

Aus der  
Universitätsklinik für Orthopädie Tübingen

**Intrakutannaht versus Klammernaht in der Wirbelsäulen-  
chirurgie – eine randomisierte prospektive Studie**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard-Karls-Universität  
zu Tübingen**

**vorgelegt von**

**Braun, Manuel**

**2026**

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Privatdozent Dr. C. Walter

2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. R. Bachmann

Tag der Disputation: 16.12.2025

**Für meine Familie**

# Inhaltsverzeichnis

|  |             |
|--|-------------|
| <b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....                         | <b>VII</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis</b> .....                         | <b>VIII</b> |
| <b>Tabellenverzeichnis</b> .....                           | <b>IX</b>   |
| <b>1 Einleitung</b> .....                                  | <b>10</b>   |
| 1.1 Entwicklung des Fadenmaterials.....                    | 10          |
| 1.1.1 Fadenmaterial natürlichen Ursprunges.....            | 10          |
| 1.1.2 Synthetisches Fadenmaterial.....                     | 5           |
| 1.1.3 Fadenmaterial aus Metall.....                        | 6           |
| 1.2 Entwicklung der Klammernaht.....                       | 8           |
| 1.3 Alternative Wundverschlussmethoden.....                | 10          |
| 1.3.1 Wundverschluss mittels Klebstreifen.....             | 10          |
| 1.3.2 Wundverschluss mittels streifenloser Klebstoffe..... | 11          |
| 1.4 Wundtypen.....   | 11          |
| 1.4.1 Akute Wunde.....                                     | 11          |
| 1.4.2 Chronische Wunde.....                                | 12          |
| 1.4.3 Komplizierte Wunde.....                              | 12          |
| 1.4.4 Chirurgische Wundklassifikation.....                 | 13          |
| 1.5 Wundheilung.....                                       | 13          |
| 1.5.1 Hämostase.....                                       | 14          |
| 1.5.2 Inflammation.....                                    | 14          |
| 1.5.3 Proliferation.....                                   | 15          |
| 1.5.4 Remodelling.....                                     | 16          |
| 1.5.5 Intrinsische Einflussgrößen der Wundheilung.....     | 17          |
| 1.5.6 Extrinsische Einflussgrößen der Wundheilung.....     | 21          |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 1.6      | Epidemiologie postoperativer Wundinfektionen.....  | 21        |
| 1.7      | Fragestellung.....                                 | 23        |
| <b>2</b> | <b>Material und Methoden .....</b>                 | <b>25</b> |
| 2.1      | Studiendesign.....                                 | 25        |
| 2.2      | Ein- und Ausschlusskriterien .....                 | 26        |
| 2.3      | Follow-Up.....                                     | 27        |
| 2.4      | Nahtmethode .....                                  | 27        |
| 2.5      | Klinische Untersuchung.....                        | 28        |
| 2.6      | Weitere Parameter.....                             | 29        |
| 2.7      | Statistische Methoden .....                        | 29        |
| <b>3</b> | <b>Ergebnisse .....</b>                            | <b>31</b> |
| 3.1      | Populationscharakteristika und Revisionsrate.....  | 31        |
| 3.2      | Auswertung POSAS .....                             | 33        |
| 3.2.1    | Korrelationstestung .....                          | 33        |
| 3.2.2    | Gruppenvergleich.....                              | 34        |
| <b>4</b> | <b>Diskussion .....</b>                            | <b>36</b> |
| 4.1      | Wundrevisionen .....                               | 37        |
| 4.2      | Kosmetisches Ergebnis: Die POSAS-Auswertung .....  | 39        |
| 4.3      | Einflussfaktoren auf das Kosmetische Ergebnis..... | 40        |
| 4.4      | Limitationen der Studie .....                      | 41        |
| 4.5      | Schlussfolgerung .....                             | 43        |
| <b>5</b> | <b>Zusammenfassung.....</b>                        | <b>44</b> |
| <b>6</b> | <b>Literaturverzeichnis .....</b>                  | <b>46</b> |
| <b>7</b> | <b>Erklärung zum Eigenanteil .....</b>             | <b>51</b> |
| <b>8</b> | <b>Veröffentlichung.....</b>                       | <b>52</b> |

|           |                        |           |
|-----------|------------------------|-----------|
| <b>9</b>  | <b>Danksagung.....</b> | <b>53</b> |
| <b>10</b> | <b>Anhang.....</b>     | <b>54</b> |
| 10.1      | POSAS Score.....       | 54        |

## Abkürzungsverzeichnis

|              |  |
|--------------|--|
| Abb.         | Abbildung                                    |
| BMI          | engl. Body-Mass-Index                        |
| CDC          | Centers for Disease Control and Prevention   |
| DF           | Dorsale Fusion                               |
| FGF          | engl. Fibroblast Growth Factor               |
| IL-1         | Interleukin-1                                |
| IKN          | Intrakutannaht                               |
| KN           | Klammernaht                                  |
| n. Chr.      | Nach Christus                                |
| PET          | Polyäthylenterephtalat                       |
| POSAS        | engl. Patient-Observer Scar assessment scale |
| SSI          | engl. Surgical site infections               |
| Tab.         | Tabelle                                      |
| TGF- $\beta$ | engl. Tissue derived Growth Factor beta      |
| TLIF         | engl. Transforaminal lumbar interbody fusion |
| UD           | Unterschneidende Dekompression               |
| VEGF         | Vascular endothelial growth factor           |

## **Abbildungsverzeichnis**

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1: Mit Chromsäure und Karbol behandeltes Nahtmaterial aus (Muffly, Tizzano et al. 2011) ..... | 3  |
| Abbildung 2: Sterilisiertes Pferdehaar (Kravetz 2003) .....   | 4  |
| Abbildung 3: Drahtdreher nach Dawson (oben) und Charriere (unten) (Muffly, Tizzano et al. 2011) .....   | 8  |
| Abbildung 4: Vollautomatischer Single-use Clipapplikator 1973 (Annis 1973)10                            |    |
| Abbildung 5: Klammernahtgerät Manipler AZ® von B. Braun Melsungen GmbH & Co. KG .....                   | 28 |

## Tabellenverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Tabelle 1: Chirurgische Wundklassifikation nach Definition des CDC (Infektionen, Onyekwelu, Yakkanti et al. 2017) .....  | 13 |
| Tabelle 2: Reißfestigkeit der Haut im Verlauf der Wundheilung (Corr & Hart 2013, Sorg, Tilkorn et al. 2017).....   | 17 |
| Tabelle 3: Lokale und systemische Einflussgrößen (Broughton, Janis et al. 2006, Fei, Li et al. 2016, Wang, Huang et al. 2018, Maurer, Reuss et al. 2019) .....   | 18 |
| Tabelle 4: Definition und Einteilung der postoperativen Wundinfektionen (Pearson, Lee et al. 1999, Onyekwelu, Yakkanti et al. 2017, Maurer, Reuss et al. 2019).....  | 22 |
| Tabelle 5: Beschreibung der Baseline, statistischer Test für Häufigkeiten: Chi <sup>2</sup> -Test (bei zu geringen Häufigkeiten: Fisher-Test), p-Werte ≤ 0.05 zeigen einen deskriptiv signifikanten Unterschied an, Test für kontinuierliche Daten (z. B. Alter): Mann-Whitney-U-Test; IKN = Intrakutannaht, KN = Klammernaht, BMI = <i>Body-mass-index</i> , ASA = <i>American Society of Anesthesiology</i> , WHS = Wundheilungsstörung, OR = Odds ratio. .... | 32 |
| Tabelle 6: Verteilung der Nahtmethodik auf die Operationskategorien. Statistischer Test für Häufigkeiten: Chi <sup>2</sup> -Test. UD = unterschneidende Dekompression; IKN = Intrakutannaht; KN = Klammernaht. ....  | 33 |
| Tabelle 7: Durchschnitts- und Medianwerte des POSAS Patient (PP-Parameter), Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte ≤ 0.05 zeigen einen signifikanten Unterschied an (m = Mittelwert, sd = Standardabweichung, n = Anzahl der Fälle).....  | 35 |

Tabelle 8: Durchschnitts- und Medianwerte des POSAS Beobachter (PB-Parameter), Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $\leq 0.05$  zeigen einen signifikanten Unterschied an (m = Mittelwert, sd = Standardabweichung, n = Anzahl der Fälle). ..... 35

Tabelle 9: Interkorrelation von beobachterbezogenen POSAS-Parametern (PB-Parameter) und patientenbezogenen POSAS-Parametern (PP-Parameter) für ausgewählte, inhaltlich sinnvolle Zusammenhänge. Korrelationstestung mittels Spearman's Rang-Korrelation,  $p < 0.05$  zeigen signifikante Korrelation..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

# 1 Einleitung

## 1.1 Entwicklung des Fadenmaterials

Bevor die wesentlichen Verschlusstechniken im Detail vorgestellt werden können, soll zunächst eine geschichtliche Abhandlung über die Entwicklung verschiedener Nahtmaterialien erfolgen. In diesem Zusammenhang sollen sowohl Nahtmaterialien natürlichen Ursprungs als auch synthetische Materialien sowie Nahtmaterial aus Metall vorgestellt werden.

### 1.1.1 Fadenmaterial natürlichen Ursprunges

In Ermangelung synthetischer Verfahren wurden die ersten Materialien aus faserreichen Pflanzen und später auch aus verarbeiteten tierischen Bestandteilen hergestellt. Bereits im antiken Rom und Griechenland finden sich Hinweise auf die Verwendung von Leinenfäden zum Wundverschluss und Ligieren von Gefäßen (Snyder 1977, Oelschlegel, Luther et al. 1986). Dieses Material hatte jedoch Nachteile, welche die Handhabung erschwerten. So tendierte es, aufzuquellen und zu faulen, sodass die Fäden im Verlaufe der Heilung regelmäßig entfernt und

die Wunde neu versorgt werden musste (Artandi 1980, Oelschlegel, Luther et al. 1986). Auch aus anderen Pflanzenfasern wie beispielsweise Hanf lassen sich Anwendungsbeispiele bis ins Mittelalter belegen (Goldenberg 1959).

Als meistverbreitetes tierisches Nahtmaterial findet Seide seit der Antike bis heute Verwendung (Muffly, Tizzano et al. 2011). Seide ist bis heute als Nahtmaterial erhältlich und findet in der Mikrochirurgie aufgrund seiner hohen Knotenfestigkeit Popularität (Chu 2013). Während des Mittelalters kam es zu einem Abklang der medizinischen Innovation in Europa, und Blutstillung erfolgte gehäuft mit Kauterisierung und heißem Öl. Durch den Pariser Militärchirurgen Ambroise Paré (1510-1590) wurde Nahtmaterial jedoch wieder etabliert und gewann erneut an Bekanntheit (Muffly, Tizzano et al. 2011). Das erhöhte Vorkommen von Wundinfektionen mit nicht selten tödlichem Ausgang führte jedoch dazu, dass viele Chirurgen weiterhin das Kauterisieren von Wunden präferierten. Eine bahnbrechende Wende gelang durch die Implementierung der chirurgischen Asepsis im Jahre 1867 durch Joseph Lister (Lister 1867). Bakterien waren zwar noch unbekannt, doch er vermutete „üble Einflüsse durch die unreine Atmosphäre“. Er empfahl die Behandlung der Wundfläche und Materialien mit Karbol (Phenoxybenzol) (Lister 1867). Aufgrund des deutlichen Rückganges der Mortalität und Morbidität durch diese Erkenntnisse setzten sich mit Karbol oder Chromsäure behandelte Nahtmaterialien nicht zuletzt auch kommerziell durch (Muffly, Tizzano et al. 2011).



Abbildung 1: Mit Chromsäure und Karbol behandeltes Nahtmaterial (Muffly, Tizzano et al. 2011)

Im weiteren Verlauf wurde mangels Verfügbarkeit von Seide auch auf Tierhaare zurückgegriffen. So finden sich Belege über die antike Verwendung von Pferdehaar (Rhazes in Bagdad 850-923 n. Chr.) oder Schweineborsten (Avicenna in Persien 980-1037) (Kravetz 2003) (Goel 2015) (Yedke, Raut et al. 2013). Während des amerikanischen Bürgerkrieges wurde aus logistischen Gründen am häufigsten auf Pferdehaar zurückgegriffen, um die Kriegsverletzten zu versorgen (Yedke, Raut et al. 2013) und erwies sich als vorteilhaft, was die Knüpfbarkeit, Gewebeverträglichkeit und Entfernbarekeit anbelangte (Wight 1868). Mit der Durchsetzung der chirurgischen Asepsis gab es Pferdehaarfäden auch in sterilisierter und abgepackter Form. In einer neueren experimentellen Arbeit durch Yedke et al. aus dem Jahre 2013 konnten die oben genannten positiven Eigenschaften erneut zementiert werden, sodass Pferdehaar bis heute für Einsatzzwecke mit geringer Anforderung hinsichtlich der Reißfestigkeit und hohem Bedürfnis

an minimaler Gewebereizung (z. B. Augenoperationen) eingesetzt werden kann (Yedke, Raut et al. 2013).



Abbildung 2: Sterilisiertes Pferdehaar (Kravetz 2003)

Weiterhin fand Nahtmaterial aus tierischem Gedärm häufige Anwendung (Snyder 1977). Die Chirurgen Rhazes und Avicenna aus dem antiken Orient favorisierten diese bei der Versorgung von Hernien oder abdominalen Wunden (Muffly, Tizzano et al. 2011). Und auch in Europa war die Verfügbarkeit von Tierdarm im Vergleich zu Seide besser und günstiger, vor allem, da die Saiten der ersten Vertreter der Saiten- und Streichinstrumente aus diesem Material gefertigt wurden und sich im Mittelalter großer Beliebtheit erfreuten (Ricci 1990). Zu den berühmtesten Vertretern von Nahtmaterial aus Tierdarm gehört Catgut, welches aus Ziegen-, Schaf- oder Rinderdarm hergestellt wurde (Muffly, Tizzano et al. 2011). Dabei ist mit „Cat“ nicht die Katze, sondern ein dreisaitiger Vorläufer der heutigen Geige gemeint (Ricci 1990). Der amerikanische Arzt Philip Syng Physick (1768-1837) beschrieb im Jahre 1816, dass der menschliche Körper im Stande sei, gewisse Nahtmaterialien zu resorbieren, und wies somit die Resorbierbarkeit von Catgut nach (Truax and Truax 1899) (Edwards 1940). Catgut fand Verwendung bis in das 20. Jahrhundert und konnte seinen Stellenwert bis zur Einführung synthetischer resorbierbarer Fäden verteidigen (Goel 2015). Mit der Einführung der chirurgischen Asepsis durch Lister waren mit Chromsäure oder Jod behandelte Catgut-Fäden in Gebrauch (Muffly, Tizzano et al. 2011). Doch wesentliche Probleme dieses Materials waren zum einen die Konsistenz unter den verschiedenen Sterilisationsmethoden und zum anderen vereinzelte Fälle von Tetanusinfektionen oder Milzbrand durch auf dem Tierdarm haftende Sporen (Flury 2002). Außerdem waren durch die enzymatische Resorption des Catgut und den

vielfältigen Zusatzstoffen zur Behandlung des Fadens (z. B. Jod, Quecksilber, Chrom) Serome, Granulome und Wundheilungsstörungen relativ häufig (Flury 2002). Dies befeuerte die Suche nach resorbierbaren Alternativen. Kommerziell erhältlich waren Fäden aus Ochsen-, Pferde- oder Kängurusehnen, doch diese konnten sich aufgrund ihrer Beschaffenheit nicht durchsetzen (Goel 2015) (Goldenberg 1959) (Muffly, Tizzano et al. 2011).

