

**Aus der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie
der Universität Würzburg**

Direktor: Professor Dr. med. Dr. h. c. Norbert Roewer

**Körperhaltung von Experten und Anfängern während einer
endotrachealen Intubation am Simulator – Ein Vergleich zwischen direkter
Laryngoskopie mittels Macintosh-Spatel und Videolaryngoskopie mittels
GlideScope®**

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Oliver Happel

aus Würzburg

Würzburg, August 2018

Referent: Prof. Dr. med. Thomas Wurmb

Koreferent: Prof. Dr. med. Christoph Schimmer

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 12.03.2019

Der Promovend ist Arzt.

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
1. Einleitung	
1.1 Historie	1
1.2 Techniken der Laryngoskopie zur endotrachealen Intubation	2
1.2.1 Intubation mittels direkter Laryngoskopie mit dem Macintosh-Spatel	2
1.2.2 Intubation mittels indirekter Laryngoskopie mit Videolaryngoskop	5
1.3 Bedeutung der Laryngoskopiertechnik für das Management des schwierigen Atemwegs	7
1.4 Vor- und Nachteile der einzelnen Laryngoskopiertechniken	9
1.5 Bedeutung der Ergonomie und Human Factors	11
1.5.1 Definitionen der Ergonomie nach der International Ergonomic Association (IEA)	11
1.5.2 Arbeitsplatzergonomie in Gesundheitsberufen	12
1.5.3 Ergonomie bei manuellen Tätigkeiten in der Anästhesiologie	13
1.5.4 Human factors im Zusammenhang mit Atemwegsmanagement	14
1.5.5 Arbeitslast und Stress als Einflussfaktoren auf die Körperhaltung	15
1.5.6 Ergonomie und Körperhaltung bei der endotrachealen Intubation	16
1.6 Arbeitshypothesen dieser Studie	18
2. Material und Methoden	
2.1 Ethikkommission und Rekrutierung der Teilnehmer	19
2.2 Studiendesign und Gruppeneinteilung	19
2.3 Fallzahlberechnung und Gruppeneigenschaften	20
2.4 Versuchsaufbau	20
2.5 Versuchsablauf	22
2.6 Beurteilung der Körperhaltung mittels REBA-Methode	23
2.7 Erhebung des REBA-Punktwertes	25
2.8 Statistische Auswertung	28
3. Ergebnisse	
3.1 Demographische Daten und Selbsteinschätzung der Gruppen	28
3.2 Ergebnisse der Auswertung der Dauer des Intubationsvorgangs	31
3.3 Ergebnisse der Messung des Nase-Kinn-Abstands	32
3.4 Ergebnisse der Auswertung der Körperhaltung mittels REBA-Methode	33
4. Diskussion	38
5. Limitationen	46
6. Zusammenfassung	48
7. Literaturverzeichnis	50
Anhänge	60
Anhang 1: Informationen zur Studie und Einwilligungserklärung	60
Anhang 2: Fragebogen für Teilnehmer	63

1. Einleitung

Unter allen manuellen Fertigkeiten, die ein Arzt für Anästhesiologie beherrschen muss, kommt den Fertigkeiten zur Sicherung des Atemwegs eines Patienten zweifellos die größte Bedeutung zu. So gilt auch heute noch, trotz breitgefächertem Leistungsspektrum des Fachgebiets Anästhesiologie mit seinen Säulen Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, die endotracheale Intubation als eine Art „Markenzeichen“ und ist Kernkompetenz jedes Anästhesisten. Dabei stellt ein versiertes Atemwegsmanagement einen sehr wichtigen Faktor für die Patientensicherheit dar [1]. So nehmen Komplikationen bei der Atemwegssicherung insgesamt einen hohen Stellenwert bei der Berechnung des anästhesie-assoziierten Risikos ein und stellen für das anästhesiologische Team regelmäßig Herausforderungen in der klinischen Behandlung dar [2-4]. Hinzu kommt verschärfend, dass viele dieser Atemwegskomplikationen als vermeidbar eingestuft werden können [5, 6]. Stattgehabte Komplikationen beim Atemwegsmanagement sind immer wieder Grund für juristische Auseinandersetzungen [7, 8]. Auch in Deutschland stehen Schäden in Verbindung zum Atemwegsmanagement an oberster Stelle der an Schlichtungsstellen gemeldeten Patientenschäden in der Anästhesiologie [9].

1.1. Historie

Bereits kurz nach Entdeckung der inhalativen Anästhesie und deren klinischen Einführung für Operationen, wurde mit der Erfindung und klinischen Anwendung des endotrachealen Tubus der Entwicklung der Anästhesiologie als eigenständiges klinisches Fachgebiet ein deutlicher Vorschub geleistet [10]. Durch diese, in der Vergangenheit v.a. Sir Ivan Magill (1888-1986) zugeschriebenen Entwicklung [11], wurde die kontrollierte Applikation volatiler Anästhetika sowie später auch eine kontrollierte, invasive Beatmung des Patienten ermöglicht. Neben den verbesserten Bedingungen für das behandelnde Team – hier insbesondere für die Operateure, welche

jetzt nicht mehr die vom Patienten ausgeatmeten Narkosegase selbst einatmen mussten - bedeuteten diese Entwicklungen insgesamt auch einen deutlichen Zugewinn für die Patientensicherheit [10].

Wurde anfänglich der Endotrachealtubus blind taktil, oder nur mit eingeschränkter Sicht auf die Zielstruktur der Stimmbandebene in der Trachea des Patienten platziert, konnte Sir Robert Reynolds Macintosh (1887-1989) in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts durch die Erfindung eines besonders geformten Laryngoskop-Spatels die Technik der endotrachealen Intubation revolutionieren [12, 13]. Kam es vorher häufiger zu Fehlplatzierungen und konsekutiv zu teilweise schwerer, lebensbedrohlicher Hypoxie, war es nun fortan den Anästhesisten möglich bei der Mehrzahl ihrer Patienten einen Tubus unter direkter Sicht auf die Glottisebene an den Stimmbändern vorbei sicher in der Trachea zu platzieren. Diese Technik der direkten Laryngoskopie entwickelte sich weltweit schnell zum Goldstandard für die endotracheale Intubation. So wird der nach Macintosh benannte Laryngoskop-Spatel auch heute noch weltweit als häufigstes Hilfsmittel bei der endotrachealen Intubation benutzt [14]. Des Weiteren gelten auch aktuell, neben der bronchoskopischen Darstellung trachealer Strukturen und der Nachweis von expiriertem Kohlenstoffdioxid (etCO₂) nach erfolgter Intubation, nur die Platzierung des Tubus unter Sicht als sicheres Zeichen für eine erfolgreiche endotracheale Intubation.

1.2. Techniken der Laryngoskopie zur endotrachealen Intubation

1.2.1. Intubation mittels direkter Laryngoskopie mit dem Macintosh-Spatel

Ein Laryngoskop für die direkte Laryngoskopie besteht normalerweise aus einem Griff mit einer integrierten batteriebetriebenen Lichtquelle und einem darauf arretierbaren Spatel (s. Abbildung 1). Der Macintosh-Spatel ist leicht gebogen und dabei am linken Rand mit einer Erhöhung zum seitlichen Verdrängen der Zunge versehen. Beim heutzutage überwiegend verwendeten Kaltlichtlaryngoskop befindet sich im Verlauf des Spatels ein

Lichtleiter zur Weiterleitung des Lichts von der Lichtquelle im Griff an die Spatelspitze.



Abbildung 1: Laryngoskop bestehend aus Griff und Macintosh-Spatel
A: zerlegter Zustand, B: zusammengesetzter Zustand (Fotos: O. Happel)

Die direkte Laryngoskopie mittels Macintosh-Spatel wird üblicherweise am narkotisierten und muskelrelaxierten Patienten nach vorheriger Lagerung in die sogenannten „Schnüffelposition“ (auch Jackson-Position genannt) unter leichter Reklination des Kopfes durchgeführt. Ziel ist es eine direkte Blickachse auf die Stimmbänder des Patienten durch größtmögliche Angleichung der oralen, pharyngealen und laryngealen Achsen herzustellen. Dazu wird zuerst manuell der Mund geöffnet. Das in der linken Hand gehaltene Laryngoskop wird nun mit der Spatelspitze vorsichtig am rechten Mundwinkel eingebracht und die Zunge dabei mit der dafür vorgesehenen Erhöhung des Spatels nach links verdrängt. Anschließend wird der Spatel median weiter in den Rachen des Patienten vorgeschoben, bis die Epiglottis sichtbar wird. Durch das kontrollierte Vorschieben der Spatelspitze in die Vallecula epiglottica (auch Plica glossoepiglottica genannt) und Anheben des

Mundbodens durch Zug am Griff des Laryngoskops in Richtung dessen Verlängerung, stellt sich die Epiglottis auf und gibt dadurch die Sicht auf die Glottisebene frei (s. Abbildung 2). Keinesfalls darf hierbei eine Hebel- oder Kippbewegung mit dem Laryngoskopgriff durchgeführt werden, da dies zum einen die Sicht verschlechtert und zum anderen die Gefahr einer Zahnverletzung erhöht. Bei guter Sicht auf die Stimmbänder kann nun ein Endotrachealtubus meist problemlos und atraumatisch an den Stimmbändern vorbei durch die Stimmritze in die Trachea platziert werden. Das Laryngoskop wird nach erfolgter Intubation wieder vorsichtig aus dem Mundrachenraum des Patienten entfernt.

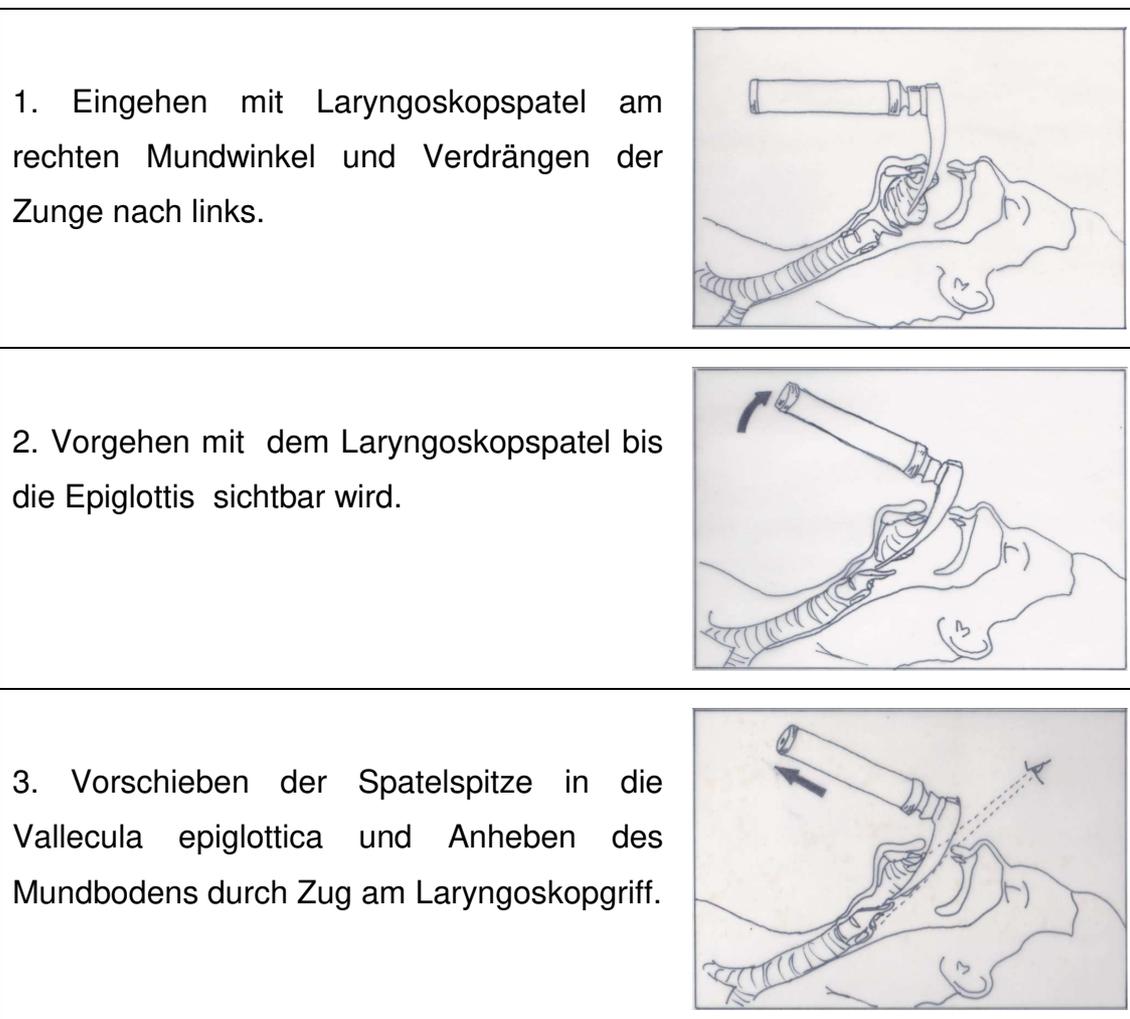


Abbildung 2: Technik der endotrachealen Intubation mittels direkter Laryngoskopie mit Macintosh-Spatel (Zeichnung nach Vorlage: O. Happel)

1.2.2. Intubation mittels indirekter Laryngoskopie mit Videolaryngoskop

Zu den innovativen Entwicklungen bezüglich des Atemwegsmanagements zählt sicherlich die Videolaryngoskopie. Diese ermöglicht einen indirekten Blick auf die Stimmbandebene [15]. Hierbei wird das Bild der Glottis durch eine am Ende des Laryngoskop-Spatels mit nur wenig Abstand zur Spatelspitze angebrachten Kamera-Licht-Einheit auf einem gesonderten Bildschirm abgebildet. Wie beim Macintosh-Spatel sind auch hier verschiedene Spatelgrößen für die unterschiedlichen Patientengruppen (Säuglinge bis großwüchsige Erwachsene) vorgesehen. Diese meist speziell geformten Laryngoskop-Spatel – das GlideScope® weist an der Spitze des Laryngoskop-Spatels eine hervortretende Winkelbildung von 60° auf [16] - werden unter Sicht mittig in den Mund des Patienten eingebracht. Im Gegensatz zur direkten Laryngoskopie erfolgt dann das weitere Vorschieben des Spatels mittels Blick auf den zugehörigen Monitor. Die Spatelspitze wird gleichfalls in die Vallecula epiglottica so platziert, dass durch ähnlichen Zug wie bei der direkten Laryngoskopie die Epiglottis aufgestellt wird und die (Kamera-) Sicht auf die Glottisebene ermöglicht. Hierbei sind allerdings durch die Form des Videolaryngoskop-Spatels leichte, kontrollierte Hebelbewegungen möglich und eventuell sogar notwendig. Die Position der Kamera an der Spatelspitze erleichtert dessen Platzierung mit der bestmöglichen Sicht auf die Glottisebene und ermöglicht es dem Bediener buchstäblich „um die Ecke“ zu sehen. Der Endotrachealtubus wird dann in den Mund des Patienten eingeführt und von dort aus über das Monitorbild von außen kontrolliert durch die Stimmritze in der Trachea des Patienten platziert. Hierzu ist es nötig den Tubus zum Zwecke der besseren Dirigierbarkeit mit einem biegbaren oder bereits vorgebogenen Metallstab zu armieren. Für das in dieser Studie benutzte GlideScope® gibt es vorgefertigte Stäbe aus Metall mit unterschiedlichen Biegungen (GlideRite® Rigid Stylet) (s. Abbildung 3b).

Videolaryngoskope gibt es mittlerweile in mehreren unterschiedlichen Ausführungen [17]. Das im Rahmen dieser Studie benutzte Glidescope® wurde vom kanadischen Chirurgen John Pacey entwickelt und zur Marktreife

gebracht [18] (s. Abbildung 3a). Eine schematische Darstellung der Formen der Spatel im Vergleich Macintosh-Spatel und GlideScope® zeigt Abbildung 4.

Innerhalb kurzer Zeit hat sich die Methode der Videolaryngoskopie insbesondere als unverzichtbare Alternative zur direkten Laryngoskopie für das Management des unerwartet schwierigen Atemwegs, aber eben auch für den Einsatz in der täglichen klinischen Routine von Anästhesisten etabliert [19, 20].



Abbildung 3a: GlideScope® mit typischem Spatel und auf einen fahrbaren Ständer montiertem Monitor (Foto GlideScope®: DiverDave at en.wikipedia)

Abbildung 3b: Spezieller Führungsstab für das GlideScope® (GlideRite® Rigid Stylet); linker Bildteil: einzelner Führungsstab, rechter Bildteil: Führungsstab in typischer Weise in einen Endotrachealtubus eingeführt (Fotos GlideRite®: O. Happel)

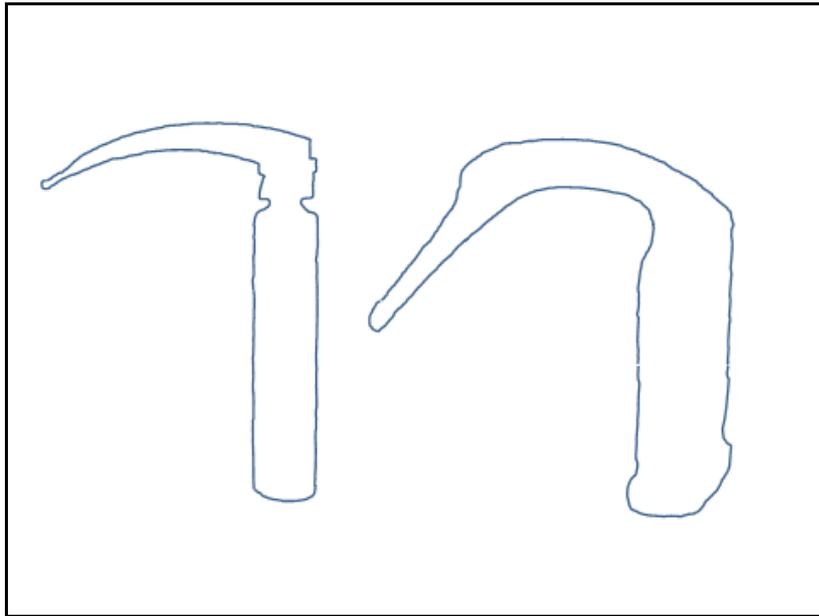


Abbildung 4: schematische Darstellung der Spatelform verschiedener Laryngoskope. Links: Macintosh-Spatel; rechts: GlideScope®

1.3. Bedeutung der Laryngoskopiertechnik für das Management des schwierigen Atemwegs

Auch in der heutigen Zeit ist die gescheiterte oder protrahierte Sicherung des Atemwegs ein maßgeblicher Faktor bei der anästhesiebezogenen Morbidität und Mortalität [5, 6, 21]. Die Gefahr der protrahierten Unterversorgung des anästhesierten und normalerweise auch muskelrelaxierten Patienten mit lebenswichtigem Sauerstoff und der daraus resultierenden Schädigung lebenswichtiger Organe, allen voran des Gehirns [22], ist in einer solchen Situation imminent und bedingt ein versiertes, schnelles und koordiniertes Handeln des gesamten anästhesiologischen Teams [23].

