediglich die Handlungskompetenz 2 („Sachverhalte und Zusammenhänge erklären, in den klinisch-wissenschaftlichen Kontext einordnen und datenbasiert bewerten“) erreichen²⁴³. Die Mitglieder der Gesellschaft für Medizinische Ausbildung sehen daher einen hohen Bedarf an zukünftiger Qualifizierung und Expertise in Medizinpädagogik²⁴⁴. Abgebildet wird dieses auch im zukünftigen NKLM 2.0, der die Vertiefung zielgruppengerechter medizinpädagogischer Kompetenzen auf eine Handlungskompetenz 3b bis zum Ende des Praktischen Jahres vorsieht²⁴⁵. Sinnvoll erscheint somit eine feste Verankerung medizinpädagogischer Inhalte im Curriculum, um zukünftige Ärzte und Ärztinnen auf die Edukation vielfältiger Zielgruppen vorzubereiten und hierdurch der „Gelehrten“-Rolle gerecht zu werden.

Gleichzeitig zeigt sich, dass neben der institutionellen und finanziellen Unterstützung vor allem auch ein Bedarf an einer stärkeren Anerkennung von Verdiensten in der medizinischen Lehre besteht²⁴⁴. Im Zuge dessen erscheint auch eine Ausweitung des 1986 geforderten²³⁸ und mittlerweile teilweise etablierten Anreizsystems¹⁵⁷ unter anderem auch auf Ärztinnen und Ärzte ohne Fakultätsmitgliedschaft sinnvoll. Positive Beispiele sind in diesem Zusammenhang der „GMA-Nachwuchspreis Studierende“²⁴⁶ und „GMA-Nachwuchspreis Lehrende“²⁴⁷ der Gemeinschaft für medizinische Ausbildung, die Anreize unabhängig von Fakultätsmitgliedschaft setzen.

Insgesamt zeigt sich somit, dass inhaltliche und medizinpädagogische Schulungen sowie Anreize sinnvoll sein könnten, um die Vorbilder in der medizinischen Lehre zu fördern und folglich die praktischen, hygienischen und kommunikativen Fertigkeiten von Medizinstudierenden zu verbessern.

3.3.4. Weitere Ansätze

Die in der zugrunde liegenden Arbeit beobachtete hohe Hygienekonformität während der COVID-19-Pandemie lässt zudem weitere Stellschrauben bezüglich des Hygieneverhaltens von Medizinstudierenden vermuten¹³. Zurückzuführen ist die hohe Hygienekonformität mutmaßlich auf Krankheitsperzeption²⁴⁸⁻²⁵⁰, die Medienlandschaft²⁵¹⁻²⁵⁵ und die alltägliche Präsenz von Hygiene, beispielsweise durch das Tragen von Gesichtsmasken^{256,257} oder Positionieren von Desinfektionsspendern²⁵⁸. Ob die Hygienesensibilität von Medizinstudierenden auch außerhalb von Pandemie-Situationen durch entsprechende Präventionskampagnen gesteigert werden kann, ist bislang unklar. Infolge des hohen informationellen Stellenwerts für die Medizinstudierenden während der COVID-19-Pandemie²⁵²⁻²⁵⁵ und der schnellen und kostengünstigen²⁵⁹ Durchführung erscheinen zukünftige Studien zum Einfluss von Hygiene-Kampagnen auf den sozialen Medien für zukünftige Forschung interessant.

Ein denkbarer Ansatz zur kommunikativen Verbesserung von Medizinstudierenden könnte sich hingegen aus dem Zusammenhang zwischen Empathie und Kommunikation ergeben¹⁸⁹. Dementsprechend könnte der Schutz der Empathie-Fähigkeit von Medizinstudierenden hypothetisch deren kommunikative Fertigkeiten verbessern. In der Literatur haben sich in diesem Kontext praktisches Lernen, die Darstellung der Patientenperspektive, früher Patientenkontakt²⁶⁰ und fakultative Stressbewältigungsstrategien^{261,262} als förderlich erwiesen. Eine Herausforderung für die Zukunft könnte es daher sein, zusätzliche Übungsmöglichkeiten und Auffrischkurse zu implementieren, ohne die Empathie und Kommunikationsfähigkeit der Medizinstudierenden durch zusätzliche Belastung zu beeinträchtigen.

3.3.5. Ausblick

Trotz der offenkundigen Relevanz für die Patientenversorgung sowie des festgestellten Verbesserungsbedarfs unter Medizinstudierenden^{12,13} ist die Literatur zur Steigerung deren praktischen²⁶³, hygienischen²⁶⁴ und kommunikativen^{54,55,193} Fertigkeiten bislang spärlich und der Evidenzgrad bisheriger Studien gering^{196,263,265}. Ziel zukünftiger Studien sollte es daher sein, hypothetische Ansatzpunkte zur Verbesserung dieser Kompetenzen im Allgemeinen und bei der Venenpunktion und Venenverweilkanülierung im Besonderen zu erforschen.

Insbesondere Empfehlungen zu Lehrmethodik²⁶³ und Auffrischkursen^{195,266} erscheinen in diesem Zusammenhang notwendig. Zukünftige Untersuchungen zu Schulungsformaten sollten hierbei neben Medizinstudierenden auch Ärztinnen und Ärzte inkludieren. Immerhin haben diese ärztlichen Vorbilder einen nennhaften Einfluss auf die Medizinstudierenden^{179,228-235}.

Da die medizinische Lehre kein isoliertes System darstellt, lässt sich die Einflussstärke dieser unterschiedlichen Ansatzpunkte nicht evaluieren. Dieses zeigt sich auch am Beispiel der Beobachtungen während der COVID-19-Pandemie. So bleiben die Zusammensetzung und die Gewichtung verschiedener Einflussfaktoren während der Pandemie auf das Hygieneverhalten weiterhin unklar^{258,267-269}. Nachbeobachtende Studien könnten hierbei zumindest Anhalt auf die Dynamik dieser Beobachtungen liefern.

Wie das Beispiel der Implementierung eines Lehrkonzepts mit dem Ziel des „bewussten Übens“ („Deliberate Practice“) für die Venenverweilkanülierung verdeutlicht, sind die logistischen und finanziellen Herausforderungen zukünftiger Implementierungsstrategien für die medizinischen Fakultäten zu berücksichtigen²²⁶. Zur Klärung der Kosten-Nutzen-Verhältnisse erscheinen daher entsprechende Analysen unabdingbar.

Obwohl Beobachtungen^{12,13} und Literatur^{24,25,196,216,224} auf eine Verbesserung der kompetenzbasierten Fähigkeiten von Medizinstudierenden im Prüfungskontext durch die Adressierung des beobachteten Missverhältnisses von positiven und negativen Einflussfaktoren hindeuten, bleibt zudem zukünftig zu klären, ob sich dies auch in die klinische Praxis übersetzt.

3.3.6. Schlussfolgerung

Die Literatur und die Ergebnisse der zugrunde liegenden Studien^{12,13} verdeutlichen die Relevanz von Übungsmöglichkeiten, Vorbildern und Auffrischkursen für die psychomotorischen^{21,22}, hygienischen²⁴ und kommunikativen^{26,27} Aspekte der Venenpunktion und Venenverweilkanülierung. Die bisherigen Vorbereitungskurse zu Beginn des klinischen Studienabschnittes sowie Übungsmöglichkeiten in Blockpraktika und Famulaturen reichen gemäß der zugrunde liegenden Studienergebnisse nicht aus, um diese Kompetenzen zu meistern^{12,13}. Weder die Venenpunktion noch die Venenverweilkanülierung sollten daher im Praktischen Jahr von Medizinstudierenden supervisionslos durchgeführt werden. In Ermangelung zeitlicher Kapazitäten der Ärzte und Ärztinnen für eine ausreichende Supervision der Medizinstudierenden im Praktischen Jahr^{8,157} erscheint es daher notwendig, supervidierte Übungsmöglichkeiten und ärztliche Vorbilder sowie Auffrischkurse vor Beginn des Praktischen Jahres zu fördern (Abbildung 4). Infolge der aktuellen insuffizienten Empfehlungsgrundlage hinsichtlich Lehrformaten und -intervallen, ist zukünftige Forschung zur möglichen Implementierung solcher Auffrischkurse essenziell.