### **1.1.2 Synthetisches Fadenmaterial**

Der Nachteil von Nahtmaterialien aus tierischen Rohstoffen war, dass sie natürlichen Schwankungen hinsichtlich der Qualität unterlagen. Zusätzlich kam mit der Einführung der Asepsis das Problem auf, dass diese durch die unterschiedlichen Sterilisationsmethoden ihre Beschaffenheit veränderten. Daher entwickelte sich das Bestreben, Fäden synthetisch herzustellen. Erste Produkte aus Kollagen oder Gelatine scheiterten an ihrer Hitzebeständigkeit und insuffizientem Knotenhalt (Li 2007, Chu 2013). Der erste synthetische Faden wurde durch B. Braun-Melsungen in Kooperation mit Wacker-Chemie aus Polyvinylalkohol (Synthofil®) in den 30er-Jahren des 20. Jahrhunderts gefertigt (Von Brandis 1936). Kurze Zeit später wurden durch die Textilindustrie die Polyamide als textiler Kunststoff entdeckt (Chu 2013). In Europa wurde aus der Unterart Polyamid 6 (Perlon®; I.G. Farben) und in den USA aus Polyamid 66 Fadenmaterial hergestellt (Nylon®; DuPont) (Chu 2013). Dieses Material konnte mit seiner Geschmeidigkeit, Festigkeit und guten Gewebeverträglichkeit überzeugen und setzte sich rasch durch (Augustin 1952). Ein Nachteil war jedoch der Zerfall der Polyamidverbindungen nach mehreren Monaten bis Jahren im Gewebe (Augustin 1952). Dieses Problem konnte mit der Einführung von Fäden aus Polyolefinen (Polyethylen und Polypolypropylen) in den 50er-Jahren behoben werden, wobei sich Fäden aus Polypropylen deutlicher durchsetzten (z. B. Prolene®; Ethicon, Surgipro®; Covidien oder Premilene® B. Braun). Der chemische Nachteil ist ihre Instabilität gegenüber Licht und ihre geringe Elastizität, weshalb diese Materialien in der Ophthalmologie nicht eingesetzt werden können (Chu 2013). Mit der Einführung von Polyäthylenterephthalat, besser bekannt als PET oder Polyester, in den 1960er-Jahren

wurden hochstabile und geflochtene Nahtmaterialien mit einem Zugewinn an Elastizität und Stabilität gegenüber den Polyolefinen gewonnen (Chu 2013).

Die Entdeckung, dass Polyester durch die Zugabe von Glykolsäure hydrolysiert wird, ermöglichte die Entwicklung des ersten synthetischen resorbierbaren Fadenmaterials (Dexon®; Davis and Geck, jetzt Covidien) in den frühen 1970er-Jahren (Frazza and Schmitt 1971). Dabei zeigte sich, dass die Gewebereaktion verglichen zum Catgut, welches enzymatisch abgebaut wird, deutlich milder verläuft (Artandi 1980). Fäden aus diesem Werkstoff waren jedoch sehr steif, sodass sehr dünne Filamente hergestellt werden mussten, welche dann zum endgültigen Faden geflochten wurden (Chu 2013). Die Resorption war mit 25 Tagen rasch (Artandi 1980). Im Zuge der weiteren Entwicklungen zeigte sich, dass die Zugabe von Milchsäureester die Resorptionszeit verlängert und ebenfalls eine gute Reißfestigkeit bietet (Reed and Gilding 1981). Auch diese Fäden konnten nur geflochten angeboten werden. Ein berühmter Vertreter ist das seit 1974 bekannte Nahtmaterial Vicryl® der Firma Ethicon, welches ein 90/10 Gemisch von Glykolsäure und Milchsäureester ist und eine Resorptionszeit von etwa 30 Tagen aufweist (Chu 2013). Fabrikate mit deutlich höheren Anteilen von Milchsäureestern hatten zwar eine sehr lange Resorptionsdauer von mehreren Jahren, doch beobachtete Gewebenebenwirkungen nach mehreren Jahren führten dazu, dass Hersteller solche Produkte wieder vom Markt zurückzogen (Goldstein, Vakili et al. 2007) (Böstman 1991).

Ab den 1980er-Jahren wurden „weichere“ Bestandteile für resorbierbares Nahtmaterial entdeckt, wie das Polydioxanon (PDS®; Ethicon 1981), Caprolacton (Monocryl®; Ethicon 1992) oder Trimethylencarbonat (Maxon®; Medtronic) (Chu 2013). Durch die Beimischung oder ausschließliche Verwendung dieser Bestandteile kann die Steifigkeit, Elastizität, Knotensicherheit oder Resorptionszeit je nach Anforderung modifiziert werden (Chu 2013).

### **1.1.3 Fadenmaterial aus Metall**

Aufgrund der beschränkten Reißfestigkeit der lange verfügbaren Materialien wurde mitunter auch Fadenmaterial aus Metall verwendet (Nockemann 1982). Neben der Reißfestigkeit war ein weiterer Vorteil, dass sie bei der zu erwartenden

Wundinfektion nicht zersetzt werden, wie ihre Pendants aus pflanzlichen oder tierischen Rohstoffen (Goldenberg 1959). In Gebrauch waren dünne Fäden aus Gold, Platin, Silber, Blei, Eisen und Kupfer (Goldenberg 1959). Im Laufe des industriellen und metallurgischen Fortschrittes kamen Aluminium-Bronze-Legierungen und Chrom-Nickel-Eisen-Drähte dazu (Nockemann 1982). Im 19. Jahrhundert konnte sich jedoch vorwiegend Silber etablieren (Goldenberg 1959). Der amerikanische Gynäkologe Sims bevorzugte Silberfäden bei der Versorgung von vaginalen Fisteln, da diese sich nicht auflösten und er die Resilienz und Vorteile des Materials in infektiologisch schwierigem Terrain schätzte (Sims and Emmet 1858). Nach seiner ersten gelungenen Operation einer vesicovaginalen Fistel, nach vielen gescheiterten experimentellen Operationen an schwarzen Sklavinnen, führte er einen Teil des Erfolges auf die Verwendung von Silberfaden zurück (Ricci 1990). Aufgrund der schlechten Knüpfbarkeit des Materials kamen besondere Werkzeuge zum Einsatz, um die Fadenenden zu verdrehen (siehe Abb. 3) (Muffly, Tizzano et al. 2011) (Ricci 1990).



Abbildung 3: Drahtdreher nach Dawson (oben) und Charriere (unten) (Muffly, Tizzano et al. 2011)

Auch in der Traumatologie kamen Fäden aus Metall zum Einsatz, besonders zur Knochennaht oder bei Patellafrakturen (Artandi 1980). Als problematisch erwiesen sich jedoch die oxydativen Folgen des Körpers auf die verwendeten Metalle, mit Materialversagen, Migration von Metallfragmenten durch die Haut oder angrenzenden Organen und Gelenken, bis hin zu Bleivergiftungen (Artandi 1980) (Nockemann 1982). Erst die moderne Industrie vermochte aus rostfreiem Edelstahl Nahtmaterialien zu erzeugen (z. B. Steelex®; Fa. B. Braun), welche die oben genannten Nachteile reduzierte und eine sehr hohe Reißfestigkeit und gute Gewebeverträglichkeit aufwies (Edlich, Drake et al. 2006).

## 1.2 Entwicklung der Klammernaht

Bereits im antiken Rom wurden Verletzungen zum Beispiel im Rahmen der Kämpfe von Gladiatoren mittels Klammern oder Clips aus Metall versorgt

(Nockemann 1982). Dadurch, dass die Metallklammern jedoch einzeln appliziert werden mussten, war diese Methodik des Wundverschlusses lange nicht praktikabel (Nockemann 1982). Mit der Erfindung und Einführung von Apparaten zu Beginn der 1950er-Jahre, welche mehrere Clips aufnehmen und seriell abfeuern konnten, wurde die Anwendbarkeit dieser Methodik maßgeblich verbessert (Jennings 1953). Mit fortschreitender Entwicklung wurden dann in den 1970er-Jahren Einweginstrumente aus Kunststoff erhältlich, welche bereits geladen und Einsatzbereit zu Verfügung standen (Annis 1973). Mittlerweile stellen Klammernahtgeräte ein Standardequipment dar, das breite Anwendung findet (Annis 1973) (Byrne and Aly 2019). In Zahlreichen Untersuchungen konnte ihre Sicherheit und Praktikabilität untermauert werden (Thompson and Ashley 1976, Keshishian 1978, Brickman and Lambert 1989, Murphy, Prendergast et al. 2004, Maurer, Reuss et al. 2019).

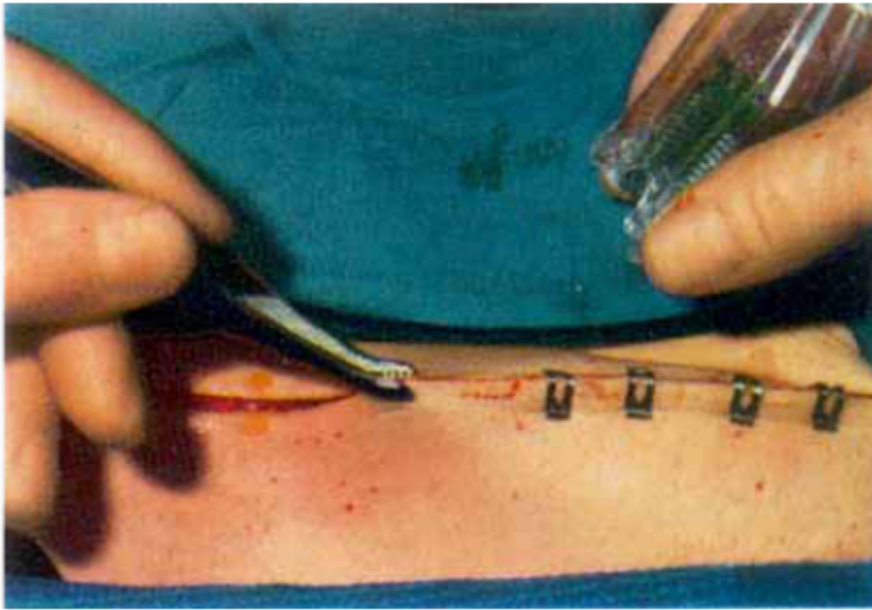


Abbildung 4: Vollautomatischer Single-use Clipapplikator 1973 (Annis 1973)

### **1.3 Alternative Wundverschlussmethoden**

Um die Integrität der Haut beim Wundverschluss nicht weiter zu kompromittieren, die Gewebeverträglichkeit zu erhöhen und letztlich die Kosmesis der Narbenbildung zu verbessern, stehen weitere Wundverschlussmethoden zur Verfügung.

#### **1.3.1 Wundverschluss mittels Klebstreifen**

Seit langer Zeit wurden Wundverschlüsse mittels Klebstreifen beispielsweise aus Harz vorgenommen (Rothnie and Taylor 1963). Seit Beginn der 1960er-Jahre wurden in Anlehnung an dieses Konzept kommerziell hergestellte Klebstreifen auf Acrylbasis zum Wundverschluss vertrieben (Reiter 1994). Die Wirksamkeit, Effizienz und Hautverträglichkeit konnten vielfach gezeigt werden (Rothnie and Taylor 1963, Fisher and Maibach 1972, Atkinson, McKenna et al. 2005). Aufgrund der geringeren Gewebeinflammation und dem fehlenden Trauma der Haut während des Wundverschlusses konnte ein ansprechendes kosmetisches Ergebnis erzielt werden. Als nachteilig galt initial die geringere Wundadhäsion weswegen diese Technik für tiefe Wunden und Körperareale mit viel Bewegung für

ungeeignet befunden wurde (Rothnie and Taylor 1963, Reiter 1994, Chu, von Fraunhofer et al. 2018). Inzwischen konnten Vergleichsstudien auch bei großen Eingriffen einen guten Wundverschluss bei geringeren Kosten und der fehlenden Notwendigkeit einer Materialentfernung erreichen, ohne die Sicherheit zu gefährden (Zempsky, Parrotti et al. 2004, Takayama, Yamamoto et al. 2017).

### **1.3.2 Wundverschluss mittels streifenloser Klebstoffe**

In den 1960er-Jahren wurden in der Chirurgie ebenfalls Konzepte zum Hautverschluss auf Kleberbasis (Hystoacryl) ohne Anheftung an ein Band etabliert (Matsumoto, Nemhauser et al. 1969). Rasch wurden unterschiedliche Anwendungsgebiete in der Ophthalmologie, Neurochirurgie, vaskulären Mikrochirurgie sowie plastischen Chirurgie erkundet (Reiter 1994, Leggat, Smith et al. 2007, Cerdá, Ballester et al. 2015). Die Kombination mit Klebstreifen hat sich mitunter in der Kinderchirurgie als schmerzarme und zuverlässige Methodik des Wundverschlusses bei Kindern bewährt (Cerdá, Ballester et al. 2015, Tandon, Smale et al. 2020).

## **1.4 Wundtypen**

Wunden entstehen auf vielfältige Weise, sei es durch äußere Einwirkungen wie Schnitte und Verbrennungen oder durch innere Faktoren wie Durchblutungsstörungen. Die Art der Wunde hat einen wesentlichen Einfluss auf den Heilungsverlauf und die Wahl der Behandlungsmethoden. Eine systematische Einordnung der verschiedenen Wundtypen hilft, die jeweils geeigneten Maßnahmen zu bestimmen und möglichen Komplikationen frühzeitig entgegenzuwirken.

### **1.4.1 Akute Wunde**

Eine akute Wunde zeichnet sich dadurch aus, dass sie frisch zugezogen wurde und in einer koordinierten Art und Weise die verschiedenen Stadien der Wundheilung (s. u.) durchläuft (Velnar, Bailey et al. 2009). Der Prozess dauert 5 bis 10 Tage, jedoch nicht länger als 30 Tage; und führt zu einer vollkommenen restitutio ad integrum (Velnar, Bailey et al. 2009, Wang, Huang et al. 2018). Eine akute Wunde entsteht durch ein Trauma oder im Rahmen einer Operation (Lazarus, Cooper et al. 1994, Velnar, Bailey et al. 2009).

### **1.4.2 Chronische Wunde**

Gelingt eine geordnete Wundheilung nicht im Rahmen der o. g. Zeitdauer, wird von einer chronischen Wunde gesprochen (Lazarus, Cooper et al. 1994, Velnar, Bailey et al. 2009). Kennzeichnend ist ein gestörter Ablauf der Heilungskaskade, welche durch verzögernde Störfaktoren bedingt ist (Lazarus, Cooper et al. 1994, Velnar, Bailey et al. 2009). Im Folgenden aufgeführt sind Störfaktoren, die die Heilungskaskade negativ beeinflussen und die Entstehung einer chronischen Wunde begünstigen können (Lazarus, Cooper et al. 1994, Sorg, Tilkorn et al. 2017, Wang, Huang et al. 2018).

- Hypoxie
- Gewebsnekrose
- Überschüssiges Wundexsudat
- Überschuss an proinflammatorischen Cytokinen

Chronische Wunden können durch diverse Mechanismen entstehen, wie z. B. schwere verunreinigende Verletzungen, Gefäßinsuffizienzen, Verbrennungen, Vaskulitiden oder Barotraumata (Lazarus, Cooper et al. 1994, Velnar, Bailey et al. 2009, Sorg, Tilkorn et al. 2017). Chronische Wunden führen zu anatomisch und funktionell schlechteren Ergebnissen und haben ein hohes Rezidivrisiko (Kasuya and Tokura 2014, Wang, Huang et al. 2018).

### **1.4.3 Komplizierte Wunde**

Die komplizierte Wunde wird als Ensemble aus Gewebsdefekt und Infektion definiert (Bischoff, Kinzl et al. 1999). Sie zeigt sich mit den typischen Zeichen einer Infektion, nämlich Rötung, Überwärmung, Schmerz und Schwellung (Velnar, Bailey et al. 2009). Die Behandlung ist in der Regel langwierig und bedarf einer chirurgischen Wundtoilette und fachpflegerischen Lokalmaßnahme, nebst der Behandlung der Infektion (Kasuya and Tokura 2014, Sorg, Tilkorn et al. 2017).