Es gelingt mit der Methode der direkten Laryngoskopie mit Macintosh-Spatel nicht bei allen Patienten einen ausreichenden Blick auf die Glottisebene für eine sichere Intubation herzustellen [24]. So ist eine endotracheale Intubation bei den Graden 3 und 4 nach Cormack und Lehane [25] (siehe Abbildung 5) – also ohne Blick auf erkennbare Zielstrukturen der

Glottisebene - unter direkter Laryngoskopie deutlich erschwert bis hin zu unmöglich. Für den seltenen Fall eines schwierigen Atemwegs mit erschwerter endotrachealer Intubation wurden bis zum heutigen Tag deshalb vielerlei Hilfsmittel erfunden und in die klinische Praxis eingeführt [26, 27]. Dabei kann die Entwicklung der Videolaryngoskopie sicherlich als Meilenstein für das moderne Atemwegmanagement und somit auch für die Patientensicherheit bezeichnet werden.



Abbildung 5: Graduierung nach Cormack und Lehane [25] unter direkter Laryngoskopie. Abbildung aus Roewer/Thiel "Taschenatlas der Anästhesie" [28] (mit freundlicher Genehmigung)

Im Vergleich zur direkten Laryngoskopie mit dem Macintosh-Spatel konnte in mehreren Untersuchungen gezeigt werden, dass mit der Videolaryngoskopie eine bessere Sicht auf die Zielstrukturen, eine verringerte Zahl an Fehlintubationen und mehr primär erfolgreiche Intubationen bei

gleichzeitig geringerem Risiko einer Patientenschädigung erzielt wurden [16, 29, 30]. Deshalb wurde die Videolaryngoskopie auch als Alternativmethode fest in den kürzlich aktualisierten Algorithmus der *American Society of Anesthesiologists* (ASA) für das Vorgehen bei einem schwierigen Atemweg integriert [31]. Ebenso hat die *Difficult Airway Society* (DAS) die Videolaryngoskopie als festen Bestandteil in ihre überarbeiteten Empfehlungen 2015 für die unvorhergesehen schwierige Intubation beim Erwachsenen eingearbeitet und die Empfehlung ausgesprochen, dass jeder klinisch tätige Anästhesist im Umgang mit einem Videolaryngoskop ausgebildet sein muss und für Anästhesisten innerklinisch jederzeit der Zugang zu einem Videolaryngoskop gewährleistet sein soll [32]. Auch in der geltenden „S1-Leitlinie Atemwegsmanagement“ der *Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin* (DGAI) wird die Videolaryngoskopie als heutzutage wichtigste Methode für das Management des unerwartet schwierigen Atemwegs bezeichnet und dabei als erste Alternative zur direkten Laryngoskopie empfohlen [33].

1.4. Vor- und Nachteile der einzelnen Laryngoskopietechniken

Ein Vorteil der direkten Laryngoskopie mittels Macintosh-Spatel ist sicherlich die weltweite Verbreitung dieser Technik mit ubiquitärer Verfügbarkeit bei geringen Kosten sowie hoher Erfolgsrate bei der endotrachealen Intubation. Eine offensichtliche Limitation stellt das durch Mund und Zunge des Patienten unterschiedlich stark eingeschränkte Sichtfeld dar. Um bei der direkten Laryngoskopie die bestmögliche Sicht auf die Glottisebene zu erzielen, ist die benötigte Kraft mitunter am Rande dessen, was der Anwender aufbringen kann und unterliegt dabei einer großen interindividuellen Schwankungsbreite [34]. Die aufgebrachten Kräfte sind dabei unabhängig vom Geschlecht des Anwenders, sondern hängen eher von dessen Erfahrungsgrad ab [35].

Es wurden zahlreiche Schäden im Zusammenhang mit endotrachealen Intubationen mittels direkter Laryngoskopie in der Literatur beschrieben.

Diese reichen von kleineren Schleimhautläsionen über Zahnschäden und Verletzungen der Trachea bis hin zu schweren Hirnschäden und sogar bis zum Tod des Patienten [9]. Eine weitere Limitation ist, dass nur diejenige Person welche die Laryngoskopie durchführt auch wirklich Sicht auf die Glottis hat. Dies erschwert es Hilfspersonal teilweise in effizienter Weise, z.B. durch Druck auf den Kehlkopf von außen helfend zu unterstützen, da die visuelle Kontrolle über die erbrachten Maßnahmen fehlt. Die Optimierung gelingt dann nur über eine gute Kommunikation zwischen dem Laryngoskopierenden und der Hilfsperson. Beide Limitationen sind bei der Videolaryngoskopie aufgehoben, da sich hierbei für alle eine gute Sicht auf die Kehlkopfstrukturen bietet [15, 20]. Das GlideScope® ermöglicht die Intubation ohne grobe Manipulationen am Unterkiefer oder der Halswirbelsäule des Patienten [36], weshalb es auch bei Traumata im Gesichts- und Halsbereich sowie bei immobilisierter Halswirbelsäule mittels steifer Halskrawatte erfolgreich angewendet wurde [37]. Ebenso wurde bereits die Intubation mittels indirekter Laryngoskopie mit dem GlideScope® als Alternative zu einer fiberoptischen Wachintubation mit dem Vorteil eines erhöhten Patientenkomforts beschrieben [38]. Eine Limitation für die generelle Verfügbarkeit der Videolaryngoskopie ist sicherlich der vergleichsweise hohe Anschaffungspreis. Eine weitere Einschränkung bei der Videolaryngoskopie ist die anfänglich ungewohnte Art den Endotrachealtubus ohne direkte Sicht, sondern nur über das indirekte Kamerabild und von außen „steuernd“ zu platzieren [16]. Für die Eingewöhnung bedarf es zumeist aber nur eines geringen manuellen Trainings und es ist eine steile Lernkurve für diese Technik beschrieben [39].

Auch die maximale Kraft, die bei der Laryngoskopie auf die Schneidezähne des Oberkiefers des Patienten ausgeübt wird, ist beim Gebrauch des GlideScopes® gegenüber dem Macintosh-Spatel signifikant geringer, was die Gefahr von Zahnschäden beim Gebrauch des GlideScopes® verringert [40]. Trotzdem wurden aber auch für das GlideScope® bereits mehrfach relevante Verletzungen der enoralen und pharyngealen Weichteile beschrieben [41-45]. Eine neuere Übersichtsarbeit

von Thong et al. fasst die Komplikationen, die in der Literatur bei der Benutzung des GlideScopes® beschrieben wurden kritisch zusammen und gibt nützliche Hinweise zur Vermeidung von Patientenschäden bei dessen klinischen Gebrauch [46].

1.5. Bedeutung der Ergonomie und Human Factors

1.5.1. Definitionen der Ergonomie nach der International Ergonomic Association (IEA)

„Ergonomie (oder *human factors*) ist die wissenschaftliche Fachrichtung, die sich mit dem Verständnis der Interaktionen zwischen Menschen und anderen Elementen eines Systems beschäftigt und der Berufsstand, der Theorie, Prinzipien, Daten und Methoden beim Design anwendet, mit dem Ziel menschliches Wohlbefinden und die Gesamtsystemleistung zu optimieren.“ [47]

„Der Ausübende der Ergonomie und Ergonomen tragen zum Design und der Evaluation von Aufgaben, beruflichen Tätigkeiten, Produkten, Umgebungen und Systemen bei, um diese mit den Bedürfnissen, Möglichkeiten und Limitationen von Menschen vereinbar zu machen.“ [47]

„Ergonomie hilft dabei Dinge die mit Menschen interagieren in Einklang mit menschlichen Bedürfnissen, Möglichkeiten und Limitationen zu bringen.“ [47]

Das Wort Ergonomie setzt sich aus den beiden altgriechischen Wörtern „ergon“ (Arbeit) und „nomos“ (Gesetz) zusammen. Heutzutage beschränkt sich der systemorientierte Wissenschaftszweig Ergonomie allerdings nicht mehr nur alleine auf den Bereich der Gesetzmäßigkeiten menschlicher Arbeit, sondern umfasst alle Bereiche menschlicher Aktivitäten. Dabei ist bei deren Erforschung ein ganzheitlicher Ansatz förderlich, welcher physische, kognitive, soziale, organisationale, umweltbedingte und andere relevante Aspekte mit einbezieht. Das Fachgebiet Ergonomie wird grob in drei Bereiche unterteilt:

Physikalische Ergonomie, Kognitive Ergonomie und Organisatorische Ergonomie [47].

1.5.2. Arbeitsplatzergonomie in Gesundheitsberufen

Seit kurzem rücken auch im Gesundheitswesen Aspekte der Arbeitsplatzorganisation und der Ergonomie und deren Einfluss auf die Mitarbeiter in den Mittelpunkt von wissenschaftlichen Untersuchungen [48-51]. Hierbei können die Techniken und Methoden der Human-Factors-Forschung dabei helfen den Arbeitsalltag und die Arbeitsbedingungen von Gesundheitsberufen zu verbessern und dadurch die medizinischen Behandlung für den Patienten sicherer zu machen [52].

Unter anderem steht bei solchen Untersuchungen auch ungünstige Körperhaltungen als Ursache für muskuloskeletale Erkrankungen im Fokus [53, 54]. Es ist bekannt, dass etwa das Auftreten von Rückenschmerzen ein häufiges Problem bei Pflegepersonal darstellt [54]. Da die Entstehung meist multifaktoriell ist, kann die Einschätzung von arbeitsrelevanten Risikofaktoren nach ergonomischen Gesichtspunkten bei der Risikoreduzierung helfen [55]. Für die Beobachtung und Bewertung von Körperhaltungen bei Tätigkeiten in Gesundheitsberufen stehen dabei spezielle Methoden zur Verfügung, wie z.B. die bei dieser Studie eingesetzte REBA-Methode (*Rapid Entire Body Assessment*) [56]. Aspekte der Arbeitsplatzergonomie und die damit verbundenen Arbeitsbedingungen sowie deren Auswirkung auf den Menschen, müssen v.a. in risikobehafteten Tätigkeitsfeldern, wie z.B. der klinischen Anästhesiologie, weiter in den Fokus rücken [57]. In diesem komplexen und dynamischen Arbeitsumfeld mit hohem Anteil von Mensch-Maschine-Interaktionen gibt es drei Hauptkomponenten, die grundsätzlich für eine sichere Ausführung der anfallenden Aufgaben in Betracht gezogen werden müssen. Dabei handelt es sich um die Komponente des Arbeitsumfelds (z.B. Lärm, Beleuchtung, Temperatur), die menschliche Komponente (z.B. interpersonelle Faktoren, individuelle kognitive Elemente, Teamarbeit) und die System- und Ausstattungskomponente [58]. Es ist daher

relevant für die Patientensicherheit die Auswirkungen der Aspekte der Arbeitsplatzgestaltung und des Gerätedesigns auf die Aufmerksamkeit und die Leistungsfähigkeit des Anästhesisten zu kennen. Solche Aspekte sollten zum Beispiel auch beim Bau und Einrichtung neuer Operationssäle oder anderer Anästhesiearbeitsplätze in Betracht gezogen werden [57, 59]. Es ist eine wichtige Erkenntnis, dass Verbesserungen bei Faktoren der Arbeitsplatzergonomie die Sicherheit für die behandelnden Ärzte erhöhen, wie auch die Effizienz und Sicherheit der Behandlung für die Patienten verbessern helfen [60, 61].

1.5.3. Ergonomie bei manuellen Tätigkeiten in der Anästhesiologie

Es gibt im klinischen Alltag eines Anästhesisten verschiedene berufliche Risiken, zu denen auch u.a. unsachgemäße Körperhaltungen bei manuellen Tätigkeiten gehören [62].

Bisher haben sich nur wenige Untersuchungen mit den Auswirkungen von einzelnen manuellen Tätigkeiten des klinischen Arbeitsalltags auf die Körperhaltung des durchführenden Anästhesisten befasst. So konnten beispielsweise eine Arbeitsgruppe um Ajmal beobachten, dass die Anlage von Spinalanästhesien durch Anästhesisten jeglichen Erfahrungsniveaus nur suboptimal in Bezug auf ergonomische Aspekte durchgeführt wurden [63]. Insbesondere zeigten sich hierbei ein großer Anteil an verkrampften, angespannten Körperhaltungen mit teilweise extremen Rotationsbewegungen der Wirbelsäule sowie zusätzlich - oder eben auch ursächlich - eine unzureichende Organisation des Arbeitsplatzes nach ergonomischen Gesichtspunkten. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die Lehre ergonomischer Grundprinzipien generell in die Ausbildung von Anästhesisten einbezogen werden sollte. Dieselbe Arbeitsgruppe untersuchte später auch nach dem gleichen Prinzip die Durchführung einer ultraschallgestützten peripheren Nervenblockade des Nervus femoralis durch unterschiedlich erfahrene Anästhesisten im Hinblick auf ergonomische Aspekte [64]. Auch bei diesem Verfahren wurde von den Autoren die Durchführung nach

ergonomischen Gesichtspunkten nur als unzureichend beschrieben und auch hierbei wurden von den Anästhesisten überwiegend unbequeme Körperhaltungen mit teilweise extremen Rotationen im Bereich des Kopfes und der Halswirbelsäule sowie deutlicher Beugung im Bereich der thorakolumbalen Wirbelsäule eingenommen.

1.5.4. Human factors im Zusammenhang mit Atemwegsmanagement

Ob im Rahmen einer Anästhesie bei einer elektiven Operation oder in einer Notfallsituation ist die Durchführung der probaten Maßnahmen immer als eine Leistung des gesamten anästhesiologischen Teams zu sehen. Gerade in Notfallsituationen ist es besonders vorteilhaft im Team ein gemeinsames und möglichst identisches mentales Bild der momentanen Situation und der sich daraus ergebenden zukünftig notwendigen Handlungen zu haben (sogenanntes „*shared mental model*“) [65]. Für eine jegliche effektive Atemwegsicherung bedarf es nicht nur guter technisch-manueller Fertigkeiten, sondern eben auch nicht-technische, psychologische und kognitive Fähigkeiten der Teammitglieder können eine entscheidende Rolle spielen [66]. So kam beispielsweise eine Erhebung von Arbous et al. zu dem Ergebnis, dass humanfaktorielle Einflussgrößen, wie z.B. mangelhafte Kommunikation, in einem beachtlichen Anteil bei anästhesie-assoziierten Todesfällen beigetragen hatten. Im Bereich von mangelhaften Managements der (Be-)Atmung und der Oxygenierung der Patienten war menschliches Versagen sogar in 70% der Todesfälle ein beteiligter Faktor [67]. Flin et al. führten strukturierte Interviews mit 12 Anästhesisten, die schwerwiegende Vorfälle im Rahmen einer Atemwegssicherung gemeldet hatten durch, um kausale Faktoren zu identifizieren. Hierbei konnten in jedem der Fälle mindestens ein auslösender menschlicher Faktor gefunden werden. Ein Großteil betraf dabei das Aufrechterhalten eines adäquaten Situationsbewußtseins [68].

1.5.5. Arbeitslast und Stress als Einflussfaktoren auf die Körperhaltung

Jegliche Veränderung im gewohnten Arbeitsumfeld oder -ablauf kann ungeahnten Einfluss auf die effiziente Durchführung einer manuellen Tätigkeit haben. So konnte etwa in einer Simulator-Studie von Castle et al. gezeigt werden, dass bereits eine Einschränkung der manuellen Geschicklichkeit durch das Tragen von dicken Handschuhen einer ABC-Schutzausrüstung die Zeit bis zur erfolgreichen Intubation und die Rate an fehlgeschlagenen endotrachealen Intubationen deutlich erhöhte [69].

Die Arbeitslast des Anästhesisten in seinem komplexen Arbeitsumfeld objektiv zu messen ist nur bedingt möglich [70]. Allerdings zeigte sich in einer Studie von Weinger et al., dass die mittels mehreren unterschiedlichen Methoden gemessene Arbeitslast von Anästhesisten während der Phase der Einleitung signifikant erhöht zur Phase der Aufrechterhaltung einer Allgemeinanästhesie war [71]. Die Einleitung einer Allgemeinanästhesie mit Narkoseinduktion, Beatmung und Sicherung des Atemwegs des Patienten wurde auch von Gaba et al. als eine Phase mit hoher Arbeitslast und einem subjektiv empfundenen hohen Bedarf an Aufmerksamkeit beschrieben [70]. In einer weiteren Studie von Weinger et al. zur subjektiven Wahrnehmung der Arbeitslast während der Atemwegssicherung mit verschiedenen Techniken konnte gezeigt werden, dass die Durchführung der Intubation unter direkter Laryngoskopie am narkotisierten Patienten nur als mittlere Arbeitslast empfunden wird. Die Arbeitslast wurde allerdings, wie bei allen anderen Techniken auch, von unerfahrenen Personen signifikant höher bewertet als von erfahrenen [72]. Die von Byrne et al. mit einer speziellen neuen Methode gemessene mentale Arbeitslast von Anästhesisten war während der Einleitungsphase einer Allgemeinanästhesie deutlich und signifikant höher als während anderer Phasen [73]. Kognitive Überlastung und gesteigerte mentale Arbeitslast können als Ursache von potentiell patientenschädigenden Fehlern gesehen werden [74].

Während der Einleitung einer Allgemeinanästhesie können also die mentale und physische Arbeitslast des Anästhesisten sehr groß sein [75] und eine ungünstige Körperhaltung kann eine zusätzliche Quelle für Stress

darstellen und damit auch Einfluss auf die Arbeitsleistung des Anästhesisten haben [76].

Indes gibt es bezüglich dem Einfluss einer ergonomisch günstigen Körperhaltung auf das Situationsbewusstsein oder auf das Empfinden von Stress in einer Situation mit großer Arbeitslast noch keine eindeutigen wissenschaftlichen Untersuchungen. In einer Untersuchung von Coco et al. konnte gezeigt werden, dass der empfundene Stresslevel bei jungen Frauen einen signifikanten Einfluss auf die Stabilität einer Körperhaltung und die Haltungskontrolle hatte. Dieser Einfluss war noch ausgeprägter, wenn visuelle Informationen zur Haltungskontrolle fehlten [77]. In einer Untersuchung von Kitaoka et al. konnte gezeigt werden, dass die Stimmungslage eines Menschen Einfluss auf die dynamische Kontrolle der Körperhaltung und deren Anpassung hat. Ebenso gab es in dieser Studie eine signifikante negative Korrelation zwischen der Stimmungslage und der motorischen Reaktionszeit der Versuchspersonen [78]. Auch wenn es bereits einzelne Hinweise darauf gibt [79], bleibt der positive Umkehrschluss, also dass eine entspannte ergonomische Körperhaltung auch den gefühlten Stresslevel reduzieren kann, noch genauer zu erforschen.

1.5.6. Ergonomie und Körperhaltung bei der endotrachealen Intubation

Im klinischen Aufgabenbereich eines Anästhesisten nimmt das Atemwegsmanagement und damit verbunden speziell die Tätigkeit der Laryngoskopie zur endotrachealen Intubation einen elementaren Anteil ein. Zu dieser Intervention des anästhesiologischen Arbeitsalltags gibt es hinsichtlich ergonomischer Bewertungen allerdings nur wenige publizierte Untersuchungen [80-83]. Indes existieren zahlreiche vergleichende Untersuchungen zu den einzelnen Laryngoskopietechniken in Bezug auf ihre Auswirkungen auf den Prozess der endotrachealen Intubation (z.B. Zeitbedarf, Anzahl primär erfolgreicher Intubationen, etc.) und den Patienten (z.B. Zahn- und Schleimhautschäden, Heiserkeit, Halsschmerzen, etc.). Seltener wurden bisher die Auswirkungen der jeweiligen Technik auf den Anwender untersucht.