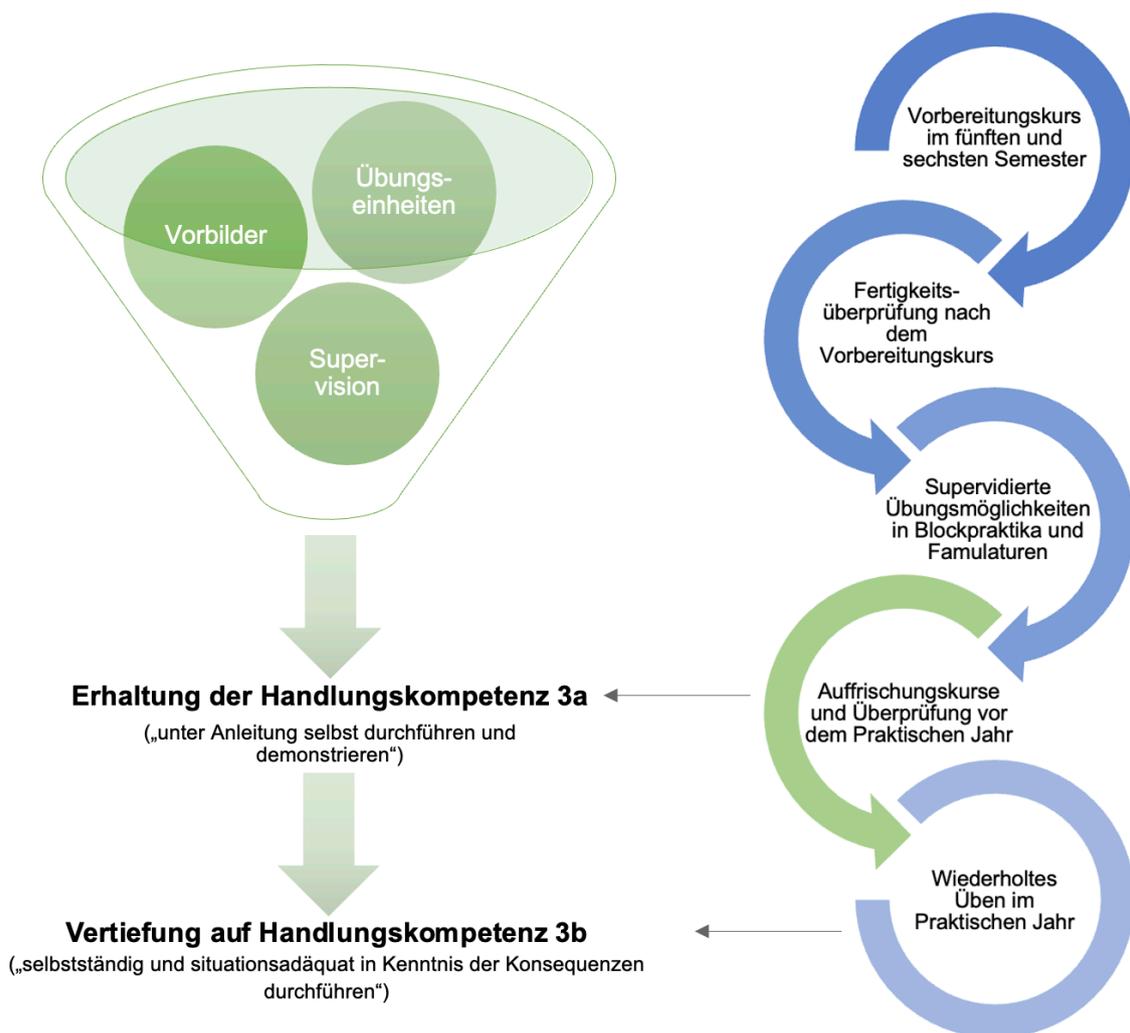


Abbildung 6: Mögliche Förderansätze (grün) zur Verbesserung der Venenpunktion und Venenverweilkanülierung in Kombination mit den Empfehlungen in Anlehnung an den NKLM 2.0 (blau) (MFT und GMA, 2021, VIII.7-02.1.13)⁵.

3.4. Limitationen

Einige Einschränkungen der zugrunde liegenden Studien ergeben sich aus dem unizentrischen Studiendesign. So sind die Ergebnisse der Studien nicht zwingend repräsentativ für Medizinstudierende anderer Universitäten oder Länder.

Auch sind die Ergebnisse nicht zwingend repräsentativ für den klinischen Alltag, da die Daten in einem OSCE-Prüfungsumfeld an Simulationsmodellen erhoben wurden. Zudem war die Erhebung und somit Berücksichtigung von möglichen Störfaktoren im gewählten OSCE-Format nur bedingt möglich.

Weiterhin könnten die Teilaspekte der Venenpunktion und Venenverweilkanülierung von verschiedenen Prüfern und Prüferinnen unterschiedlich bewertet worden sein. So waren nur die prüfenden Personen der Medizinstudierenden im neunten Semester über die durchgeführte Studie informiert. Auch muss von einem unterschiedlichen Wissenstand der Prüfer und Prüferinnen ausgegangen werden, da diese sich zum Zeitpunkt der Studie in unterschiedlichen Ausbildungsabschnitten befanden. Denkbar erscheint zudem, dass sich die prüfenden Personen während der COVID-19-Pandemie einer eigenen Hygienesensibilisierung nicht entziehen konnten, sodass beobachterabhängige Urteilsverzerrungen nicht auszuschließen sind.

Zudem besteht die Gefahr einer Stichprobenverzerrung aufgrund der obligatorischen Teilnahme im fünften Semester im Vergleich zur fakultativen Teilnahme im neunten Semester. Obwohl im fünften und neunten Semester sowie während der COVID-19-Pandemie ähnliche Bedingungen für die Prüfungsstationen geschaffen wurden, ist allein aufgrund der zeitlichen Latenz, der unterschiedlichen Struktur von OSCE 1 im fünften Semester und OSCE 2 im neunten Semester sowie der Maßnahmen zur Eindämmung der Pandemie mit Unterschieden in der Prüfungsdurchführung und -struktur zu rechnen.

4. Literaturverzeichnis

1. O'donneix JF. The medical school objectives project (MSOP). Taylor & Francis; 1999.
2. Medizinischer Fakultätentag der Bundesrepublik Deutschland e.V. (MFT), Gesellschaft für Medizinische Ausbildung e.V. (GMA). Klinisch-praktische Fertigkeiten. Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin (NKLM) - Version 1; 2015: 153.
3. Medizinischer Fakultätentag der Bundesrepublik Deutschland e.V. (MFT), Gesellschaft für Medizinische Ausbildung e.V. (GMA). Klinisch-praktische Fertigkeiten. Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin (NKLM) - Version 1; 2015: 155.
4. Medizinischer Fakultätentag der Bundesrepublik Deutschland e.V. (MFT), Gesellschaft für Medizinische Ausbildung e.V. (GMA). Basis-Ganzkörper-Untersuchungen. 2021. <https://nkml.de/Zend/objective/list/lve/1025> (Zuletzt aufgerufen: 10. Januar 2024).
5. Medizinischer Fakultätentag der Bundesrepublik Deutschland e.V. (MFT), Gesellschaft für Medizinische Ausbildung e.V. (GMA). Mit arteriellen Gefäßzugängen umgehen. 2021. <https://nkml.de/Zend/objective/list/orderBy/@objectivePosition/lve/210235/> (Zuletzt aufgerufen: 10. Januar 2024).
6. Marburger Bund. Ausgewählte Freitext Antworten. 2023. [https://www.marburgerbund.de/sites/default/files/files/2023-05/5.%20Ausgewählte%20Freitext-Antworten%20-%20FINAL.pdf](https://www.marburgerbund.de/sites/default/files/files/2023-05/5.%20Ausgew%C3%A4hlte%20Freitext-Antworten%20-%20FINAL.pdf) (Zuletzt aufgerufen: 09. August 2023).
7. Marburger Bund. Ergebnisse PJ-Barometer 2023. 2023. https://www.marburgerbund.de/sites/default/files/files/2023-05/4.%20PJ%20Barometer%202023_Ergebnisse_P%C3%A4sentation%20-%20FINAL%20-%20Kopie.pdf (Zuletzt aufgerufen: 06. August 2023).
8. Engel C, Porsche M, Roth S, Ganschow P, Büchler MW, Kadmon M. What educational content do medical students want in their final clinical year - needs assessment as the basis for a final-year surgery curriculum. *GMS Journal for Medical Education* 2008; **25**(3).
9. Wicker S, Nürnberger F, Schulze JB, Rabenau HF. Needlestick injuries among German medical students: time to take a different approach? *Medical Education* 2008; **42**(7): 742-5.
10. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Needlestick Injuries are Preventable. 2021. https://www.cdc.gov/niosh/newsroom/feature/needlestick_disposal.html (Zuletzt aufgerufen: 06. August 2023).
11. Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut (KRINKO). Prävention von Infektionen, die von Gefäßkathetern ausgehen : Teil 2 - Periphervenöse Verweilkanülen und arterielle Katheter Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 2017; **60**(2): 207-15.
12. Meyer A, Schreiber J, Brinkmann J, Klatt AR, Stosch C, Streichert T. Deterioration in hygiene behavior among fifth-year medical students during the placement of intravenous catheters: a prospective cohort comparison of practical skills. *BMC Medical Education* 2021; **21**(1): 434.
13. Meyer A, Stosch C, Klatt AR, Streichert T. The impact of COVID-19 on medical students' practical skills and hygiene behavior regarding venipuncture: a case control study. *BMC Medical Education* 2022; **22**(1): 558.
14. Häske D, Dorau W, Eppler F, Heinemann N, Hochgreve B, Schempf B. Learning Success and Influencing Factors in Out-of-Hospital Placement of Intravenous Catheters. *Prehospital and Disaster Medicine* 2022; **37**(6): 788-93.
15. Carr PJ, Rippey JCR, Cooke ML, et al. Factors associated with peripheral intravenous cannulation first-time insertion success in the emergency department. A multicentre prospective cohort analysis of patient, clinician and product characteristics. *BMJ Open* 2019; **9**(4): e022278.
16. Cuper NJ, de Graaff JC, van Dijk ATH, Verdaasdonk RM, van der Werff DBM, Kalkman CJ. Predictive factors for difficult intravenous cannulation in pediatric patients at a tertiary pediatric hospital. *Pediatric Anesthesia* 2012; **22**(3): 223-9.