#### 1.4.4 Chirurgische Wundklassifikation

Um den Heilungsverlauf zu verstehen und sich im Vorfeld über erforderliche perioperative Strategien zum Wundmanagement Gedanken machen zu können, werden Wunden klassifiziert. Verbreitet ist die Klassifizierung durch das amerikanische Zentrum für Krankheitsprävention, CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*). Dieses unterscheidet vier Klassen an chirurgischen Wunden, die von sauber bis schmutzig/infiziert reichen (Onyekwelu, Yakkanti et al. 2017).

Die folgende Tabelle (Tab.1) stellt die einzelnen Wundklassen übersichtlich dar.

Tabelle 1: Chirurgische Wundklassifikation nach Definition des CDC (Infektionen , Onyekwelu, Yakkanti et al. 2017)

|  |  |
|--|--|
| Klasse I / saubere Wunde                 | Nicht-infizierte, saubere Wunde ohne Bezug zu den Atemwegen, Verdauungstrakt oder Urogenitaltrakt  |
| Klasse II / sauber-kontaminierte Wunde   | Kontrollierter Zugang zu den Atemwegen, Verdauungstrakt oder Urogenitaltrakt ohne Nachweis eines Infektes vor Ort  |
| Klasse III / kontaminierte Wunde         | Frische traumatische Wunden; unkontrollierter Austritt von Körperflüssigkeiten aus dem Verdauungs- oder Urogenitaltrakt; Inzision von Körperarealen mit Eiteraustritt            |
| Klasse IV / schmutzige, infizierte Wunde | Ältere traumatische Wunden mit Nekrosen und Infekt; Darmperforationen. Die Mikroorganismen, die den postoperativen Infekt verursachen, führten bereits präoperativ zur Infektion |

#### 1.5 Wundheilung

Die Wundheilung ist ein komplexer biologischer Prozess, bei dem der Körper verletztes Gewebe repariert und die Hautbarriere wiederherstellt. Verschiedene Faktoren wie der Wundtyp, das Alter des Patienten und äußere Einflüsse spielen

eine Rolle im Heilungsverlauf. Das Verständnis der Phasen der Wundheilung – von der Entzündungsreaktion über die Neubildung von Gewebe bis hin zur vollständigen Wiederherstellung – ist grundlegend für eine erfolgreiche Wundversorgung.

### **1.5.1 Hämostase**

Unmittelbar nach Entstehung einer Wunde wird die erste Phase der Wundheilung angestoßen, die Hämostase (Velnar, Bailey et al. 2009, Son and Harijan 2014). Hierbei werden einerseits die zuführenden Blutgefäße durch neuronale Mechanismen verengt und andererseits durch Kontakt der Blutbestandteile mit der extrazellulären Matrix und dem Subendothelium die Gerinnungskaskade aktiviert (Velnar, Bailey et al. 2009). Hierdurch wird ein Ausbluten verhindert und es formiert sich ein Blutgerinnsel aus Fibrin und Thrombozyten (Son and Harijan 2014). Dieser Vorgang ist in der Regel nach wenigen Minuten beendet und die wirkungsvolle Hämostase muss durch den Thrombus gesichert bleiben, da aufgrund der resultierend Gewebshypoxie und Azidose im Nachgang eine Vasodilatation der zuführenden Blutgefäße eintritt (Broughton, Janis et al. 2006). Die Funktion des Thrombus beschränkt sich indes nicht nur auf die Blutstillung, sie dient im Nachgang als Matrix für das Einwandern von Zellen, die in den nachfolgenden Stadien der Wundheilung von Bedeutung sind (Broughton, Janis et al. 2006, Wang, Huang et al. 2018).

### **1.5.2 Inflammation**

Der zweite Schritt der Wundheilung ist die Inflammationsphase (Reiter 1994, Broughton, Janis et al. 2006, Velnar, Bailey et al. 2009, Wang, Huang et al. 2018). Diese beginnt unmittelbar nach der Koagulationsphase und dauert drei bis vier Tage an (Broughton, Janis et al. 2006, Velnar, Bailey et al. 2009, Wang, Huang et al. 2018). Hier spielen humorale und zelluläre Mechanismen zusammen, um einerseits eine Barriere gegen eindringende oder schon eingedrungene Mikroorganismen zu etablieren, andererseits um Zellmaterial oder Fremdkörper zu eliminieren (Broughton, Janis et al. 2006). Initiiert wird die Inflammationsphase durch Chemokine aus der Wunde, durch Komplementfaktoren und schließlich durch Formylmethionyl-Peptide, welche zum einen durch Bakterien und zum

anderen durch Thrombozyten freigesetzt werden (Velnar, Bailey et al. 2009). Die ersten inflammatorischen Zellen, die in die Wunde migrieren, sind neutrophile Granulozyten, welche mit Hilfe von Proteasen und freien Sauerstoffradikalen Fremdstoffe und Bakterien aufnehmen und zerstören, wobei sie dabei selbst auch zerstört werden (Velnar, Bailey et al. 2009, Wang, Huang et al. 2018). Im Nachgang werden Makrophagen in die Wunde gelockt. Diese sind gut an das saure Wundmilieu adaptiert und haben eine längere Lebensdauer (Sorg, Tilkorn et al. 2017). Die Makrophagen haben eine ähnliche Funktion wie die neutrophilen Granulozyten und übernehmen außerdem die Phagozytose der nun toten neutrophilen Granulozyten in der Wunde (Velnar, Bailey et al. 2009, Wang, Huang et al. 2018). Neuere Erkenntnisse belegen, dass Makrophagen auch in der weiteren Wundheilung eine wichtige Rolle spielen, da sie große Mengen an Wachstumsfaktoren wie TGF- $\beta$ , Kollagenase und FGF in die Wundumgebung absondern (Velnar, Bailey et al. 2009, Sorg, Tilkorn et al. 2017). Diese aktivieren wiederum Keratinozyten, Fibroblasten und Endothelzellen, welche in der Proliferationsphase (s. u.) zum Tragen kommen (Broughton, Janis et al. 2006, Velnar, Bailey et al. 2009, Sorg, Tilkorn et al. 2017). Zum Abschluss der Inflammationsphase dringen Lymphozyten in die Wunde ein und dienen der Antigenerfassung und Steuerung der Kollagenase mittels Interleukin-1 (IL-1) bis in die Remodellingphase hinein (Son and Harijan 2014, Sorg, Tilkorn et al. 2017).

### **1.5.3 Proliferation**

Die Proliferationsphase beginnt ab dem 3. bis 4. Tag und dauert ca. zwei bis drei Wochen an (Velnar, Bailey et al. 2009, Son and Harijan 2014, Sorg, Tilkorn et al. 2017). In dieser Zeit wird das verlorene oder zerstörte Gewebe durch frisches Gewebe ersetzt. Das bisherige Konstrukt aus Fibrin und Fibronectin wird dank Fibroblastenaktivierung nach und nach durch eine neue extrazelluläre Matrix ersetzt (Velnar, Bailey et al. 2009, Son and Harijan 2014, Sorg, Tilkorn et al. 2017). Initial werden Fibroblasten zur Zellteilung durch o. g. Wachstumsfaktoren ange-regt, ehe sie in die Wunde einwandern (Broughton, Janis et al. 2006, Wang, Huang et al. 2018). Nach Eintreffen in der Wunde heften sie sich mit Pseudopoden an und Produzieren zunächst Hyaluron, Fibronectin, Proteoglykane und

Procollagen 1 und 3 (Velnar, Bailey et al. 2009). Die Pseudopoden dienen ferner der Wundkontraktion (Broughton, Janis et al. 2006). Ist die neue extrazelluläre Matrix komplettiert, wird Kollagen Typ 1 und 3 angelagert (Velnar, Bailey et al. 2009, Sorg, Tilkorn et al. 2017). Dieser Prozess ist laufenden Änderungen und Konversionen im Verhältnis der Kollagentypen ausgesetzt, worauf in der Phase des Remodellings näher eingegangen wird. Um die Proliferation von neuen Zellen zu gewährleisten, wird durch den Einfluss von FGF und VEGF (*vascular endothelial growth factor*) die Entstehung neuer Blutgefäße angeregt (Wang, Huang et al. 2018).

Die Wundbedeckung mit frischem Epithel erfolgt mit Hilfe der Keratinozyten und geht konzentrisch von den Wundrändern ausgehend zur Wundmitte hin (Diegelmann and Evans 2004). Diese neue Epithelschicht ist zunächst einschichtig, bis sich die neuen Epithelzellen treffen und damit beginnen, eine Lamina basalis zu formieren (Diegelmann and Evans 2004, Velnar, Bailey et al. 2009, Gantwerker and Hom 2011, Sorg, Tilkorn et al. 2017, Wang, Huang et al. 2018). Ist der Gewebedefekt hingegen zu groß, muss dieser zunächst durch Granulationsgewebe ausgefüllt werden, ehe eine epitheliale Bedeckung etabliert werden kann. Diese Form der Wundheilung wird „sekundäre Wundheilung“ genannt (Diegelmann and Evans 2004, Sorg, Tilkorn et al. 2017).

#### **1.5.4 Remodelling**

Die finale Phase der Wundheilung ist auch zugleich die längste Phase. Die Remodelling-Phase beginnt ungefähr drei Wochen nach Beginn der Wundheilung und dauert je nach Literatur zwischen 6 Monate und 2 Jahre an (Diegelmann and Evans 2004, Broughton, Janis et al. 2006, Corr and Hart 2013, Son and Harijan 2014).

Während dieser Phase kommt es durch ein Zusammenspiel regulatorischer Faktoren zu einem Umbau der extrazellulären Matrix und einer Reifung und Verfestigung der Kollagenfasern. Hierbei wird fortwährend neues Kollagen gebildet und der Anteil an Typ 3 Kollagenfasern nimmt stetig ab (Diegelmann and Evans 2004, Broughton, Janis et al. 2006, Son and Harijan 2014, Sorg, Tilkorn et al. 2017). In dieser Phase nimmt die Reißfestigkeit der Wunde deutlich zu und ist proportional

zum Kollagengehalt des Gewebes (Broughton, Janis et al. 2006, Son and Harijan 2014). Die untenstehende Tabelle 2 zeigt die Reißfestigkeit des Gewebes in Relation zur intakten Haut, gemessen an unterschiedlichen Zeitpunkten, auf (Velnar, Bailey et al. 2009)

Tabelle 2: Reißfestigkeit der Haut im Verlauf der Wundheilung (Corr and Hart 2013, Sorg, Tilkorn et al. 2017)

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| Reißfestigkeit der intakten Haut | 100 % |
| Reißfestigkeit nach einer Woche  | 3 %   |
| Reißfestigkeit nach drei Wochen  | 20 %  |
| Reißfestigkeit nach 12 Wochen    | 80 %  |

Die Phase des Remodellings ist maßgeblich an der Ausbildung und Gestaltung der Narbe verantwortlich (Son and Harijan 2014). Daher ist die positive Beeinflussung der Phase mitunter Gegenstand aktueller Forschung hinsichtlich der Vermeidung von überschießender Narbenbildung und der Reduktion von Kelloiden (Son and Harijan 2014, Sorg, Tilkorn et al. 2017). Es wird vermutet, dass nebst der Ethnie ein kontinuierlicher Zug an den Wund- und Narbenrändern im Zusammenspiel mit einer dysregulierten Kollagendeposition hierfür verantwortlich ist (Atkinson, McKenna et al. 2005, Son and Harijan 2014, Sorg, Tilkorn et al. 2017, Wang, Huang et al. 2018).

### **1.5.5 Intrinsische Einflussgrößen der Wundheilung**

Es gibt eine Reihe von modulierenden intrinsischen Einflüssen auf den Heilungsverlauf einer Wunde. Diese können in lokale und systemische, also den ganzen Körper betreffende Einflüsse unterschieden werden (Broughton, Janis et al. 2006, Maurer, Reuss et al. 2019). Auf diese kann nur bedingt Einfluss genommen werden, um eine komplizierte Wunde rasch zur Ausheilung zu bringen.

Die folgende Tabelle 3 listet sowohl lokale als auch systemische Einflussgrößen auf und erklärt in Kürze, weshalb diese sich negativ auf den Heilverlauf auswirken.

Tabelle 3: Lokale und systemische Einflussgrößen (Broughton, Janis et al. 2006, Fei, Li et al. 2016, Wang, Huang et al. 2018, Maurer, Reuss et al. 2019)

|                               | <b>Pathomechanismus</b>  | <b>Mögliche Abhilfe</b>                           |
|-------------------------------|--|---|
| <b>Lokale Einflussgrößen</b>  |  |   |
| Ischämie                      | Einschränkung der Atmungskette durch anaerobe Gegebenheiten; gehemmte Aktivität der neutrophilen Granulozyten und Fibroblasten | Wiederherstellung/Optimierung der Perfusion       |
| Infektion                     | Verharren in der inflammatorischen Phase; persistierende Stimulation der Phagozytose und Hemmung der Proliferationsphase       | Debridement, Lavage, Antisepsis und Antiinfektiva |
| Fremdkörper, Nekrosen         | Verharren in der Inflamationsphase, gehemmte Wundkontraktion   | Entfernung des Fremdkörpers und Nekrosektomie     |
| Schwellung, hoher Gewebedruck | Lokale Ischämie (s. o.)  | Abschwellende Maßnahmen, Kompartmentspaltung      |

| <b>Systemische Einflussgrößen</b>      |   |   |
|--|---|---|
| Diabetes Mellitus                      | Mikrozirkulationsstörung; Gestörte Steuerung und Funktion von Fibroblasten und neutrophilen Granulozyten durch Glykolisierung   | Optimierung des Blutzuckerhaushaltes  |
| Hypothyroidismus                       | Reduzierte Kollagensynthese, dadurch Reduktion der Reißfestigkeit und Proliferationsphase   | Substitution von Schilddrüsenhormonen   |
| Alterung                               | Ineffizientere Inflammationsphase; verlangsamte Proliferation; Assoziation mit Begleiterkrankungen wie Diabetes Mellitus, periphere arterielle Verschlusskrankheit etc. | Spezialisierte Wundversorgung und -Pflege, internistische Optimierung der Begleiterkrankungen |
| Hypothermie                            | Periphere Vasokonstriktion mit Minderperfusion  | Wärmezufuhr   |
| Polytrauma, Sepsis, Multiorganversagen | Systemische Entzündungsreaktion mit überschießenden Entzündungsmediatoren; disseminierte intravasale Koagulation; Thrombose; Hypoperfusion durch Schock;                | Komplexe Intensivmedizinische Betreuung, Organersatzverfahren/-Transplantation                |

|                         |   |  |
|-------------------------|---|--|
|                         | Akkumulation von Stoffwechselendprodukten   |  |
| Mangelernährung         | Energiemangel, um den erforderlichen Metabolismus aufrecht zu halten; fehlende Mikronährstoffe für suffiziente Immunfunktion; eingeschränkte Kollagenproduktion | (parenterale) Ernährung  |
| Rauchen                 | 6-faches Risiko für Wundheilungsstörungen; Gewebhypoperfusion durch Vasokonstriktion; gehemmte Proliferation von Erythrozyten, Makrophagen, Fibroblasten        | Abstinenz  |
| Glukokortikoide         | Gehemmte Inflammation; Hemmung der Fibroblasten   | Optimierung Hormonhaushalt; perioperative Reduktion/Absetzen; Vitamin A Substitution                 |
| Radiatio, Chemotherapie | Gehemmte Proliferation; reduzierte Gewebssperfusion; Knochenmarkshemmung  | Wenn möglich Therapiepause bis zur gesicherten Wundheilung bzw. ausreichende Wartezeit vor Operation |

### **1.5.6 Extrinsische Einflussgrößen der Wundheilung**

Bei den extrinsischen Einflussgrößen handelt es sich um Faktoren, die durch die ärztliche Vorgehensweise und die vorhandene technische Ausstattung diktiert sind. Hierzu zählen die Operationsdauer, Schnittlänge, Antibiotikaphylaxe, chirurgische Asepsis, Raumauswahl und Klimatechnik des Operationssaals, Körpertemperatur des Patienten und Wundrandschutz (Diegelmann and Evans 2004, Cooper 2013, Kasuya and Tokura 2014, Maurer, Reuss et al. 2019).