Obwohl einige Publikationen von potenziellen Risiken für den Anästhesisten sprechen [62, 84], gab es bisher nur wenige Studien, die sich mit der Körperhaltung des Anästhesisten bei der endotrachealen Intubation beschäftigt haben [80-83, 85]. Dabei bietet v.a. auch die Entwicklung neuer Technologien für diesen Aufgabenbereich (wie z.B. die Videolaryngoskopie) den Anlass mit der herkömmlichen Methode (direkte Laryngoskopie mittels Macintosh-Spatel) in Bezug auf ergonomische Gesichtspunkte evaluiert zu werden. Hier konnte in einer Studie von Caldiroli et al. gezeigt werden, dass die Laryngoskopie mit dem GlideScope® im Vergleich zur Laryngoskopie mit dem Macintosh-Spatel eine einheitlich geringere elektromyographisch gemessene Aktivität der Muskeln des linken Arme zur Folge hatte. Somit erforderte die direkte Laryngoskopie mit Macintosh-Spatel eine größere objektiv messbare Arbeitslast und Muskelaktivität. Die mittels dem NASA Task Load Index (NASA-TLX) [86] gemessene subjektive Arbeitslast während der Laryngoskopie war ebenso signifikant geringer bei der Benutzung des GlideScopes® zur Laryngoskopie [80]. Eine ähnlich konzipierte vergleichende Untersuchung von vier unterschiedlichen Laryngoskopen kam zum Ergebnis, dass die Muskelaktivität der Muskulatur der oberen Extremität bei der Laryngoskopie mit Videolaryngoskop am geringsten und die Zufriedenheit der Anwender am höchsten war [87]. Matthews et al. [81] und Walker et al. [82] untersuchten die Körperhaltung von Experten und Anfängern während der konventionellen Laryngoskopie mit Macintosh-Spatel. Dabei konnte gezeigt werden, dass Anfänger bei der Laryngoskopie weniger Abstand zum Patientengesicht hatten als Experten und dabei eine unvorteilhaft gebückte, geduckte Körperhaltung einnahmen. Zusätzlich konnte in der Studie von Matthews et al. eine unterschiedliche Handhaltung des Laryngoskopgriffs zwischen erfahrenen und unerfahrenen Benutzern festgestellt werden [81]. Beide Studien kamen zu der Empfehlung bei der Ausbildung von Anfängern auch auf eine ergonomisch vorteilhafte Körperhaltung bei der direkten Laryngoskopie zu achten. Auch de Laveaga et al. konnten Unterschiede in der Nutzung einzelner Muskeln des linken Armes sowie in der Handhaltung des Laryngoskopgriffs bei der Laryngoskopie mit Macintosh-Spatel zwischen

Experten und unerfahrenen Anwendern feststellen. Es zeigte sich, dass erfahrene Benutzer hierbei das Handgelenk weniger ulnar flektierten, den Unterarm weniger supinierten und vermehrt den anterioren Anteil des Musculus deltoideus und den Musculus biceps brachii einsetzten [83]. Andere Studien legten ihren Schwerpunkt auf die Untersuchung der Abweichung in den Bewegungsabläufen zwischen Experten und Anfängern während der endotrachealen Intubation und benutzten dabei unterschiedliche methodische Ansätze und Messverfahren [88-91]. Alle diese Studien konnten zwar Unterschiede zwischen den Bewegungsabläufen von erfahrenen und unerfahrenen Anwendern aufzeigen, diese blieben jedoch ohne konkrete Empfehlungen für die Ausbildung von Anfängern oder die tägliche klinische Praxis.

1.6. Arbeitshypothesen dieser Studie

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss von Expertise (Experten vs. Anfänger) und der Intubationsmethode (direkte Laryngoskopie/ Macintosh-Spatel vs. indirekte Laryngoskopie/ GlideScope®) auf die mittels REBA-Methode bewertete Körperhaltung der anwendenden Person untersucht. Es wurde hierbei zum einen die Hypothese aufgestellt, dass erfahrene Anästhesisten eine aufrechtere, ergonomisch sinnvollere Körperhaltung bei der Anwendung der direkten Laryngoskopie mit Macintosh-Spatel einnehmen und damit einen niedrigeren REBA-Punktwert erzielen als unerfahrene Anwender. Zum anderen wurde die Hypothese überprüft, ob die Benutzung des GlideScopes® im Vergleich zum Macintosh-Spatel zur endotrachealen Intubation zu einer aufrechteren Körperhaltung und somit niedrigerem REBA-Punktwert führt, da hierbei kein direkter Blick auf die Kehlkopfstrukturen notwendig ist.

2. Material und Methoden

2.1. Ethikkommission und Rekrutierung der Teilnehmer

Die Studie wurde im Simulationszentrum der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie im Universitätsklinikum Würzburg in der Zeit zwischen Oktober 2013 und Februar 2014 durchgeführt. Die Ethikkommission der medizinischen Fakultät der Julius-Maximilians-Universität Würzburg wurde über die Studie informiert und bestätigte, dass für eine Untersuchung am Modell nach geltenden gesetzlichen Vorgaben kein Ethikvotum notwendig ist. Nach Aufklärung der Teilnehmer wurde von allen Teilnehmern eine schriftliche Einwilligung zur geplanten Datenerhebung und –Speicherung eingeholt. Die Information und Rekrutierung von potentiellen Teilnehmern erfolgte bei den Experten mittels E-Mail. Die Unerfahrenen – allesamt Medizinstudenten im neunten Semester - wurden während einer Einführungsvorlesung in das Fachgebiet Anästhesiologie von einem der Versuchsleiter über die Studie informiert und rekrutiert. Alle Interessierten erhielten ein Informationsblatt zur Studie (siehe Anhang) sowie nach Entschluss zur Teilnahme eine Einwilligungserklärung in doppelter Ausführung (siehe Anhang) vorab per E-Mail. Alle Versuchspersonen nahmen freiwillig an der Studie teil, als „kleines Dankeschön“ gab es lediglich einen Verzehrgutschein über 5.- € für die Cafeteria des Klinikums nach erfolgter Teilnahme.

2.2. Studiendesign und Gruppeneinteilung

Es wurde zum einen der Einfluss der jeweiligen Laryngoskopietechnik, also endotracheale Intubation mittels direkter Laryngoskopie mit Macintosh-Spatel und mittels indirekter Laryngoskopie mit GlideScope® auf die Körperhaltung verglichen. Zum anderen wurde der Einfluss der Erfahrung, also Experten mit über 2 Jahren klinischer Erfahrung und über 200 durchgeführten endotrachealen Intubationen im Vergleich zu Anfängern ohne fundierte Erfahrungen in diesen Techniken, untersucht.

Dadurch ergaben sich folgende Kombinationen:

Gruppe 1: Erfahrene + GlideScope®

Gruppe 1a: Erfahrene + Macintosh-Spatel

Gruppe 2: Unerfahrene + GlideScope®

Gruppe 2a: Unerfahrene + Macintosh-Spatel

2.3. Fallzahlberechnung und Gruppeneigenschaften

Basierend auf den Ergebnissen aus bereits existierenden Studien [81, 82] konnte ein großer Einfluss des Faktors „Erfahrung“ angenommen werden. Eine vorausgegangene Analyse der Power des Effekts des Faktors „Erfahrung“ mit $1 - \beta = 0.80$, $\alpha = 0.05$ sowie einer großen Effektgröße ($\eta_p^2 = 0.14$) ergab einen benötigten Stichprobenumfang von 2×26 Versuchspersonen.

Die Anfängergruppe bestand aus insgesamt 25 Medizinstudenten im 9. Semester (5. Jahr) des Medizinstudiums. Die Expertengruppe bestand aus 26 Assistenzärzten der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikums Würzburg. Alle Versuchsteilnehmer füllten zum Versuchsbeginn einen Fragebogen zu demographischen Daten und zur selbsteingeschätzten Anzahl an bereits absolvierten Laryngoskopien am Patienten oder am Intubationsphantom aus (siehe Anhang). Alle Teilnehmer hatten einen normalen Visus oder trugen während der Testung entsprechend die Fehlsichtigkeit ausgleichende Sehhilfen.

2.4. Versuchsaufbau

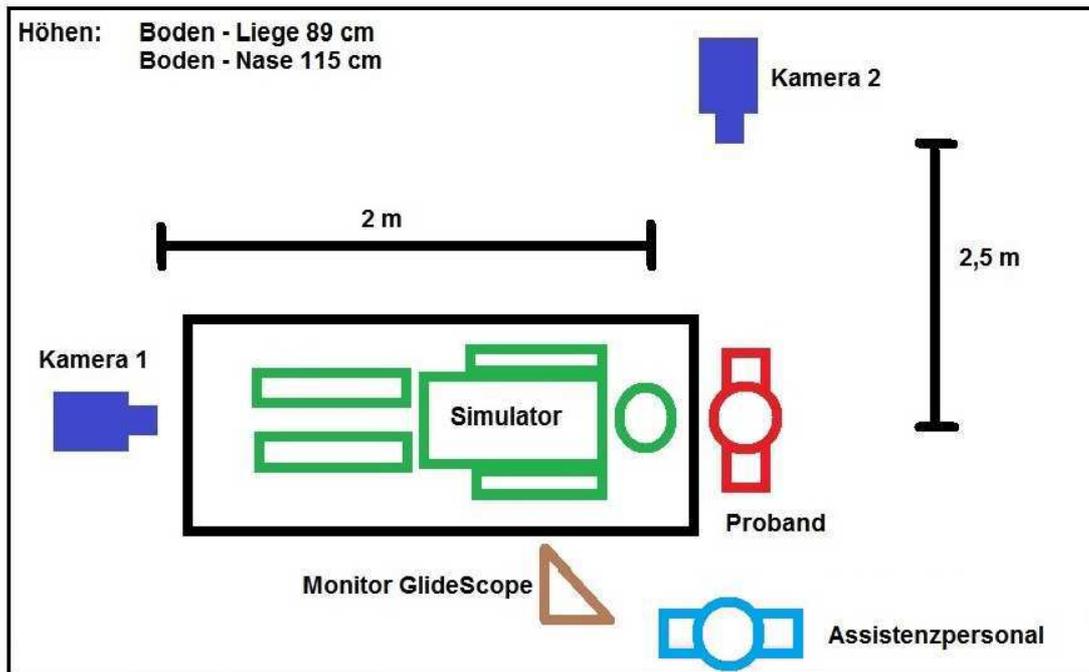
Bei jeder Testung führte die jeweilige Versuchsperson zwei endotracheale Intubationen an einem Mannequin durch. Die eine mittels direkter Laryngoskopie mit einem Macintosh-Spatel Größe 3 (Heine Optotechnik, Herrsching, Deutschland) und die andere mittels Videolaryngoskopie mit dem GlideScope® (Verathon Medical, Bothell, WA,

USA). Bei dem Mannequin handelt es sich um einen komplexen Patientensimulator, der mit einem normalen Atemweg für die endotracheale Intubation ausgestattet ist (METIman® prehospital; CAE Healthcare, Sarasota, FL, USA).

Von den Teilnehmern wurden während der jeweiligen Intubation aus zwei unterschiedlichen Perspektiven Videoaufnahmen mittels zweier auf Stativen befestigten USB-Kameras (Logitech, Lausanne, Schweiz) angefertigt. Die Aufnahmen wurden mittels der Application-Software AMCap (Noël Danjou) auf einem Laptop (Dell Technologies Inc., Round Rock, TX, USA) mit einem Microsoft Windows 7 Betriebssystem (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) aufgenommen. Die Aufnahmen wurden anonymisiert und digital im Dateiformat MPEG4 auf einem passwortgeschützten, externen Speichermedium gespeichert. Tonaufnahmen wurden nicht angefertigt.

Um eine möglichst genaue Auswertung der Haltung zu ermöglichen und basierend auf einer vorausgegangenen Studie [92], wurden die Teilnehmer einerseits direkt von frontal (Kamera 1) und andererseits um 90° versetzt von seitlich rechts (Kamera 2) gefilmt. Die identische Positionierung des Mannequins im Raum wurde mittels Markierungen auf dem Boden gewährleistet. Ebenso war die Position der zwei Kamerastative auf dem Boden markiert. Der Patientensimulator lag auf einem handelsüblichen Operationstisch und der Abstand vom Boden zur Nasenspitze des Simulators wurde jeweils auf 115 cm eingestellt. Der Bildschirm des Glidescopes® wurde immer seitlich links vom Mannequin und dem Probanden platziert und der Abstand des Bildschirms vom Boden wurde jedes Mal auf 119 cm eingestellt. Die Versuchsanordnung ist schematisch in Abbildung 6 dargestellt.

Abbildung 6: Schematische Versuchsanordnung



2.5. Versuchsablauf

Jeweils die Hälfte der Versuchsteilnehmer aus jeder Gruppe führte zuerst die Intubation mit dem Macintosh-Spatel durch und die andere Hälfte begann mit der Intubation mittels GlideScope®. Da kein Teilnehmer aus der Gruppe der Unerfahrenen jemals zuvor mit dem GlideScope® gearbeitet hatte, wurde allen unerfahrenen Versuchsteilnehmern ein dreiminütiges Einführungsvideo des Herstellers gezeigt, in dem der Intubationsvorgang mit dem GlideScope® schrittweise erklärt und auf Unterschiede zur direkten Laryngoskopie eingegangen wird. Alle Teilnehmer der Expertengruppe hatten ausreichend Erfahrungen mit dieser videolaryngoskopischen Intubationstechnik, so dass hier auf das Zeigen des Einführungsvideos verzichtet werden konnte.

Der Ablauf der endotrachealen Intubation war bei jedem Versuchsdurchlauf für beide Techniken standardisiert. Zuerst führte jede Versuchsperson kurz eine Maskenbeatmung am Patientensimulator durch. Nachdem der anwesende Untersucher die synchronisierte Aufnahme der

beiden Videokameras gestartet hatte, assistierte er bei der Laryngoskopie und endotrachealen Intubation durch Anreichen der erforderlichen Utensilien sowie Sicherung und Fixierung des Endotrachealtubus nach erfolgreicher Intubation in üblicher Weise. Der Versuch galt als beendet, wenn der Cuff des Endotrachealtubus aufgeblasen wurde und der Spatel des jeweiligen Laryngoskops aus dem Mund entfernt wurde. Nach der Absolvierung beider Intubationen füllten die Teilnehmer den Fragebogen zu demographischen Daten und der selbsteingeschätzten Erfahrung mit den unterschiedlichen Intubationstechniken aus.

2.6. Beurteilung der Körperhaltung mittels REBA-Methode

Für die Auswertung der Körperhaltung der Teilnehmer wurde die Methode des *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) benutzt [56]. Diese Analysemethode wurde speziell dafür geschaffen, um eine einfache, praktikable Beobachtung und Dokumentation von nicht vorhersagbaren Körperhaltungen, wie sie z.B. des Öfteren im Gesundheitswesen bei Arbeiten am Patienten vorkommen, zu ermöglichen. Die REBA-Analyse ermöglicht es somit auch den Vorgang einer Intubation umfangreich unter Gesichtspunkten der Ergonomie zu untersuchen, da diese Methode verschiedene Winkel der Körperhaltung, die aufgebrachte Kraft und die sogenannte Kopplung zwischen dem beobachteten Anwender und dem benutzten Laryngoskop berücksichtigt. Des Weiteren lässt sich anhand der REBA-Punktzahl und dem jeweilig zugehörigen REBA-Aktionsschwellenwert (*REBA-Action-Level*) das Risiko für muskuloskelettale Verletzungen bezüglich der untersuchten Tätigkeit ermitteln. Aus diesen ermittelten Punktwerten kann dann ebenso die Notwendigkeit für weitere Untersuchungen und die Dringlichkeit für regulierende Maßnahmen abgeleitet werden (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Zusammenhang von REBA-Punktwert, Aktionsschwellenwert, Risikobewertung und erforderlichen Dringlichkeit weiterer Maßnahmen (nach Hignett et al. [56])

REBA-Aktions-schwellenwert	REBA-Punktwert	Risikobewertung	Dringlichkeit für weitere Maßnahmen (inklusive weiterer Untersuchungen)
0	1	vernachlässigbar	nicht erforderlich
1	2 - 3	gering	evtl. erforderlich
2	4 - 7	mittel	erforderlich
3	8 - 10	hoch	baldmöglichst erforderlich
4	11 - 15	sehr hoch	sofort erforderlich

In die Berechnung des REBA-Punktwertes fließen neben den, den Winkelmaßen der Körperhaltung zugeordneten Punktwerten noch weitere Einflussgrößen mit ein [56]. So wird diesem Basispunktwert ein entsprechender Punktwert addiert, bzw. subtrahiert. Dies erfolgt z.B. bei verdrehter oder zu einer Seite geneigter Haltung in der jeweiligen Körperregion, sowie wenn die Beine im Kniegelenk zwischen 30° und 60°, oder > 60° gebeugt werden, ebenso wenn die Oberarme abduziert, rotiert, die Schulter hochgezogen oder der Arm als zusätzliche Stütze für das Körpergewicht benutzt wird.

Des Weiteren wird ein Wert für die Belastung oder/und den benötigten Kraftaufwand („*load-force-score*“), ein Wert für die Kopplung zwischen Anwender und verwendetem Hilfsmittel („*coupling-score*“) und ein Wert für die Aktivitätsanforderung der untersuchten Tätigkeit („*activity-score*“) erhoben und aus diesen Werten der eigentliche REBA-Punktwert errechnet. Russell und Mitarbeiter fanden in ihrer Untersuchung zur Kraftaufwendung bei verschiedenen Intubationstechniken heraus, dass die durchschnittlich ausgeübte Kraft beim Gebrauch des Macintosh-Spatels 11 N beträgt, im Vergleich zu 5 N bei der Verwendung des GlideScopes® [93]. Zu einem ähnlichen Verhältnis der, bei der Laryngoskopie mit GlideScope® im

Vergleich zum Macintosh-Spatel aufgebrauchten Kräfte kommen auch zwei Studien von Carassiti et al. [94, 95]. Hier konnte am Patientensimulator mit normaler Atemwegskonfiguration bei der Laryngoskopie mit Macintosh-Spatel ein durchschnittlicher Kraftaufwand von 39 N bei den Experten und respektive 45 N bei den Anfängern gemessen werden. Bei gleichen Bedingungen war die aufgebrauchte Kraft bei der Verwendung des GlideScopes® mit durchschnittlich 27 N bei den Experten und 21 N bei den Anfängern deutlich geringer [95]. Auch während Laryngoskopien an realen Patienten konnten die Untersucher höhere Kräfte von durchschnittlich 40 N bei Benutzung des Macintosh-Spatels, verglichen mit einem deutlich niedrigeren Kraftaufwand von 8 N bei Benutzung des GlideScopes® feststellen [94].