17. Stosch C, Schnabel KP. What do we mean by "lessons learned"? Medical didactic research deficits before the post-COVID era. A call! *GMS Journal for Medical Education* 2021; **38**(7): Doc125.
18. Carraccio C, Englander R. The Objective Structured Clinical Examination: A Step in the Direction of Competency-Based Evaluation. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 2000; **154**(7): 736-41.
19. Zayyan M. Objective structured clinical examination: the assessment of choice. *Oman Medical Journal* 2011; **26**(4): 219-22.
20. Sloan DA, Donnelly MB, Schwartz RW, Strodel WE. The Objective Structured Clinical Examination. The new gold standard for evaluating postgraduate clinical performance. *Annals of Surgery* 1995; **222**(6): 735-42.
21. Ericsson KA. Deliberate Practice and the Acquisition and Maintenance of Expert Performance in Medicine and Related Domains. *Academic Medicine* 2004; **79**(10).
22. Burgess A, van Diggele C, Roberts C, Mellis C. Tips for teaching procedural skills. *BMC Medical Education* 2020; **20**(2): 458.
23. Keis O, Schneider A, Heindl F, Huber-Lang M, Öchsner W, Grab-Kroll C. How do German medical students perceive role models during clinical placements ("Famulatur")? An empirical study. *BMC Medical Education* 2019; **19**(1): 184.
24. Scheithauer S, Haefner H, Schwanz T, et al. Hand hygiene in medical students: performance, education and knowledge. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 2012; **215**(5): 536-9.
25. Erasmus V, Brouwer W, Beeck E, et al. A Qualitative Exploration of Reasons for Poor Hand Hygiene Among Hospital Workers: Lack of Positive Role Models and of Convincing Evidence That Hand Hygiene Prevents Cross-Infection. *Infection Control & Hospital Epidemiology* 2009; **30**: 415-9.
26. Taveira-Gomes I, Mota-Cardoso R, Figueiredo-Braga M. Communication skills in medical students – An exploratory study before and after clerkships. *Porto Biomedical Journal*.
27. Deveugele M, Derese A, Maesschalck SD, Willems S, Driel MV, Maeseneer JD. Teaching communication skills to medical students, a challenge in the curriculum? *Patient Education and Counseling* 2005; **58**(3): 265-70.
28. Association of American Medical Colleges (AAMC). Report 1 Learning Objectives for Medical Student Education Guidelines for Medical Schools, 1998.
29. General Medical Council (GMC). Tomorrow's doctors, 2003.
30. Simundic A-M. 2.9 Who is Doing Phlebotomy in Europe? In: Walter GG, Sheshadri N, eds. Pre-Examination Procedures in Laboratory Diagnostics. Berlin, München, Boston: De Gruyter; 2015: 90-4.
31. Krull B. Delegation Ärztlicher Leistungen an nichtärztliches Personal: Möglichkeiten und Grenzen. *Deutsches Ärzteblatt International* 2015; **112**(3): 2.
32. Resetarics P. Legen von peripheren Venenverweilkanülen durch Angehörige des gehobenen Dienstes für Gesundheits- und Krankenpflege. Laut gedacht - Wegweiser zur Umsetzung der Patientenrechte: NÖ Patienten- und Pflegeteamschaft; 2013.
33. Witzel K, Kaminski C, Rauschhardt M, Parzeller M. Die venöse Blutentnahme im klinischen Alltag. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 2007; **132**: 2495-9.
34. Gottschalk M. Erleben und Lernen in der Famulatur. Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2020.
35. Achterfeld C. Rechtliche Rahmenbedingungen im Praktischen Jahr des Medizinstudiums. In: Katzenmeier C, Ratzel R, eds. Festschrift für Franz-Josef Dahm: Glück auf! Medizinrecht gestalten. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2017: 1-16.
36. Medizinischer Fakultätentag der Bundesrepublik Deutschland e.V. (MFT), Gesellschaft für Medizinische Ausbildung e.V. (GMA). Kompetenzebenen und Meilensteine. Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin (NKLM) - Version 1; 2015: 21.
37. Wicker S, Rabenau H. Risk of needlestick injuries in medical school. *Journal of Laboratory Medicine (Laboratoriumsmedizin)* 2008; **32**.
38. McEvoy J. 4 - Trigger point dry needling: safety guidelines. In: Dommerholt J, Fernández-de-las-Peñas C, eds. Trigger Point Dry Needling. Oxford: Churchill Livingstone; 2013: 39-58.

39. Tomford JW, Hershey CO, McLaren CE, Porter DK, Cohen DI. Intravenous Therapy Team and Peripheral Venous Catheter—Associated Complications: A Prospective Controlled Study. *Archives of Internal Medicine* 1984; **144**(6): 1191-4.
40. Kennedy RM, Luhmann J, Zempsky WT. Clinical implications of unmanaged needle-insertion pain and distress in children. *Pediatrics* 2008; **122** 130-3.
41. World Health Organization (WHO). WHO guidelines on drawing blood: best practices in phlebotomy. Geneva, Switzerland; 2010.
42. Zhang L, Cao S, Marsh N, et al. Infection risks associated with peripheral vascular catheters. *J Infect Prev* 2016; **17**(5): 207-13.
43. Zingg W, Pittet D. Peripheral venous catheters: an under-evaluated problem. *International Journal of Antimicrobial Agents* 2009; **34**: 38-S42.
44. Kampf G, Reise G, James C, Gittelbauer K, Gosch J, Alpers B. Improving patient safety during insertion of peripheral venous catheters: an observational intervention study. *GMS Hygiene and Infection Control* 2013; **8**(2): Doc18.
45. Simundic A-M, Cornes M, Grankvist K, et al. Survey of national guidelines, education and training on phlebotomy in 28 European countries: an original report by the European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (EFLM) working group for the preanalytical phase (WG-PA). *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* 2013; **51**(8): 1585-93.
46. Parapia LA. History of bloodletting by phlebotomy. *British Journal of Haematology* 2008; **143**(4): 490-5.
47. Srikanth KK, Lotfollahzadeh S. Phlebotomy. StatPearls. Treasure Island, FL: StatPearls Publishing; 2023.
48. Jhang JS, Schwartz J. Phlebotomy or bloodletting: from tradition to evidence-based medicine. *Transfusion* 2012; **52**(3): 460-2.
49. von Meyer A, Cadamuro J, Streichert T, et al. Standard-Arbeitsanleitung zur peripher venösen Blutentnahme für die labormedizinische Diagnostik. 2017; **41**(6): 333-40.
50. Orth M, Aufenanger J, Hoffmann G, et al. Recommendations for the frequency of ordering laboratory testing. *Journal of Laboratory Medicine (Laboratoriumsmedizin)* 2015; **38**(s1).
51. Eaton KP, Levy K, Soong C, et al. Evidence-Based Guidelines to Eliminate Repetitive Laboratory Testing. *JAMA Internal Medicine* 2017; **177**(12): 1833-9.
52. Lavery I, Ingram P. Venepuncture: best practice. *Nursing Standard* 2005; **19**(49): 55-65.
53. Thavendiranathan P, Bagai A, Ebidia A, Detsky AS, Choudhry NK. Do blood tests cause anemia in hospitalized patients? The effect of diagnostic phlebotomy on hemoglobin and hematocrit levels. *Journal of General Internal Medicine* 2005; **20**(6): 520-4.
54. World Health Organization (WHO). Best practices in phlebotomy. WHO Guidelines on Drawing Blood: Best Practices in Phlebotomy. Geneva; 2010.
55. Aarts LAM, van Geffen G-J, Smedema EAL, Smits RM. Therapeutic communication improves patient comfort during venipuncture in children: a single-blinded intervention study. *European Journal of Pediatrics* 2023.
56. Lippi G, Salvagno GL, Montagnana M, Franchini M, Guidi GC. Venous stasis and routine hematologic testing. *Clinical & Laboratory Haematology* 2006; **28**(5): 332-7.
57. Lippi G, Salvagno GL, Montagnana M, Brocco G, Guidi GC. Influence of short-term venous stasis on clinical chemistry testing. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* 2005; **43**(8): 869-75.
58. Asirvatham JR, Moses V, Bjornson L. Errors in potassium measurement: a laboratory perspective for the clinician. *North American Journal of Medicine and Science* 2013; **5**(4): 255-9.
59. Kane L, Krischock L, Lucas C. Phlebotomy tourniquets- vectors for bacterial pathogens. *Archives of Disease in Childhood* 2011; **96**: A47.
60. Donna MH, David LM, Kevin JK. &em>Acinetobacter baumannii and MRSA Contamination on Reusable Phlebotomy Tourniquets. *American Society for Clinical Laboratory Science* 2010; **23**(3): 151.