### **1.6 Epidemiologie postoperativer Wundinfektionen**

Vor ca. 150 Jahren waren postoperative Wundinfektionen die Regel und führten in der präantibiotischen Ära zu einer Mortalität von bis zu 80 % (Altemeier 1982, Cooper 2013). Mit der Einführung der chirurgischen Asepsis durch das Engagement von Lister konnte die Zahl deutlich reduziert werden (Lister 1867, Muffly, Tizzano et al. 2011). Im Setting der modernen Chirurgie wird die Häufigkeit von postoperativen Wundinfektionen mit 12 – 16 % der nosokomialen Infektionen angegeben (Cooper 2013, Maurer, Reuss et al. 2019). Für das orthopädische Patientenkollektiv werden Zahlen um die 4 – 5 % publiziert (Smith, Sexton et al. 2010, Yilmaz, Blecher et al. 2018, Lemans, Wijdicks et al. 2019). Werden hierunter die Patienten betrachtet, die an der Wirbelsäule operiert wurden, schwankt die Häufigkeit für postoperative Wundinfektionen von 0,7 % - 19 % je nach Ausmaß der Operation (Fei, Li et al. 2016, Lemans, Wijdicks et al. 2019). Für dorsale Fusionen ab drei Höhen wird in der Literatur das Risiko mit 1,5 - 3,8 % angegeben (Fei, Li et al. 2016, Yilmaz, Blecher et al. 2018, Lemans, Wijdicks et al. 2019).

Wundinfektionen (engl. *surgical site infections, SSI*) werden international durch die CDC in drei Stadien unterteilt. Diese Einteilung ist auch in Deutschland gängig und wurde vom Nationalen Referenzzentrum zur Surveillance Nosokomialer Infektionen übernommen (KRINKO 2018). In der nachfolgenden Tabelle werden die einzelnen Stadien übersichtlich dargestellt. Da die ursprüngliche Klassifizierung auf Viszeralchirurgie konzipiert war, wird diese nach Bedarf an das jeweilige Fachgebiet adaptiert (Onyekwelu, Yakkanti et al. 2017).

Tabelle 4: Definition und Einteilung der postoperativen Wundinfektionen (Pearson, Lee et al. 1999, Onyekwelu, Yakkanti et al. 2017, Maurer, Reuss et al. 2019)

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <p>I Oberflächliche Wundinfektion</p> | <p>Infektion innerhalb von 30 Tagen postoperativ; Infektion beschränkt sich auf die Haut und Subkutis; mindestens eines der folgenden Kriterien ist erfüllt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eiteraustritt aus der Wunde</li> <li>- Erregernachweis aus einer steril gewonnenen Probe</li> <li>- Diagnose durch den Arzt</li> <li>- Rötung, Schwellung, Schmerzen und Indikation zur Eröffnung der Wunde durch den Chirurgen</li> </ul> |
| <p>II Tiefe Wundinfektion</p>         | <p>Infektion innerhalb von 30 Tagen postoperativ; Infektion reicht bis zur Faszie und mindestens eines der folgenden Kriterien ist erfüllt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eiteraustritt aus der Tiefe der Wunde</li> <li>- Nachweis eines Abszesses oder Infektmorphologie</li> <li>- Erregernachweis</li> <li>- Spontane Dehiszenz oder Wiedereröffnung durch den Chirurgen indiziert</li> </ul>                                     |

|   |   |
|---|---|
| <p>III Subfasziale-/Organbezogene Wundinfektion</p> | <p>Infektion innerhalb von 30 Tagen postoperativ; betrifft subfasziale Strukturen und das Zielgebiet der Operation und mindestens eines der folgenden Kriterien ist erfüllt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eiteraustritt aus einer Drainage im Operationsgebiet</li> <li>- Erregernachweis</li> <li>- Nachweis eines Abszesses oder sonstiger Hinweis auf einen Infekt in der körperlichen Untersuchung oder Bildgebung</li> </ul> |
|---|---|

## 1.7 Fragestellung

Mit dem Beginn der chirurgischen Asepsis im Jahre 1867 durch die Bestrebungen von Lord Lister und dem darauffolgenden Aufschwung der Chirurgie entstand ein neuer Industriezweig, der sich auf die Herstellung sterilen chirurgischen Nahtmaterials spezialisiert hat (Lister 1867, Artandi 1980, Muffly, Tizzano et al. 2011, Goel 2015). Mit der Entdeckung des synthetischen und resorbierbaren Nahtmaterials und der Kommerzialisierung von Metallclips und nicht-invasiver Wundverschlussstechniken wurde die Entwicklung auf diesem Gebiet vorangetrieben. Die Auswahl an Material und Methodik zum Wundverschluss ist seither sehr groß. Nichtsdestotrotz stellen postoperative Wundinfektionen nach wie vor ein verbreitetes Problem dar, wobei ca. 250.000 Patienten in Deutschland pro Jahr betroffen sind (Kappstein 2008, KRINKO 2018). Das heutige Verständnis zu Wundheilung offenbart, wie multifaktoriell die Prozesse ablaufen und wie störanfällig diese sind (Bischoff, Kinzl et al. 1999, Broughton, Janis et al. 2006, Velnar, Bailey et al. 2009, Sorg, Tilkorn et al. 2017, Wang, Huang et al. 2018).

Es gibt viele Studien, die das Auftreten von Wundinfektionen zwischen diversen Wundverschluss-Methoden untersuchen. Es konnte jedoch keine Studie identifiziert werden, die das Aufkommen von Wundinfektionen in der Wirbelsäulenchirurgie zwischen Klammernaht und Intrakutannaht vergleicht.

Ziel der Studie ist es deshalb, herauszufinden, inwiefern die Auswahl der Wundverschluss technik einen Einfluss auf das Vorkommen postoperativer Wundinfektionen und Wundheilungsstörungen hat. Es sollen folgende zwei zentrale Fragestellungen beantwortet werden:

1. Führt die Klammernaht zu einem gleichwertigen Ergebnis hinsichtlich der Zuverlässigkeit des Wundverschlusses und der Abwendung von postoperativen Wundinfektionen?
2. Bietet die Intrakutannaht das ansprechendere kosmetische Ergebnis gemessen an der Patient-Observer-Scar-Assessment-Scale?

## **2 Material und Methoden**

Im Folgenden sollen die für die Studie relevanten Materialien und Methoden vorgestellt werden. Dabei soll auch auf das Studiendesign sowie die Ein- und Ausschlusskriterien eingegangen werden. Ferner soll die Art der Datenerhebung und der statistischen Auswertung vorgestellt werden.

### **2.1 Studiendesign**

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine doppelblinde prospektive, randomisierte Studie. Weder der Patient noch das Operationsteam wussten im Vorfeld, welche Methodik des Wundverschlusses angewendet werden würde. Die angestrebte Fallzahl war nach Konsultation mit der Biometrikerin auf ca. 180 Patienten angesetzt, unter der Annahme der beschriebenen Wundinfektionen von 17 % bei Klammernaht und 4 % bei konventioneller Hautnaht für das orthopädischen Gesamtkollektiv, gemäß den Ergebnissen von Smith aus dem Jahre 2010 (Smith, Sexton et al. 2010). Patienten, die in der Zeit von Dezember 2019 bis Juni 2021 operiert wurden, wurden nach entsprechender Einwilligung eingeschlossen. Die Einwilligung zur Teilnahme an der Studie wurde im Rahmen der chirurgischen Aufklärung eingeholt.

Zur Einteilung in die Untersuchungsgruppen zogen die Patienten einen verschlossenen Umschlag aus einer Kiste. Dieser wurde der Akte beigelegt und erst zum Wundverschluss der Operation geöffnet. Der Umschlag enthielt die zufällige Einteilung in die Untersuchungsgruppe, sprich, ob eine Klammernaht oder eine Intrakutannaht zum Wundverschluss erfolgen würde. Die postoperativen Wundkontrollen an Tag 3 und am Entlassungstag wurden dokumentiert. Auffällige Wunden wurden je nach Schweregrad der Wundheilungsstörung oder -infektion in die Stadien I-III nach CDC unterteilt. Falls eine operative Wundrevision erforderlich war, wurden mikrobiologische Abstriche genommen.

Die Studie beinhaltete ein Follow-Up nach 12 Wochen postoperativ. Dies geschah im Rahmen einer ohnehin vorgesehenen klinisch-radiologischen Verlaufskontrolle in der Hochschulambulanz der die Studie durchführenden Klinik. Da

hierbei die kosmetische Bewertung beider Nahtverfahren vorgenommen wurde, wurden postoperativ revidierte Patienten ausgeschlossen.

Die Studie wurde nach eingehender Prüfung durch die Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der Karl-Eberhardt-Universität Tübingen bewilligt. Die Zulassung dieser Studie erfolgte am 29.01.2020, unter dem Zeichen 860/2019BO2. Konform zur Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) wurden personenbezogene Daten wie Name, Geburtsdatum oder Wohnsitz nicht erfasst.

## **2.2 Ein- und Ausschlusskriterien**

Voraussetzung zur Aufnahme an der Studie war die Erfüllung folgender Kriterien:

1. Unterschriebene Einwilligungserklärung nach ausführlicher Aufklärung
2. Patient/in geplant zur Operation mit offenem Zugang von dorsal an der Brust- oder Lendenwirbelsäule
3. Volljährigkeit (18 Jahre)

Falls eines der folgenden Kriterien auftrat, wurde der Proband von der Studie ausgeschlossen:

1. Operation aufgrund eines infektiösen oder entzündlichen Geschehens
2. Parallele Teilnahme an einer anderen Studie zur Prüfung von Pharmazeutika, biologischen Substanzen oder Medizinprodukten
3. Einnahme von immunmodulatorischer Medikation (TNF-alpha-Blocker, Leflunomid, Anakinra)
4. Stattgehabte Strahlentherapie im Operationsgebiet

Von der kosmetischen Evaluation 12 Wochen postoperativ wurden diejenigen Patienten ausgeschlossen, die zwischenzeitlich einer Revision bedurften. Gründe hierfür waren beispielsweise Rezidiv-Bandscheibenvorfälle, Dislokation von Implantaten oder Wundheilungsstörungen.

## **2.3 Follow-Up**

Im Rahmen der routinemäßigen Basisnachsorge erfolgte bei allen an der Wirbelsäule operierten Patienten eine klinische und radiologische Nachsorgeuntersuchung 12 Wochen postoperativ. Dabei wurde ein Fragebogen zur Bewertung des kosmetischen Ergebnisses und der Patientenzufriedenheit vom untersuchenden Arzt und vom Patienten ausgefüllt. Bei dieser Patient-Observer-Scar-Assessment-Scale (POSAS) (siehe Anhang 1) handelt es sich um ein validiertes Tool zur Beurteilung der o. g. Ergebnisse (Draaijers, Tempelman et al. 2004). Dabei umfasst dieser Fragebogen für den Beobachter (Arzt) die Kriterien Vaskularisation, Pigmentierung, Dicke, Relief, Geschmeidigkeit und Ausdehnung gemessen an der Abweichung zur normalen angrenzenden Haut von 1 (gar nicht) bis 10 (maximal). Für den Patienten werden oben genannte Kriterien abgewandelt angegeben, wobei der Fragebogen um die Frage nach Schmerzen, Juckreiz und allgemeiner Zufriedenheit mit der Narbe erweitert wird.

## **2.4 Nahtmethode**

Der Verschluss der Haut erfolgte gemäß zufällig ausgesuchtem Umschlag entweder mittels Klammernaht oder fortlaufender Intrakutannaht. Für die Klammernaht kam das klinikübliche Manipler® AZ Einweg-Klammernahtgerät der Firma B. Braun Melsungen GmbH & Co. KG mit Edelstahlklammern mit den Abmessungen 6,9 mm Breite und 3,6 mm Höhe zum Einsatz. In der folgenden Abbildung 5 ist das angewendete Klammernahtgerät aufgeführt. Die Klammern wurden in Abständen von 5-8 mm appliziert, wodurch ein suffizienter Wundverschluss erreicht wurde.

Hinsichtlich der Intrakutannaht wurde gemäß des Hausstandards ein resorbierbarer Faden verwendet, unter Belassen einer Fadenschleife zu Beginn und am Ende der Wunde. Bei längeren Wunden wurden mehrere Fäden, jedoch mit gleicher Technik, verwendet. Die folgenden Bilder illustrieren die angewendete Technik zur Intrakutannaht. Zum Einsatz kam der Monocryl®-Faden aus Poliglecapron in der Stärke 3-0 der Firma Ethicon, Johnson & Johnson Medical GmbH.



Abbildung 5: Klammernahtgerät Manipler AZ® von B. Braun Melsungen GmbH & Co. KG

## 2.5 Klinische Untersuchung

Im Zuge der routinemäßigen stationären Nachsorge erfolgte am dritten postoperativen Tag und am Entlassungstag eine Wundkontrolle durch den Stationsarzt während der Visite. Hierbei wurde für diese Studie das Aussehen der postoperativen Wunde dokumentiert und hinsichtlich des Vorhandenseins folgender klinischer Ausprägungen ermittelt:

1. Rötung
2. Schwellung
3. Sekretion
4. Dehiszenz

Bei Auftreten von Auffälligkeiten wurde die Wunde täglich überprüft und ggf. die Indikation zur Wundrevision nach fachärztlicher Rücksprache gestellt. Die Tiefe

der Wundinfektion wurde gemäß den Kriterien des CDC, adaptiert nach Onyekwelu, in I-III klassifiziert (Onyekwelu, Yakkanti et al. 2017).

Bei der klinischen Untersuchung 12 Wochen postoperativ wurden zur Homogenisierung der Beurteilung des kosmetischen Ergebnisses nur jene Patienten untersucht, die bis dato keine weiteren Eingriffe an der Wirbelsäule oder an der Wunde zu verzeichnen hatten. Bei dieser abschließenden Kontrolle kam der POSAS zum Einsatz, wie unter Kapitel 5.3 erläutert.

## **2.6 Weitere Parameter**

Um den Zusammenhang und Einfluss weiterer Co-Faktoren zu ermitteln, wurde bei den Probanden das Vorhandensein von weiteren relevanten Faktoren erfasst. Systematisch erfasst wurde bei allen Teilnehmern das Alter, das Geschlecht, der Body-Mass-Index (BMI), der Tabak-Konsum und ob ein Diabetes mellitus vorlag. Eine Operation aufgrund einer tumorassoziierten Pathologie wurde ebenfalls gesondert erfasst. Hierzu wurden die entsprechenden Daten aus unserem klinischen Informationssystem ISH von SAP retrospektiv entnommen. Ferner wurden die Operationsmethode, die Schnitt-Naht-Zeit, der Blutverlust und der ASA-Status erfasst, um das Ausmaß der Operation mit dem Auftreten von Wundauffälligkeiten zu korrelieren. Inkludierte Operationsmethoden waren dorsale Fusionen (DF) über ein oder mehrere Segmente, mit und ohne Einbringung eines Bandscheibeninterponates im Sinne eines TLIF (transforaminal lumbar interbody fusion); unterschneidende Dekompressionen (UD) und mikroskopisch assistierte Nukleotomien. Klassifiziert wurden diese in Kategorie 1 (UD oder Nukleotomien), 2 (kurzstreckige dorsale Fusionen über maximal zwei Höhen) und 3 (langstreckige dorsale Fusionen ab drei Höhen aufwärts).

## **2.7 Statistische Methoden**

Die erfassten Parameter wurden mittels Microsoft Excel (Versions 14.0.7, Microsoft Office 2010, Microsoft Redmond, WA, USA) tabellarisch erfasst und zur weiteren Analyse in SPSS (Version 25.0.0.1, IBM, Armonk, New York, USA) eingepflegt. Im Rahmen der vorliegenden Analysen wurden – je nach Fragestellung – die folgenden Kennwerte angegeben: Bei Häufigkeitsdaten waren dies absolute

und relative Häufigkeiten (%-Werte), bei metrischen Daten das arithmetische Mittel, als Maß für Variabilität die Standardabweichung, das Minimum und Maximum, die Fallzahl sowie die Perzentile (sofern nötig).