Basierend darauf wurde in der vorliegenden Untersuchung für den *load-force-score* ein Punktwert von 2 für den Macintosh-Spatel und ein Punktwert von 1 für das GlideScope® festgelegt. In älteren Studien [96-100] wurden identisch hohe Werte von bis zu maximal 48 N (+/- 4 N) [98] für den benötigten Kraftaufwand bei der direkten Laryngoskopie am erwachsenen Patienten beschrieben. Allerdings waren diese für die Berechnung des REBA-Punktwertes in dieser Untersuchung unerheblich, da prinzipiell kein höherer Punktwert als 2 für den *load-force-score* bei der REBA-Methode vergeben werden kann.

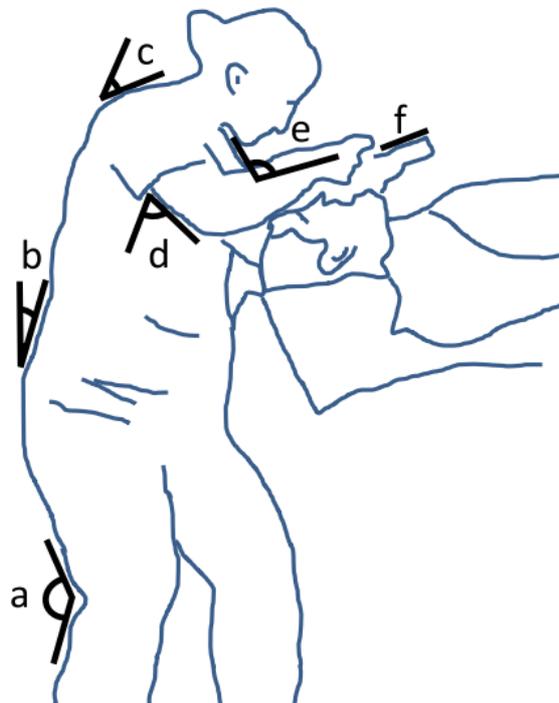
Für den *coupling-score* wurde beiden Laryngoskopen eine gute Handhabung attestiert (Punktwert 0). Ebenso wird bei der endotrachealen Intubation mit keinem der Laryngoskope ein längerer statischer oder repetitiver Kraftaufwand nötig und somit wurde auch kein Punktwert für den *activity-score* zum REBA-Punktwert addiert.

2.7. Erhebung des REBA-Punktwertes

Alle Videoaufnahmen wurden mittels einer speziellen Software im regelmäßigen Abstand von 3 Sekunden angehalten und das resultierende Standbild extrahiert. Anhand dieser Standbilder wurde die Körperhaltung durch fokussierte Messung der Winkelmaße in definierten Körperregionen

und der zugehörigen REBA-Punktzahl erhoben. Maßgeblich waren hierbei die Winkel des Genicks, des Körperstammes, der Beine, des Ober- und Unterarms sowie des Handgelenks, wie sie beispielhaft schematisch in der Abbildung 7 dargestellt sind.

Abbildung 7: Schematische Darstellung der erhobenen Winkelmaße verschiedener Körperregionen. (a: Beine; b: Körperstamm; c: Genick; d: Oberarm; e: Unterarm; f: Handgelenk) aus Grundgeiger et al [101].



Da alle Versuchsteilnehmer das jeweilige Laryngoskop in ihrer linken Hand hielten, beziehen sich die Winkelmessungen am Ober- und Unterarm und des Handgelenks jeweils auf die linke obere Extremität der Versuchspersonen. Die Gesamtdauer jedes Intubationsvorgangs wurde gestoppt und die Zeiten dokumentiert. Startpunkt der Messung war immer das Einführen des Spatels in den Mund des Mannequins. Die Messungen wurden beendet, wenn entweder der Spatel aus dem Mund entfernt und der endotracheale Tubus geblockt wurde.

Zur Feststellung der Kodierungsschärfe und der Übereinstimmung der von uns erhobenen Daten zwischen unterschiedlichen Beurteilern, wurde bei ungefähr 7 % der resultierenden Standbildern durch zwei geschulte Personen der REBA-Punktwert kodiert und das Ergebnis verglichen. In Anlehnung an eine Veröffentlichung von Bao et al. [92], wurde daraus der *intra-klassen Korrelations-Koeffizient* (ICC) für kontinuierliche Daten (wie z.B. Winkelmaße der Körperhaltung) sowie die prozentuale Übereinstimmung für dichotome Variablen (wie z.B. die Torsion des Genicks) errechnet. Hierbei war der ICC für alle Gelenke akzeptabel (ICC = 0,7), mit Ausnahme der Bewertung des Haltungswinkels des Handgelenks (ICC = 0,4). Die verlässliche Messung von Haltungsänderungen des Handgelenks wurde auch bereits von Bao et al. [92] als sehr eingeschränkt eingeschätzt, da es sich beim Handgelenk um ein kleines Gelenk mit nur geringem Bewegungsspielraum (üblicherweise ca. 40° - 60° Dorsalextension, ca. 50° - 70° Palmarflexion, 30° - 40° ulnare Abduktion und 20° - 30° radiale Abduktion nach der Neutral-Null-Methode) handelt. Dementsprechend konnte bei der Beurteilung einer „abgeknickten oder verdrehten Haltung des Handgelenks“ zwischen den beiden Untersuchern nur eine 60 %ige Übereinstimmung erzielt werden. Für die Messungen und Einschätzung der Haltung aller anderen Gelenke wurde allerdings eine prozentuale Übereinstimmung von über 80 % erzielt.

Es wurden bei jedem Teilnehmer für jede der beiden Laryngoskopietechniken die aus den Einzelbildern erhobenen Winkelmaße der Körperhaltung und die resultierenden REBA-Punktwerte gemittelt. Alle abhängigen Variablen wurden mittels getrennten 2 (GlideScope vs. Macintosh) x 2 (erfahren vs. unerfahren) gemischten ANOVAs analysiert. Hierbei handelte es sich bei dem Einflussfaktor Erfahrung um einen „*between*“- und beim Einflussfaktor Laryngoskopietechnik um einen „*within*“-Faktor.

In Anlehnung an eine frühere Untersuchung von Matthews et al. [81] wurde der Abstand zwischen der Nasenspitze des Versuchsteilnehmers bis zum Kinn des Mannequins gemessen. Dieser Parameter wurde bei allen Teilnehmern anhand des letzten Standbildes kurz vor der Platzierung des

Endotrachealtubus durch die Glottisebene bestimmt. Zur Bestimmung wurde die reale Länge des Laryngoskopgriffs mit der Anzahl der Pixel des Laryngoskopgriffs im Standbild korreliert und daraus konnte dann ebenso durch Messung der Anzahl der Pixel des Nase-Kinn-Abstands im Standbild der reale Abstand abgeleitet werden.

2.8. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm IBM SPSS 22 (IBM, Chicago, IL, USA) durchgeführt. Als signifikant wurde ein $p < 0,05$ gewertet.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Studie wurden bereits zu Teilen in zwei internationalen („*peer reviewed*“) Fachzeitschriften publiziert [101, 102].

3.1. Demographische Daten und Selbsteinschätzung der Gruppen

Die Anfängergruppe bestand aus insgesamt 25 Medizinstudenten im 9. Semester (5. Jahr des Medizinstudiums). Der Altersdurchschnitt lag in dieser Gruppe bei 26 Jahren (min. 23, max. 33). Acht Personen waren weiblich und 17 männlich (Verteilung w:m ca. 1:2). Die durchschnittliche Körpergröße betrug 176 cm (min. 158 cm, max. 195 cm). Alle Personen der Anfängergruppe hatten weniger als 200 endotrachealen Intubationen am Patienten oder am Phantom durchgeführt. Unter den Anfängern gab es insgesamt 11 Personen mit einer vorausgegangenen beruflichen Zusatzqualifikation im Bereich Gesundheitswesen. Davon waren acht Teilnehmer ausgebildete Rettungsdienstmitarbeiter (1x „Rettungshelfer“, 2x Rettungssanitäter, 5x Rettungsassistent), zwei waren Krankenpfleger und ein Teilnehmer war Zahnarzt. Von den Rettungsdienstmitarbeitern waren drei mit

langjähriger Berufserfahrung zwischen 6 und 14 Jahren. Keiner der Teilnehmer aus dieser Gruppe der Unerfahrenen hatte zum Zeitpunkt der Studie eine selbsteingeschätzte Anzahl von mehr als 200 durchgeführten endotrachealen Intubationen am Patienten oder am Intubationsphantom durchgeführt. Des Weiteren hatte keine Person aus dieser Gruppe jemals eine Intubation mit einem Videolaryngoskop durchgeführt. Ebenso hatte keine der Versuchspersonen dieser Gruppe Erfahrungen in der innerklinischen Anästhesiologie und kann somit als signifikant unerfahren in Bezug auf die verschiedenen Techniken der endotrachealen Intubation im Gegensatz zu den Versuchspersonen der Expertengruppe beschrieben werden.

Die Expertengruppe bestand aus 26 Assistenzärzten der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikums Würzburg. Hier lag der Altersdurchschnitt mit 37 Jahren (min. 28, max. 49) deutlich über dem der Anfängergruppe. Zehn Personen waren weiblich und 16 männlich (Verteilung w:m ca. 1:1,5). Die durchschnittliche Körpergröße war mit 176 cm (min. 156 cm, max. 194 cm) identisch zu der Anfängergruppe. Die Versuchsteilnehmer der Expertengruppe hatten zwischen drei und 22 Jahren (durchschnittlich 8 Jahre) Erfahrung in der klinischen Anästhesiologie. Nur eine Person aus dieser Gruppe gab an bisher nur zwischen 101 und 200 endotracheale Intubationen im Rahmen der klinischen Tätigkeit durchgeführt zu haben. Mehrheitlich (n = 22; 85% der Experten) hatten die Experten jedoch über 800 Intubationen mit Macintosh-Spatel durchgeführt. Kein Experte hatte weniger als zehn und mehrheitlich bereits über 50 endotracheale Intubationen mittels GlideScope® durchgeführt. Dementsprechend ist die Expertengruppe als signifikant erfahren in Bezug auf die unterschiedlichen Intubationstechniken anzusehen.

Die Verteilung der selbsteingeschätzten Anzahl von Intubationen mit Macintosh-Spatel und GlideScope® innerhalb der beiden Gruppen sind in den Diagrammen 1 und 2 graphisch dargestellt. Die demographischen Daten der beiden Gruppen zeigt Tabelle 2.

Diagramm 1: Selbsteingeschätzte Anzahl der endotrachealen Intubationen mit Macintosh-Spatel in beiden Gruppen im Vergleich

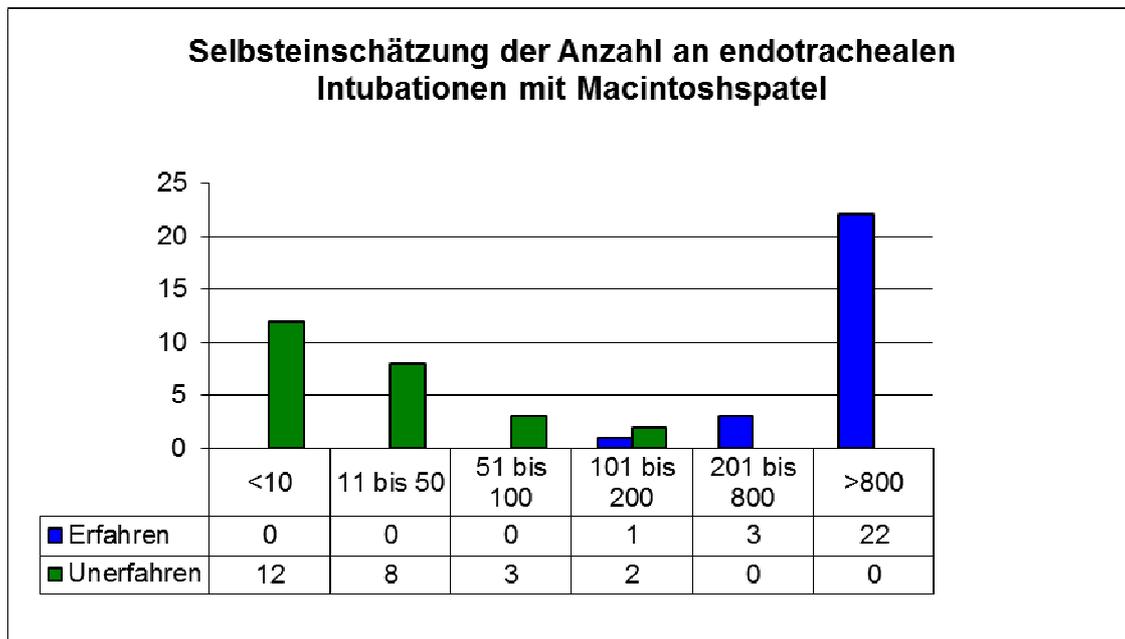


Diagramm 2: Selbsteingeschätzte Anzahl der endotrachealen Intubationen mit dem GlideScope® in beiden Gruppen im Vergleich

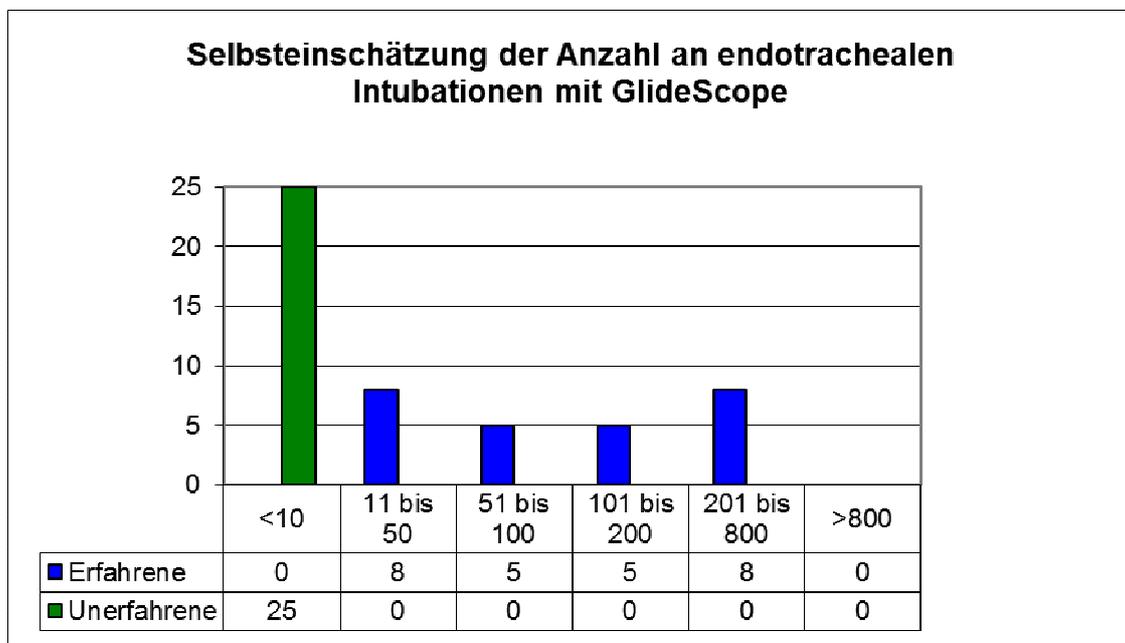


Tabelle 2: Zusammenfassung der demographischen Daten der Teilnehmer.
Die Werte sind Häufigkeiten oder Mittelwerte (Minimalwert – Maximalwert)

	Unerfahrene (n = 25)	Erfahrene (n = 26)
Geschlecht weiblich	8	10
Alter (in Jahren)	26 (23 - 33)	37 (28 – 49)
Körpergröße (in cm)	176 (158 – 195)	176 (156 – 194)
Klinische Tätigkeit als Anästhesist (in Jahren)	0	8 (3 – 22)

3.2. Ergebnisse der Auswertung der Dauer des Intubationsvorgangs

Bezüglich der Dauer des Intubationsvorgangs zeigte sich, dass die unerfahrenen Versuchspersonen unabhängig von der Laryngoskopietechnik signifikant mehr Zeit für eine erfolgreiche endotracheale Intubation als die erfahrenen Teilnehmer benötigten ($p < 0,001$). Der Intubationsvorgang mittels GlideScope® (42,57 sec., SD = 27,42 sec.) dauerte in beiden Gruppen signifikant länger ($p < 0,001$) als mittels Macintosh-Spatel (19,48 sec., SD = 15,33 sec.). Insbesondere benötigten die unerfahrenen Probanden bei der Benutzung des GlideScopes® deutlich länger als für die endotracheale Intubation mittels Macintosh-Spatel. Dahingegen benötigten die erfahrenen Teilnehmer bei der Benutzung des GlideScopes® nur wenig mehr Zeit als für die endotracheale Intubation mittels Macintosh-Spatel. Verglichen mit den Unerfahrenen benötigten die Erfahrenen bei der Intubation mittels GlideScope® deutlich weniger Zeit. Die Interaktion zwischen der Erfahrung der Probanden und der eingesetzten Laryngoskopietechnik bezüglich der Dauer des Intubationsvorgangs war dabei signifikant ($p = 0,001$). Eine Übersicht über die benötigten Zeiten mit Mittel- und Medianwerten, sowie den Standardabweichungen bietet Tabelle 3.

Tabelle 3: Dauer des Intubationsvorgangs in den verschiedenen Gruppen und Abhängigkeit von der Laryngoskopiertechnik (MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung)

		Macintosh-Spatel Dauer Intubation (in sec.)	GlideScope® Dauer Intubation (in sec.)
Unerfahrene (n = 25)	MW	25,84	60,19
	Median	21,00	56,00
	SD	18,66	25,61
Erfahrene (n = 26)	MW	13,36	25,62
	Median	11,00	17,50
	SD	7,50	16,25
Total (n = 51)	MW	19,48	42,57
	Median	16,00	37,00
	SD	15,33	27,42

3.3. Ergebnisse der Messung des Nase-Kinn-Abstands

Bezüglich des Vergleichs des Nase-Kinn-Abstands zwischen den Gruppen und der Laryngoskopiertechnik war somit der Abstand vom Gesicht der Teilnehmer zum Kopf des Mannequins bei der Intubation mit Macintosh-Spatel in beiden Gruppen signifikant geringer als bei der Benutzung des GlideScopes® ($p < 0,001$). Unabhängig von der Laryngoskopiertechnik war im Vergleich mit den Erfahrenen der Nase-Kinn-Abstand bei den Unerfahrenen signifikant geringer ($p < 0,001$). Die Interaktion zwischen dem Erfahrungsgrad und der Laryngoskopiertechnik auf den Nase-Kinn-Abstand war indes nicht signifikant ($p = 0,153$).

Bei der Messung des Nase-Kinn-Abstands wurde gesehen, dass bei der Benutzung des Macintosh-Spatels die Gruppe der unerfahrenen Versuchsteilnehmer einen deutlich geringeren mittleren Abstand (16,95 cm; SD = 6,17 cm) als die erfahrenen Teilnehmer (29,44 cm; SD = 8,82 cm) aufwiesen. Bei der Benutzung des GlideScopes® (34,63 cm; SD = 12,19 cm)

war der Nase-Kinn-Abstand in beiden Gruppen insgesamt größer als beim Gebrauch des Macintosh-Spatels (23,32 cm; SD = 9,84 cm). Der Unterschied zwischen der Gruppe der Anfänger (26,53 cm, SD = 10,80) und der Erfahrenen (42,38 cm; SD = 7,55 cm) war vorhanden, wenn auch etwas geringer als bei der Benutzung des Macintosh-Spatels.