61. Abeywickrama T, Amarasinghe K, Wijerathne S, et al. Methicillin resistant *Staphylococcus aureus* contamination of phlebotomy tourniquets and faucets. *Ceylon Medical Journal* 2018.
62. Harbert KR. Chapter 5 - Venipuncture. In: Dehn RW, Asprey DP, eds. *Essential Clinical Procedures (Second Edition)*. Philadelphia: W.B. Saunders; 2007: 47-61.
63. Ohnishi H. [Side effects of phlebotomy: pathophysiology, diagnosis, treatment and prophylaxis]. *Rinsho Byori* 2005; **53**(10): 904-10.
64. Galena HJ. Complications occurring from diagnostic venipuncture. *The Journal of Family Practice* 1992; **34**(5): 582-4.
65. Buowari OY. Complications of venepuncture. *Advances in Bioscience and Biotechnology* 2013; **4**: 126-8.
66. Newman BH, Waxman DA. Blood donation-related neurologic needle injury: evaluation of 2 years' worth of data from a large blood center. *Transfusion* 1996; **36**(3): 213-5.
67. Berry PR, Wallis WE. VENEPUNCTURE NERVE INJURIES. *The Lancet* 1977; **309**(8024): 1236-7.
68. Kato J, Araki H, Kimura M, et al. Incidence and Prognosis of Persistent Pain Induced by Venipuncture for Blood Sampling: An Observational Study over a 5-Year Period. *Pain Medicine* 2012; **13**(12): 1627-30.
69. Newman BH. Arterial puncture phlebotomy in whole-blood donors. *Transfusion* 2001; **41**(11): 1390-2.
70. Killeen RB, Tambe A. Acute Anemia. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing
Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.; 2023.
71. Salisbury AC, Reid KJ, Alexander KP, et al. Diagnostic blood loss from phlebotomy and hospital-acquired anemia during acute myocardial infarction. *Archives of Internal Medicine* 2011; **171**(18): 1646-53.
72. Chant C, Wilson G, Friedrich JO. Anemia, transfusion, and phlebotomy practices in critically ill patients with prolonged ICU length of stay: a cohort study. *Critical Care* 2006; **10**(5): R140.
73. Beecham GB, Tackling G. Peripheral Line Placement. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.
74. Alexandrou E, Ray-Barruel G, Carr PJ, et al. International prevalence of the use of peripheral intravenous catheters. *Journal of Hospital Medicine* 2015; **10**(8): 530-3.
75. Woelfel IA, Takabe K. Successful intravenous catheterization by medical students. *J Surg Res* 2016; **204**(2): 351-60.
76. Martínez JA, Fernández P, Rodríguez E, et al. [Intravenous cannulae: complications arising from their use and analysis of their predisposing factors]. *Medicina clínica* 1994; **103**(3): 89-93.
77. Zingg W, Barton A, Bitmead J, et al. Best practice in the use of peripheral venous catheters: A scoping review and expert consensus. *Infection Prevention in Practice* 2023; **5**(2): 100271.
78. Barbut F, Pistone T, Guiguet M, et al. [Complications due to peripheral venous catheterization. Prospective study]. *Presse Medicale* 2003; **32**(10): 450-6.
79. Marsh N, Webster J, Ullman AJ, et al. Peripheral intravenous catheter non-infectious complications in adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Advanced Nursing* 2020; **76**(12): 3346-62.
80. Campbell L. IV-Related phlebitis, complications and length of hospital stay: 2. *British Journal of Nursing* 1998; **7**: 1364-6, 8.
81. Smith JP. Thrombotic Complications in Intravenous Access. *Journal of Infusion Nursing* 1998; **21**(2): 96-100.
82. Tagalakis V, Kahn SR, Libman M, Blostein M. The epidemiology of peripheral vein infusion thrombophlebitis: a critical review. *The American Journal of Medicine* 2002; **113**(2): 146-51.
83. Mermel LA. Short-term Peripheral Venous Catheter-Related Bloodstream Infections: A Systematic Review. *Clinical Infectious Diseases* 2017; **65**(10): 1757-62.

84. Drugeon B, Guenezan J, Pichon M, et al. Incidence, complications, and costs of peripheral venous catheter-related bacteraemia: a retrospective, single-centre study. *Journal of Hospital Infection* 2023; **135**: 67-73.
85. McPherson RA, Bain O, Threatte G, Henry JB. Implementation of a phlebotomy training curriculum for sophomore medical students. *Journal of Medical Education* 1986; **61**(6): 473-5.
86. Harden RM, Stevenson M, Downie WW, Wilson GM. Assessment of clinical competence using objective structured examination. *BMJ* 1975; **1**(5955): 447-51.
87. Nagoshi Y, Cooper LA, Meyer L, et al. Application of an objective structured clinical examination to evaluate and monitor intern's proficiency of hand hygiene and personal protective equipment use in the United States. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions* 2019; **16**: 31.
88. Barr J, Graffeo CS. Procedural Experience and Confidence Among Graduating Medical Students. *Journal of Surgical Education* 2016; **73**(3): 466-73.
89. Fincher RM, Lewis LA. Learning, experience, and self-assessment of competence of third-year medical students in performing bedside procedures. *Academic Medicine* 1994; **69**(4): 291-5.
90. Wu EH, Elnicki DM, Alper EJ, et al. Procedural and Interpretive Skills of Medical Students: Experiences and Attitudes of Third-Year Students. *Academic Medicine* 2006; **81**(10).
91. Wu EH, Elnicki DM, Alper EJ, et al. Procedural and Interpretive Skills of Medical Students: Experiences and Attitudes of Fourth-Year Students. *Academic Medicine* 2008; **83**(10).
92. Moss F, McManus IC. The anxieties of new clinical students. *Medical Education* 1992; **26**(1): 17-20.
93. Huo B, MacNevin W, Smyth M, Miller SG. Medical Student Comfort With Procedural Skills Performance Based on Elective Experience and Career Interest. *Cureus* 2020; **12**(12): e12374.
94. Kern N, Holz F, Verhoff MA, Parzeller M. Befragung von Medizinstudierenden zu der ärztlichen Aufklärung und zu den ärztlichen Informationspflichten sowie zur medizinrechtlichen Ausbildung im Studium. *Rechtsmedizin* 2020; **30**(6): 430-7.
95. Siegmann S, Muth T, Kluth W, Hofbauer U, Angerer P, Schwarze S. [Needlestick Injuries to Medical Students]. *Gesundheitswesen* 2016; **78**(1): 22-7.
96. Goldmann DA. Blood-borne pathogens and nosocomial infections. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 2002; **110**(2, Supplement): S21-S6.
97. Lorenz TK. Autonomic, endocrine, and psychological stress responses to different forms of blood draw. *PLOS ONE* 2021; **16**(9): e0257110.
98. Kliszczewicz B, Esco MR, E. Bechke E, et al. Venipuncture procedure affects heart rate variability and chronotropic response. *Pacing and Clinical Electrophysiology* 2017; **40**(10): 1080-6.
99. Santen SA, Hemphill RR, Spanier CM, Fletcher ND. 'Sorry, it's my first time!' Will patients consent to medical students learning procedures? *Medical Education* 2005; **39**(4): 365-9.
100. Klement A, Schroeder-Printzen J, Bretschneider K, Lichte T, Herrmann M. Praktika im Medizinstudium: Rechtliche Grenzen des Delegierens. *Deutsches Ärzteblatt International* 2007; **104**(40): 2706-8.
101. Dehmer JJ, Amos KD, Farrell TM, Meyer AA, Newton WP, Meyers MO. Competence and Confidence With Basic Procedural Skills: The Experience and Opinions of Fourth-Year Medical Students at A Single Institution. *Academic Medicine* 2013; **88**(5).
102. Friederichs H, Marschall B, Weissenstein A. Simulation-based mastery learning in medical students: Skill retention at 1-year follow up. *Medical Teacher* 2019; **41**(5): 539-46.
103. Morton J, Anderson L, Frame F, Moyes J, Cameron H. Back to the future: teaching medical students clinical procedures. *Medical Teacher* 2006; **28**(8): 723-8.
104. Burch VC, Nash RC, Zabow T, et al. A structured assessment of newly qualified medical graduates. *Medical Education* 2005; **39**(7): 723-31.
105. Zawiślak D, Kupis R, Perera I, Cebula G. A comparison of curricula at various medical schools across the world. *Folia Med Cracov* 2023; **63**(1): 121-34.