Es wurde eine Reihe statistischer Tests eingesetzt, um Unterschiede statistisch prüfen zu können. Zum Einsatz kamen nicht-parametrische Tests, nämlich der Fisher-Test, oder Rangtests wie der Mann-Whitney-U-Test oder die Rangvarianzanalyse. Bei diesen Tests muss nicht belegt werden, ob die Daten normalverteilt und die Varianzen homogen sind, verglichen mit parametrischen Varianzanalysen wie z. B. ANOVA. Um Zweigruppen-Unterschiede auf Signifikanz zu prüfen, wurde der Mann-Whitney-U-Test eingesetzt. Als Variante für Mehrgruppenunterschiede wurde die Rangvarianzanalyse nach Kruskal und Wallis eingesetzt. Mittels Chi<sup>2</sup>-Test und dem Fisher-Yates-Test wurden Unterschiede bei Häufigkeitsdaten geprüft. Im Falle von Häufigkeiten wurde ein Chi<sup>2</sup>-Test, bei geringer Fallzahl der Fisher-Yates-Test verwendet. Die deskriptiven statistischen Signifikanzen wurden mittels p-Werte gekennzeichnet. Im Falle von 2 Gruppen und stetigen Daten wurde als Effektstärke der Hodges-Lehmann-Shift Estimator angegeben. Mit diesen konnte das Ausmaß der Verschiebung zwischen den Gruppen inklusive des 95-%-Konfidenzbereichs demonstriert werden. Für Häufigkeitsdaten im Falle von 2-x-2-Tafeln wurde die Odds-Ratio angegeben, ebenfalls mit 95-%-Konfidenzintervall. Für alle Tests galt: p-Werte  $\leq 0.05$  verweisen stets auf einen explorativ signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.

Es erfolgte eine statistische Beratung bei Frau Inka Rösel vom Biometrischen Institut der Universität Tübingen.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Populationscharakteristika und Revisionsrate

Das Gesamtkollektiv betrug 221 Patienten. Hiervon waren 111 (50,2 %) mit Intrakutannaht (IKN) und 110 (49,8 %) mit Klammernaht (KN) operiert worden. Die Patienten waren im Schnitt 62.6 (SD 15.8) Jahre alt, wobei jene mit IKN 59.2 (SD 17.3) Jahre alt waren und jene mit KN 66 (SD 13.4) Jahre alt waren. Patienten mit der Klammernaht waren also im Schnitt 6 Jahre älter, was ein statistisch signifikanter Unterschied war ( $p = 0.005$ ). Der jüngste Patient war 18, der älteste 89. Die Geschlechterverteilung war gut ausgewogen mit 106 männlichen (48 %) und 115 weiblichen (52 %) Teilnehmern. Auch untersuchungsgruppenbezogen gab es keine statistisch signifikante geschlechtsspezifische Präferenz (IKN: 59 weiblich vs. 52 männlich; KN: 56 weiblich vs. 54 männlich). Der BMI lag im Durchschnitt bei  $28.2 \text{ Kg/m}^2$  (SD  $5.5 \text{ Kg/m}^2$ ), wobei er bei IKN mit  $27.5 \text{ Kg/m}^2$  (SD  $5.6 \text{ Kg/m}^2$ ) tendenziell etwas niedriger war als bei KN mit  $28.9 \text{ Kg/m}^2$ . Der Unterschied in den beiden Gruppen war statistisch nicht signifikant ( $p=0.105$ ). In Bezug auf den BMI wurde ferner geprüft, wie die Patienten auf die Gruppen Normalgewichtig, Übergewichtig und Adipös verteilt waren. Dabei waren 43 Patienten (31 %, 23 IKN, 20 KN) normalgewichtig, 49 Patienten (35 %, 26 IKN, 23 KN) übergewichtig (BMI  $25 - 29.9 \text{ Kg/m}^2$ ) und 48 Patienten (34 %, 18 IKN, 30 KN) adipös (BMI  $< 30 \text{ Kg/m}^2$ ). Der Unterschied war statistisch nicht signifikant ( $p=0.208$ ). Nikotinabusus als ein Risikofaktor für Wundheilungsstörungen wurde von 32 Patienten (32 %, 16 IKN, 16 KN) berichtet. Die untersuchungsgruppenbezogene Verteilung war statistisch nicht signifikant ( $p=0.782$ ). Ein weiterer Risikofaktor für Wundheilungsstörungen war Diabetes mellitus. Dieser lag bei 25 Patienten (10 IKN, 15 KN) vor. Die untersuchungsgruppenbezogene Verteilung war statistisch nicht signifikant ( $p=0.386$ ). Auch eine chemotherapeutische Behandlung wurde als potentieller Risikofaktor für Wundheilungsstörungen identifiziert. Insgesamt hatten 16 Patienten (12 %, 3 IKN, 13 KN) präoperativ einen bekannten Tumor. Der untersuchungsgruppenbezogene Unterschied war statistisch signifikant mit  $p=0.012$ .

Zur Bestimmung des allgemeinen Zustandes der Patienten wurde präoperativ der ASA-Score erhoben. Hierbei hatten 82 Patienten (59 %, 48 IKN, 34 KN) einen ASA-Score von bis zu 2 und 58 Patienten (41 %, 19 IKN, 39 KN) einen Score von  $\geq 3$ . Der untersuchungsgruppenbezogene Unterschied war statistisch signifikant mit  $p=0.003$ . Intraoperativ trat im Durchschnitt ein Blutverlust von 414 ml (SD 646ml) auf, ohne signifikante Differenz zwischen den Kollektiven (353ml IKN, 469ml KN). Die Revisionsrate aufgrund von Wundheilungsstörungen lag insgesamt bei 6 %, und war signifikant höher in der Klammernahtkohorte (IKN: 3 %, KN: 10 %,  $p = 0.026$ ). Bei 15 Patienten war eine Revision aus anderen Gründen notwendig. Eine Übersicht der Daten findet sich in Tabelle 5.

Tabelle 5: Beschreibung der Baseline, statistischer Test für Häufigkeiten: Chi<sup>2</sup>-Test (bei zu geringen Häufigkeiten: Fisher-Test), p-Werte  $\leq 0.05$  zeigen einen deskriptiv signifikanten Unterschied an, Test für kontinuierliche Daten (z. B. Alter): Mann-Whitney-U-Test; IKN = Intrakutannaht, KN = Klammernaht, BMI = *Body-mass-index*, ASA = *American Society of Anesthesiology*, WHS = Wundheilungsstörung, OR = Odds ratio.

|                          |                       | Gesamt      | IKN         | KN          |  |
|--------------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|--|
|                          |                       | 221         | 111         | 110         |  |
| Alter bei OP [Jahre]     | Alle Patienten        | 62,6 ± 15,8 | 59,2 ± 17,3 | 66,0 ± 13,4 | <b>p = 0.005</b>                             |
|                          | bis 60 Jahre          | 89 40 %     | 55 50 %     | 34 31 %     | <b>p = 0.005, OR = 2.195 [1.267; 3.803]</b>  |
|                          | ab 60 Jahre           | 132 60 %    | 56 50 %     | 76 69 %     |  |
| Geschlecht               | weiblich              | 115 52 %    | 59 53 %     | 56 51 %     | p = 0.738, OR = 1.094 [0.645; 1.855]         |
|                          | männlich              | 106 48 %    | 52 47 %     | 54 49 %     |  |
| BMI [kg/m <sup>2</sup> ] | Gesamt                | 28 ± 5,5    | 27 ± 5,6    | 29 ± 5,4    | p = 0.105                                    |
|                          | Norm (bis 25)         | 43 31 %     | 23 34 %     | 20 27 %     | p = 0.208                                    |
|                          | Übergewicht (25-29.9) | 49 35 %     | 26 39 %     | 23 32 %     |  |
|                          | Adiopsitas (ab 30)    | 48 34 %     | 18 27 %     | 30 41 %     |  |
| Nikotinabusus            | nein                  | 108 77 %    | 51 76 %     | 57 78 %     | p = 0.782, OR = 0.895 [0.406; 1.970]         |
|                          | ja                    | 32 23 %     | 16 24 %     | 16 22 %     |  |
| Diabetes Mellitus        | nein                  | 115 82 %    | 57 85 %     | 58 79 %     | p = 0.386, OR = 1.474 [0.612; 3.553]         |
|                          | ja                    | 25 18 %     | 10 15 %     | 15 21 %     |  |
| Blutverlust [ml]         |                       | 414 ± 646   | 353 ± 476   | 469 ± 768   | p = 0.955                                    |
| ASA                      | bis 2                 | 82 59 %     | 48 72 %     | 34 47 %     | <b>p = 0.003, OR = 2.898 [1.435; 5.851]</b>  |
|                          | ab 3                  | 58 41 %     | 19 28 %     | 39 53 %     |  |
| Tumor                    | nein                  | 123 88 %    | 64 96 %     | 59 82 %     | <b>p = 0.012, OR = 4.701 [1.276; 17.322]</b> |
|                          | ja                    | 16 12 %     | 3 4 %       | 13 18 %     |  |
| Revision bei WHS         | nein                  | 207 94 %    | 108 97 %    | 99 90 %     | <b>p = 0.026, OR = 4.000 [1.084; 14.757]</b> |
|                          | ja                    | 14 6 %      | 3 3 %       | 11 10 %     |  |
| Revision (andere Gründe) | nein                  | 206 93 %    | 102 92 %    | 104 95 %    | p = 0.433, OR = 0.654 [0.225; 1.903]         |
|                          | ja                    | 15 7 %      | 9 8 %       | 6 5 %       |  |

Im Hinblick auf die Verteilung des Operationsverfahrens zeigten sich 63 Nukleotomien oder unterschneidende Dekompressionen (28,5 %, 37 IKN, 26 KN), 61 kurzstreckige Fusionen (27,6 %, 31 IKN, 30 KN) sowie 97 langstreckige Fusionen

(43,9 %, 43 IKN, 54 KN). Die untersuchungsgruppenbezogene Distribution war nicht signifikant unterschiedlich. Die Verteilung der Nahtmethodik auf die jeweilige Operationskategorie ist in der nachfolgenden Tabelle 6 übersichtlich dargestellt.

Tabelle 6: Verteilung der Nahtmethodik auf die Operationskategorien. Statistischer Test für Häufigkeiten: Chi<sup>2</sup>-Test. UD = unterschneidende Dekompression; IKN = Intrakutannaht; KN = Klammernaht.

|                  |                      | IKN | KN  | Gesamt |         |
|------------------|----------------------|-----|-----|--------|---------|
| <b>Operation</b> | Nukleotomie / UD     | 37  | 26  | 63     | p=0,204 |
|                  | Kurzstreckige Fusion | 31  | 30  | 61     |         |
|                  | Langstreckige Fusion | 43  | 54  | 97     |         |
| <b>Gesamt</b>    |                      | 111 | 110 | 221    |         |

## 3.2 Auswertung POSAS

Zur subjektiven Beurteilung der Narbenverhältnisse in Abhängigkeit der Verschlusstechnik erfolgte eine Bewertung auf Basis der POSAS durch den Patienten (PP-Parameter) und durch den Beobachter (PB-Parameter).

### 3.2.1 Korrelationstestung

Zunächst soll der POSAS im Rahmen der Beurteilung von Narben an der Wirbelsäule evaluiert werden. Dazu wurde die Korrelation der Wundeinschätzung zwischen den Angaben des Beobachters (Arzt) und der Patienten untersucht. Hierfür verglichen wir mittels Spearman's Rangkorrelation jene Angaben miteinander, die inhaltlich ähnliche Aspekte der Narbe von jeweils dem Beobachter und dem Patienten erfragten. In diesem Zusammenhang wurde der PB-Parameter ‚Pigmentierung‘ mit dem PP-Parameter ‚Farbe‘ ( $p < 0.0001$ ), der PB-Parameter ‚Vaskularisierung‘ mit dem PP-Parameter ‚Farbe‘ ( $p < 0.0001$ ), der PB-Parameter ‚Dicke‘ jeweils mit dem PP-Parameter ‚Steifigkeit‘ ( $p < 0.0001$ ), ‚Dicke‘ ( $p < 0.0001$ ) und ‚Oberfläche‘ ( $p < 0.0001$ ) und der PB-Parameter ‚Relief‘ mit dem PP-Parameter ‚Oberfläche‘ ( $p < 0.0001$ ) miteinander verglichen. Weiterhin wurde der PB-Parameter ‚Geschmeidigkeit‘ jeweils mit dem PP-Parameter ‚Schmerz‘ und ‚Steifigkeit‘ miteinander verglichen. Schließlich wurde auch untersucht, ob die Gesamteindrücke ( $p < 0.0001$ ) und die Gesamtpunktzahl ( $p < 0.0001$ ) miteinander

korrelierten. Es zeigte sich in allen untersuchten Zusammenhängen eine signifikante Korrelation. Die nachfolgende **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** schlüsselt die Interkorrelation zwischen dem Beobachter und dem Patienten auf.

Tabelle 7: Interkorrelation von beobachterbezogenen POSAS-Parametern (PB-Parameter) und patientenbezogenen POSAS-Parametern (PP-Parameter) für ausgewählte, inhaltlich sinnvolle Zusammenhänge. Korrelationstestung mittels Spearman's Rang-Korrelation,  $p < 0.05$  zeigen signifikante Korrelation.

| Korrelationen<br>(Spearman's Rang-Korrelation)               |             |              |       |
|--|-------------|--------------|-------|
| PB in Korrelation mit PP                                     | Koeffizient | p-Wert       | Fälle |
| Pigmentierung (PB) in Korrelation mit Farbe (PP)             | 0.444       | $p < 0.0001$ | 177   |
| Vaskularisierung (PB) in Korrelation mit Farbe (PP)          | 0.484       | $p < 0.0001$ | 177   |
| Dicke (PB) in Korrelation mit Steifigkeit (PP)               | 0.402       | $p < 0.0001$ | 177   |
| Dicke (PB) in Korrelation mit Dicke (PP)                     | 0.449       | $p < 0.0001$ | 177   |
| Dicke (PB) in Korrelation mit Oberfläche (PP)                | 0.403       | $p < 0.0001$ | 177   |
| Relief (PB) in Korrelation mit Oberfläche (PP)               | 0.431       | $p < 0.0001$ | 177   |
| Geschmeidigkeit (PB) in Korrelation mit Schmerz (PP)         | 0.302       | $p < 0.0001$ | 177   |
| Geschmeidigkeit (PB) in Korrelation mit Steifigkeit (PP)     | 0.465       | $p < 0.0001$ | 177   |
| Gesamtpunktzahl (PB) in Korrelation mit Gesamtpunktzahl (PP) | 0.575       | $p < 0.0001$ | 176   |
| Gesamtergebnis (PB) in Korrelation mit Gesamtergebnis (PP)   | 0.604       | $p < 0.0001$ | 177   |

Zusammenfassend lässt sich eine sehr große Übereinstimmung der Narbeneinschätzung zwischen Arzt und Patient ermitteln.

### 3.2.2 Gruppenvergleich

Nachdem sich eine hohe Korrelation zwischen Patient und Beobachter gezeigt hatte, erfolgt nun ein Vergleich der beiden Gruppen IKN und KN. Die erfragten PP-Parameter waren ‚Schmerz‘ (IKN 2.1, KN 2.6,  $p=0.116$ ), ‚Juckreiz‘ (IKN 2.4, KN 2.9,  $p=0.145$ ), ‚Farbe‘ (IKN 3.3, KN 3.2,  $p=0.693$ ), ‚Steifigkeit‘ (IKN 2.8, KN 3.1,  $p=0.373$ ), ‚Dicke‘ (IKN 2.8, KN 3.0,  $p=0.452$ ), ‚Oberfläche‘ (IKN 3.1, KN 3.3,  $p=0.208$ ) und ‚Gesamteindruck‘ (IKN 3.1, KN 3.2,  $p=0.388$ ). Die Auswertung erfolgte mittels Mann-Whitney-U-Test. Das Gesamtergebnis war bei IKN 19.6 und KN 21.1. Statistisch signifikante Unterschiede fanden sich nicht. Die nachfolgende Tabelle 8 gibt hierzu eine übersichtliche Darstellung.