3.4. Ergebnisse der Auswertung der Körperhaltung mittels REBA-Methode

Der durchschnittliche REBA-Punktwert (in Klammer stehen jeweils die Zahlen des 95% Konfidenzintervall (KI)) der unerfahrenen Versuchsteilnehmer während der endotrachealen Intubation mit GlideScope® war 2.8 (KI 2.44–3.18). Bei der Benutzung des Macintosh-Spatels zur Intubation wurde für die unerfahrenen Teilnehmer ein durchschnittlicher REBA-Punktwert von 3.7 (KI 3.39–4.06) errechnet. Respektive war der durchschnittliche REBA-Punktwert der Expertengruppe 2.1 (KI 1.82–2.39) bei der Benutzung des GlideScopes® und 2.8 (KI 2.60–3.09) bei der Benutzung des Macintosh-Spatels zur Intubation.

Im Vergleich zwischen GlideScope® und Macintosh-Spatel war somit in beiden Teilnehmergruppen der REBA-Punktwert signifikant geringer bei der Benutzung des GlideScopes® ($p < 0.001$). Ebenso war unabhängig vom benutzten Laryngoskop der mittlere REBA-Punktwert in der Gruppe der unerfahrenen Versuchsteilnehmer signifikant höher als in der Expertengruppe ($p < 0.001$). Es zeigte sich hierbei keine signifikante Interaktion zwischen Laryngoskopiertechnik und dem Erfahrungsgrad der Teilnehmer ($p = 0.451$).

Bei allen in dieser Studie untersuchten Körperregionen, außer bei den Handgelenken ($p = 0.054$), waren die Winkelauslenkungen bei der eingenommenen Körperhaltung signifikant geringer (alle p -Werte < 0.001), wenn die Teilnehmer das GlideScope® für die Laryngoskopie benutzten. Die Durchschnittswerte und Zahlenwerte der einzelnen Körperregionen für das 95% Konfidenzintervall sind in Tabelle 4 aufgeführt. Einen detaillierten graphischen Überblick bietet das Diagramm 3.

Im Vergleich zur Expertengruppe zeigte sich in der Gruppe der Anfänger eine Körperhaltung mit insgesamt signifikant größerer Beugung im Körperstamm (19° vs. 5° , $p < 0.001$) und im Genick (39° vs. 30° , $p < 0.002$), sowie ein signifikant weiter antevertierter Oberarm (38° vs. 19° $p < 0.001$).

Insgesamt führte die Benutzung des GlideScopes® bei der endotrachealen Intubation bei allen Teilnehmern zu einer aufrechteren Körperhaltung als bei der Benutzung des Macintosh-Spatels. Vornehmlich war dies auf eine durchschnittlich geringere Beugung der Beine (7° vs. 16°), des Körperstamms (7° vs. 16°) und des Genicks (26° vs. 42°) zurückzuführen. Dies kann anhand der Abbildung 8 exemplarisch an den Standbildern aus den Videosequenzen einer Teilnehmerin veranschaulicht werden.



Abbildung 8: Exemplarische Darstellung der Körperhaltungen einer Teilnehmerin (Expertengruppe) von frontal und seitlich bei Benutzung des GlideScopes® (obere Reihe) und des Macintosh-Spatels (untere Reihe) bei der endotrachealen Intubation des Patientensimulators anhand von Standbildern aus einer Videosequenz. (aus Grundgeiger et al. [101])

Bei der Berechnung der zusätzlichen REBA-Punktwerte, welche sich zu den aus den Winkelmessungen resultierenden Punktwerten addieren, war auffällig, dass im Vergleich zum Macintosh-Spatel die Benutzung des GlideScopes® in beiden Gruppen einerseits mit einer signifikant geringeren Abduktion des Oberarms und weniger Hochziehen der Schultern einherging ($p < 0.001$). Zum anderen führte aber die Benutzung des GlideScopes® in beiden Gruppen auch zu einer signifikant größeren Verdrehung des Genicks ($p < 0.001$). Im Vergleich zwischen den Gruppen konnte unabhängig von der Laryngoskopietechnik für die Gruppe der unerfahrenen Teilnehmer eine vermehrte Abduktion in den Oberarmen und vermehrtes Hochziehen der Schultern ($p = 0.035$), jedoch auch eine geringere Verdrehung und geringere seitliche Beugung des Genicks festgestellt werden. In keiner der beiden Gruppen führte die Benutzung des Macintosh-Spatels zu einer Torsion oder Seitwärtsneigung des Genicks. Interessanterweise waren bei der Benutzung des GlideScopes® diese Haltungen im Genick in der Expertengruppe im Vergleich zur Anfängergruppe vermehrt zu beobachten. Für die Torsion und die seitliche Neigung des Genicks gab es eine signifikante Interaktion zwischen der Laryngoskopietechnik und dem Erfahrungsgrad ($p < 0.001$).

Der aus den durchschnittlichen REBA-Punktwerten abgeleitete gerundete REBA-Aktionsschwellenwert (s. Tabelle 3) lag bei der Intubation mittels GlideScope® für die Gruppe der Experten bei 2 und für die Gruppe der Anfänger bei 3. Beziehungsweise bei der Benutzung des Macintosh-Spatels für die Intubation bei 3 für die Gruppe der Experten und bei 4 für die Gruppe der unerfahrenen Teilnehmer.

Tabelle 4: Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD) für Haltungswinkel der untersuchten Körperregionen für Anfänger und Experten, sowie 95% Konfidenzintervall für die Laryngoskopietechnik für Anfänger und Experten

Körperregion	GlideScope® MW (SD)		Macintosh-Spatel MW (SD)		95% Konfidenzintervall Anfänger / Experten	
	Anfänger	Experten	Anfänger	Experten	GlideScope®	Macintosh
Beine	10,10 (8,10)	3,20 (5,70)	15,90 (11,10)	16,20 (9,90)	3,35 / 2,31	4,56 / 4,01
Körperstamm	12,50 (12,00)	1,90 (5,00)	25,30 (14,10)	7,10 (13,4)	4,98 / 2,00	5,81 / 5,43
Genick	32,90 (9,50)	20,20 (11,10)	44,10 (12,1)	40,10 (9,80)	3,93 / 4,47	5,03 / 3,96
Oberarm	27,00 (17,70)	11,30 (8,70)	49,20 (18,80)	27,00 (15,50)	6,49 / 3,51	7,76 / 6,26
Unterarm	84,70 (14,90)	85,40 (8,60)	96,90 (13,50)	92,80 (9,1)	6,17 / 3,48	5,56 / 3,66
Handgelenk	8,00 (7,50)	9,60 (10,10)	14,30 (12,70)	9,10 (10,10)	3,12 / 4,12	5,26 / 4,12
REBA-Punktwert	2,81 (0,80)	2,10 (0,70)	3,70 (0,80)	2,80 (0,60)		

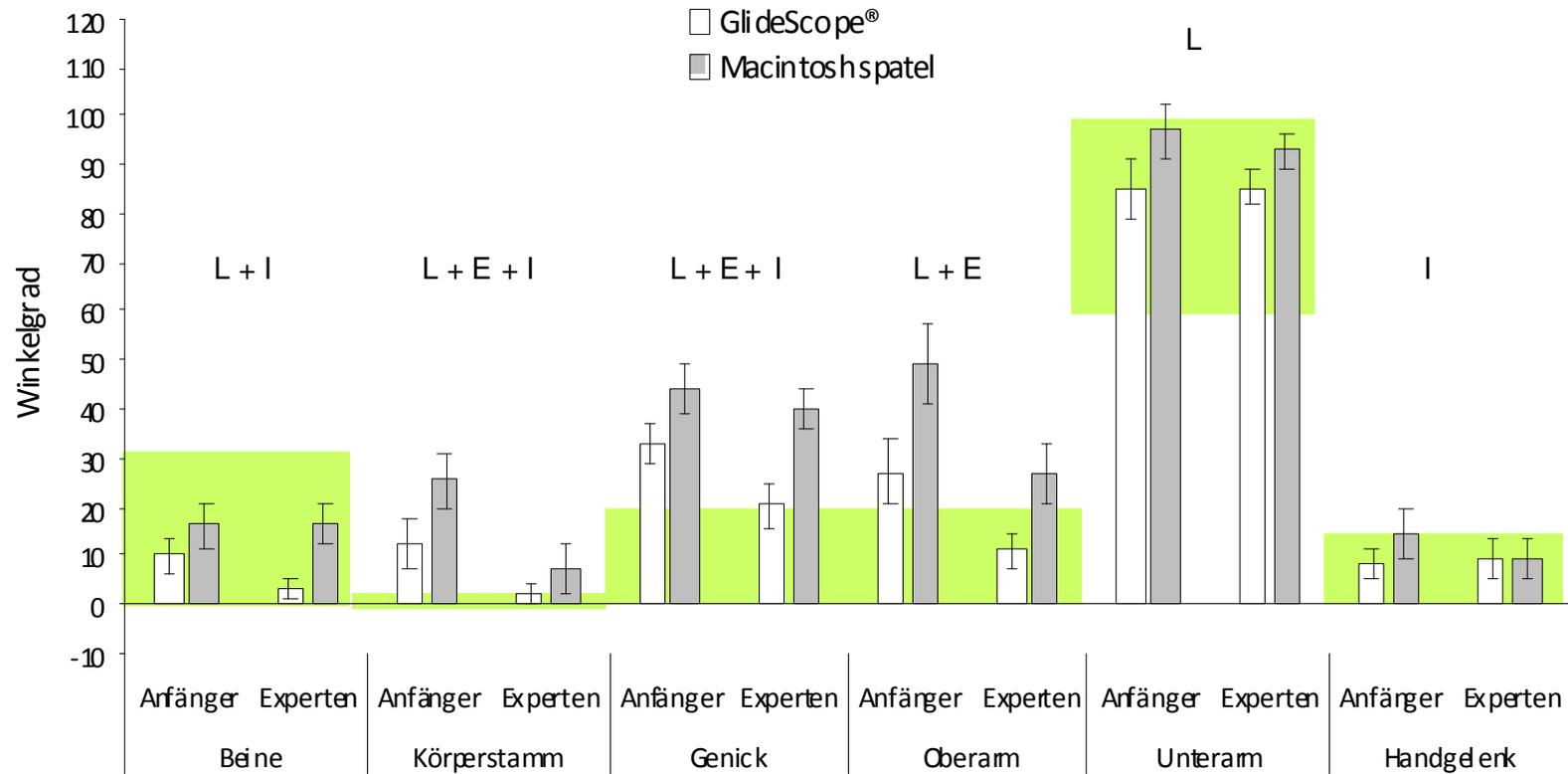


Diagramm 3: Durchschnittliche Winkel der Haltungen der einzelnen Körperregionen aufgeteilt nach GlideScope® und Macintosh-Spatel und sowie nach Erfahrungsgrad (Experten und Anfänger). Die Großbuchstaben über den Säulen zeigen einen signifikanten Effekt in der jeweiligen ANOVA ($p < 0.05$) für Laryngoskopietechnik (L), Erfahrungsgrad (E) oder der Interaktion zwischen beiden Faktoren (I) an. Die grünen Flächen markieren den akzeptablen Bereich des Bewegungswinkels

4. Diskussion

Bei eigenen Beobachtungen im klinischen Alltag war auffällig geworden, dass vor allem Anfänger eine stark gebückte Haltung bei der Intubation mittels direkter Laryngoskopie einnehmen und dass bei der Benutzung des GlideScopes® im Allgemeinen die Körperhaltung des Intubierenden entspannter und aufrechter erschien.

Im Hinblick darauf die Körperhaltung des Anästhesisten während der endotrachealen Intubation aus ergonomischen Gesichtspunkten zu untersuchen, wurde in dieser Studie der Einfluss der Faktoren Laryngoskopiertechnik und Erfahrung des Anwenders auf verschiedene Winkel der Körperhaltung, die während der Laryngoskopie eingenommen wurde mittels der REBA-Beurteilungsmethode untersucht. Dabei wurde in beiden Gruppen (Unerfahrene und Experten) eine eindeutig ergonomisch vorteilhaftere Körperhaltung mit niedrigeren REBA-Punktwerten bei der Benutzung des GlideScopes® im Vergleich zur Verwendung des Macintosh-Spatels zur Laryngoskopie beobachtet. Ferner konnte gezeigt werden, dass unabhängig von der Laryngoskopiertechnik die unerfahrenen Teilnehmer insgesamt eine ergonomisch unvorteilhaftere Körperhaltung während der Laryngoskopie einnahmen, mit daraus resultierend höheren REBA-Punktwerten. Dies ist umso bedenklicher, da Novizen bei der Laryngoskopie mit Macintosh-Spatel mehr Kraft aufwenden [93, 95, 103] und insgesamt mehr Zeit bis zur erfolgreichen endotrachealen Intubation benötigen.

Mit Ausnahme des Handgelenks resultierte die Benutzung des GlideScopes® im Vergleich zum Macintosh-Spatel in einer geringeren Winkelauslenkung in allen untersuchten Gelenken. Diese Ergebnisse stehen in Einklang zur Beobachtung von Caldiroli et al., dass bei der Benutzung des GlideScopes® die Muskeln des Oberkörpers signifikant weniger beansprucht werden, als bei der Benutzung des Macintosh-Spatels [80]. Die Ergebnisse der Studien von Matthews et al. [81] und von Walker et al. [82], die beide die Körperhaltung während der konventionellen Laryngoskopie mit Macintosh-Spatel untersucht haben, konnten auch in dieser Studie reproduziert werden. Die unerfahrenen Anwender nahmen eine eher kauernde, gebückte

Körperhaltung mit geringerem Abstand der Nase des Anwenders zum Kinn des Mannequins während der Laryngoskopie ein. Allerdings waren auch die Erfahrenen während der direkten Laryngoskopie mit Macintosh-Spatel signifikant näher am Patientengesicht als bei der Benutzung des GlideScopes®. Dieser Umstand resultierte in beiden Gruppen in einer geduckten, wenig ergonomischen Körperhaltung bei der direkten Laryngoskopie mit Macintosh-Spatel. Da die Körperhaltung jedes Teilnehmers anhand mehrerer Standbilder einer Videosequenz erhoben wurde, kann hier zusätzlich gesagt werden, dass diese geduckte Körperhaltung nicht nur während der Laryngoskopie selbst, sondern während des gesamten Prozesses der endotrachealen Intubation mit dem Macintosh-Spatel im Vergleich zum GlideScope® bestand.

Bei den Experten zeigten sich eine geringere Beugung des Körperstamms und des Genicks, sowie weniger Streckung des Oberarms während der Laryngoskopie. Bezüglich der Interaktion zwischen Erfahrungsgrad und Laryngoskopiertechnik konnte gezeigt werden, dass sich die Benutzung des GlideScopes® vorteilhaft auf die Körperhaltung der unerfahrenen Teilnehmer v.a. im Bereich des Körperstamms, des Oberarms und des Handgelenks auswirkte, wohingegen dies in der Expertengruppe eher für die Körperhaltung im Bereich der Beine und des Genicks gesehen wurde. Die Ursache für die durchweg aufrechtere Körperhaltung der Experten bei der Benutzung des GlideScopes® könnte aus deren besseren Verständnis, dass es bei dieser Laryngoskopiertechnik nur anfänglich erforderlich ist in den Mund des Patienten zu schauen, resultieren.

Einige der gemessenen Haltungswinkel im Bereich des Körperstamms, des Oberarmes und des Genicks, lagen außerhalb der nach der REBA-Bewertungsmethode [56] - und einer weiteren vergleichbaren, etablierten Methode zur Bewertung von Haltungen der oberen Körperhälfte [104] - tolerablen Winkelbereich. Der Einsatz des GlideScopes® hatte in beiden Gruppen bei den gemessenen Haltungswinkeln aller untersuchten Körperregionen eine Verschiebung hin zu einer, nach der REBA-Methode akzeptierbaren, unbedenklichen Haltung, zur Folge. Dies galt nicht nur für die

Gruppe der unerfahrenen Anwender, sondern insbesondere auch für die Expertengruppe. Die Bewertung des Risikos bezüglich der Körperhaltung für spätere Schäden kann bei der REBA-Methode auch anhand des REBA-Aktionsschwellenwerts (0 – 4), der sich direkt aus dem REBA-Punktwert ableitet, vorgenommen werden [56]. Je nach Höhe des REBA-Aktionsschwellenwerts sind weitere Untersuchungen oder korrigierende Maßnahmen mit entsprechender Dringlichkeit erforderlich (siehe Tabelle 3). In dieser Untersuchung lag der gerundete REBA-Aktionsschwellenwert für die Körperhaltung bei der Verwendung des Macintosh-Spatels (Unerfahrene:4, Experten:3) in beiden Gruppen höher als bei Nutzung des GlideScopes® (Unerfahrene:3, Experten:2). REBA-Aktionsschwellenwerte von 3 oder 4 stellen hierbei ein hohes, respektive sehr hohes Risikopotential für zukünftige muskuloskelettale Erkrankungen dar und machen somit weitere Untersuchungen und haltungskorrektive Maßnahmen baldmöglichst oder auch sofort erforderlich. Im Gegensatz dazu bedeuten niedrigere REBA-Aktionsschwellenwerte von 1 oder 2 ein nur moderates Risiko für zukünftige muskuloskelettale Erkrankungen.

In Bezug auf die Bewertung der Körperhaltung nach der REBA-Methode, könnte der routinemäßige Einsatz des GlideScopes® bei der endotrachealen Intubation also dabei helfen das Risiko zukünftiger muskuloskelettaler Erkrankungen und Verletzungen für erfahrene sowie unerfahrene Anwender zu verringern. Insbesondere konnte in dieser Studie eine deutlichere Verbesserung der Körperhaltung bei der Benutzung des GlideScopes® für die Gruppe der Unerfahrenen gefunden werden. Bei dieser Gruppe zeigte sich regelhaft eine bequemere, aufrechtere Körperhaltung im Gegensatz zur unbequemen, gebückten Körperhaltung, die von den Probanden bei der direkten Laryngoskopie mit dem Macintosh-Spatel eingenommen wurde. Dies bestätigte sich auch durch eine zusätzliche Analyse von anderen REBA-abhängigen Variablen. Hierbei wurde gesehen, dass die Benutzung des Macintosh-Spatels bei den Probanden des Öffern zu einer größeren Abduktion und Rotation des Oberarms führte, als bei der Intubation mit dem GlideScope®. Diese Armhaltung resultiert aus der Notwendigkeit den

Ellenbogen anzuheben um bei einer insgesamt gebückten Körperhaltung das Laryngoskop mit Macintosh-Spatel in den Mund des Mannequins einzuführen und die direkte Laryngoskopie durchzuführen.