106. Friederichs H, Brouwer B, Marschall B, Weissenstein A. Mastery learning improves students skills in inserting intravenous access: a pre-post-study. *GMS J Med Educ* 2016; **33**(4): Doc56.
107. Van De Mortel TF, Kermode S, Prozano T, Sansoni J. A comparison of the hand hygiene knowledge, beliefs and practices of Italian nursing and medical students. *Journal of Advanced Nursing* 2012; **68**(3): 569-79.
108. Graf K, Chaberny IF, Vonberg R-P. Beliefs about hand hygiene: A survey in medical students in their first clinical year. *American Journal of Infection Control* 2011; **39**(10): 885-8.
109. Feather A, Stone SP, Wessier A, Boursicot KA, Pratt C. 'Now please wash your hands': the handwashing behaviour of final MBBS candidates. *Journal of Hospital Infection* 2000; **45**(1): 62-4.
110. Hunt DCE, Mohammudally A, Stone SP, Dacre J. Hand-hygiene behaviour, attitudes and beliefs in first year clinical medical students. *Journal of Hospital Infection* 2005; **59**(4): 371-3.
111. Melenhorst WB, Poos HP, Meessen NE. Medical students need more education on hygiene behavior. *American Journal of Infection Control* 2009; **37**(10): 868-9.
112. Lau T, Tang G, Mak KL, Leung G. Moment-specific compliance with hand hygiene. *The Clinical Teacher* 2014; **11**(3): 159-64.
113. Mann CM, Wood A. How much do medical students know about infection control? *Journal of Hospital Infection* 2006; **64**(4): 366-70.
114. Cooke M, Ullman AJ, Ray-Barruel G, Wallis M, Corley A, Rickard CM. Not "just" an intravenous line: Consumer perspectives on peripheral intravenous cannulation (PIVC). An international cross-sectional survey of 25 countries. *PLOS ONE* 2018; **13**(2): e0193436.
115. Nicholls D, Sweet L, Muller A, Hyett J. A model to teach concomitant patient communication during psychomotor skill development. *Nurse Education Today* 2018; **60**: 121-6.
116. Sherwood A, Brinkmann J, Fatone S. Review of Benefits to Practitioners of Using Good Patient-Practitioner Communication. *Journal of Prosthetics and Orthotics* 2018; **30**(1).
117. Ha JF, Longnecker N. Doctor-patient communication: a review. *The Ochsner Journal* 2010; **10**(1): 38-43.
118. Wei D, Xu A, Wu X. The mediating effect of trust on the relationship between doctor-patient communication and patients' risk perception during treatment. *PsyCh Journal* 2020; **9**(3): 383-91.
119. Gu L, Tian B, Xin Y, Zhang S, Li J, Sun Z. Patient perception of doctor communication skills and patient trust in rural primary health care: the mediating role of health service quality. *BMC Primary Care* 2022; **23**(1): 255.
120. Rider EA, Volkan K, Hafner JP. Pediatric residents' perceptions of communication competencies: Implications for teaching. *Medical Teacher* 2008; **30**(7): e208-17.
121. Merten M. Patientenzufriedenheit: Nicht genug geredet. *Deutsches Ärzteblatt International* 2005; **102**(49): A-3389.
122. Lamers WM. Arzt-Patienten-Kommunikation: Mehr Klartext, weniger Fachjargon. *Deutsches Ärzteblatt International* 2017; **114**(8): 2.
123. Richter-Kuhlmann E. Arzt-Patienten-Kommunikation: die Macht des Wortes. *Deutsches Ärzteblatt International* 2015; **11**(3): 12.
124. Krautter M, Diefenbacher K, Koehl-Hackert N, et al. Short Communication: Final Year Students' Deficits in Physical Examination Skills Performance in Germany. *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen* 2015; **109**(1): 59-61.
125. Gerçeker GÖ, Ayar D, Özdemir EZ, Bektaş M. The impact of the difficult vascular access, fear, and anxiety level in children on the success of first-time phlebotomy. *The Journal of Vascular Access* 2018; **19**(6): 620-5.
126. Piredda M, Biagioli V, Barrella B, et al. Factors affecting difficult peripheral intravenous cannulation in adults: a prospective observational study. *Journal of Clinical Nursing* 2017; **26**(7-8): 1074-84.
127. Monteiro DAT, de la Torre-Montero JC, Nicolussi AC, Reis RK, Barbosa MH, Toffano SEM. Prevalence of and factors associated with difficult peripheral venipuncture in adult surgical patients. *The Journal of Vascular Access* 2021; **22**(3): 404-10.

128. Trinh LN, Fortier MA, Kain ZN. Primer on adult patient satisfaction in perioperative settings. *Perioperative Medicine* 2019; **8**(1): 11.
129. DeKeyser R. Skill acquisition theory. Theories in second language acquisition: Routledge; 2020: 83-104.
130. Sahi PK, Mishra D, Singh T. Medical Education Amid the COVID-19 Pandemic. *Indian Pediatrics* 2020; **57**(7): 652-7.
131. Katmeh H, Karimaghaei D, Hewage S, Harky A. The Impact of COVID-19 on Medical Examinations. *Acta Biomedica Atenei Parmensis* 2020; **91**(4): e2020135-e.
132. Erasmus V, Otto S, De Roos E, et al. Assessment of correlates of hand hygiene compliance among final year medical students: a cross-sectional study in the Netherlands. *BMJ Open* 2020; **10**(2): e029484.
133. Wong T-W, Tam WW-S. Handwashing practice and the use of personal protective equipment among medical students after the SARS epidemic in Hong Kong. *American Journal of Infection Control* 2005; **33**(10): 580-6.
134. Batais MA, Temsah MH, AlGhofili H, et al. The coronavirus disease of 2019 pandemic-associated stress among medical students in middle east respiratory syndrome-CoV endemic area: An observational study. *Medicine (Baltimore)* 2021; **100**(3): e23690.
135. Makhni S, Umscheid CA, Soo J, et al. Hand Hygiene Compliance Rate During the COVID-19 Pandemic. *JAMA Internal Medicine* 2021; **181**(7): 1006-8.
136. Hsu LY, Jin J, Ang BS, Kurup A, Tambyah PA. Hand hygiene and infection control survey pre- and peri-H1N1-2009 pandemic: knowledge and perceptions of final year medical students in Singapore. *Singapore Med J* 2011; **52**(7): 486-90.
137. Pedersen L, Elgin K, Peace B, et al. Barriers, perceptions, and adherence: Hand hygiene in the operating room and endoscopy suite. *American Journal of Infection Control* 2017; **45**(6): 695-7.
138. Bredin D, O'Doherty D, Hannigan A, Kingston L. Hand hygiene compliance by direct observation in physicians and nurses: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Hospital Infection* 2022; **130**: 20-33.
139. Erasmus V, Daha TJ, Brug H, et al. Systematic review of studies on compliance with hand hygiene guidelines in hospital care. *Infection Control & Hospital Epidemiology* 2010; **31**(3): 283-94.
140. Busch AK, Rockenbauch K, Schmutzer G, Brähler E. Do medical students like communication? Validation of the German CSAS (Communication Skills Attitude Scale). *GMS Journal for Medical Education* 2015; **32**(1): Doc11.
141. Groene OR, Ehrhardt M, Bergelt C. Attitude and communication skills of German medical students. *BMC Res Notes* 2022; **15**(1): 11.
142. Visuddho V, Nugraha D, Melbiarta RR, et al. Predominant aspects of knowledge and practical skills among medical students with online learning during the COVID-19 pandemic era. *Medical Education Online* 2023; **28**(1): 2182665.
143. Manzini G, Denzinger M, Kornmann M, Hines I, Kremer M. Impact of COVID-19 on Medical Student's Performance in Surgical OSCE Examination in a German University Hospital: A Retrospective Analysis Before, during and After Pandemic. *Quality in Primary Care* 2022; **30**(12): 41851.
144. Al Zahrani EM, Al Naam YA, AlRabeeah SM, et al. E- Learning experience of the medical profession's college students during COVID-19 pandemic in Saudi Arabia. *BMC Medical Education* 2021; **21**(1): 443.
145. Padhi KS, Balmuchu G, Acharya PS, Singh SR, Joseph T. The Perspectives of Educators and Learners on E-Learning: A Cross-Sectional Descriptive Study in a Medical School. *Adv Med Educ Pract* 2021; **12**: 1059-66.
146. Anwar A, Mansoor H, Faisal D, Khan HS. E-Learning amid the COVID-19 Lockdown: Standpoint of Medical and Dental Undergraduates. *Pakistan Journal of Medical Sciences* 2021; **37**(1): 217-22.
147. Saad S, Richmond C, King D, Jones C, Malau-Aduli B. The impact of pandemic disruptions on clinical skills learning for pre-clinical medical students: implications for future educational designs. *BMC Medical Education* 2023; **23**(1): 364.