Die erfragten PB-Parameter waren ‚Pigmentierung‘ (IKN 2.8, KN 3.0,  $p=0.470$ ), ‚Vaskularisierung‘ (IKN 2.7, KN 2.9,  $p=0.840$ ), ‚Dicke‘ (IKN 2.4, KN 2.9,  $p=0.010$ ), ‚Relief‘ (IKN 2.7, KN 2.8,  $p=0.354$ ), ‚Geschmeidigkeit‘ (IKN 2.5, KN 2.8,  $p=0.374$ ), ‚Ausdehnung‘ (IKN 2.9, KN 3.2,  $p=0.338$ ) und ‚Gesamteindruck‘ (IKN 2.8, KN 3.0,  $p=0.258$ ). Das Gesamtergebnis war bei IKN 16.1 und KN 17.0. Demnach wurde die Narbe nach der KN vom Beobachter als signifikant dicker eingestuft als nach der IKN. Ansonsten fanden sich keine statistisch signifikanten Unterschiede. Die nachfolgende Tabelle 9 gibt hierzu eine übersichtliche Darstellung.

Tabelle 8: Durchschnitts- und Medianwerte des POSAS Patient (PP-Parameter), Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test,  $p$ -Werte  $\leq 0.05$  zeigen einen signifikanten Unterschied an (m = Mittelwert, sd = Standardabweichung, n = Anzahl der Fälle).

| PP_SCHM             | Gesamt<br>n = 221 |      |     | IKN<br>n = 111 |      |    | KN<br>n = 110 |      |    | Test        |
|---------------------|-------------------|------|-----|----------------|------|----|---------------|------|----|-------------|
|                     | m                 | sd   | n   | m              | sd   | n  | m             | sd   | n  |             |
| Schmerz             | 2,3               | 1,6  | 177 | 2,1            | 1,4  | 92 | 2,6           | 1,8  | 85 | $p = 0.116$ |
| Juckreiz            | 2,6               | 2,0  | 177 | 2,4            | 1,8  | 92 | 2,9           | 2,2  | 85 | $p = 0.145$ |
| Farbe               | 3,3               | 2,1  | 177 | 3,3            | 2,4  | 92 | 3,2           | 1,8  | 85 | $p = 0.693$ |
| Steifigkeit         | 2,9               | 1,7  | 177 | 2,8            | 1,7  | 92 | 3,1           | 1,8  | 85 | $p = 0.373$ |
| Dicke               | 2,9               | 1,9  | 177 | 2,8            | 2,0  | 92 | 3,0           | 1,8  | 85 | $p = 0.452$ |
| Oberfläche          | 3,2               | 2,0  | 177 | 3,1            | 2,2  | 92 | 3,3           | 1,9  | 85 | $p = 0.208$ |
| Gesamteindruck (PP) | 3,1               | 1,9  | 177 | 3,1            | 2,1  | 92 | 3,2           | 1,8  | 85 | $p = 0.388$ |
| Ergebnis (PP)       | 20,3              | 10,6 | 177 | 19,6           | 10,4 | 92 | 21,1          | 10,7 | 85 | $p = 0.342$ |

Tabelle 9: Durchschnitts- und Medianwerte des POSAS Beobachter (PB-Parameter), Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test,  $p$ -Werte  $\leq 0.05$  zeigen einen signifikanten Unterschied an (m = Mittelwert, sd = Standardabweichung, n = Anzahl der Fälle).

| PB_PIG          | Gesamt<br>n = 221 |      |     | IKN<br>n = 111 |      |     | KN<br>n = 110 |      |     | Test        |
|-----------------|-------------------|------|-----|----------------|------|-----|---------------|------|-----|-------------|
|                 | m                 | sd   | n   | m              | sd   | n   | m             | sd   | n   |             |
| Pigmentierung   | 2,9               | 1,6  | 177 | 2,8            | 1,5  | 92  | 3,0           | 1,8  | 85  | $p = 0.470$ |
| Vaskularisation | 2,8               | 1,5  | 177 | 2,7            | 1,3  | 92  | 2,9           | 1,8  | 85  | $p = 0.840$ |
| Dicke           | 2,6               | 1,6  | 177 | 2,4            | 1,5  | 92  | 2,9           | 1,6  | 85  | $p = 0.010$ |
| Relief          | 2,7               | 1,7  | 177 | 2,7            | 1,7  | 92  | 2,8           | 1,7  | 85  | $p = 0.354$ |
| Geschmeidigkeit | 2,6               | 1,5  | 177 | 2,5            | 1,4  | 92  | 2,8           | 1,7  | 85  | $p = 0.374$ |
| Ausdehnung      | 3,0               | 2,1  | 177 | 2,9            | 2,1  | 92  | 3,2           | 2,2  | 85  | $p = 0.338$ |
| Gesamt          | 2,9               | 1,5  | 176 | 2,8            | 1,4  | 91  | 3,0           | 1,5  | 85  | $p = 0.258$ |
| Ergebnis (PB)   | 16,6              | 11,4 | 210 | 16,1           | 10,5 | 107 | 17,0          | 12,3 | 103 | $p = 0.694$ |

## 4 Diskussion

Die vorliegende Untersuchung befasst sich mit zwei zentralen Fragestellungen hinsichtlich der Wahl der Nahttechnik bei operativen Eingriffen. Erstens wurde untersucht, ob die Klammernaht im Vergleich zur Intrakutannaht eine gleichwertige Zuverlässigkeit im Wundverschluss bot und inwieweit postoperative Wundinfektionen durch die jeweilige Technik verhindert werden konnten. Zweitens wurde geprüft, ob die Intrakutannaht ein ästhetisch ansprechenderes kosmetisches Ergebnis gemessen am POSAS, welches sowohl die subjektive Einschätzung der Patienten als auch die objektive Bewertung durch Beobachter erfasst, lieferte. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollten Aufschluss darüber geben, welche der beiden Nahtmethoden unter Berücksichtigung von Funktionalität und ästhetischem Outcome für welche Bevölkerungsgruppe vorteilhafter sein könnten.

Die Wahl der Nahttechnik ist von erheblicher klinischer Bedeutung, da sie sowohl den Heilungsverlauf als auch das kosmetische Ergebnis und das Risiko postoperativer Komplikationen beeinflusst. So haben mehrere Studien ergeben, dass die KN im Vergleich zur IKN ein höheres Risiko für postoperative Wundinfektionen und Komplikationen birgt. Beispielsweise fand eine Meta-Analyse für orthopädische Eingriffe heraus, dass die Klammernaht das postoperative Infektionsrisiko signifikant erhöht (Relative Risk 3,83) (Smith, Sexton et al. 2010). Ähnliche Ergebnisse wurden auch bei abdominalen und kardiologischen Eingriffen erzielt, wo Klammern mit einer höheren Rate an Wundkomplikationen und Infektionen assoziiert sind (Figuroa, Jauk et al. 2013, Maurer, Reuss et al. 2019). In Bezug auf das kosmetische Ergebnis ergaben Studien, dass die IKN in den meisten Fällen ästhetisch ansprechender ist, insbesondere im Langzeitverlauf. In einer Meta-Analyse zeigte sich, dass Patienten, deren Wunden mit IKN verschlossen wurden, zufriedener mit den ästhetischen Ergebnissen waren, insbesondere nach 6-12 Monaten, während im direkten Vergleich kurzfristig keine signifikanten Unterschiede zu erkennen waren (Wang, Hong et al. 2016). Es liegt daher nahe, dass die IKN sowohl in Bezug auf die Wundheilung als auch das kosmetische Ergebnis vorteilhafter ist, insbesondere bei Patienten mit erhöhtem Risiko für

Wundinfektionen. Die KN könnte aufgrund der schnelleren Verschlusszeit in bestimmten Situationen weiterhin eine Rolle spielen, ist jedoch mit einem höheren Risiko für Komplikationen verbunden. Daher sollen im Folgenden nun unsere Ergebnisse vor dem Hintergrund der bestehenden Literatur diskutiert werden.

#### **4.1 Wundrevisionen**

Die vorliegende Studie zeigt eine signifikant höhere Revisionsrate bei der Verwendung von KN im Vergleich zur IKN (KN: 10 %, IKN: 3 %,  $p = 0.026$ ). Diese Unterschiede lassen sich durch mehrere Faktoren erklären, insbesondere durch die mechanische Belastung, die Klammern auf die Haut ausüben. Klammern erzeugen stärkeren Druck an den Wundrändern, was das Risiko für Wunddehiszenzen und Infektionen erhöht. Johnson et al. (1997) unterstützten diese Beobachtung und fanden eine signifikant höhere Komplikationsrate bei Klammern im Vergleich zu IKN. In ihrer Studie waren Wunddrainage, Erythem und Wunddehiszenzen in der Klammergruppe deutlich häufiger, was auf die mechanische Natur der KN zurückzuführen ist (Johnson, Cohn et al. 1997). Ein weiterer wichtiger Aspekt, der die höhere Revisionsrate erklären könnte, ist die unterschiedliche Heilungsdynamik bei KN und IKN. Maurer et al. (2019) fanden in einer prospektiven Studie zu gastrointestinalen Eingriffen, dass die KN zwar bei oberflächlichen Wundinfektionen keinen signifikanten Unterschied zur IKN zeigte, aber deutlich häufiger zu Wunddehiszenz führte, was letztendlich die Notwendigkeit von Revisionen erhöhte (Maurer, Reuss et al. 2019). Kontroverse Ergebnisse finden sich jedoch in anderen chirurgischen Disziplinen, wo die KN als ebenso effektiv oder in einigen Aspekten gar als vorteilhaft beschrieben wird. Beispielsweise zeigte eine Studie von Kuroki et al. (2017) bei adipösen gynäkologischen Patientinnen, dass die Wundkomplikatonsraten bei Verwendung von KN und IKN vergleichbar waren, wobei Klammern jedoch eine kürzere Verschlusszeit aufwiesen. In dieser Studie ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf Wundinfektionen, was darauf hindeutet, dass Klammern unter bestimmten Umständen genauso effektiv sein können wie IKN (Kuroki, Mullen et al. 2017). Darüber hinaus fand eine Meta-Analyse von Qin et al. (2021) zur Verwendung von KN und IKN bei abdominalen Eingriffen keinen signifikanten Unterschied in der

Rate von postoperativen Wundinfektionen. Die Wahl der Nahttechnik hat also möglicherweise weniger Einfluss auf die Infektionsrate als bisher angenommen. Die Meta-Analyse zeigte jedoch auch, dass Klammern zu einer kürzeren Operationszeit führten, was in bestimmten Fällen von Vorteil sein könnte (Qin, Li et al. 2021). Lehtonen et al. untersuchten indes auch in orthopädischen Eingriffen den Effekt der KN und IKN auf den postoperativen Verlauf und fanden auch hier keinen nennenswerten Unterschied im Outcome (Lehtonen, Patel et al. 2018).

Die Zusammensetzung der Patientengruppen könnte ebenfalls eine wesentliche Rolle bei der Interpretation der Ergebnisse spielen. In der vorliegenden Studie waren die Patienten, die mit KN operiert wurden, tendenziell älter und hatten einen höheren ASA-Score, was ihre Anfälligkeit für Wundheilungsstörungen und postoperative Komplikationen insgesamt erhöhen könnte, was bei älteren Patienten aufgrund von Komorbiditäten wie Diabetes oder kardiovaskulären Erkrankungen verstärkt werden könnte. Diese Faktoren könnten eine Erklärung für die höhere Revisionsrate in der Klammergruppe sein. Studien unterstützen diese Beobachtungen und betonen, dass Patienteneigenschaften, insbesondere Alter und Komorbiditäten, die Ergebnisse der Wundheilung erheblich beeinflussen können. Johnson et al. (1997) beschrieben zu Wundkomplikationen nach kardiovaskulären Eingriffen, dass bei älteren Patienten mit höherem ASA-Score häufiger Wundheilungsstörungen auftraten, unabhängig von der verwendeten Nahttechnik (Johnson, Cohn et al. 1997). In solchen Fällen könnten Klammern aufgrund der schnelleren Wundverschlusszeit eine bevorzugte Wahl sein, da sie die Dauer des Eingriffs verkürzen und dadurch das Operationsrisiko bei Hochrisikopatienten minimieren könnten. Auf der anderen Seite gibt es auch Studien, die kontroverse Ergebnisse in Bezug auf den Einfluss der Patientenzusammensetzung auf Wundheilungsstörungen liefern. Kuroki et al. (2017) zeigten, dass obwohl die gynäkologischen Patientinnen in der Klammergruppe einen höheren BMI aufwiesen und älter waren, es keinen signifikanten Unterschied in den Wundkomplikationsraten zwischen den beiden Gruppen gab (Kuroki, Mullen et al. 2017). Auch Qin et al. (2021) stellten fest, dass die Inzidenz von Wundinfektionen nach abdominalen Operationen bei verschiedenen Nahttechniken ähnlich war, unabhängig von den Patienteneigenschaften wie Alter oder Komorbiditäten. Diese

Ergebnisse legen nahe, dass die Entscheidung für eine Nahttechnik nicht allein aufgrund der Patientenzusammensetzung getroffen werden sollte, sondern von weiteren Faktoren wie der Operationsart und der individuellen Heilungsdynamik abhängig ist (Qin, Li et al. 2021).

Insgesamt unterstützen die Ergebnisse die Erkenntnisse aus der Literatur, dass die KN im Vergleich zur IKN mit höheren Komplikations- und Revisionsraten verbunden ist. Dies legt nahe, dass die IKN in vielen Fällen eine sicherere und effektivere Methode zur Wundverschlusstechnik darstellt, jedoch die Operationszeit dezent verlängert.

## **4.2 Kosmetisches Ergebnis: Die POSAS-Auswertung**

In der vorliegenden Studie wurde das kosmetische Ergebnis anhand der POSAS sowohl von den Patienten (PP) als auch von Beobachtern (PB) bewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass die IKN im Vergleich zur KN tendenziell zu besseren kosmetischen Ergebnissen führt. Signifikante Unterschiede zeigten sich allerdings kaum. Lediglich bei der Dicke der Narbe wurden signifikante Vorteile für die IKN festgestellt, vor allem bei der kosmetischen Beurteilung durch den Beobachter ( $p = 0,010$ ). Bei der Patientenbewertung waren die Unterschiede weniger ausgeprägt.

Zahlreiche Studien, die verschiedene Nahttechniken verglichen, bestätigten diese Tendenz und zeigten, dass IKN häufig ästhetisch überlegen waren. Eine prospektive Studie von Koskela et al. (2014), die sich mit Hautverschlüssen nach Appendektomien befasste, zeigte, dass Patienten mit IKN sowohl objektiv (durch Beobachter) als auch subjektiv (durch Patienten) bessere Ergebnisse erzielten. Diese Unterschiede spiegelten sich in signifikant niedrigeren POSAS-Werten wider, sowohl im Hinblick auf die Narbendicke als auch die allgemeine Narbenästhetik (Koskela, Kotaluoto et al. 2014). Andere Studien haben das Outcome vor allem nach Kaiserschnitten untersucht. Alle Studien fanden eine Überlegenheit der IKN gegenüber der KN in Bezug auf die subjektive und objektive Zufriedenheit mit den Narbenverhältnissen (Mackeen, Schuster et al. 2015, Wang, Hong et al. 2016, Fleisher, Khalifeh et al. 2019). De facto konnte keine Studie gefunden

werden, die in Bezug auf die kosmetische Bewertung einen Vorteil der KN gegenüber der IKN sah. Eine randomisierte Studie von Liu et al. (2017) fand indes, dass bei dem Vergleich der IKN mit der Einzelknopfnah in der Gesichtschirurgie keine signifikanten Unterschiede zwischen den kosmetischen Ergebnissen nach einem Jahr sichtbar waren (Liu, Nelemans et al. 2017). Solche Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Wahl der Nahttechnik nicht in allen Fällen einen signifikanten Einfluss auf das kosmetische Ergebnis haben muss, jedoch die KN in allen bekannten Fällen aus kosmetischer Sicht der IKN unterlegen ist.