Die Beurteilung der Haltung des linken Handgelenks anhand der Standbilder gestaltete sich in dieser Studie schwierig, da dieses Gelenk insgesamt einen geringen Freiheitsgrad hat und die Messung indirekt über die Winkeländerung am Laryngoskopgriff erfolgte. Dementsprechend wurde nur eine geringe Übereinstimmung (60%) bei der Beurteilung der Haltung des Handgelenks zwischen zwei Untersuchern erzielt. Die Interrater-Reliabilität bei der Beurteilung von beobachteten Haltungsänderungen des Handgelenks wurde auch bereits von Bao et al. als nur mangelhaft eingeschätzt [92]. Bei der Laryngoskopie können bereits kleine Bewegungen mit dem Laryngoskopgriff großen Einfluss auf die Sicht auf die Glottisebene haben [88]. Des Weiteren gehören Schmerzen im Bereich des Handgelenks zu den häufiger von Krankenhausärzten berichteten Beschwerden [105]. Daher wäre eine exaktere Beurteilung der Haltung dieses Gelenks während der Laryngoskopie nach ergonomischen Gesichtspunkten wünschenswert, insbesondere für die Einschätzung des Risikos für spätere muskuloskelettale Beschwerden.

So wurden beispielsweise in einer Studie von de Leveaga et al. zusätzlich zur Beobachtung der Körperhaltung durch Untersucher die Haltung des Handgelenks sowie die Muskelaktivität des linken Armes der Probanden über mehrere Elektromyographie-, Winkel- und Lage-Sensoren gemessen. Damit konnte gezeigt werden, dass erfahrene Anwender eine günstigere Haltung des Handgelenks einnehmen und dadurch die Hebemuskulatur des Armes bei der Laryngoskopie entsprechend angemessener einsetzen konnten [83]. Eine ebenso vielversprechende und innovative Methode der Messung der Haltung im Handgelenk während der endotrachealen Intubation stellt die von Carlson et al. beschriebene Messung von Bewegungsmustern mittels einer inertiale Messeinheit (englisch: *inertial measurement unit, IMU*) dar. Bei einer inertialen Messeinheit handelt es sich um speziell angeordnete Drehraten- und Beschleunigungssensoren die Lagemessungen im Raum

ermöglicht. Diese Lagesensoren-Einheit wurde in der angeführten Studie von den Probanden (5 erfahrene und 5 unerfahrene Anwender) am linken Handgelenk getragen und damit die Bewegungen des Handgelenks im Raum während der endotrachealen Intubation mittels direkter Laryngoskopie mit Macintosh-Spatel aufgezeichnet. Hierbei zeigte sich eine größere Abweichung der Bewegungsmuster der unerfahrenen im Gegensatz zu den erfahrenen Anwendern [89]. Auch Matthews et al. beobachteten eine unterschiedliche Handhaltung des Laryngoskops zwischen erfahrenen und unerfahrenen Benutzern. Unerfahrene Anwender tendierten dabei eher dazu den Laryngoskopgriff fest mit allen Fingern der Hand zu umschließen, wohingegen erfahrene Benutzer den Griff näher am Spatelscharnier und eher mit Daumen, Zeige- und Mittelfinger hielten [81]. Eine abschließende Risikobewertung der gefundenen Ergebnisse der unterschiedlichen Bewegungsmuster und Handhaltungen bezüglich muskuloskelettaler Schäden im Bereich des Handgelenks erfolgte in keiner der genannten Studien.

Zudem war auffällig, dass die Benutzung des GlideScopes® bei vielen Teilnehmern eine vermehrte Verdrehung im Genick zur Folge hatte. Eventuell lag das an der Platzierung des Monitors des Videolaryngoskops, der immer seitlich rechts vom Mannequin platziert war (siehe Abbildung 6).

Insgesamt resultierte die Benutzung des GlideScopes® sowohl bei den Anfängern als auch bei den Experten gleichermaßen in einer ergonomisch vorteilhafteren Körperhaltung mit niedrigeren REBA-Punktwerten. Dies weist auf ein niedrigeres Risiko für spätere muskuloskelettale Beschwerden hin und möglicherweise konsekutiv weniger Empfinden von Unbehagen und Stress während der Induktionsphase einer Allgemeinanästhesie, einer Phase mit hoher Arbeitslast. Folglich hat die Benutzung des Videolaryngoskops zur endotrachealen Intubation aus ergonomischen Gesichtspunkten deutliche Vorteile gegenüber der Methode der direkten Laryngoskopie. Diese Vorteile könnten noch deutlicher durch die Platzierung des Monitors des Videolaryngoskops über dem Brustkorb des Patienten hervorgehoben werden. Die Blickachse des Anästhesisten mit neutraler Stellung des Genicks wäre

dabei in einer Linie mit der Platzierung des Monitors, so dass keine weitere Bewegung des Genicks stattfinden müsste. Im Bereich der laparoskopischen Chirurgie resultierte in einer Studie von Matern et al. eine solche Positionierung des Kameramonitors in weniger Belastung der Nackenmuskulatur und einer verbesserten Aufgabenbewältigung [106]. Die Platzierung des Monitors im Bereich über der Brust des Patienten während der Videolaryngoskopie wurde bereits sehr früh von Kaplan empfohlen [15].

Der Grad der Erfahrung hatte einen großen Einfluss auf die Körperhaltung während der endotrachealen Intubation. Dieser Zusammenhang wurde bereits mehrfach in anderen Studien berichtet [81-83, 89]. Dabei bleibt allerdings weiterhin offen, warum Anfänger eine andere Körperhaltung als erfahrene Anwender bei der endotrachealen Intubation einnehmen. Eine Erklärungsmöglichkeit ist, dass Unerfahrene mehr Konzentration und mentale Aufmerksamkeit auf die Bewältigung der eigentlichen Aufgabe – die vorsichtige und sichere Platzierung des Endotrachealtubus in der Trachea des Patienten in einem angemessenen Zeitrahmen - verwenden müssen als Experten und sich dies in einer angespannteren Körperhaltung widerspiegelt. Experten hingegen empfinden bei der Laryngoskopie weniger mentale Arbeitsbelastung und können somit einen Teil ihrer Aufmerksamkeit für das Einnehmen einer angenehmen, entspannten Körperhaltung einsetzen. Des Weiteren unterstützt das aufrechte Stehen mit ausreichender Entfernung zum Mund des Patienten das binokulare Sehen und damit die räumliche Tiefenwahrnehmung, wie es auch in der Veröffentlichung von Matthews et al. erwähnt wird [81]. Was auch immer der Grund für die unterschiedliche Körperhaltung ist, so sollte das Wissen um eine ergonomische Haltung in den Unterrichtsstoff für Mediziner Aufnahme finden, wie auch bereits früher gefordert [81, 82].

Im Allgemeinen liegt es nahe, dass verschiedenen Techniken und Technologien, einen erheblichen Einfluss auf die Körperhaltung und Ergonomie der Durchführenden und dadurch auch auf den Erfolg einer Intervention haben können. Trotz dieses vielversprechenden Ansatzes haben sich bisher nur sehr wenige Studien mit den Auswirkungen von einzelnen

manuellen Maßnahmen des anästhesiologischen Tätigkeitsbereichs auf die Körperhaltung der durchführenden Person unter Aspekten der Arbeitsplatzergonomie befasst [63, 64]. In den beiden bereits erwähnten Untersuchungen von Ajmal et al. konnte dabei die Körperhaltung der Durchführenden während der Intervention hinsichtlich ergonomischer Gesichtspunkte insgesamt als nur suboptimal beschrieben werden.

Bei Studien zu verschiedenen Behandlungstechniken in der Medizin stehen grundsätzlich in erster Linie die möglichen Vor- und Nachteile für die Patienten im Vordergrund. Für die endotracheale Intubation sind dabei Zielgrößen wie z.B. die Sicht auf die Glottisebene, die benötigte Zeit und die benötigte Anzahl von Anläufen bis zur erfolgreichen endotrachealen Intubation sowie die Komplikationsrate von Interesse. Unter diesen Aspekten wurden bereits viele Studien – mit variablen Untersuchungsschwerpunkten und teilweise sehr unterschiedlichem Studiendesign - publiziert, die sich mit der Videolaryngoskopie im Vergleich zur direkten Laryngoskopie für die endotracheale Intubation beschäftigt haben. Diese Studien wurden einerseits mit Hilfe von verschiedenen Simulatoren und Phantomen [39, 107-114], am Kadavermodell [115], sowie auch im klinischen Kontext am Patienten durchgeführt [116-124]. Eine gute Übersicht über die Ergebnisse verschiedener vergleichender Studien bietet die Metaanalyse von Su und Kollegen. Dabei kommen diese zusammenfassend zu dem Ergebnis, dass mit der Videolaryngoskopie, bei gleicher initialer Erfolgsrate und gleichem Zeitbedarf für die eigentliche endotracheale Intubation, eine bessere Sicht auf die Glottis erzielt wird als mit der direkten Laryngoskopie. Dahingegen sei beim Vorliegen eines schwierigen Atemwegs die Zeit bis zur erfolgreichen Intubation mit dem Videolaryngoskop kürzer als bei der direkten Laryngoskopie [125]. Auch eine aktuelle systematische Übersichtsarbeit von Lewis et al. in Form eines Cochrane-Reviews zu diesem Thema kam zu dem Schluss, dass die Videolaryngoskopie die Sicht auf die Glottisebene verbessern kann und dadurch die Anzahl an Fehlintubationen und Atemwegsverletzungen verringern könnte – dies gelte insbesondere bei Patienten mit schwierigen Atemwegsverhältnissen [126].

Im Hinblick auf praktische Tätigkeiten sowie aber auch bezüglich nicht-technischer Aspekte gilt die Phase der Induktion einer Allgemeinanästhesie als physisch und mental anspruchsvoll für Anästhesisten [127]. Insbesondere während des Managements eines schwierigen Atemwegs oder bei der Atemwegssicherung in Notfallsituationen haben Aspekte wie zum Beispiel das individuelle Situationsbewußtsein, Teamarbeit und Kommunikation in allen Fällen eine große Bedeutung [68, 128-130]. So ist denkbar, dass durch das Ermöglichen einer entspannten aufrechten Körperhaltung während der Intubation mit dem GlideScope® eine größere Übersicht über das Umfeld ermöglicht wird und damit auch für das Aufrechterhalten eines adäquaten Situationsbewußtseins, für eine bessere Kommunikation im Team und eine angemessene Entscheidungsfindung förderlich sein kann. Um dies näher zu erforschen sind aufbauend auf den Ergebnissen dieser Studie bereits weitere Untersuchungen in Planung.

Zusammenfassend hat es in letzter Zeit bereits mehrere Studien zu den Vor- und Nachteilen der Videolaryngoskopie im Vergleich zur direkten Laryngoskopie mit Macintosh-Spatel gegeben. Eine gute Übersicht bieten hierzu der systematische Literaturschau und Meta-Analyse von Griesdale et al. [30] sowie von Su und Kollegen [125]. Insgesamt gewinnen die in der Literatur beschriebenen Vorteile der Videolaryngoskopie weiter an Gewicht, allerdings sind die Konsequenzen hieraus auf die tägliche anästhesiologische Praxis Gegenstand aktueller Diskussionen unter Experten des Fachgebiets [19, 131-133]. Insbesondere für das Management des erwarteten oder unerwarteten schwierigen Atemwegs wird heutzutage die Benutzung eines Videolaryngoskops empfohlen [134].

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen klar, dass sich nach ergonomischen Gesichtspunkten die Körperhaltung von Experten und Anfängern bei der Laryngoskopie durch die Benutzung des GlideScopes® im Gegensatz zur Benutzung des Macintosh-Spatels verbessert.

5. Limitationen

In dieser Studie war das Hauptkriterium für die Gruppenunterteilung in Erfahrene und Unerfahrene die Zeitspanne der klinischen Tätigkeit und die Anzahl der bereits durchgeführten Laryngoskopien mit der jeweiligen Technik diente als Kontrollwert. In der Gruppe der Unerfahrenen gab es 3 Teilnehmer mit über 50 und zwei Teilnehmer mit über 100 selbsteingeschätzten endotrachealen Intubationen mit dem Macintosh-Spatel, wobei kein Teilnehmer aus dieser Gruppe mehr als 200 endotracheale Intubationen durchgeführt hatte oder über innerklinische Erfahrung verfügte. Bei vorausgegangenen Studien zur Ermittlung einer Lernkurve für die endotracheale Intubation wurden Werte zwischen 17 und 57 Stück zum Erzielen einer 90 %igen Erfolgsrate gefunden [135-143]. In der vorliegenden Untersuchung stand aber eben nicht die erfolgreiche Intubation im Vordergrund, sondern die bei der Intubation eingenommene Haltung in Abhängigkeit des Hilfsmittels und des Erfahrungsgrades des Durchführenden. Erfolgsraten können dabei nur ein Teilaspekt für die Beurteilung der Beherrschung einer Tätigkeit sein.

Eine weitere Limitation dieser Studie ist die Vorgabe einer festgelegten Höhe des Operationstisches auf dem der Patientensimulator platziert war. In der klinischen Praxis ist die Höhe je nach Modell des Operationstisches unterschiedlich und einige Modelle ermöglichen die Anpassung an unterschiedliche Arbeitshöhen. In anderem Zusammenhang wurde bereits beschrieben, dass eine Anpassung der Höhe des Patientenbettes bei Lagerungsmaßnahmen durch Pflegekräfte zu einer signifikanten Verbesserung hin zu einer aufrechten wirbelsäulengerechten Haltung führt und damit das Risiko für Wirbelsäulenschäden reduzieren kann [144]. Im Rahmen einer Simulatorstudie von Kim et al., in der Einflussfaktoren auf die Durchführung einer endotrachealen Intubation mittels verschiedener Laryngoskopietechniken unter den Bedingungen einer kardiopulmonalen Reanimation untersucht wurden, hatte die Höhe des Bettes keinen Einfluss auf die Erfolgsrate und die benötigte Zeit für die Intubation. Allerdings wurde hierbei die Höhe des Bettes nur zwischen zwei festgelegten Stufen variiert

und war von den Probanden nicht frei wählbar [145]. Dahingegen konnte in einer Studie von Lee et al. für die endotracheale Intubation mittels direkter Laryngoskopie gezeigt werden, dass eine individuell auf den Körperbau des Anästhesisten angepasste optimale Arbeitshöhe hilft die Einsehbarkeit der Glottisebene sowie die Körperhaltung des Durchführenden zu verbessern [85]. Allerdings war die Tischhöhe für beide Intubationstechniken gleich, so dass ein negativer Einfluss der Tischhöhe auf die Körperhaltung bei allen Teilnehmern identisch gewesen wäre. Des Weiteren zeigte eine zusätzliche Analyse, dass das Ergebnismuster bei den größten (Körpergröße > 182 cm; 75igste Perzentile) und bei den kleinsten Teilnehmern (Körpergröße < 172 cm; 25igste Perzentile) einheitlich war. Außerdem bat keiner der Versuchsteilnehmer um eine Höhenanpassung des Operationstisches oder versuchte diese selbst zu vorzunehmen, obwohl dies möglich gewesen wäre.

Eine weitere Limitation besteht in der Benutzung eines Patientensimulator-Mannequins für diese Studie. Es gibt bekanntermaßen deutliche Unterschiede zwischen dem menschlichen und dem künstlich nachempfundenen Atemweg von Simulationsmannequins bezüglich der anatomischen Proportionen [146] und der von erfahrenen Anästhesisten eingeschätzten Realitätsnähe [147, 148]. Des Weiteren unterscheiden sich einzelne Intubationsphantome auch untereinander darin, welcher Kraftaufwand während der Laryngoskopie mit dem GlideScope® und dem Macintosh-Spatel vom Anwender aufgebracht werden muss [149]. Diese Unterschiede zwischen menschlichem und künstlichem Gewebe können dabei verschiedene Auswirkungen auf die Bedingungen bei der Laryngoskopie haben [150]. Auch diese Bedingung war für alle Probanden gleich und keiner der Teilnehmer äußerte Schwierigkeiten bei der Intubation. Alle endotrachealen Intubationen waren in beiden Bedingungen beim ersten Versuch erfolgreich. Es ist also eher unwahrscheinlich, dass die Konfiguration des artifiziellen Atemwegs einen Einfluss auf die Körperhaltung des Intubierenden genommen hat.

Des Weiteren wurde die dominante Hand der Probanden bei der Erhebung der demographischen Daten für diese Studie nicht abgefragt. Der

Laryngoskopgriff wird bei der direkten Laryngoskopie traditionell in der linken Hand gehalten, obwohl denkbar ist, dass Rechtshänder feinere und dabei gleichzeitig kraftvollere Bewegungen mit ihrer dominanten Hand ausüben könnten [151]. Hierbei gilt aber zu bedenken, dass die Platzierung des Endotrachealtubus eventuell mehr Feinmotorik als die Laryngoskopie erfordert [152]. Durch die Form des gängigen Macintosh-Spatels würde eine Handhabung des Laryngoskops mit der rechten Hand die Sicht auf die Glottisebene und das sichere Platzieren des Tubus in der Trachea des Patienten behindern. Obwohl Macintosh-Spatel für Linkshänder auf dem Markt angeboten werden, haben sich diese in der klinischen Praxis nicht durchgesetzt. Während den Testungen wurde das jeweilige Laryngoskop von allen Probanden - erfahren oder unerfahren - in der linken Hand gehalten. Allerdings kann dies auch am vorgegebenen Versuchsaufbau gelegen haben, bei dem die assistierende Hilfsperson immer linkseitig neben der Testperson stand und aus dieser Position das Laryngoskop gezielt für die linke Hand der Probanden angereicht hat (siehe Abbildung 6). Diese Anordnung der Personen und Geräte entspricht allerdings der gängigen klinischen Praxis im Einleitungsraum.

6. Zusammenfassung

Die Sicherung des Atemwegs eines Patienten - und hierbei allen voran die endotracheale Intubation - gehört zu den Kernkompetenzen eines jeden Anästhesisten. Verschiedene Hilfsmittel wurden dafür bereits entwickelt. Zu diesen Hilfsmitteln gehört zu Einem der Macintosh-Spatel, welcher heute den Goldstandard für die endotracheale Intubation mittels direkter Laryngoskopie darstellt. Zum anderen wurden erst vor kurzem innovative Videolaryngoskope, wie beispielsweise das GlideScope®, entwickelt, welche die endotracheale Intubation mittels indirekter Laryngoskopie ermöglichen. Die Verwendung dieser Weiterentwicklung zur Laryngoskopie hat neben verschiedenen Vorteilen für den Patienten auch Vorteile für den Anästhesisten. Mit Hinblick darauf, eine ergonomische, vorteilhafte Körperhaltung des Anästhesisten bei

der endotrachealen Intubation zu fördern, wurde in dieser Studie der Einfluss der Laryngoskopietechnik (GlideScope® versus Macintosh-Spatel) und des Erfahrungsgrades der intubierenden Person (erfahren versus unerfahren) auf die dabei spontan eingenommene Körperhaltung mittels der REBA-Methode untersucht. Hierzu wurden aus zwei Richtungen Videoaufnahmen von in der endotrachealen Intubation erfahrene Ärzte und in dieser manuellen Fertigkeit unerfahrene Medizinstudenten aufgenommen, während diese einen Patientensimulator endotracheal intubierten. Alle Teilnehmer führten jeweils eine Intubation mit Hilfe der direkten Laryngoskopie mit Macintosh-Spatel und eine mittels Videolaryngoskopie (GlideScope®) durch. Die Körperhaltung wurde über die Methode des *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) eingeteilt. Dabei wurde aus Mittelwerten aus mehreren Messungen von Winkelmaßen verschiedener Körperregionen aus den entsprechenden Videoaufnahmen ein daraus resultierender REBA-Punktwert ermittelt.

Dabei konnte die Hypothese bestätigt werden, dass die Benutzung des GlideScope®-Videolaryngoskops unabhängig vom Erfahrungsgrad mit einer, nach ergonomischen Gesichtspunkten, deutlich vorteilhafteren Körperhaltung und niedrigeren REBA-Punktwerten assoziiert ist. Insgesamt nahmen unerfahrene Probanden im Gegensatz zu erfahrenen eine unvorteilhafte, überwiegend gebückte Körperhaltung beim Vorgang einer endotrachealen Intubation ein, unabhängig welche der beiden Laryngoskopietechniken hierbei benutzt wurde.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen Vorteile der Videolaryngoskopie auch für den Anwender und unterstreichen zusätzlich, dass in der Ausbildung von Anästhesisten in der Technik der endotrachealen Intubation zudem Aspekte einer ergonomischen Haltung während der Laryngoskopie integriert werden sollten.

7. Literaturverzeichnis

1. Woodall, N., C. Frerk, and T. Cook, *Can we make airway management (even) safer?—lessons from national audit*. *Anaesthesia*, 2011. **66**(s2): p. 27-33.
2. Sigurdsson, G. and E. McAteer, *Morbidity and mortality associated with anaesthesia*. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 1996. **40**(8P2): p. 1057-1063.
3. Schiff, J., et al., *Major incidents and complications in otherwise healthy patients undergoing elective procedures: results based on 1.37 million anaesthetic procedures*. *British journal of anaesthesia*, 2014. **113**(1): p. 109-121.
4. Huitink, J., et al., *A prospective, cohort evaluation of major and minor airway management complications during routine anaesthetic care at an academic medical centre*. *Anaesthesia*, 2017. **72**(1): p. 42-48.
5. Cook, T., N. Woodall, and C.o. Frerk, *Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 1: anaesthesia*. *British journal of anaesthesia*, 2011. **106**(5): p. 617-631.
6. Caplan, R.A., et al., *Adverse respiratory events in anesthesia: a closed claims analysis*. *Anesthesiology*, 1990. **72**(5): p. 828-833.
7. Staender, S., et al., *A Swiss anaesthesiology closed claims analysis: report of events in the years 1987–2008*. *European Journal of Anaesthesiology (EJA)*, 2011. **28**(2): p. 85-91.
8. Cook, T., S. Scott, and R. Mihai, *Litigation related to airway and respiratory complications of anaesthesia: an analysis of claims against the NHS in England 1995–2007*. *Anaesthesia*, 2010. **65**(6): p. 556-563.
9. Schaffartzik, W., T. Hachenberg, and J. Neu, *Anästhesiezwischenfälle—Atemwegsmanagement und Schäden in der Anästhesie—„closed claims“ der Norddeutschen Schlichtungsstelle*. *AINS-Anästhesiologie· Intensivmedizin· Notfallmedizin· Schmerztherapie*, 2011. **46**(01): p. 32-38.
10. Rosenberg, H. and J.K. Axelrod, *The Introduction and Popularization of Endotracheal Intubation into Anesthesia Practice*. *Bulletin of anesthesia history*, 2003. **21**(4): p. 1-6.
11. McLachlan, G., *Sir Ivan Magill KCVO, DSc, MB, BCh, BAO, FRCS, FFARCS (Hon), FFARCSI (Hon), DA,(1888-1986)*. *The Ulster medical journal*, 2008. **77**(3): p. 146-152.
12. Macintosh, R.R., *A new laryngoscope*. *The Lancet*, 1943. **241**(6233): p. 205.
13. Macintosh, R., *Laryngoscope blades*. *The Lancet*, 1944. **243**(6293): p. 485.
14. Scott, J. and P.A. Baker, *How did the Macintosh laryngoscope become so popular?* *Pediatric Anesthesia*, 2009. **19**(s1): p. 24-29.
15. Kaplan, M.B., D.S. Ward, and G. Berci, *A new video laryngoscope—an aid to intubation and teaching*. *Journal of clinical anesthesia*, 2002. **14**(8): p. 620-626.

16. Cooper, R.M., et al., *Early clinical experience with a new videolaryngoscope (GlideScope®) in 728 patients*. Canadian Journal of Anesthesia, 2005. **52**(2): p. 191-198.
17. Wasem, S., N. Roewer, and M. Lange, [*Videolaryngoscopy for endotracheal intubation - new developments in difficult airway management*]. Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther, 2009. **44**(7-8): p. 502-8.
18. Pacey, J.A., *Intubation instrument*. 2003, Google Patents.
19. Paolini, J.-B., F. Donati, and P. Drolet, *Review article: Videolaryngoscopy: another tool for difficult intubation or a new paradigm in airway management?* Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie, 2013. **60**(2): p. 184-191.
20. Kelly, F., et al., *Videolaryngoscopes confer benefits in human factors in addition to technical skills*. British journal of anaesthesia, 2015. **115**(1): p. 132-133.
21. Peterson, G.N., et al., *Management of the Difficult Airway A Closed Claims Analysis*. Anesthesiology, 2005. **103**(1): p. 33-39.
22. Cheney, F.W., et al., *Trends in Anesthesia-related Death and Brain Damage A Closed Claims Analysis*. The Journal of the American Society of Anesthesiologists, 2006. **105**(6): p. 1081-1086.
23. Cook, T.M. and S.R. MacDougall-Davis, *Complications and failure of airway management*. British Journal of Anaesthesia, 2012. **109**: p. i68-i85.
24. Kinsella, S., et al., *Failed tracheal intubation during obstetric general anaesthesia: a literature review*. International journal of obstetric anaesthesia, 2015. **24**(4): p. 356-374.
25. Cormack, R. and J. Lehane, *Difficult tracheal intubation in obstetrics*. Anaesthesia, 1984. **39**(11): p. 1105-1111.
26. Behringer, E. and M. Kristensen, *Evidence for benefit vs novelty in new intubation equipment*. Anaesthesia, 2011. **66**(s2): p. 57-64.
27. Agrò, F., R. Cataldo, and A. Mattei, *New devices and techniques for airway management*. Minerva anesthesiologica, 2009. **75**(3): p. 141-149.
28. Roewer, N. and H. Thiel, *Taschenatlas der Anästhesie*. 2010: Georg Thieme Verlag.
29. Aziz, M.F., et al., *Routine clinical practice effectiveness of the Glidescope in difficult airway management: an analysis of 2,004 Glidescope intubations, complications, and failures from two institutions*. Anesthesiology, 2011. **114**(1): p. 34-41.
30. Griesdale, D.E.G., et al., *Glidescope® video-laryngoscopy versus direct laryngoscopy for endotracheal intubation: a systematic review and meta-analysis*. Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie, 2012. **59**(1): p. 41-52.
31. Apfelbaum, J.L., et al., *Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway An Updated Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway*. The Journal of the American Society of Anesthesiologists, 2013. **118**(2): p. 251-270.

32. Frerk, C., et al., *Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults*. British journal of anaesthesia, 2015. **115**(6): p. 827-848.
33. Piepho, T., et al., *S1 guidelines on airway management*. Der Anaesthetist, 2015. **64**(1): p. 27-40.
34. Hastings, R.H., et al., *Force and torque vary between laryngoscopists and laryngoscope blades*. Anesthesia & Analgesia, 1996. **82**(3): p. 462-468.
35. Waddington, M., et al., *The influence of gender and experience on intubation ability and technique: a manikin study*. Anaesthesia and intensive care, 2009. **37**(5): p. 791.
36. Turkstra, T.P., et al., *Cervical spine motion: a fluoroscopic comparison during intubation with lighted stylet, GlideScope, and Macintosh laryngoscope*. Anesthesia & Analgesia, 2005. **101**(3): p. 910-915.
37. Bathory, I., et al., *Evaluation of the GlideScope® for tracheal intubation in patients with cervical spine immobilisation by a semi - rigid collar*. Anaesthesia, 2009. **64**(12): p. 1337-1341.
38. Jones, P.M. and C.C. Harle, *Avoiding awake intubation by performing awake GlideScope® laryngoscopy in the preoperative holding area*. Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie, 2006. **53**(12): p. 1264-1265.
39. Savoldelli, G.L., et al., *Learning curves of the Glidescope, the McGrath and the Airtraq laryngoscopes: a manikin study*. European Journal of Anaesthesiology (EJA), 2009. **26**(7): p. 554-558.
40. Lee, R., et al., *Forces applied to the maxillary incisors by video laryngoscopes and the Macintosh laryngoscope*. Acta Anaesthesiologica Scandinavica, 2012. **56**(2): p. 224-229.
41. Cooper, R.M., *Complications associated with the use of the GlideScope® videolaryngoscope*. Canadian Journal of Anesthesia, 2007. **54**(1): p. 54-57.
42. Choo, M.K., V.S. Yeo, and J.J. See, *Another complication associated with videolaryngoscopy*. Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie, 2007. **54**(4): p. 322-324.
43. Hsu, W.-T., et al., *Penetrating injury of the soft palate during GlideScope® intubation*. Anesthesia & Analgesia, 2007. **104**(6): p. 1609-1610.
44. Malik, A.M. and J.K. Frogel, *Anterior tonsillar pillar perforation during GlideScope® video laryngoscopy*. Anesthesia & Analgesia, 2007. **104**(6): p. 1610-1611.
45. Magboul, M.M. and S. Joel, *The video laryngoscopes, blind spots and retromolar trigonum injury by the GlideRite® rigid stylet*. Middle East J Anesthesiol, 2010. **20**(6): p. 857 - 860.
46. Thong, S. and S. Goh, *Reported complications associated with the use of GlideScope® video laryngoscope—How can they be prevented?* OA Anaesthetics, 2013. **1**(1): p. 1.
47. *International Ergonomics Association: <http://www.iea.cc/whats/index.html>. 07.07.2016].*

48. Ohlendorf, D., et al., *Medical work assessment in German hospitals: a study protocol of a movement sequence analysis (MAGRO-MSA)*. Journal of Occupational Medicine and Toxicology, 2015. **10**(1): p. 1.
49. Gilad, I. and E. Byran, *Ergonomic evaluation of the ambulance interior to reduce paramedic discomfort and posture stress*. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 2007. **49**(6): p. 1019-1032.
50. Skotte, J., et al., *A dynamic 3D biomechanical evaluation of the load on the low back during different patient-handling tasks*. Journal of biomechanics, 2002. **35**(10): p. 1357-1366.
51. Siegal, D.S., et al., *Repetitive stress symptoms among radiology technologists: prevalence and major causative factors*. Journal of the American College of Radiology, 2010. **7**(12): p. 956-960.
52. Hignett, S., et al., *State of science: human factors and ergonomics in healthcare*. Ergonomics, 2013. **56**(10): p. 1491-1503.
53. Coluci, M.Z.O. and N.M.C. Alexandre, *Job factors related to musculoskeletal symptoms among nursing personnel—a review*. Work, 2012. **41**(Supplement 1): p. 2516-2520.
54. Davis, K.G. and S.E. Kotowski, *Prevalence of Musculoskeletal Disorders for Nurses in Hospitals, Long-Term Care Facilities, and Home Health Care:A Comprehensive Review*. Human Factors, 2015. **57**(5): p. 754-792.
55. Karahan, A., et al., *Low back pain: prevalence and associated risk factors among hospital staff*. Journal of advanced nursing, 2009. **65**(3): p. 516-524.
56. Hignett, S. and L. McAtamney, *Rapid entire body assessment (REBA)*. Applied ergonomics, 2000. **31**(2): p. 201-205.
57. Harper, B.D., C.F. Mackenzie, and K.L. Norman, *Quantitative Measures in the Ergonomic Examination of the Trauma Resuscitation Units Anesthesia Workspace*. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 1995. **39**(11): p. 723-727.
58. Weinger, M.B. and C.E. Englund, *Ergonomic and human factors affecting anesthetic vigilance and monitoring performance in the operating room environment*. The Journal of the American Society of Anesthesiologists, 1990. **73**(5): p. 995-1021.
59. Decker, K. and M. Bauer, *Ergonomics in the operating room—from the anesthesiologist's point of view*. Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies, 2003. **12**(6): p. 268-277.
60. Seagull, F.J., et al., *Video-based ergonomic analysis to evaluate thoracostomy tube placement techniques*. Journal of Trauma and Acute Care Surgery, 2006. **60**(1): p. 227-232.
61. Seagull, F.J., et al. *Measuring awkwardness of workplace layout: Dispersion of attentional and psychomotor resources within the anesthesia workspace*. in *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 2004. SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.

62. Volquind, D., et al., *Occupational hazards and diseases related to the practice of anesthesiology*. Revista Brasileira de Anestesiologia, 2013. **63**(2): p. 227-232.
63. Ajmal, M., et al., *An ergonomic task analysis of spinal anaesthesia*. European Journal of Anaesthesiology (EJA), 2009. **26**(12): p. 1037-1042.
64. Ajmal, M., et al., *Ergonomic task analysis of ultrasound-guided femoral nerve block: a pilot study*. Journal of clinical anaesthesia, 2011. **23**(1): p. 35-41.
65. Mercer, S.J., et al., *Systematic review of the anaesthetic management of non-iatrogenic acute adult airway trauma*. BJA: British Journal of Anaesthesia, 2016. **117**(suppl_1): p. i49-i59.
66. Higgs, A., et al., *Guidelines for the management of tracheal intubation in critically ill adults*. British Journal of Anaesthesia, 2018. **120**(2): p. 323-352.
67. Arbous, M., et al., *Mortality associated with anaesthesia: a qualitative analysis to identify risk factors*. Anaesthesia, 2001. **56**(12): p. 1141-1153.
68. Flin, R., et al., *Human factors in the development of complications of airway management: preliminary evaluation of an interview tool*. Anaesthesia, 2013. **68**(8): p. 817-825.
69. Castle, N., Y. Pillay, and N. Spencer, *Comparison of six different intubation aids for use while wearing CBRN-PPE: a manikin study*. Resuscitation, 2011. **82**(12): p. 1548-1552.
70. Gaba, D.M. and T. Lee, *Measuring the Workload of the Anesthesiologist*. Anesthesia & Analgesia, 1990. **71**(4): p. 354-361.
71. Weinger, M., et al., *Real-time workload assessment during anesthesia*. J Clin Monit, 1995. **11**(4): p. 259.
72. Weinger, M.B., et al., *Quantitative description of the workload associated with airway management procedures*. Journal of clinical anaesthesia, 2000. **12**(4): p. 273-282.
73. Byrne, A.J., et al., *Novel method of measuring the mental workload of anaesthetists during clinical practice*. British Journal of Anaesthesia, 2010. **105**(6): p. 767-771.
74. Davis, D.H.J., M. Oliver, and A.J. Byrne, *A novel method of measuring the mental workload of anaesthetists during simulated practice*. BJA: British Journal of Anaesthesia, 2009. **103**(5): p. 665-669.
75. Weinger, M.B., et al., *An objective methodology for task analysis and workload assessment in anesthesia providers*. Anesthesiology, 1994. **80**(1): p. 77-92.
76. Biebuyck, J.F., M.B. Weinger, and C.E. Englund, *Ergonomic and human factors affecting anesthetic vigilance and monitoring performance in the operating room environment*. The Journal of the American Society of Anesthesiologists, 1990. **73**(5): p. 995-1021.
77. Coco, M., et al., *Stress exposure and postural control in young females*. Molecular medicine reports, 2015. **11**(3): p. 2135-2140.

78. Kitaoka, K., et al., *Effect of mood state on anticipatory postural adjustments*. Neuroscience letters, 2004. **370**(1): p. 65-68.
79. Nair, S., et al., *Do slumped and upright postures affect stress responses? A randomized trial*. Health Psychology, 2015. **34**(6): p. 632-641.
80. Caldiroli, D., et al., *Upper limb muscular activity and perceived workload during laryngoscopy: comparison of Glidescope® and Macintosh laryngoscopy in manikin: an observational study*. British journal of anaesthesia, 2014. **112**(3): p. 563-569.
81. Matthews, A., C. Johnson, and N. Goodman, *Body posture during simulated tracheal intubation*. Anaesthesia, 1998. **53**(4): p. 331-334.
82. Walker, J., *Posture used by anaesthetists during laryngoscopy†*. British journal of anaesthesia, 2002. **89**(5): p. 772-774.
83. De Laveaga, A., et al., *Ergonomics of novices and experts during simulated endotracheal intubation*. Work, 2012. **41**(Supplement 1): p. 4692-4698.
84. Heath, M., *Stature of anaesthetic personnel and positioning of patients*. British journal of anaesthesia, 1998. **80**(5): p. 579-580.
85. Lee, H.-C., et al., *Higher operating tables provide better laryngeal views for tracheal intubation*. British journal of anaesthesia, 2014. **112**(4): p. 749-755.
86. Hart, S.G. and L.E. Staveland, *Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research*, in *Advances in psychology*. 1988, Elsevier. p. 139-183.
87. Gaszyński, T. and J. Jakubiak, *Muscle activity during endotracheal intubation using 4 laryngoscopes (Macintosh laryngoscope, Intubrite, TruView Evo2 and King Vision) – A comparative study*. Medycyna Pracy, 2016. **67**(2): p. 155-162.
88. Carlson, J.N., et al., *Motion capture measures variability in laryngoscopic movement during endotracheal intubation: a preliminary report*. Simulation in healthcare: journal of the Society for Simulation in Healthcare, 2012. **7**(4): p. 255.
89. Carlson, J.N., et al., *Assessment of movement patterns during intubation between novice and experienced providers using mobile sensors: a preliminary, proof of concept study*. BioMed research international, 2015. **2015**.
90. Rahman, T., et al., *Tracking Manikin Tracheal Intubation Using Motion Analysis*. Pediatric Emergency Care, 2011. **27**(8): p. 701-705.
91. Weinger, B., *Quantifying expert vs. novice skill in vivo for development of a laryngoscopy simulator*. Medicine Meets Virtual Reality 11: NextMed: Health Horizon, 2003. **94**: p. 45.
92. Bao, S., et al., *Interrater reliability of posture observations*. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 2009. **51**: p. 292 - 309.
93. Russell, T., et al., *Measurement of forces applied during Macintosh direct laryngoscopy compared with GlideScope® videolaryngoscopy*. Anaesthesia, 2012. **67**(6): p. 626-631.