148. Herrmann-Werner A, Nikendei C, Keifenheim K, et al. "Best Practice" Skills Lab Training vs. a "see one, do one" Approach in Undergraduate Medical Education: An RCT on Students' Long-Term Ability to Perform Procedural Clinical Skills. *PLOS ONE* 2013; **8**(9): e76354.
149. Friederichs H, Brouwer B, Marschall B, Weissenstein A. Mastery learning improves students skills in inserting intravenous access: a pre-post-study. *GMS Journal for Medical Education* 2016; **33**(4): Doc56.
150. Offiah G, Ekpotu LP, Murphy S, et al. Evaluation of medical student retention of clinical skills following simulation training. *BMC Medical Education* 2019; **19**(1): 263.
151. Woelfel IA, Takabe K. Successful intravenous catheterization by medical students. *Journal of Surgical Research* 2016; **204**(2): 351-60.
152. Remmen R, Derese A, Scherpbier A, et al. Can medical schools rely on clerkships to train students in basic clinical skills? *Medical Education* 1999; **33**(8): 600-5.
153. Abresch SA. Ärztliche Tätigkeiten in der Famulatur: wahrgenommene Supervision und Kompetenz von Studierenden im Modellstudiengang der Charité Berlin: Universitätsmedizin Berlin; 2021.
154. Justiz Bd. Approbationsordnung für Ärzte vom 27. Juni 2002 (BGBl. I S. 2405), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 7. Juni 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 148) geändert worden ist. 2002.
155. de Oliveira Filho GR. The construction of learning curves for basic skills in anesthetic procedures: an application for the cumulative sum method. *Anesthesia & Analgesia* 2002; **95**(2): 411-6.
156. Fischer T, Chenot J-F, Simmenroth-Nayda A, Heinemann S, Kochen MM, Himmel Wa. Learning core clinical skills—a survey at 3 time points during medical education. *Medical Teacher* 2007; **29**(4): 397-9.
157. Nikendei C, Weyrich P, Jünger J, Schrauth M. Medical Education in Germany. *Medical Teacher* 2009; **31**: 591-600.
158. Störmann S, Stankiewicz M, Raes P, et al. How well do final year undergraduate medical students master practical clinical skills? *GMS Journal for Medical Education* 2016; **33**(4): Doc58.
159. Gordon M, Patricio M, Horne L, et al. Developments in medical education in response to the COVID-19 pandemic: A rapid BEME systematic review: BEME Guide No. 63. *Medical Teacher* 2020; **42**(11): 1202-15.
160. Loda T, Löffler T, Erschens R, Zipfel S, Herrmann-Werner A. Medical education in times of COVID-19: German students' expectations - A cross-sectional study. *PLOS ONE* 2020; **15**(11): e0241660.
161. Rosenthal E, Pradier C, Keita-Perse O, Altare J, Dellamonica P, Cassuto J-P. Needlestick Injuries Among French Medical Students. *JAMA* 1999; **281**(17): 1660-.
162. Datar UV, Kamat M, Khairnar M, Wadgave U, Desai KM. Needlestick and sharps' injury in healthcare students: Prevalence, knowledge, attitude and practice. *Journal of Family Medicine and Primary Care* 2022; **11**(10): 6327-33.
163. King KC, Strony R. Needlestick. 1. März 2023 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493147/> (Zuletzt aufgerufen: 24. November 2023).
164. Alfalayw KH, Al-Otaibi ST, Alqahtani HA. Factors associated with needlestick injuries among healthcare workers: implications for prevention. *BMC Health Services Research* 2021; **21**(1): 1074.
165. Lauer A-C, Reddemann A, Meier-Wronski C-P, et al. Needlestick and sharps injuries among medical undergraduate students. *American Journal of Infection Control* 2014; **42**(3): 235-9.
166. Chen L, Zhang M, Yan Y, et al. Sharp Object Injuries among Health Care Workers in a Chinese Province. *AAOHN Journal* 2009; **57**(1): 13-6.
167. Sharif M, Madani M, Sharif A. Effect of Warning Poster on Sharps Containers Use by Nurses. *Journal of Immunological Techniques in Infectious Diseases* 2013; **3**: 2.
168. Barnett ML, Olenski AR, Jena AB. Patient Mortality During Unannounced Accreditation Surveys at US Hospitals. *JAMA Internal Medicine* 2017; **177**(5): 693-700.

169. Dulong C, Brett K, Argáez C. CADTH Rapid Response Reports. Skin Preparation for Injections: A Review of Clinical Effectiveness, Cost-Effectiveness and Guidelines. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health Copyright © 2020 Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health.; 2020.
170. Mathur P. Hand hygiene: back to the basics of infection control. *Indian Journal of Medical Research* 2011; **134**(5): 611-20.
171. Al Kadi A, Salati SA. Hand Hygiene Practices among Medical Students. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases* 2012; **2012**: 679129.
172. Erasmus V, Daha TJ, Brug H, et al. Systematic Review of Studies on Compliance with Hand Hygiene Guidelines in Hospital Care. *Infection Control & Hospital Epidemiology* 2010; **31**(3): 283-94.
173. Ariyaratne M, Gunasekara T, Weerasekara MM, Kottahachchi J, Kudavidanage BP, Fernando SSN. Knowledge, attitudes and practices of hand hygiene among final year medical and nursing students at the University of Sri Jayewardenepura. *Sri Lankan Journal of Infectious Diseases* 2013; **3**(1).
174. Feather A, Stone SP, Wessier A, Boursicot KA, Pratt C. 'Now please wash your hands': the handwashing behaviour of final MBBS candidates. *Journal of Hospital Infection* 2000; **45**(1): 62-4.
175. Holden JD. Hawthorne effects and research into professional practice. *Journal of Evaluation in Clinical Practice* 2001; **7**(1): 65-70.
176. Wu K-S, Lee SS-J, Chen J-K, et al. Identifying heterogeneity in the Hawthorne effect on hand hygiene observation: a cohort study of overtly and covertly observed results. *BMC Infect Dis* 2018; **18**(1): 369-.
177. Kohli E, Ptak J, Smith R, Taylor E, Talbot EA, Kirkland KB. Variability in the Hawthorne effect with regard to hand hygiene performance in high- and low-performing inpatient care units. *Infection Control & Hospital Epidemiology* 2009; **30**(3): 222-5.
178. Bruchez SA, Duarte GC, Sadowski RA, et al. Assessing the Hawthorne effect on hand hygiene compliance in an intensive care unit. *Infection Prevention in Practice* 2020; **2**(2): 100049.
179. Roberto MS, Mearns K, Silva SA. Social and moral norm differences among Portuguese 1st and 6th year medical students towards their intention to comply with hand hygiene. *Psychology, Health & Medicine* 2012; **17**(4): 408-16.
180. Jayarajah U, Athapathu AS, Jayawardane BAAJ, Prasanth S, Seneviratne SN. Hygiene practices during clinical training: knowledge, attitudes and practice among a cohort of South Asian Medical students. *BMC Medical Education* 2019; **19**(1): 157.
181. Davis-Pollard J, Christensen B, Morgan K, et al. Assessing contributing factors to fine motor skills in preclinical medical students. *Global Surgical Education* 2023; **2**(1): 29.
182. Nicholls D. Teaching Simple and Complex Psychomotor Skills. In: Nestel D, Reedy G, McKenna L, Gough S, eds. Singapore: Springer; 2020: 625-43.
183. Baier C, Tinne M, von Lengerke T, Gossé F, Ebadi E. Compliance with hand disinfection in the surgical area of an orthopedic university clinic: results of an observational study. *Antimicrobial Resistance & Infection Control* 2022; **11**(1): 22.
184. Onyedibe KI, Shehu NY, Pires D, et al. Assessment of hand hygiene facilities and staff compliance in a large tertiary health care facility in northern Nigeria: a cross sectional study. *Antimicrobial Resistance & Infection Control* 2020; **9**(1): 30.
185. Scheithauer S, Häfner H, Seef R, Seef S, Hilgers RD, Lemmen S. Disinfection of gloves: feasible, but pay attention to the disinfectant/glove combination. *Journal of Hospital Infection* 2016; **94**(3): 268-72.
186. Spielberg P. Überbringen schlechter Nachrichten: Kommunikation ist eine Arznei. *Deutsches Ärzteblatt International* 2022; **119**(26): A-1204.
187. Rosenbaum ME, Axelson R. Curricular disconnects in learning communication skills: What and how students learn about communication during clinical clerkships. *Patient Education and Counseling* 2013; **91**(1): 85-90.
188. Kneebone R, Kidd J, Nestel D, Asvall S, Paraskeva P, Darzi A. An innovative model for teaching and learning clinical procedures. *Medical Education* 2002; **36**(7): 628-34.