### **4.3 Einflussfaktoren auf das Kosmetische Ergebnis**

Mehrere Faktoren können das kosmetische Ergebnis nach einer Operation beeinflussen, darunter die Altersspanne der Patienten, der Operationstyp und individuelle Heilungsdynamiken. Ältere Patienten neigen aufgrund biologischer Veränderungen wie einer reduzierten Hautelastizität, einer verminderten Kollagenproduktion und einer generell langsameren Wundheilung dazu, schlechtere kosmetische Ergebnisse zu erzielen. Die verminderte Fähigkeit der Haut, sich nach einer Operation zu regenerieren, kann zu einer erhöhten Narbendicke und zu hypertrophen Narben führen, was die ästhetische Qualität des Narbenergebnisses verschlechtert. Diese altersbedingten Faktoren spielen in der postoperativen Narbenbildung eine wichtige Rolle. In der vorliegenden Studie war die Patientengruppe, die mit KN behandelt wurde, tendenziell älter, was möglicherweise die schlechteren kosmetischen Ergebnisse in dieser Gruppe erklären könnte, da Klammern oft eine stärkere mechanische Belastung auf die Wundränder ausüben. Dies kann zu einer erhöhten Spannung an den Wundrändern führen, was die Wundheilung beeinträchtigt und das Risiko für hypertrophe Narbenbildung erhöht (Johnson, Cohn et al. 1997).

Darüber hinaus können unterschiedliche Heilungsverläufe das kosmetische Ergebnis beeinflussen. Neben älteren Patienten sind Patienten mit bestimmten Vorerkrankungen wie Diabetes mellitus oder Adipositas anfälliger für Wundheilungsstörungen und können eine längere Heilungsphase durchlaufen, was wiederum das Risiko für hypertrophe Narbenbildung erhöht (Streeter 2006, Ackermann and Hart 2013, Raikundalia, Fang et al. 2016).

Ein weiterer Einflussfaktor ist der Operationstyp. Eingriffe, bei denen die Wundränder unter Spannung stehen, wie beispielsweise bei abdominalen oder orthopädischen Operationen, können durch die mechanische Belastung der Klammern eine schlechtere Heilung und Narbenbildung erfahren. Kuroki et al. (2017) zeigten, dass bei adipösen gynäkologischen Patientinnen, die über einen vertikalen Mittellinienschnitt operiert wurden, die Klammernaht mit einer höheren Rate an Wundkomplikationen und schlechteren kosmetischen Ergebnissen assoziiert war. Diese Studie verdeutlichte, dass bei größeren Operationen oder solchen mit erhöhter Wundspannung die Wahl der Nahttechnik das ästhetische Ergebnis beeinflussen kann (Kuroki, Mullen et al. 2017).

#### **4.4 Limitationen der Studie**

Die vorliegende Studie weist mehrere Limitationen auf, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden sollten. Eine der bedeutendsten Einschränkungen ist die eingeschränkte Generalisierbarkeit der Ergebnisse, da die Studie ausschließlich an Patienten durchgeführt wurde, die an der Brust- oder Lendenwirbelsäule operiert wurden. Die spezifischen Wundtypen und Hautspannungen, die in diesen Bereichen auftreten, sind möglicherweise nicht repräsentativ für andere chirurgische Disziplinen, wie zum Beispiel die Gesichtschirurgie oder minimal-invasive Eingriffe. Eine Ausweitung auf weitere chirurgische Bereiche wäre notwendig, um die Ergebnisse breiter zu validieren.

Ein weiterer limitierender Faktor betrifft die Altersverteilung der Patientengruppen. Die Gruppe, die mit KN behandelt wurde, war signifikant älter als die Gruppe mit IKN und hatte tendenziell einen höheren ASA-Score. Ältere Patienten haben aufgrund von altersbedingten Veränderungen wie verminderter Hautelastizität, langsamerer Wundheilung und einer höheren Wahrscheinlichkeit für Komorbiditäten generell ein erhöhtes Risiko für Wundheilungsstörungen (Streeter 2006). Diese Unterschiede im Altersprofil könnten die schlechteren kosmetischen Ergebnisse und die höhere Revisionsrate in der KN-Gruppe erklären und so das generelle Outcome der KN fälschlich schlechter darstellen. Der Einfluss von Komorbiditäten ist in diesem Zusammenhang eine weitere Limitation. Obwohl Vorerkrankungen wie Diabetes mellitus und Adipositas erfasst wurden, wurden

sie in der vorliegenden Studie nicht explizit als Störfaktoren ausgeschlossen. Diabetes ist ein bekannter Risikofaktor für eine verzögerte Wundheilung und ein erhöhtes Infektionsrisiko (Ackermann and Hart 2013). Auch der tendenziell höhere ASA-Score in der Gruppe der KN könnte zu einem schlechteren Outcome beigetragen haben.

Ein weiterer limitierender Faktor ist der relativ kurze Follow-up-Zeitraum von 12 Wochen. Während dieser Zeitraum ausreichend ist, um frühe Wundheilungsstörungen und kosmetische Ergebnisse zu beurteilen, könnten langfristige Narbenveränderungen, wie hypertrophe Narben oder Narbenretraktionen, erst nach mehreren Monaten oder Jahren sichtbar werden. Langfristige Studien sind notwendig, um die kosmetischen Ergebnisse und Komplikationen im Langzeitverlauf zu bewerten (Wang, Hong et al. 2016).

Die Bewertung der Narbenästhetik durch Patienten und Beobachter mittels des POSAS-Scores ist letztlich bis zu einem gewissen Grad subjektiv. Obwohl der POSAS als validiertes Instrument weithin anerkannt ist, könnten Unterschiede in den ästhetischen Ansprüchen und Erwartungen der Patienten die Ergebnisse beeinflussen. Zudem könnte die Bewertung durch verschiedene Beobachter variieren.

Ein weiterer Punkt betrifft die Unterschiede in der Nahttechnik innerhalb der IKN-Gruppe. In Fällen mit längeren Wunden wurden mehrere Fäden verwendet, was die Ergebnisse beeinflusst haben könnte. Übergänge zwischen den Fäden könnten an der Haut sichtbare Unterschiede hinterlassen und somit das kosmetische Ergebnis beeinträchtigen. Innerhalb der IKN-Gruppe wurde in der vorliegenden Studie hierauf keine Rücksicht genommen. Eventuell hätten sich bei Berücksichtigung dieses Aspektes mehr signifikante Unterschiede zwischen KN und IKN gefunden. Die postoperative Wundpflege war zudem nicht standardisiert. Unterschiede in der Wundversorgung, wie die Art der Verbände oder der Einsatz von Antibiotika, könnten das Risiko für Wundinfektionen beeinflusst haben. Schließlich ist zu erwähnen, dass es sich um eine Einzelzentrum-Studie handelt, was die Generalisierbarkeit der Ergebnisse einschränkt.

## 4.5 Schlussfolgerung

Die hier dargestellte Studie zeigt, dass die Anzahl an chirurgisch interventionsbedürftigen Wundheilungsstörungen bei der KN signifikant höher ist, verglichen mit der IKN. Eine Gleichwertigkeit dieser Wundverschlussmethode hinsichtlich der Abwendung von postoperativen Wundheilungsstörungen und Wundinfektion kann daher nicht angenommen werden. Insbesondere Patienten mit Tumorerkrankungen erzielten ein signifikant höheres Risiko für postoperative Wundheilungsstörungen. Patienteneigene Risikofaktoren wie BMI, Rauchen und Diabetes mellitus spielten in dieser Studie keine signifikante Rolle für die Entstehung von Wundheilungsstörungen. Biologische Faktoren sollten demnach nicht überbewertet werden.

Das kosmetische Ergebnis war bei der IKN ebenfalls signifikant besser, gemessen am POSAS, jedoch nur im Aspekt der Narbendicke und nur im Auge des Beobachters. Bei Patienten mit hoher Erwartung an die Kosmesis kann diese Wundverschlussmethode gegebenenfalls bevorzugt in Betracht gezogen werden. Jedoch darf bei all diese Betrachtungen nicht außer Acht gelassen werden, dass der Stellenwert der Kosmesis bei einem Eingriff am Rücken nicht zwangsläufig im Vordergrund steht. Vor allem bei älteren Patienten sowie bei Patienten mit einem höheren ASA-Score ist jede Minute, die man an Narkose sparen kann, potenziell maßgeblich für das unmittelbare anästhesiologische Outcome. Die Anwendung von KN führt vor allem bei größeren Wunden zu einer nennenswerten Ersparnis an Zeit, was entsprechend mit einer kürzeren Narkose einhergeht. Daher sollte auf Basis der individuellen Situation des Patienten ggf. der KN der Vorzug gewährt werden.

## 5 Zusammenfassung

Diese randomisierte, prospektive Studie vergleicht zwei Methoden des Wundverschlusses – die Intrakutannaht (IKN) und die Klammernaht (KN) – in der Wirbelsäulen Chirurgie. Der Wundverschluss spielt eine entscheidende Rolle für die postoperative Heilung und das Risiko von Komplikationen, insbesondere in komplexen anatomischen Bereichen wie der Wirbelsäule. Ziel der Studie ist es, die Effektivität, Sicherheit und das kosmetische Ergebnis beider Nahttechniken zu bewerten. Im Fokus stehen dabei zwei zentrale Fragestellungen: Erstens, ob die Klammernaht hinsichtlich Zuverlässigkeit und Infektionsrisiko mit der Intrakutannaht vergleichbar ist. Zweitens, ob die Intrakutannaht zu einem ästhetisch ansprechenderen Ergebnis führt, gemessen an der Patient-Observer-Scar-Assessment-Scale (POSAS).

In die Studie wurden 221 Patienten mit einem offenen dorsalen Zugang an der Brust- oder Lendenwirbelsäule eingeschlossen, davon 111 Patienten mit Intrakutannaht und 110 Patienten mit Klammernaht. Infektiöse Operationen sowie immunsupprimierte Patienten wurden ausgeschlossen. Die Zuteilung der Nahttechnik erfolgte zufällig, und die Nachsorge wurde am dritten postoperativen Tag sowie nach 12 Wochen durchgeführt. Das kosmetische Ergebnis wurde mithilfe des POSAS bewertet. Erfasst wurden zudem patientenspezifische Daten wie Alter, Body-Mass-Index (BMI) und Diabetesstatus. Die statistische Analyse erfolgte unter Einsatz non-parametrischer Tests, wobei p-Werte  $< 0,05$  als signifikant galten.

Die Analyse zeigte, dass die durchschnittliche Revisionsrate bei der Klammernaht signifikant höher war (10 % vs. 3 %,  $p = 0,026$ ). Zudem waren die Patienten in der KN-Gruppe im Schnitt älter, was die höhere Komplikationsrate beeinflussen könnte ( $p = 0,005$ ). Die POSAS-Auswertung ergab keine signifikanten Unterschiede in den patientenbezogenen Parametern wie Schmerz und Juckreiz. Jedoch wurde die Narbe nach Klammernaht von Beobachtern als signifikant dicker eingeschätzt ( $p = 0,010$ ). Eine signifikante Korrelation zwischen den Einschätzungen der Patienten und der Beobachter bestand insbesondere bei Pigmentierung, Vaskularisierung und Dicke der Narbe ( $p < 0,0001$ ).

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Intrakutannaht der Klammernaht überlegen ist: Sie führte zu weniger Wundheilungsstörungen und besseren kosmetischen Ergebnissen, insbesondere in Bezug auf die Narbendicke. Allerdings bleibt die Klammernaht aufgrund ihrer schnelleren Verschlusszeit in zeitkritischen Situationen und bei älteren Patienten eine mögliche Option. Die Studie empfiehlt daher, die Wahl der Nahttechnik an die individuellen Bedürfnisse und Risikofaktoren der Patienten anzupassen, um optimale Ergebnisse in der Wirbelsäulenchirurgie zu erzielen.

## 6 Literaturverzeichnis

### Uncategorized References

- Ackermann, P. W. and D. A. Hart (2013). "Influence of comorbidities: neuropathy, vasculopathy, and diabetes on healing response quality." Advances in wound care **2**(8): 410-421.
- Altemeier, W. (1982). "Sepsis in surgery." Obstetrical & Gynecological Survey **37**(7): 467-468.
- Annis, D. (1973). "A sterile 'Use-Once' clip applicator for skin closure." British Journal of Surgery **60**(9): 686-688.
- Artandi, C. (1980). "A revolution in sutures." Surg Gynecol Obstet **150**(2): 235-236.
- Atkinson, J.-A. M., K. T. McKenna, A. G. Barnett, D. J. McGrath and M. Rudd (2005). "A Randomized, Controlled Trial to Determine the Efficacy of Paper Tape in Preventing Hypertrophic Scar Formation in Surgical Incisions that Traverse Langer's Skin Tension Lines." Plastic and Reconstructive Surgery **116**(6): 1648-1656.
- Atkinson, J. A., K. T. McKenna, A. G. Barnett, D. J. McGrath and M. Rudd (2005). "A randomized, controlled trial to determine the efficacy of paper tape in preventing hypertrophic scar formation in surgical incisions that traverse Langer's skin tension lines." Plast Reconstr Surg **116**(6): 1648-1656; discussion 1657-1648.
- Augustin, E. (1952). "Beitrag zum Verhalten von Supramid als Nahtmaterial im Gewebe1." Dtsch Med Wochenschr **77**(16): 503-504.
- Bischoff, M., L. Kinzl and A. Schmelz (1999). "[The complicated wound]." Unfallchirurg **102**(10): 797-804.
- Böstman, O. (1991). "Absorbable implants for the fixation of fractures." JBJS **73**(1): 148-153.
- Brickman, K. R. and R. W. Lambert (1989). "Evaluation of skin stapling for wound closure in the emergency department." Annals of Emergency Medicine **18**(10): 1122-1125.
- Broughton, G., 2nd, J. E. Janis and C. E. Attinger (2006). "Wound healing: an overview." Plast Reconstr Surg **117**(7 Suppl): 1e-S-32e-S.
- Byrne, M. and A. Aly (2019). "The Surgical Suture." Aesthet Surg J **39**(Suppl\_2): S67-s72.
- Cerdá, D. G., A. M. Ballester, A. Aliena-Valero, A. Carabén-Redaño and J. M. Lloris (2015). "Use of cyanoacrylate adhesives in general surgery." Surgery today **45**(8): 939-956.
- Chu, C.-C., J. A. von Fraunhofer and H. P. Greisler (2018). Wound closure biomaterials and devices, CRC Press.
- Chu, C. C. (2013). 11 - Materials for absorbable and nonabsorbable surgical sutures. Biotextiles as Medical Implants. M. W. King, B. S. Gupta and R. Guidoin, Woodhead Publishing: 275-334.
- Cooper, R. A. (2013). "Surgical site infections: epidemiology and microbiological aspects in trauma and orthopaedic surgery." Int Wound J **10** Suppl 1(Suppl 1): 3-8.
- Corr, D. T. and D. A. Hart (2013). "Biomechanics of Scar Tissue and Uninjured Skin." Advances in wound care **2**(2): 37-43.
- Diegelmann, R. F. and M. C. Evans (2004). "Wound healing: an overview of acute, fibrotic and delayed healing." Front biosci **9**(1): 283-289.
- Draaijers, L. J., F. R. Tempelman, Y. A. Botman, W. E. Tuinebreijer, E. Middelkoop, R. W. Kreis and P. P. van Zuijlen (2004). "The patient and observer scar assessment scale: a reliable and feasible tool for scar evaluation." Plast Reconstr Surg **113**(7): 1960-1965; discussion 1966-1967.
- Edlich, R., D. B. Drake, G. T. Rodeheaver, K. L. Winters, J. A. Greene, W. B. Long III, L. Britt, S. P. Winters, C. C. Scott and K. Y. Lin (2006). "Syneture™ Stainless STEEL Suture. A Collective Review of Its Performance in Surgical Wound Closure." Journal of long-term effects of medical implants **16**(1).
- Edwards, G. (1940). Philip Syng Physick, 1768—1837, SAGE Publications.