94. Carassiti, M., et al., *Force and pressure distribution using Macintosh and GlideScope laryngoscopes in normal airway: an in vivo study*. *Minerva anesthesiologica*, 2013. **79**(5): p. 515-524.
95. Carassiti, M., et al., *Force and pressure distribution using Macintosh and GlideScope laryngoscopes in normal and difficult airways: a manikin study*. *British journal of anaesthesia*, 2011. **108**(1): p. 146-151.
96. Bucx, M., et al., *Measurement of forces during laryngoscopy*. *Anaesthesia*, 1992. **47**(4): p. 348-351.
97. McCoy, E., et al., *A new device for measuring and recording the forces applied during laryngoscopy*. *Anaesthesia*, 1995. **50**(2): p. 139-143.
98. Bishop, M.J., R.M. Harrington, and A.F. Tencer, *Force applied during tracheal intubation*. *Anesthesia & Analgesia*, 1992. **74**(3): p. 411-414.
99. Bucx, M., et al., *Forces applied during laryngoscopy and their relationship with patient characteristics*. *Anaesthesia*, 1992. **47**(7): p. 601-603.
100. Hastings, R.H., et al., *Force, torque, and stress relaxation with direct laryngoscopy*. *Anesthesia & Analgesia*, 1996. **82**(3): p. 456-461.
101. Grundgeiger, T., et al., *Body posture during simulated tracheal intubation: GlideScope® videolaryngoscopy vs Macintosh direct laryngoscopy for novices and experts*. *Anaesthesia*, 2015. **70**(12): p. 1375-1381.
102. Grundgeiger, T., et al. *Body Posture during Simulated Tracheal Intubation Comparison of the Effects of Video Laryngoscopy and Direct Laryngoscopy*. in *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 2014. SAGE Publications.
103. Garcia, J., et al., *Assessment of competency during orotracheal intubation in medical simulation*. *BJA: British Journal of Anaesthesia*, 2015. **115**(2): p. 302-307.
104. McAtamney, L. and E.N. Corlett, *RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders*. *Applied ergonomics*, 1993. **24**(2): p. 91-99.
105. Hengel, K.M.O., B. Visser, and J.K. Sluiter, *The prevalence and incidence of musculoskeletal symptoms among hospital physicians: a systematic review*. *International archives of occupational and environmental health*, 2011. **84**(2): p. 115-119.
106. Matern, U., et al., *Monitor position in laparoscopic surgery*. *Surgical Endoscopy And Other Interventional Techniques*, 2005. **19**(3): p. 436-440.
107. Piepho, T., et al., *Comparison of the McGrath® Series 5 and GlideScope® Ranger with the Macintosh laryngoscope by paramedics*. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*, 2011. **19**(1): p. 4.
108. Stroumpoulis, K., et al., *Macintosh and Glidescope® performance by Advanced Cardiac Life Support providers: a manikin study*. *Minerva anesthesiologica*, 2011. **77**(1): p. 11-16.

109. Lim, T., Y. Lim, and E. Liu, *Evaluation of ease of intubation with the GlideScope® or Macintosh laryngoscope by anaesthetists in simulated easy and difficult laryngoscopy*. *Anaesthesia*, 2005. **60**(2): p. 180-183.
110. Pieters, B., et al., *Comparison of seven videolaryngoscopes with the Macintosh laryngoscope in manikins by experienced and novice personnel*. *Anaesthesia*, 2016. **71**(5): p. 556-564.
111. Savoldelli, G.L., et al., *Comparison of the Glidescope®, the McGrath®, the Airtraq® and the Macintosh laryngoscopes in simulated difficult airways*. *Anaesthesia*, 2008. **63**(12): p. 1358-1364.
112. Malik, M.A., et al., *A comparison of the Glidescope®, Pentax AWS®, and Macintosh laryngoscopes when used by novice personnel: a manikin study*. *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie*, 2009. **56**(11): p. 802.
113. Ko, J.-I., et al., *Comparison of intubation times using a manikin with an immobilized cervical spine: Macintosh laryngoscope vs. GlideScope vs. fiberoptic bronchoscope*. *Clinical and experimental emergency medicine*, 2015. **2**(4): p. 244.
114. Narang, A.T., et al., *Comparison of intubation success of video laryngoscopy versus direct laryngoscopy in the difficult airway using high-fidelity simulation*. *Simulation in Healthcare*, 2009. **4**(3): p. 160-165.
115. Zamora, J.E., et al., *Evaluation of the Bullard, GlideScope, Viewmax, and Macintosh laryngoscopes using a cadaver model to simulate the difficult airway*. *Journal of clinical anesthesia*, 2011. **23**(1): p. 27-34.
116. Sulser, S., et al., *C-MAC videolaryngoscope compared with direct laryngoscopy for rapid sequence intubation in an emergency department: a randomised clinical trial*. *European Journal of Anaesthesiology (EJA)*, 2016. **33**(12): p. 943-948.
117. Nouruzi-Sedeh, P., M. Schumann, and H. Groeben, *Laryngoscopy via Macintosh Blade versus GlideScope Success Rate and Time for Endotracheal Intubation in Untrained Medical Personnel*. *The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 2009. **110**(1): p. 32-37.
118. Rai, M., A. Dering, and C. Verghese, *The GlideScope® system: a clinical assessment of performance*. *Anaesthesia*, 2005. **60**(1): p. 60-64.
119. Cirilla, D.J., II, et al., *Does the incidence of sore throat postoperatively increase with the use of a traditional intubation blade or the GlideScope?* *Journal of Clinical Anesthesia*. **27**(8): p. 646-651.
120. Aqil, M., et al., *Routine use of Glidescope and Macintosh laryngoscope by trainee anesthetists*. *J Coll Physicians Surg Pak*, 2016. **26**(4): p. 245-9.
121. Kill, C., et al., *Videolaryngoscopy with Glidescope Reduces Cervical Spine Movement in Patients with Unsecured Cervical Spine*. *Journal of Emergency Medicine*. **44**(4): p. 750-756.
122. Andersen, L., L. Roving, and K. Olsen, *GlideScope videolaryngoscope vs. Macintosh direct laryngoscope for intubation of*

- morbidly obese patients: a randomized trial.* Acta Anaesthesiologica Scandinavica, 2011. **55**(9): p. 1090-1097.
123. Redel, A., et al., *Validation of the GlideScope video laryngoscope in pediatric patients.* Pediatric Anesthesia, 2009. **19**(7): p. 667-671.
 124. Choi, H.J., et al., *Endotracheal intubation using a GlideScope video laryngoscope by emergency physicians: a multicentre analysis of 345 attempts in adult patients.* Emergency Medicine Journal, 2010. **27**(5): p. 380-382.
 125. Su, Y.-C., et al., *Comparison of video laryngoscopes with direct laryngoscopy for tracheal intubation: a meta-analysis of randomised trials.* European Journal of Anaesthesiology (EJA), 2011. **28**(11): p. 788-795.
 126. Lewis, S.R., et al., *Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for adult patients requiring tracheal intubation.* The Cochrane Library, 2016.
 127. Leedal, J. and A. Smith, *Methodological approaches to anaesthetists' workload in the operating theatre.* British journal of anaesthesia, 2005. **94**(6): p. 702-709.
 128. Mayo, P.H., et al., *A program to improve the quality of emergency endotracheal intubation.* Journal of intensive care medicine, 2011. **26**(1): p. 50-56.
 129. Niven, A.S. and K.C. Doerschug, *Techniques for the difficult airway.* Current opinion in critical care, 2013. **19**(1): p. 9-15.
 130. Mackenzie, C.F., R.L. Horst, and D.L. Mahaffey, *Group Decision-Making during Trauma Patient Resuscitation and Anesthesia.* Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 1993. **37**(4): p. 372-376.
 131. Rothfield, K.P. and S.G. Russo, *Videolaryngoscopy: should it replace direct laryngoscopy? a pro-con debate.* Journal of clinical anesthesia, 2012. **24**(7): p. 593-597.
 132. Russo, S., M. Weiss, and C. Eich, *Videolaryngoskopie olé!* Anaesthesist, 2012. **61**(12).
 133. Zaouter, C., J. Calderon, and T.M. Hemmerling, *Videolaryngoscopy as a new standard of care.* BJA: British Journal of Anaesthesia, 2015. **114**(2): p. 181-183.
 134. Healy, D.W., et al., *A systematic review of the role of videolaryngoscopy in successful orotracheal intubation.* BMC anesthesiology, 2012. **12**(1): p. 32.
 135. Charuluxananan, S., et al., *Learning manual skills in spinal anesthesia and orotracheal intubation: is there any recommended number of cases for anesthesia residency training program?* Journal of the Medical Association of Thailand= Chotmaihet thangphaet, 2001. **84**: p. S251-5.
 136. de Oliveira Filho, G.R., *The construction of learning curves for basic skills in anesthetic procedures: an application for the cumulative sum method.* Anesthesia & Analgesia, 2002. **95**(2): p. 411-416.

137. Konrad, C., et al., *Learning manual skills in anesthesiology: is there a recommended number of cases for anesthetic procedures?* *Anesthesia & Analgesia*, 1998. **86**(3): p. 635-639.
138. Wang, H.E., et al., *Defining the learning curve for paramedic student endotracheal intubation.* *Prehospital Emergency Care*, 2005. **9**(2): p. 156-162.
139. Mulcaster, J.T., et al., *Laryngoscopic Intubation Learning and Performance.* *Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 2003. **98**(1): p. 23-27.
140. Komatsu, M.D.R., et al., *Learning Curves for Bag-and-mask Ventilation and Orotracheal Intubation An Application of the Cumulative Sum Method.* *Anesthesiology*, 2010. **112**(6): p. 1525-1531.
141. Tarasi Md, P.G., et al., *Endotracheal intubation skill acquisition by medical students.* *Medical Education Online*, 2011. **16**(1): p. 7309.
142. Buis, M.L., et al., *Defining the learning curve for endotracheal intubation using direct laryngoscopy: A systematic review.* *Resuscitation*, 2016. **99**: p. 63-71.
143. Schüpfer, G., C. Konrad, and J. Poelaert, *Erlernen von manuellen Fähigkeiten in der Anästhesie Manual skills in anaesthesiology.* *Der Anaesthetist*, 2003. **52**(6): p. 527-534.
144. Caboor, D., et al., *Implications of an adjustable bed height during standard nursing tasks on spinal motion, perceived exertion and muscular activity.* *Ergonomics*, 2000. **43**(10): p. 1771-1780.
145. Kim, W., et al., *Comparison of the Pentax Airwayscope, Glidescope video laryngoscope, and Macintosh laryngoscope during chest compression according to bed height.* *Medicine*, 2016. **95**(5).
146. Schebesta, K., et al., *Degrees of Reality Airway Anatomy of High-fidelity Human Patient Simulators and Airway Trainers.* *The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 2012. **116**(6): p. 1204-1209.
147. Jordan, G., et al., *Evaluation of four manikins as simulators for teaching airway management procedures specified in the Difficult Airway Society guidelines, and other advanced airway skills.* *Anaesthesia*, 2007. **62**(7): p. 708-712.
148. Yang, J.H., et al., *Comparison of four manikins and fresh frozen cadaver models for direct laryngoscopic orotracheal intubation training.* *Emergency Medicine Journal*, 2010. **27**(1): p. 13-16.
149. Lee, C., et al., *Forces generated by Macintosh and GlideScope® laryngoscopes in four airway - training manikins.* *Anaesthesia*, 2013. **68**(5): p. 492-496.
150. Najafi, M. and M. Najafi - Koopaie, *Laryngoscope forces in humans and manikins.* *Anaesthesia*, 2013. **68**(9): p. 978-979.
151. Hawkins, T.J., *The left-handed laryngoscope.* *Anaesthesia*, 1999. **54**(10): p. 1024-1024.
152. Bucx, M., *Right - or left - handed laryngoscopy?* *Anaesthesia*, 2000. **55**(4): p. 395-396.

Informationen zur Studie

Sehr geehrte/r Teilnehmer/in,

vielen Dank, dass Sie sich für diese Studie interessieren! Im Folgenden erhalten Sie Informationen über die Studie und was die Teilnahme an der Studie beinhaltet.

Inhalt und Ablauf der Studie

Bei dieser Studie möchten wir untersuchen, wie sich verschiedene Intubationstechniken auf den Intubationserfolg auswirken. Dazu werden Sie gebeten verschieden simulierte Patienten zu intubieren. Wir bitten Sie, diesen „Patienten“ wie einen echten Patienten zu behandeln. Der Zeitaufwand für jeden Teilnehmer beträgt etwa 15-20 min.

Welche Daten werden erhoben?

Um mögliche weitere Einflüsse auf die Leistung in der Studie berücksichtigen zu können, werden in einem Fragebogen Demografischen Daten (Alter, Geschlecht, klinischer Erfahrung, usw.) abgefragt. In der eigentlichen Studie werden Reaktionszeiten, Intubationserfolg und sonstige Arbeitsweisen untersucht. Um diese möglichst exakt erfassen zu können werden wir die Intubationsdurchgänge mit 2 USB Videokameras aufzeichnen. Die Aufzeichnung und Auswertung der Videoaufnahme erfolgen anonymisiert, d.h. unter Verwendung einer Teilnehmernummer. Auf der Aufnahme werden Sie jedoch zu sehen sein, d.h. Ihr Gesicht wird nicht unkenntlich gemacht. Die Aufnahme wird von einer Person ausgewertet, die der Schweigepflicht unterliegt und keine vertraulichen Informationen weitergibt.

Was passiert mit den Daten und wie werden sie gelagert?

Wir werden Ihre Daten nicht individuell auswerten, sondern nur für die Gesamtgruppe der Teilnehmenden. Ungefähr 45 Personen werden an dieser Untersuchung teilnehmen. Nur Mitarbeiter dieses Forschungsprojektes haben Zugang zu Ihren Daten. Ihre Daten werden in anonymisierter Form (Teilnehmernummer) erfasst und bis zum Abschluss des Projekts unter Verschluss bzw. passwortgeschützt aufbewahrt. Die gesamten Daten werden nach Abschluss des Projekts vernichtet. Es gibt zu keinem Zeitpunkt ein Dokument, das ermöglicht, die erfassten Daten mit Ihrem Namen in Verbindung zu bringen.

Es steht Ihnen frei, an dieser Untersuchung teilzunehmen oder die Untersuchung zu irgendeinem Zeitpunkt zu beenden. Durch einen Abbruch der Studie oder Nicht Teilnahme entsteht für den Teilnehmer keinerlei Nachteil. Falls Sie den Versuch abbrechen, werden Ihre Daten auf Wunsch sofort gelöscht. Als Dankeschön für die Teilnahme erhalten Sie einen Cafeteriagutschein (5 Euro).

Wenn Sie Fragen zu dieser Studie haben, wenden Sie sich bitte nun an den/die anwesende(n) Versuchsleiter/-in oder nehmen Sie Kontakt zur Leitern dieses Projekts, Dr. Tobias Grundgeiger, Tel. tobias.grundgeiger@uni-wuerzburg.de, Tel: 0931 31 81743, auf.

Einwilligung zu Teilnahme

Wenn Sie an der Studie weiterhin teilnehmen wollen, unterschreiben Sie nun die folgende Einwilligungserklärung. Sie erhalten dieses Informationsblatt und eine Version der Einwilligungserklärung für Ihre Akten.

Wichtig: Wir bitten Sie Ihren Kollegen/innen nichts über den Inhalt der Studie zu erzählen. Falls eine von Ihren Kollegen/innen noch an der Studie teilnehmen würde, könnte dieses die Vorwissen die Ergebnisse verzerren.

Einwilligungserklärung (verbleibt beim Versuchsleiter/-in)

Ich habe die Informationen zur Studie gelesen und verstanden. Ich hatte die Möglichkeit, Fragen zu stellen. Ich bin damit einverstanden, an der Untersuchung teilzunehmen und weiß, dass ich diese jederzeit abbrechen kann. Bei einem Abbruch der Studie entstehen keine Nachteile.

Optional: Ich gebe mein Einverständnis, dass meine Videoaufnahmen zu Demonstrationszwecken in teilnehmerbegrenzten Veranstaltungen (z. B. Lehrveranstaltungen) abgespielt werden. Die Einwilligung beinhaltet, dass die Videos nicht nach Abschluss des Projekts gelöscht werden.

Zutreffendes bitte ankreuzen: JA NEIN.

Teilnehmer

Name in Druckbuchstaben

Unterschrift

Datum

Versuchsleiter

Name in Druckbuchstaben

Unterschrift

Datum

Einwilligungserklärung (verbleibt beim Teilnehmer/-in)

Ich habe die Informationen zur Studie gelesen und verstanden. Ich hatte die Möglichkeit, Fragen zu stellen. Ich bin damit einverstanden, an der Untersuchung teilzunehmen und weiß, dass ich diese jederzeit abbrechen kann. Bei einem Abbruch der Studie entstehen keine Nachteile.

Optional: Ich gebe mein Einverständnis, dass meine Videoaufnahmen zu Demonstrationszwecken in teilnehmerbegrenzten Veranstaltungen (z. B. Lehrveranstaltungen) abgespielt werden. Die Einwilligung beinhaltet, dass die Videos nicht nach Abschluss des Projekts gelöscht werden.

Zutreffendes bitte ankreuzen: JA NEIN.

Teilnehmer

Name in Druckbuchstaben

Unterschrift

Datum

Versuchsleiter

Name in Druckbuchstaben

Unterschrift

Datum

Fragebogen

VP-Nummer: _____ Erfahrung: E oder U Bedingung: MG oder GM

1. Wie alt sind Sie? _____ Jahre
2. Geschlecht männlich weiblich
3. Wie groß sind Sie? _____ cm
4. Wie viel wiegen Sie? _____ kg
5. Haben Sie eine Fehlsichtigkeit? Ja Nein

Wenn ja, tragen Sie eine Sehhilfe, die diese Fehlsichtigkeit korrigiert? Ja Nein

6. Was ist Ihre höchste fachliche Qualifikation bzw. in welchem Semester studieren Sie?

Qualifikation: _____ Klinische Erfahrung: _____ Jahre

Semester: _____

7. Wie oft haben Sie in etwa bereits einen Menschen intubiert?
 weniger als 5 26 bis 50 201 bis 400
 6 bis 10 51 bis 100 401 bis 800
 11 bis 25 101 bis 200 mehr als 801
8. Wie oft haben Sie in etwa bereits ein Übungsphantom (Part-task Trainer) intubiert?
 weniger als 5 26 bis 50 201 bis 400
 6 bis 10 51 bis 100 401 bis 800
 11 bis 25 101 bis 200 mehr als 801
9. Wie viele Intubationen haben Sie mit einem Macintosh Spatel durchgeführt?
 weniger als 5 26 bis 50 201 bis 400
 6 bis 10 51 bis 100 401 bis 800
 11 bis 25 101 bis 200 mehr als 801

10. Wie viele Intubationen haben Sie mit einem Videolaryngoskop durchgeführt?

- weniger als 5 26 bis 50 201 bis 400
 6 bis 10 51 bis 100 401 bis 800
 11 bis 25 101 bis 200 mehr als 801

11. Wie würden Sie die erste Intubation nach der Cormack-Lehane Klassifikation beurteilen?

	Beschreibung	Bitte ankreuzen
1	Gesamte Stimmritze einstellbar	
2	Stimmritze teilweise sichtbar (hintere Kommissur)	
3	Stimmritze nicht einstellbar, nur Epiglottis sichtbar	
4	Auch Epiglottis nicht einstellbar, nur Zungengrund sichtbar"	

12. Wie würden Sie die zweite Intubation nach der Cormack-Lehane Klassifikation beurteilen?

	Beschreibung	Bitte ankreuzen
1	Gesamte Stimmritze einstellbar	
2	Stimmritze teilweise sichtbar (hintere Kommissur)	
3	Stimmritze nicht einstellbar, nur Epiglottis sichtbar	
4	Auch Epiglottis nicht einstellbar, nur Zungengrund sichtbar"	