189. Mercer SW, Reynolds WJ. Empathy and quality of care. *British Journal of General Practice* 2002; **52**(Suppl): 9-12.
190. Neumann M, Edelhäuser F, Tauschel D, et al. Empathy decline and its reasons: a systematic review of studies with medical students and residents. *Academic Medicine* 2011; **86**(8): 996-1009.
191. Howick J, Dudko M, Feng SN, et al. Why might medical student empathy change throughout medical school? a systematic review and thematic synthesis of qualitative studies. *BMC Medical Education* 2023; **23**(1): 270.
192. Paz DC, Bains MS, Zueger ML, et al. COVID-19 and mental health: A systematic review of international medical student surveys. *Frontiers in Psychology* 2022; **13**: 1028559.
193. Parzeller M, Wenk M, Zedler B, Rothschild M. Aufklärung und Einwilligung bei ärztlichen Eingriffen. *Deutsches Ärzteblatt International* 2007; **104**(9): A-576.
194. Bluestone J, Johnson P, Fullerton J, Carr C, Alderman J, BonTempo J. Effective in-service training design and delivery: evidence from an integrative literature review. *Human Resources for Health* 2013; **11**: 51.
195. Sullivan A, Elshenawy S, Ades A, Sawyer T. Acquiring and Maintaining Technical Skills Using Simulation: Initial, Maintenance, Booster, and Refresher Training. *Cureus* 2019; **11**(9): e5729.
196. Gilligan C, Powell M, Lynagh MC, et al. Interventions for improving medical students' interpersonal communication in medical consultations. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2021; (2).
197. Groene OR, Ehrhardt M, Bergelt C. Attitude and communication skills of German medical students. *BMC Research Notes* 2022; **15**(1): 11.
198. Van der Molen HF, Zwinderman KA, Sluiter JK, Frings-Dresen MH. Interventions to prevent needle stick injuries among health care workers. *Work* 2012; **41** **Suppl 1**: 1969-71.
199. Tarigan LH, Cifuentes M, Quinn M, Kriebel D. Prevention of needle-stick injuries in healthcare facilities: a meta-analysis. *Infection Control & Hospital Epidemiology* 2015; **36**(7): 823-9.
200. Au K, Lam D, Garg N, et al. Improving skills retention after advanced structured resuscitation training: A systematic review of randomized controlled trials. *Resuscitation* 2019; **138**: 284-96.
201. Junli A, Isa SNI, Ibrahim FS. Factors of cardiopulmonary resuscitation skills retention among healthcare providers: A scoping review. *Nurse Education in Practice* 2023; **69**: 103617.
202. Fritz Z, Perkins GD. Cardiopulmonary resuscitation after hospital admission with covid-19. *BMJ* 2020; **369**: m1387.
203. Munshi F, Lababidi H, Alyousef S. Low- versus high-fidelity simulations in teaching and assessing clinical skills. *Journal of Taibah University Medical Sciences* 2015; **10**(1): 12-5.
204. Skulmowski A, Nebel S, Remmele M, Rey GD. Is a Preference for Realism Really Naive After All? A Cognitive Model of Learning with Realistic Visualizations. *Educational Psychology Review* 2022; **34**(2): 649-75.
205. Smallman HS, John MS. Naive Realism: Misplaced Faith in Realistic Displays. *Ergonomics in Design* 2005; **13**(3): 6-13.
206. Joana B-E, Rafael B, Daniel S, Mathias B, Robert G, Christoph B. Refreshing medical students' intravenous-cannulation skills: a blinded observer three-arm randomised comparison of mental imagery, part-task trainer simulation and written instructions. *BMJ Open* 2022; **12**(6): e057201.
207. Cook DA, Brydges R, Zendejas B, Hamstra SJ, Hatala R. Mastery Learning for Health Professionals Using Technology-Enhanced Simulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Academic Medicine* 2013; **88**(8).
208. Reed T, Pirotte M, McHugh M, et al. Simulation-Based Mastery Learning Improves Medical Student Performance and Retention of Core Clinical Skills. *Simulation in Healthcare* 2016; **11**(3): 173-80.
209. Moazed F, Cohen ER, Furiasse N, et al. Retention of Critical Care Skills After Simulation-Based Mastery Learning. *Journal of Graduate Medical Education* 2013; **5**(3): 458-63.

210. Barsuk JH, Cohen ER, McGaghie WC, Wayne DB. Long-Term Retention of Central Venous Catheter Insertion Skills After Simulation-Based Mastery Learning. *Academic Medicine* 2010; **85**(10): 9-12.
211. Vanyolos E, Furka I, Miko I, Viszlai A, Nemeth N, Peto K. How does practice improve the skills of medical students during consecutive training courses? *Acta Cirurgica Brasileira* 2017; **32**: 491-502.
212. Duvivier RJ, van Dalen J, Muijtjens AM, Moulaert VRMP, van der Vleuten CPM, Scherpbier AJJA. The role of deliberate practice in the acquisition of clinical skills. *BMC Medical Education* 2011; **11**(1): 101.
213. Richter A, Chaberny IF, Surikow A, Schock B. Hygiene in medical education - Increasing patient safety through the implementation of practical training in infection prevention. *GMS Journal for Medical Education* 2019; **36**(2): Doc15.
214. Nicholls D, Sweet L, Muller A, Hyett J. Teaching psychomotor skills in the twenty-first century: Revisiting and reviewing instructional approaches through the lens of contemporary literature. *Medical Teacher* 2016; **38**(10): 1056-63.
215. Wouda JC, van de Wiel HBM. The communication competency of medical students, residents and consultants. *Patient Education and Counseling* 2012; **86**(1): 57-62.
216. Vogel D, Harendza S. Basic practical skills teaching and learning in undergraduate medical education - a review on methodological evidence. *GMS Journal for Medical Education* 2016; **33**(4): Doc64.
217. Sawyer T, White M, Zaveri P, et al. Learn, See, Practice, Prove, Do, Maintain: An Evidence-Based Pedagogical Framework for Procedural Skill Training in Medicine. *Academic Medicine* 2015; **90**(8).
218. Mitchell SA, Boyer TJ. Deliberate Practice in Medical Simulation. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing
Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.; 2023.
219. Ericsson K, Krampe R, Tesch-Roemer C. The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance. *Psychological Review* 1993; **100**: 363-406.
220. Ericsson KA. Deliberate practice and acquisition of expert performance: a general overview. *Academic Emergency Medicine* 2008; **15**(11): 988-94.
221. Marsh M, Lauden SM, Mahan JD, et al. Family-centered communication: A pilot educational intervention using deliberate practice and patient feedback. *Patient Education and Counseling* 2021; **104**(5): 1200-5.
222. Moon SH, Myung SJ, Yoon HB, Park J-B, Kim JW, Park WB. Deliberate Practice as an Effective Remediation Strategy for Underperforming Medical Students Focused on Clinical Skills: a Prospective Longitudinal Study. *Journal of Korean Medical Science* 2019; **34**(11): 0-.
223. Li J, Li X, Gu L, et al. Effects of Simulation-Based Deliberate Practice on Nursing Students' Communication, Empathy, and Self-Efficacy. *Journal of Nursing Education* 2019; **58**(12): 681-9.
224. Chapman VJ. Deliberate Practice Theory as an Intervention Technique to Improve Hand Hygiene in Nursing Students [Ph.D.]. United States -- Minnesota: Capella University; 2019.
225. Lacey G, Showstark M, Van Rhee J. Training to Proficiency in the WHO Hand Hygiene Technique. *Journal of Medical Education and Curricular Development* 2019; **6**: 2382120519867681.
226. Chambers BR, Mack J, Sabus C, Becker D, Shaw P, Diederich E. Interprofessional Procedure Training for Medicine and Nursing Students. *MedEdPORTAL* 2020; **16**: 10884.
227. Willcox M, LeFevre A, Mwebaza E, Nabukeera J, Conecker G, Johnson P. Cost analysis and provider preferences of low-dose, high-frequency approach to in-service training programs in Uganda. *Journal of Global Health* 2019; **9**(1): 010416.
228. Stahn B, Harendza S. Role models play the greatest role - a qualitative study on reasons for choosing postgraduate training at a university hospital. *GMS Journal for Medical Education* 2014; **31**(4): Doc45.
229. Wright S, Wong A, Newill C. The impact of role models on medical students. *Journal of General Internal Medicine* 1997; **12**(1): 53-6.

230. Birden H, Glass N, Wilson I, Harrison M, Usherwood T, Nass D. Teaching professionalism in medical education: A Best Evidence Medical Education (BEME) systematic review. BEME Guide No. 25. *Medical Teacher* 2013; **35**(7): e1252-e66.
231. Passi V, Johnson N. The impact of positive doctor role modeling. *Medical Teacher* 2016; **38**(11): 1139-45.
232. Al-Maani A, Al Wahaibi A, Al-Zadjali N, et al. The impact of the hand hygiene role model project on improving healthcare workers' compliance: A quasi-experimental observational study. *Journal of Infection and Public Health* 2022; **15**(3): 324-30.
233. Dombecki C, Shah M, Eke-Usim A, et al. The Impact of Role Models on Hand Hygiene Compliance. *Infection Control & Hospital Epidemiology* 2015; **36**: 1-3.
234. Stellyes C, Hamui-Sutton A, Vives T. Role model, experiences and communicative skills in medical students. *Revista Cubana de Educacion Medica Superior* 2020; **34**.
235. Taveira-Gomes I, Mota-Cardoso R, Figueiredo-Braga M. Communication skills in medical students - An exploratory study before and after clerkships. *Porto Biomedical Journal* 2016; **1**(5): 173-80.
236. Reuler JB, Nardone DA. Role modeling in medical education. *The Western Journal of Medicine* 1994; **160**(4): 335-7.
237. Ahmady S, Kohan N, Namazi H, Zarei A, Mirmoghtadaei ZS, Hamidi H. Outstanding qualities of a successful role model in medical education: Students and professors' points of view. *Annals of Medicine and Surgery* 2022; **82**: 104652.
238. Irby DM. Clinical teaching and the clinical teacher. *Academic Medicine* 1986; **61**(9): 35-45.
239. Stern DT. In Search of the Informal Curriculum: When and Where Professional Values Are Taught. *Academic Medicine* 1998; **73**(10): 28-30.
240. Hafferty FW, Franks R. The hidden curriculum, ethics teaching, and the structure of medical education. *Academic Medicine* 1994; **69**(11).
241. Morgan WL Jr. The environment for general clinical education. *Academic Medicine* 1986; **61**(9).
242. Medizinischer Fakultätentag der Bundesrepublik Deutschland e.V. (MFT), Gesellschaft für Medizinische Ausbildung e.V. (GMA). Ärztliche Kompetenzrollen. 2021. <https://nkml.de/zend/objective/list/orderBy/@objectivePosition/lve/212205> (Zuletzt aufgerufen: 10. Januar 2024).
243. Medizinischer Fakultätentag der Bundesrepublik Deutschland e.V. (MFT), Gesellschaft für Medizinische Ausbildung e.V. (GMA). Die Ärztin und der Arzt als Gelehrte/-r. Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin (NKLM) - Version 1; 2015: 35-42.
244. Huwendiek S, Dern P, Hahn EG, Padiaditakis D, Tönshoff B, Nikendei C. Qualifizierungsbedarf, Expertise und Rahmenbedingungen engagierter Lehrender in der Medizin in Deutschland. *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen* 2008; **102**(10): 613-7.
245. Medizinischer Fakultätentag der Bundesrepublik Deutschland e.V. (MFT), Gesellschaft für Medizinische Ausbildung e.V. (GMA). Lehrprinzipien. 2021. <https://nkml.de/zend/objective/list/lve/210297/objective/10002686> (Zuletzt aufgerufen: 10. Januar 2024).
246. Gemeinschaft für Medizinische Ausbildung e.V. (GMA). GMA-Nachwuchspreis Studierende. 2023. <https://gesellschaft-medizinische-ausbildung.org/aktuelles/gma-preise/gma-nachwuchspreis-studierende.html> (Zuletzt aufgerufen: 16. Dezember 2023).
247. Gemeinschaft für Medizinische Ausbildung e.V. (GMA). GMA-Nachwuchspreis Lehrende. 2023. <https://gesellschaft-medizinische-ausbildung.org/aktuelles/gma-preise/gma-nachwuchspreis-lehrende.html> (Zuletzt aufgerufen: 16. Dezember 2023).
248. Tang X, Du RH, Wang R, et al. Comparison of Hospitalized Patients With ARDS Caused by COVID-19 and H1N1. *Chest* 2020; **158**(1): 195-205.
249. da Costa VG, Saivish MV, Santos DER, de Lima Silva RF, Moreli ML. Comparative epidemiology between the 2009 H1N1 influenza and COVID-19 pandemics. *Journal of Infection and Public Health* 2020.
250. Hasan F, Khan MO, Ali M. Swine Flu: Knowledge, Attitude, and Practices Survey of Medical and Dental Students of Karachi. *Cureus* 2018; **10**(1): e2048.

251. Khowaja ZA, Soomro MI, Pirzada AK, Yoosuf MA, Kumar V. Awareness of the Pandemic H1N1 Influenza global outbreak 2009 among medical students in Karachi, Pakistan. *The Journal of Infection in Developing Countries* 2011; **5**(3): 151-5.
252. Hu Y, Zhang G, Li Z, et al. [Knowledge, attitudes, and practices related to COVID-19 pandemic among residents in Hubei and Henan Provinces]. *Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao (Journal of Southern Medical University)* 2020; **40**(5): 733-40.
253. Ali S, Alam BF, Farooqi F, Almas K, Noreen S. Dental and Medical Students' Knowledge and Attitude toward COVID-19: A Cross-Sectional Study from Pakistan. *European Journal of Dentistry* 2020; **14**(S 01): 97-104.
254. Olaimat AN, Aolymat I, Shahbaz HM, Holley RA. Knowledge and Information Sources About COVID-19 Among University Students in Jordan: A Cross-Sectional Study. *Frontiers in Public Health* 2020; **8**: 254.
255. Abd El Fatah SAM, Salem M, Abdel Hakim A, El Desouky ED. Knowledge, Attitude, and Behavior of Egyptian Medical Students Toward the Novel Coronavirus Disease-19: A Cross-Sectional Study. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences* 2020; **8**(T1): 443-50.
256. World Health Organisation (WHO). Coronavirus disease (COVID-19) advice for the public. 2021. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public> (Zuletzt aufgerufen: 17. März 2021).
257. Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung, Robert Koch Institut, Die Bundesregierung Deutschland. Mit AHA durchs Jahr. 2020. <https://www.zusammengegencorona.de/aha/> (Zuletzt aufgerufen: 21. März 2021).
258. Hanratty J, Bradley DT, Miller SJ, Dempster M. Determinants of health behaviours intended to prevent spread of respiratory pathogens that have pandemic potential: A rapid review. *Acta Psychologica* 2021; **220**: 103423.
259. Gentili A, Failla G, Melnyk A, et al. The cost-effectiveness of digital health interventions: A systematic review of the literature. *Frontiers in Public Health* 2022; **10**: 787135.
260. Pohontsch NJ, Stark A, Ehrhardt M, Kötter T, Scherer M. Influences on students' empathy in medical education: an exploratory interview study with medical students in their third and last year. *BMC Medical Education* 2018; **18**(1): 231.
261. de Vibe M, Solhaug I, Tyssen R, et al. Mindfulness training for stress management: a randomised controlled study of medical and psychology students. *BMC Medical Education* 2013; **13**: 107.
262. Yang E, Schamber E, Meyer RML, Gold JI. Happier Healers: Randomized Controlled Trial of Mobile Mindfulness for Stress Management. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* 2018; **24**(5): 505-13.
263. Grace CH, Jakob IM, Ethan MB, et al. Procedural instruction in invasive bedside procedures: a systematic review and meta-analysis of effective teaching approaches. *BMJ Quality & Safety* 2016; **25**(4): 281.
264. Gould DJ, Moralejo D, Drey N, Chudleigh JH, Taljaard M. Interventions to improve hand hygiene compliance in patient care. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2017; (9).
265. Dancer SJ. Infection control: Evidence-based common sense. *Infection, Disease & Health* 2016; **21**(4): 147-53.
266. Surmon L, Bialocerkowski A, Hu W. Perceptions of preparedness for the first medical clerkship: a systematic review and synthesis. *BMC Medical Education* 2016; **16**: 89.
267. Liang W, Duan Y, Li F, et al. Psychosocial Determinants of Hand Hygiene, Facemask Wearing, and Physical Distancing During the COVID-19 Pandemic: A Systematic Review and Meta-analysis. *Annals of Behavioral Medicine* 2022; **56**(11): 1174-87.
268. Sætrevik B, Bjørkheim SB. Motivational factors were more important than perceived risk or optimism for compliance to infection control measures in the early stage of the COVID-19 pandemic. *PLOS ONE* 2022; **17**(9): e0274812.
269. Li F, Liang W, Rhodes RE, et al. A systematic review and meta-analysis on the preventive behaviors in response to the COVID-19 pandemic among children and adolescents. *BMC Public Health* 2022; **22**(1): 1201.

5. Anhang

5.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Graphische Darstellung in Anlehnung an die Empfehlungen des NKLM 2.0 zur Ausbildung von Handlungskompetenzen in der Venenverweilkanülierung (MFT und GMA, 2021, VIII.7-02.1.13)⁵. 18

Abbildung 2: Venenpunktionsfertigkeiten von Medizinstudierenden im fünften Semester an der Universität zu Köln vor dem Ausbruch (Pre-SARS-COV-2) und nach dem Ausbruch der COVID-19-Pandemie (Post-SARS-COV-2) (Meyer et al., 2022, S.5)¹³. 43

Abbildung 3: Fertigungsstand der Venenverweilkanülierung von Medizinstudierenden im fünften (OSCE 1) und neunten Semester (OSCE 2) an der Universität zu Köln (Meyer und Schreiber et al., 2021, S.5)¹². 45

Abbildung 4: Vereinfachte Darstellung des Missverhältnisses zwischen bestehenden Einflussfaktoren auf die PIV-Kompetenz über den Verlauf des Medizinstudiums. 50

Abbildung 5: Iterativer Zyklus des „bewussten Übens“ nach Ericsson^{21,220} in Anlehnung an die Beschreibung von Mitchell und Boyer, 2023, S. 1²¹⁸. 53

Abbildung 6: Mögliche Förderansätze (grün) zur Verbesserung der Venenpunktion und Venenverweilkanülierung in Kombination mit den Empfehlungen in Anlehnung an den NKLM 2.0 (blau) (MFT und GMA, 2021, VIII.7-02.1.13)⁵. 59

5.2. Suchanfrage „phlebotomy AND medical students“, 14. August 2023.

The screenshot displays a search results page from PubMed. The search query is "phlebotomy AND medical students". The results are sorted by date, showing the most recent first. The first result is "Implementation of a phlebotomy training curriculum for sophomore medical students" by McPherson RA, et al. (1986). The second result is "Stress reactions in response to the procedure of LHRH tests as measured by salivary and serum cortisol and psychological variables" by Hubert W, et al. (1989). The third result is "A modified wire-guided technique for venous cutdown access" by Shockey LW, et al. (1990). The interface includes filters for document types, publication years, and quick filters like "Review Article" and "Open Access".