Fei, Q., J. Li, J. Lin, D. Li, B. Wang, H. Meng, Q. Wang, N. Su and Y. Yang (2016). "Risk Factors for Surgical Site Infection After Spinal Surgery: A Meta-Analysis." World Neurosurg **95**: 507-515.

Figueroa, D., V. C. Jauk, J. M. Szychowski, R. Garner, J. R. Biggio, W. W. Andrews, J. Hauth and A. T. Tita (2013). "Surgical staples compared with subcuticular suture for skin closure after cesarean delivery: a randomized controlled trial." Obstetrics & Gynecology **121**(1): 33-38.

Fisher, L. B. and H. I. Maibach (1972). "The effect of occlusive and semipermeable dressings on the mitotic activity of normal and wounded human epidermis." Br J Dermatol **86**(6): 593-600.

Fleisher, J., A. Khalifeh, C. Pettker, V. Berghella, N. Dabbish and A. D. Mackeen (2019). "Patient satisfaction and cosmetic outcome in a randomized study of cesarean skin closure." The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine **32**(22): 3830-3835.

Flury, M. (2002). "Die Entwicklung chirurgischen Nahtmaterials als Voraussetzung und Folge operativer Tätigkeiten und wissenschaftlicher Forschung."

Frazza, E. J. and E. E. Schmitt (1971). "A new absorbable suture." Journal of Biomedical Materials Research **5**(2): 43-58.

Gantwerker, E. A. and D. B. Hom (2011). "Skin: histology and physiology of wound healing." Facial Plast Surg Clin North Am **19**(3): 441-453.

Goel, A. (2015). "Surgical Sutures-A Review." The Official Scientific Journal of Delhi Ophthalmological Society **26**(3): 159-162.

Goldenberg, I. S. (1959). "Catgut, silk, and silver--the story of surgical sutures." Surgery **46**: 908-912.

Goldstein, H. B., B. Vakili, N. Franco, K. T. Echols and R. R. Chesson (2007). "The effect of suture material on outcomes of surgery for pelvic organ prolapse." Pelvipereineology **26**(4): 45-48.

Infektionen, N. R. f. S. v. n. Retrieved 20.07.2021, from <https://www.cdc.gov/nhsn/PDFs/pscManual/9pscSSlcurrent.pdf?agree=yes&next=Accept>.

Jennings, W. K. (1953). "A new, automatic skin clip applicator and skin clip remover." The American Journal of Surgery **85**(4): 583-584.

Johnson, R. G., W. E. Cohn, R. L. Thurer, J. R. McCarthy, C. A. Sirois and R. M. Weintraub (1997). "Cutaneous closure after cardiac operations: a controlled, randomized, prospective comparison of intradermal versus staple closures." Annals of surgery **226**(5): 606-612.

Kappstein, I. (2008). "Postoperative Wundinfektionen - Ursachen und Prävention." Krankenhaushygiene up2date **3**(01): 9-28.

Kasuya, A. and Y. Tokura (2014). "Attempts to accelerate wound healing." J Dermatol Sci **76**(3): 169-172.

Keshishian, J. (1978). "Surgeons find Proximate stapler fast, simple closing device." Contemp Surg **13**: 9-16.

Koskela, A., S. Kotaluoto, I. Kaartinen, S. L. Pauniahho, T. Rantanen and H. Kuokkanen (2014). "Continuous absorbable intradermal sutures yield better cosmetic results than nonabsorbable interrupted sutures in open appendectomy wounds: a prospective, randomized trial." World journal of surgery **38**(5): 1044-1050.

Kravetz, R. E. (2003). "Horse hair sutures." Am J Gastroenterol **98**(3): 691.

KRINKO, I. (2018). "Prävention postoperativer Wundinfektionen." Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz **4**: 448.

Kuroki, L. M., M. M. Mullen, L. S. Massad, N. Wu, J. Liu, D. G. Mutch, M. A. Powell, A. R. Hagemann, P. H. Thaker and C. K. McCourt (2017). "Wound complication rates after staples or suture for midline vertical skin closure in obese women: a randomized controlled trial." Obstetrics & Gynecology **130**(1): 91-99.

Lazarus, G. S., D. M. Cooper, D. R. Knighton, D. J. Margolis, R. E. Pecoraro, G. Rodeheaver and M. C. Robson (1994). "Definitions and guidelines for assessment of wounds and evaluation of healing." Arch Dermatol **130**(4): 489-493.

Leggat, P. A., D. R. Smith and U. Kedjarune (2007). "Surgical applications of cyanoacrylate adhesives: a review of toxicity." ANZ journal of surgery **77**(4): 209-213.

Lehtonen, E., H. Patel, S. Phillips, M. Correia Pinto, S. Naranje and A. Shah (2018). "Staple versus suture closure for ankle fracture fixation: Retrospective chart review for safety and outcomes." Foot (Edinb) **37**: 71-76.

Lemans, J. V. C., S. P. J. Wijdicks, W. Boot, G. A. M. Govaert, R. M. Houwert, F. C. Oner and M. C. Kruyt (2019). "Intrawound Treatment for Prevention of Surgical Site Infections in Instrumented Spinal Surgery: A Systematic Comparative Effectiveness Review and Meta-Analysis." Global Spine J **9**(2): 219-230.

Li, S.-T. (2007). "Biologic biomaterials: tissue-derived biomaterials (collagen)." Biomaterials: 7.1-7.23.

Lister, J. (1867). "On a new method of treating compound fracture, abscess, etc.: with observations on the conditions of suppuration." The Lancet **89**(2272): 326-329.

Liu, X., P. J. Nelemans, L. D. Frenk, H. Sengers, S. M. Tuinder, P. M. Steijlen, K. Mosterd and N. W. Kelleners-Smeets (2017). "Aesthetic outcome and complications of simple interrupted versus running subcuticular sutures in facial surgery: a randomized controlled trial." Journal of the American Academy of Dermatology **77**(5): 911-919.

Mackeen, A. D., M. Schuster and V. Berghella (2015). "Suture versus staples for skin closure after cesarean: a metaanalysis." American journal of obstetrics and gynecology **212**(5): 621. e621-621. e610.

Matsumoto, T., G. M. Nemhauser, H. B. Soloway, C. Heisterkamp and G. Aaby (1969). "Cyanoacrylate tissue adhesives: an experimental and clinical evaluation." Military Medicine **134**(4): 247-252.

Maurer, E., A. Reuss, K. Maschuw, B. Aminossadati, T. Neubert, C. Schade-Brittinger and D. K. Bartsch (2019). "Superficial Surgical Site Infection Following the Use of Intracutaneous Sutures Versus Staples." Dtsch Arztebl Int **116**(21): 365-371.

Muffly, T. M., A. P. Tizzano and M. D. Walters (2011). "The history and evolution of sutures in pelvic surgery." Journal of the Royal Society of Medicine **104**(3): 107-112.

Murphy, M., P. Prendergast and J. Rice (2004). "Comparison of clips versus sutures in orthopaedic wound closure." European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology **14**(1): 16-18.

Nockemann, P. F. (1982). Übersicht der Nahtmaterialien: Grundsubstanz, Aufbau und physikalische Nahtparameter. Moderne Nahtmaterialien und Nahttechniken in der Chirurgie, Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg.

Oelschlegel, F. F., B. Luther and C. B. Arnst (1986). "[Our surgical heritage. Surgery in ancient Egypt]." Zentralbl Chir **111**(13): 814-821.

Onyekwelu, I., R. Yakkanti, L. Protzer, C. M. Pinkston, C. Tucker and D. Seligson (2017). "Surgical Wound Classification and Surgical Site Infections in the Orthopaedic Patient." J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev **1**(3): e022.

Pearson, M. L., J. T. Lee, A. B. Adams, R. Y. Chinn, A. DeMaria Jr, M. A. Underwood, R. A. Weinstein, S. W. Forlenza, R. E. Moncada and W. E. Scheckler (1999). "Guideline for prevention of surgical site infection, 1999." Infection control and hospital epidemiology.

Qin, C., T. Li, B. Zhao, Y. Wang, Z. Li, H. Cao, X. Zhou, X. Yang and W. Wang (2021). "Subcuticular Sutures versus Staples in Reducing Surgical Site Infections after Open Abdominal Digestive Surgery: A System Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials." Surgical Infections **22**(9): 877-883.

Raikundalia, M. D., C. H. Fang, E. F. Spinazzi, A. Vazquez, R. C. Park, S. Baredes and J. A. Eloy (2016). "Impact of diabetes mellitus on head and neck cancer patients undergoing surgery." Otolaryngology–Head and Neck Surgery **154**(2): 294-299.

Reed, A. M. and D. K. Gilding (1981). "Biodegradable polymers for use in surgery — poly(glycolic)/poly(lactic acid) homo and copolymers: 2. In vitro degradation." Polymer **22**(4): 494-498.

Reiter, D. (1994). "Methods and Materials for Wound Management." Otolaryngology–Head and Neck Surgery **110**(6): 550-556.

Ricci, J. V. (1990). The development of gynaecological surgery and instruments, Norman Publishing.

Rothnie, N. G. and G. W. Taylor (1963). "SUTURELESS SKIN CLOSURE. A CLINICAL TRIAL." British medical journal **2**(5364): 1027-1030.

Sims, J. M. and T. A. Emmet (1858). Silver Sutures in Surgery: The Anniversary Discourse, Before the New York Academy of Medicine, Delivered in the New Building of the Historical Society, on the 18th November, 1857, Samuel S. & William Wood.

Smith, T. O., D. Sexton, C. Mann and S. Donell (2010). "Sutures versus staples for skin closure in orthopaedic surgery: meta-analysis." BMJ **340**: c1199.

Snyder, C. C. (1977). "On the history of the suture." Bull Hist Dent **25**(2): 79-84.

Son, D. and A. Harijan (2014). "Overview of surgical scar prevention and management." J Korean Med Sci **29**(6): 751-757.

Sorg, H., D. J. Tilkorn, S. Hager, J. Hauser and U. Mirastschijski (2017). "Skin Wound Healing: An Update on the Current Knowledge and Concepts." Eur Surg Res **58**(1-2): 81-94.

Streeter, N. B. (2006). "Considerations in prevention of surgical site infections following cardiac surgery: when your patient is diabetic." Journal of Cardiovascular Nursing **21**(3): E14-E20.

Takayama, S., T. Yamamoto, C. Tsuchiya, H. Noguchi, J. Sato and Y. Ishii (2017). "Comparing Steri-Strip and surgical staple wound closures after primary total knee arthroplasties." European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology **27**(1): 113-118.

Tandon, S., M. Smale, M. Pacilli and R. M. Nataraja (2020). "Tissue adhesive and adhesive tape for pediatric wound closure: A systematic review and meta-analysis." Journal of Pediatric Surgery.

Thompson, D. P. and F. L. Ashley (1976). Use of the stapler in skin closure, Elsevier.

Truax, C. and C. H. Truax (1899). The Mechanics of Surgery: comprising detailed descriptions, illustrations, and lists of the instruments, appliances, and furniture necessary in modern surgical art, Hammond Press, WB Conkey Company.

Velnar, T., T. Bailey and V. Smrkolj (2009). "The wound healing process: an overview of the cellular and molecular mechanisms." J Int Med Res **37**(5): 1528-1542.

Von Brandis, H. (1936). "Synthofil ein neues synthetisches Nahtmaterial." Zentralbl. f. Chir. **63**(Feb. 15): 372.

Wang, H., S. Hong, H. Teng, L. Qiao and H. Yin (2016). "Subcuticular sutures versus staples for skin closure after cesarean delivery: a meta-analysis." The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine **29**(22): 3705-3711.

Wang, P. H., B. S. Huang, H. C. Horng, C. C. Yeh and Y. J. Chen (2018). "Wound healing." J Chin Med Assoc **81**(2): 94-101.

Wight, J. (1868). "HORSE-HAIR SUTURES." Medical Record (1866-1922) **3**(67): 434.

Yedke, S. R., S. Y. Raut and C. R. Jangde (2013). "Experimental evaluation of horse hair as a nonabsorbable monofilament suture." Journal of Ayurveda and integrative medicine **4**(4): 206-210.

Yilmaz, E., R. Blecher, M. Moisi, C. Ankush, T. M. O'Lynnner, A. Abdul-Jabbar, J. R. Dettori and R. J. Oskouian (2018). "Is There an Optimal Wound Closure Technique for Major Posterior Spine Surgery? A Systematic Review." Global Spine J **8**(5): 535-544.

Zempsky, W. T., D. Parrotti, C. Grem and J. Nichols (2004). "Randomized controlled comparison of cosmetic outcomes of simple facial lacerations closed with Steri Strip™ skin Closures or Dermabond™ tissue adhesive." Pediatric emergency care **20**(8): 519-524.



## **7 Erklärung zum Eigenanteil**

Die Arbeit wurde in der orthopädischen Abteilung des Universitätsklinikums Tübingen unter Betreuung von Prof. Dr. med. Nikolaus Wülker und Dr. med. Christian Walter durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. med. Nikolaus Wülker, Ärztlicher Direktor der Universitätsklinik für Orthopädie und Dr. med. Christian Walter, Stellvertretender Ärztlicher Direktor der Universitätsklinik für Orthopädie.

Die retrospektive Erhebung der patientenbezogenen Daten sowie die prospektive Fragenbogenevaluation und klinische Untersuchung wurde nach Anleitung von Dr. med. Christian Walter von mir eigenständig durchgeführt.

Die statistische Auswertung erfolgte nach Beratung durch Frau Inka Rösel, wissenschaftliche Mitarbeiterin des Instituts für Biometrie durch mich.

Ich versichere, das Manuskript selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den

## **8 Veröffentlichung**

Es wurden keine Teile dieser Studie und Dissertationsschrift veröffentlicht.

## 9 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei den Menschen bedanken, die mich während der gesamten Zeit dieser Arbeit unterstützt haben:

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Christian Walter, Stellvertretender Ärztlicher Direktor der Orthopädischen Universitätsklinik Tübingen, für geduldige und kompetente Betreuung während der Anfertigung dieser Arbeit. Auch für die mühevollen Arbeit des Korrekturlesens möchte ich mich herzlich bedanken.

Ferner bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. Nikolaus Wülker, Direktor der Orthopädischen Universitätsklinik Tübingen, der mir die Möglichkeit gab, diese Arbeit unter seiner Leitung durchzuführen.

Meiner Familie möchte ich ganz besonders herzlich danken für die aufmerksame und vielseitige Unterstützung während dem Verfassen dieser Dissertation.

Darüber hinaus gilt mein Dank allen Verwandten, Freunden und Studienkollegen, die mich über den gesamten Zeitraum dieser Doktorarbeit unterstützt haben.

# 10 Anhang

## 10.1 POSAS Score

Name:

Vorname:

Geb.-Datum:

Observer scar assessment scale (OSAS):

|                 | Normale Haut | 1-10 | Schlecht-<br>möglichstes<br>Ergebnis |
|-----------------|--------------|------|--------------------------------------|
| Vaskularisation |              |      |                                      |
| Pigmentation    |              |      |                                      |
| Dicke           |              |      |                                      |
| Relief          |              |      |                                      |
| Geschmeidigkeit |              |      |                                      |

Gesamt:

Name:

Vorname:

Geb.-Datum:

Patienten scar assessment scale (PSAS):

|                     | Keine Beschwerden | 1-10 | stärkste Beschwerden       |
|---------------------|-------------------|------|----------------------------|
| Narbe schmerzhaft?  |                   |      |                            |
| Narbe juckend?      |                   |      |                            |
|                     | Wie übrige Haut   | 1-10 | größtmöglicher Unterschied |
| Farbe der Narbe?    |                   |      |                            |
| Narbe hart / steif? |                   |      |                            |
| Dicke der Narbe?    |                   |      |                            |
| Narbe irregulär?    |                   |      |                            |

Gesamt: