

Diplomarbeit

**Frakturen der Hand im Kindes- und Jugendalter
Eine retrospektive Studie**

eingereicht von

Claudia Bartik

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie

unter der Anleitung von

Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Georg Singer

Univ. Ass. Dr. med. univ. Claus-Uwe Weitzer

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 24.03.2022

Claudia Bartik eh

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinem Betreuer Herrn Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Georg Singer für die Bereitstellung eines interessanten Themas und die hervorragende Betreuung während des Schreibens der Diplomarbeit bedanken. Herzlichen Dank für die stets rasche Rückmeldung, die Geduld und die hilfreichen Ratschläge.

Besonderer Dank gilt meiner Familie und meinen Freunden für die großartige Unterstützung während meiner gesamten Studienzzeit. Durch ihre stets motivierenden Worte und ihrem liebevollen Zuspruch konnte ich sämtliche Herausforderungen meistern.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	ii
Inhaltsverzeichnis.....	iii
Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	vii
Zusammenfassung	viii
Abstract	x
1 Die Entwicklung der Hand	1
2 Anatomie der Hand	2
2.1 Das Handskelett	2
2.2 Gelenke der Hand.....	3
3 Frakturen der Phalangen	6
3.1 Epidemiologie	6
3.2 Diagnostik	6
3.3 Therapie.....	7
3.4 Prognose und Komplikationen der Frakturen	7
3.5 Ausgewählte Frakturen der Phalangen	8
3.5.1 Subkapitale Frakturen.....	8
3.5.2 Kondylenfraktur der Phalangen	10
3.5.3 Seymour Fraktur	11
3.5.4 Mallet-Finger.....	12
3.5.5 Skidaumen	14
4 Frakturen der Mittelhand.....	15
4.1 Epidemiologie	15
4.2 Allgemeine Aspekte zu den Mittelhandfrakturen	15

4.3 Diagnostik	17
4.4 Therapie.....	17
4.5 Frakturen des Os metacarpale I.....	20
4.6 Komplikationen	21
5 Frakturen der Handwurzel	22
6 Skaphoidfrakturen	22
6.1 Epidemiologie	22
6.2 Diagnostik	23
6.3 Therapie und deren Prognose	24
6.4 Pseudoarthrosen als mögliche Komplikation	26
7 Material und Methoden.....	28
8 Ergebnisse	30
8.1 Allgemeine Beschreibung der Studienkohorte	30
8.2 Vergleich nach Altersgruppen	37
8.3 Vergleich nach anatomischer Region.....	44
8.4 Vergleich nach Geschlecht.....	48
9 Diskussion.....	56
10 Literaturverzeichnis	59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Röntgenbilder einer 4-jährigen Patientin mit einer subkapitalen Grundphalanxfraktur vom Typ I des linken Daumens.	9
Abbildung 2 15-jähriger Patient mit unikondylärer Fraktur der Grundphalanx des fünften Fingers.	10
Abbildung 3 13-jähriger Patienten mit einer Seymour Fraktur des 4. Fingers	12
Abbildung 4 Operation nach Ishiguro.	13
Abbildung 5 Röntgenbilder des rechten Daumens eines 13-jährigen Buben mit einem knöchernen Skidaumen.	14
Abbildung 6 16-jähriger Patient mit einer dislozierten Schrägfraktur des 3. Mittelhandknochens rechts.	16
Abbildung 7 Jahss-Manöver zur Reposition dislozierter subkapitaler Mittehhandfrakturen. ³⁰	18
Abbildung 8 Röntgenbilder eines 14-jährigen Patienten mit subkapitaler Fraktur des fünften Mittelhandknochens. ³⁰	20
Abbildung 9 Röntgenbilder eines 13-jährigen Buben mit dislozierte Salter-Harris II Fraktur des linken Daumens. ³⁰	21
Abbildung 10 Skaphoidfrakturen eines 11- und eines 16-jährigen Patienten.	24
Abbildung 11 Unterarmgips mit Daumeneinschluss zur Therapie der Kahnbeinfraktur. ⁴⁵	26
Abbildung 12 Röntgenaufnahmen eines 16-jährigen Patienten mit einer 3 Monate alten (bisher nicht diagnostizierten) Skaphoidfraktur. ⁴⁵	27
Abbildung 13 Prozentuelle Verteilung der Patient*innen mit einer Fraktur bzw. multiplen Frakturen.	30
Abbildung 14 Altersverteilung der Patient*innen.	31
Abbildung 15 Verteilung der Geschlechter in Prozent.	31
Abbildung 16 Prozentuelle Verteilung der Unfallursachen	32
Abbildung 17 Betroffene Knochen in absoluten Zahlen und deren prozentuelle Verteilung.	33
Abbildung 18 Betroffene Fingerstrahlen in absoluten Zahlen.	33
Abbildung 19 Prozentuelle Verteilung der konservativen und operativen Behandlung.	35

Abbildung 20 Seitliches Röntgenbild einer Querfraktur des Schaftes des 5. Metacarpalknochens eines 16-jährigen Patienten.	36
Abbildung 21 Anzahl der Patient*innen in den Altersgruppen.	37
Abbildung 22 Prozentuelle Verteilung der behandelten Patient*innen in den Altersgruppen.	37
Abbildung 23 Anzahl der Patient*innen in den Altersgruppen je nach Geschlecht.	38
Abbildung 24 Prozentuelle Verteilung der Unfallursachen in den Altersgruppen.	39
Abbildung 25 Prozentuelle Verteilung der betroffenen Region in den Altersgruppen.	39
Abbildung 26 Prozentuelle Verteilung der betroffenen Fingerstrahlen in den Altersgruppen.	41
Abbildung 27 Prozentuelle Verteilung der Behandlung in den Altersgruppen.	42
Abbildung 28 Anzahl der Patient*innen mit bzw. ohne Gips in den jeweiligen Altersgruppen.	43
Abbildung 29 Prozentuelle Verteilung der betroffenen Regionen.	44
Abbildung 30 Prozentuelle Verteilung der Altersgruppen je nach betroffener Region.	45
Abbildung 31 Prozentuelle Verteilung der Geschlechter je nach betroffener Region-	46
Abbildung 32 Prozentuelle Verteilung der Unfallursachen je nach betroffener Region.	46
Abbildung 33 Prozentuelle Verteilung der Behandlung je nach betroffener Region.	47
Abbildung 34 Prozentuelle Verteilung der Frakturen je nach Geschlecht.	48
Abbildung 35 Prozentuelle Verteilung der Altersgruppen bei Mädchen.	49
Abbildung 36 Prozentuelle Verteilung der Altersgruppen bei Buben.	49
Abbildung 37 Prozentuelle Verteilung der Unfallursachen je nach Geschlecht. ..	50
Abbildung 38 Prozentuelle Verteilung der betroffenen Region bei Mädchen.	51
Abbildung 39 Prozentuelle Verteilung der betroffenen Region bei Buben.	51
Abbildung 40 Betroffene Fingerstrahlen je nach Geschlecht.	53
Abbildung 41 Prozentuelle Verteilung der Behandlung je nach Geschlecht.	54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Verteilung der Frakturtypen.....	34
Tabelle 2 Verteilung der betroffenen Knochen in den Altersgruppen	40
Tabelle 3 Dauer der Gipsbefristung in den Altersgruppen	43
Tabelle 4 Dauer der Betreuung in den Altersgruppen	43
Tabelle 5 Alter der Patient*innen je nach betroffener Region	45
Tabelle 6 Betroffene Knochen je nach Geschlecht	52
Tabelle 7 Kreuztabelle Geschlecht und Gipserfordernis	54

Zusammenfassung

Einleitung

Kinder und Jugendliche sind häufig von Frakturen betroffen. Vielfach handelt es sich dabei um Frakturen des Handskeletts. Zu den Frakturen der Hand zählen die eher seltenen Handwurzelfrakturen, wobei hier vorwiegend das Skaphoid betroffen ist, Mittelhandfrakturen sowie die sehr häufig auftretenden Frakturen der Phalangen. Hierbei ergeben sich naturgemäß Unterschiede hinsichtlich der vorkommenden Frakturen, die von klinischer Relevanz sind. Ziel dieser Studie war es, alle Patient*innen, die aufgrund einer Handfraktur an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie der Medizinischen Universität Graz im Jahr 2019 behandelt wurden, zu erfassen und mittels der erhobenen Parameter retrospektiv zu analysieren.

Methoden

Anhand einer retrospektiven Datenanalyse wurden alle Patient*innen, die aufgrund einer Handfraktur im Jahr 2019 behandelt wurden, untersucht. Dabei wurden insgesamt 704 Patient*innen erfasst. Neben dem Alter und dem Geschlecht wurden auch die Unfallursache, der betroffene Knochen sowie diverse Parameter bezüglich der Behandlung erhoben.

Ergebnisse

Insgesamt wurden 730 Frakturen bei 704 Patient*innen erfasst. Davon waren 36% (n=252) weiblich und 64% (n=452) männlich. Das mittlere Alter der Patient*innen betrug 11,1 Jahre. Am häufigsten ereigneten sich Frakturen beim Ballspielen (n=255, 36%) gefolgt von Stürzen (n=105, 15%) und Einklemmungen (n=103, 15%). Dabei war in 55% der Fälle (n=386) die rechte Hand und 44,5% (n=315) die linke Hand betroffen. 3 Patient*innen (0,5%) erlitten Frakturen an beiden Seiten. Während 27 Frakturen (4%) im Bereich der Handwurzel erfasst wurden, waren 126 (17%) an der Mittelhand und 577 Frakturen (79%) an den Phalangen lokalisiert. Die am häufigsten betroffenen Knochen waren neben der Grundphalanx des fünften Fingers (n=157, 22%) die Grundphalanx des Daumens (n=83, 11%) und die Phalanx media des fünften Fingers (n=67, 9%). Mit 292 Frakturen (40%) war der 5. Fingerstrahl am häufigsten betroffen. 87% der

Patient*innen (n=613) konnten konservativ behandelt werden, während bei 91 Patient*innen (13%) ein operatives Vorgehen erforderlich war. Infolge wurden 14 Patient*innen (2%) stationär aufgenommen und bei 690 Patient*innen (98%) erfolgte die Behandlung ambulant. Während bei 126 Patient*innen (18%) die Ruhigstellung mittels diverser Schienen erfolgte, war in 578 Fällen (82%) ein Gips notwendig. Dabei betrug die mittlere Dauer der Gipsbefristung 21,4 Tage. Die durchschnittliche Betreuungsdauer lag bei 21,6 Tagen.

Diskussion

Die erhobenen Daten stimmen in vielen Punkten wie beispielsweise der häufigsten Lokalisation, den Verletzungsursachen oder den Behandlungsmethoden mit der Literatur überein. So bestätigte sich, dass der Großteil der Handfrakturen im Kindes- und Jugendalter konservativ behandelt werden kann.

Abstract

Introduction

Fractures are common injuries in children and adolescents. In many cases, the fractures affect the hand. Hand fractures include the rare fractures of the carpus, mainly affecting the scaphoid, fractures of the metacarpal bones and fractures of the phalanges. There are differences in the occurrence of fractures, which are of clinical relevance. The aim of this study was to retrospectively analyse all patients with hand fractures, who were treated at the Department of Paediatric and Adolescent Surgery of the Medical University of Graz in 2019.

Methods

All patients treated with a hand fracture in 2019, were analysed retrospectively. A total of 704 patients were included. In addition to age and gender of the patients, the cause of the injury, the affected bone and different aspects of the treatment were reviewed.

Results

We identified 730 fractures in 704 patients. Of these, 36% (n=252) were female and 64% (n=452) male. The mean age of the patients was 11.1 years. Fractures mostly occurred during ballgames (n=255, 36%) or were a result of a fall (n=105, 15%) or a crush injury (n=103, 15%). 55% of the fractures (n=386) affected the right hand and 44.5% the left hand (n=315). Three patients (0.5%) sustained fractures on both sides. While 27 fractures (4%) affected the carpus, 126 (17%) were localised at the metacarpals and 577 (79%) were phalangeal fractures. The most often fractured bone was the proximal phalanx of the fifth finger (n=157, 22%) followed by the proximal phalanx of the thumb (n=83, 11%) and the phalanx media of the fifth finger (n=67, 9%). The fifth ray was the most often affected with 292 fractures (40%). 87% of the patients (n=613) were treated non-operatively and 91 patients (13%) required an operative treatment. As a result, 14 patients (2%) had to stay at the hospital for surgery and 690 patients (98%) could be treated as outpatients. While 126 patients (18%) were immobilised with splinting, 578 (82%) needed a cast. The average duration of casting was 21.4 days. The average duration of medical care was 21.6 days.

Conclusion

The collected data agree widely with previous studies, such as the most commonly affected bone, the cause of the fractures or the treatment. It was confirmed that most of the hand fractures in children and adolescents can be treated non-operatively.

1 Die Entwicklung der Hand

Die Extremitäten werden am Ende der 4. Schwangerschaftswoche als Extremitätenknospen sichtbar. Diese Knospen bestehen aus einem mesenchymalen Kern und sind von Ektoderm bedeckt. An deren distalen Ende ist das Ektoderm zur Randleiste verdickt. Diese wird als apikale ektodermale Randleiste bezeichnet und induziert im Mesenchym das Wachstum der Knospe, wodurch unter der Randleiste die Progressionszone mit undifferenzierten, sich schnell teilenden Zellen erhalten bleibt. Von der Randleiste entfernt differenzieren sich Zellen und ein zentraler Knorpelkern beginnt sich zu bilden. Durch zirkuläre Einschnürung entsteht in der sechsten Entwicklungswoche die Handplatte. In Folge von Apoptose der apikalen ektodermalen Randleiste bilden sich die Fingerstrahlen. Die dabei entstehenden fünf Randleistensegmente induzieren das Auswachsen der Fingerstrahlen und die Kondensation des Mesenchyms zu den zentralen knorpeligen Skelettelementen. Die weitere Separierung erfolgt ebenfalls durch Apoptose in den interdigitalen Bereichen, sodass mit 56 Tagen die Fingerstrahlen vollständig getrennt sind. Das Mesenchym verdichtet sich weiter und die Zellen beginnen sich zu den Chondrozyten zu differenzieren, woraus sich in der 6. Woche die ersten Modelle aus hyalinem Knorpel bilden. Diese lassen bereits die Form der künftigen Knochen erkennen. Zuerst entstehen die Knochenkerne in der Diaphyse und später auch in der anfangs noch knorpeligen Epiphyse.¹

Die diaphysären Knochenmanschetten treten im Bereich der distalen Phalangen bereits in der 7. und 8. Embryonalwoche auf. In der 9. Woche folgen die Knochenkerne in den Schäften der Mittelhandknochen und der Grundphalangen. Anschließend erfolgt in der 11. Woche die diaphysäre Ossifikation der Mittelphalangen. Die enchondralen Knochenkerne des Handskeletts sind jedoch erst nach der Geburt zu finden. Zwischen dem 1. und dem 3. Lebensjahr treten die Knochenkerne an den Basen der Phalangen auf. Die Knochenkerne der Mittelhandknochen bilden sich hingegen in deren Köpfen zwischen dem 1 ½. – 3. Lebensjahr.²

Zwischen den Knochenkernen der Diaphyse und der Epiphyse bleibt eine Knorpelplatte, die Epiphysenfuge, bestehen. Die enchondrale Ossifikation

schreitet an beiden Seiten der Fuge voran, bis das Längenwachstum abgeschlossen ist und die Epiphysenfugen verschwinden.¹

Die Mittelhand- und Fingerknochen besitzen jeweils nur eine Epiphysenfuge. Während diese an den Phalangen und dem Os metacarpale I proximal liegt, haben die übrigen Mittelhandknochen eine distale Epiphysenfuge.³

Die Epiphysenfugen der Phalangen schließen sich bis zum 24. Lebensjahr, jene der Mittelhandknochen zwischen dem 15. und 20. Lebensjahr. Die Knochen der Handwurzel weisen hingegen keine echten Wachstumsfugen auf. Der Beginn der Verknöcherung der Handwurzelknochen variiert zwischen den einzelnen Knochen. Während sich die Knochenkerne des Os hamatums und des Os capitatus bereits in den ersten Lebensmonaten zeigen, treten jene des Os scaphoideums oder des Os pisiforme erst zwischen dem 4.-6. beziehungsweise zwischen dem 8.-12. Lebensjahr auf. Das Auftreten der Handwurzelknochenkerne und der Schluss der Epiphysenfugen der Mittelhandknochen und Phalangen sind für die Altersbestimmung von großer Bedeutung.²

2 Anatomie der Hand

2.1 Das Handskelett

Das Handskelett gliedert sich in Carpus, Metacarpus und Phalangen. Der Carpus besteht aus insgesamt acht unregelmäßigen kurzen Knochen, die entweder der proximalen oder der distalen Reihe zugeordnet werden können. Die proximale Reihe wird von radial nach ulnar durch das Os scaphoideum (Kahnbein), das Os lunatum (Mondbein), das Os triquetrum (Dreieckbein) sowie dem Os pisiforme (Erbsenbein) gebildet. Das Os trapezium (großes Vieleckbein), das Os trapezoideum (kleines Vieleckbein), das Os capitatum (Kopfbein) sowie das Os hamatum (Hakenbein) stellen die distale Reihe dar. Zwischen den Handwurzelknochen können akzessorische Elemente wie beispielsweise das Os styloideum oder das Os centrale auftreten.

An die Handwurzelknochen anschließend liegen die fünf Mittelhandknochen, die Ossa metacarpi I-V. Jeder dieser Röhrenknochen ist in eine Basis ossis metacarpi, einen Corpus ossis metacarpi und dem Caput ossis metacarpi unterteilt. Die Mittelhand ist distal deutlich breiter als proximal, da die Knochen

nach distal auseinanderweichen und die Basen der Mittelhandknochen untereinander gelenkig verbunden sind. Einzig der kürzeste und kräftigste Mittelhandknochen, das Os metacarpale I, hat keine gelenkige Verbindung mit dem Os metacarpale II. Nach palmar sind die Mittelhandknochen leicht konkav. Die Fingerknochen werden durch die 14 Phalangen gebildet. Mit Ausnahme des Daumens, der aus zwei Phalangen besteht (Phalanges proximalis et distalis), sind die übrigen Finger aus jeweils drei Phalangen aufgebaut. Zwischen der Phalanx proximalis und der Phalanx distalis liegt beim 2. bis 5. Finger die Phalanx media. Die Größe der Phalangen nimmt von proximal nach distal ab. Ebenso wie bei den Mittelhandknochen wird an den einzelnen Phalangen zwischen einer Basis phalangis, dem Corpus phalangis und dem Caput phalangis unterschieden. Zusätzlich zu den angeführten Knochen können noch Ossa sesamoidea vorkommen. Diese liegen an den Beugeseiten der Fingergelenke und sind als Schaltknochen in Sehnen und Bändern eingelagert.³

2.2 Gelenke der Hand

Im Bereich der Handwurzel liegen mit dem proximalen und dem distalen Handgelenk zwei Hauptgelenke vor, in denen sich die Hand gegenüber dem Unterarm bewegt. Das proximale Handgelenk stellt eine Articulatio ellipsoidea dar. Dabei wird die Gelenkpfanne durch die distalen Anteile von Radius und Ulna und der Gelenkskopf durch die drei proximalen Handwurzelknochen Kahnbein, Mondbein und Dreiecksbein gebildet. Das Gelenk erlaubt Bewegungen um zwei Achsen. Einerseits kann die Hand gegenüber dem Unterarm nach palmar flektiert beziehungsweise nach dorsal extendiert werden, andererseits ist eine Radial- und Ulnarabduktion durchführbar.² Das distale Handgelenk wird durch die zwei Handwurzelreihen gebildet und weist aufgrund der Größenunterschiede der beteiligten Ossa carpalia eine geschwungene Gelenkslinie auf. So sind die ulnaren zwei Drittel nach distal konkav und das radiale Drittel nach distal konvex gewölbt.³ Morphologisch handelt es sich dabei um ein verzahntes Scharniergelenk, in dem hauptsächlich Palmarflexion und Dorsalflexion möglich sind.

Der Aufbau des Bandapparates im Bereich der Handwurzel ist sehr komplex. Vom distalen Radius ziehen die Ligamenta radiocarpalia dorsale und palmare zu den

ulnar gelegenen Handwurzelknochen. Durch diesen Verlauf wird ein Abgleiten des Carpus nach ulnar verhindert und die Radialabduktion wird gebremst. Kollateralbänder, die vom Radius zum Skaphoid beziehungsweise von der Ulna zum Os triquetrum und Os pisiforme ziehen, hemmen die Radialabduktion und die Ulnarabduktion. Die Handwurzelknochen sind durch verschiedene Bandstrukturen miteinander verbunden, wodurch in den Intercarpalgelenken nur geringgradige Verschiebungen möglich sind. Das palmar gelegene Ligamentum carpi radiatum verklammert die Handwurzelknochen und beschränkt mit den anderen palmaren Ligamenta intercarpalia die Dorsalextension. Die Palmarflexion wird durch das Ligamentum carpi arcuatum begrenzt.² Diese Bandstruktur hält zusätzlich den von Os capitatum und Os hamatum gebildeten Gelenkskopf in der Pfanne.³

Der Bandapparat wirkt folglich sowohl auf das proximale als auch auf das distale Handgelenk. Er ist palmar straffer als dorsal ausgebildet, woraus gemeinsam mit der palmaren Kippung der Gelenkspfanne der größere Bewegungsumfang der Palmarflexion resultiert.

Mit den Basen der Mittelhandknochen bilden Teile der distalen Handwurzelreihe die Carpometacarpalgelenke. Aufgrund der kurzen, straffen Ligamenta carpometacarpalia dorsalia und palmaria sind nur minimale Bewegungen möglich und die Gelenke sind als Amphiarthrosen anzusehen. Einzig in der Articulatio carpometacarpalis V ist eine Beugung beziehungsweise Streckung von bis zu 20° möglich.

Davon abzugrenzen ist das Daumensattelgelenk, das eine Sonderstellung einnimmt. Mit seinen drei funktionellen Freiheitsgraden ist es für die Greiffunktion der Hand von großer Bedeutung, da es die Opposition des Daumens zu den übrigen Fingern ermöglicht. Diese Oppositionsbewegung ist eine kombinierte Adduktions-Flexions-Bewegung und geht mit einer Rotation um die Längsachse des ersten Mittelhandknochens einher. Das Abspreizen des Daumens wird durch das Ligamentum trapeziometacarpale palmare begrenzt.

Ebenso wie die Carpometacarpalgelenke II-V stellen auch die Intermetacarpalgelenke zwischen den Basen der Metacarpalia II-V durch die straffen Ligamenta metacarpalia Amphiarthrosen dar. Dennoch sind geringe Verschiebungen der Mittelhandknochen gegeneinander möglich, wodurch gemeinsam mit der geringen Beweglichkeit der Carpometacarpalgelenke die für die Greiffunktion wichtige Verformbarkeit der Hand resultiert.

Im Gegensatz dazu erlauben die Metacarpophalangealgelenke sowie die Interphalangealgelenke relativ große Bewegungsumfänge und leisten folglich einen wesentlichen Beitrag für die Greiffunktion der Hand. Morphologisch sind die Fingergrundgelenke II-V Kugelgelenke mit einem metacarpalen Gelenkskopf und einer aus den Basen der Grundphalangen gebildeten Pfanne. Sie besitzen jedoch lediglich zwei Freiheitsgrade. So sind Flexions- und Extensionsbewegungen sowie eine radiale beziehungsweise ulnare Abduktion, also das Spreizen und Schließen der Finger, möglich. Die Ligamenta collateralia behindern bei Beugung die Abspreizbewegung. Ebenso schränken diese Ligamenta die Rotation ein, sodass diese nur passiv in einem geringen Ausmaß erfolgen kann. Aufgrund der dorsal weiten Gelenkkapsel wird ein größerer Bewegungsumfang der Flexion gegenüber der Extension ermöglicht. Die Kapsel wird palmar durch eine faserknorpelige Platte verstärkt.² Die palmare Platte vergrößert die Gelenkspfanne und erhöht den Abstand der Beugesehen von der Drehachse der Grundgelenke, sodass es zu einer Drehmomenterhöhung kommt. Weiters verhindert sie ein Einklemmen der Beugesehen und hemmt die Hyperextension.³

Das Daumengrundgelenk hingegen ist funktionell ein Scharniergelenk und erlaubt nur Flexion und Extension in einem nennenswerten Ausmaß. Eine geringgradige Abduktion, Adduktion und Rotation können ebenso durchgeführt werden. Das proximale Interphalangealgelenk, zwischen Grund- und Mittelphalanx, und das distale Interphalangealgelenk, zwischen Mittel- und Endphalanx, sind Scharniergelenke mit nur einem Freiheitsgrad. Somit sind ausschließlich Bewegungen um eine Achse möglich. Die weite Gelenkkapsel wird durch ein faserknorpeliges Ligamentum palmare verstärkt. Dorsal ist die Kapsel mit der Dorsalaponeurose der Streckmuskeln verbunden. Die vorkommenden Ligamenta collateralia in den proximalen und distalen Interphalangealgelenken sind in allen Stellungen gespannt.²

3 Frakturen der Phalangen

3.1 Epidemiologie

Frakturen der Phalangen sind im Kindes- und Jugendalter nach den distalen Unterarmfrakturen die häufigsten Frakturen.⁴ Die proximale Phalanx des kleinen Fingers ist dabei am häufigsten betroffen.^{5,6} Sportunfälle stellen neben Stürzen und Einklemmungen die überwiegende Verletzungsursache dieser Frakturen dar. Zu den führenden Frakturtypen zählen Frakturen mit Beteiligung der Epiphysenfuge, wobei hier Salter-Harris II Frakturen vorherrschend sind.⁷

3.2 Diagnostik

Die klinische Untersuchung stellt einen wichtigen Aspekt der Diagnostik dar. Die Untersuchung beginnt mit der Inspektion. Dabei sollte die Haut auf Abschürfungen oder Ekchymosen untersucht werden und auf Schwellungen geachtet werden. Ist die distale Phalanx betroffen, sollte zusätzlich das Nagelbett und der Fingernagel auf mögliche Verletzungen wie subunguale Hämatome oder Schädigungen der Nagelplatte untersucht werden. Weiters können auch bereits offensichtliche Deformitäten in der Sagittal- und Frontalebene sowie Rotationsfehler erkennbar sein.

An die Inspektion anschließend erfolgt die Palpation, da sich im Bereich der Fraktur typischerweise ein Druckschmerz zeigt. Neben der betroffenen Region ist auch die gesamte Hand, das Handgelenk und die gesamte Extremität zu palpieren, um weitere (Begleit-) Verletzungen erkennen beziehungsweise ausschließen zu können. Zur Beurteilung möglicher Fehlstellungen der Finger wird die Fingerkaskade im Vergleich zur unverletzten Hand überprüft. Bezüglich der Bildgebung sind bei Verdacht auf eine Fraktur posterior-anteriore und laterale Röntgenaufnahmen des betroffenen Fingers in der Regel für die Diagnose ausreichend. Ergänzende schräge Aufnahmen können bei Verdacht auf eine Gelenkbeteiligung vorteilhaft sein. Eine weitere Bildgebung ist in den meisten Fällen nicht indiziert und bleibt speziellen Fragestellungen vorbehalten.⁸

3.3 Therapie

Der Großteil der Frakturen der kindlichen Hand kann konservativ behandelt werden.⁹ So werden nicht dislozierte Frakturen im Bereich der Mittel - und Grundphalanx mit einer Schiene oder einem Gips für 3-4 Wochen ruhiggestellt. Bei Frakturen der distalen Phalanx kann bereits eine Ruhigstellung von 1-2 Wochen ausreichend sein, um eine Heilung zu erzielen.¹⁰ Weiters konnte gezeigt werden, dass bei extraartikulären Frakturen die Methode des Buddy Tapings der herkömmlichen Ruhigstellung hinsichtlich sekundärer Dislokationen nicht unterlegen ist. Daher kann diese Behandlungsweise bei undislozierten stabilen Frakturen und aufgrund des höheren Patientenkomforts eine Alternative darstellen.¹¹

Bei rund 10% der Patient*innen mit Phalanxfrakturen ist jedoch eine operative Versorgung indiziert.⁹ Davon betroffen sind in erster Linie subkapitale Frakturen und Frakturen des Köpfchens an der Phalanx media und proximalis. Ebenso müssen Frakturen am Schaft der proximalen und mittleren Phalanx häufiger operiert werden. Frakturen der Basis benötigen hingegen kaum eine operative Versorgung. Da Basisfrakturen allerdings sehr häufig vorkommen, stellen sie insgesamt betrachtet einen nicht geringen Anteil der Frakturen mit Operationsindikation dar. Die vor allem bei sehr kleinen Kindern vorkommenden Quetschverletzungen müssen in einem Fünftel der Fälle operativ versorgt werden. Als mögliche operative Intervention kommen eine geschlossene Reposition mit einer Bohrdrahtosteosynthese sowie die offene Reposition und anschließende interne Fixierung mit Plattenosteosynthesen, Schrauben oder Kirschner-Drähte in Frage. Letztere kommt dabei am häufigsten zur Anwendung.⁹ Nach der Operation ist eine Immobilisation für 3-4 Wochen indiziert.¹⁰

3.4 Prognose und Komplikationen der Frakturen

Phalangenfrakturen zeigen im Allgemeinen gute Ergebnisse nach konservativer oder operativer Therapie und in nur wenigen Fällen treten Komplikationen oder funktionelle Beeinträchtigungen auf. So kann es zu Wachstumsstörungen, Fehlstellungen, Osteonekrosen oder zu einer Einschränkung der Beweglichkeit kommen.¹⁰ Dabei sind vor allem Frakturen mit ausgeprägter Beteiligung der Weichteile, Frakturen mit Gelenksbeteiligung und subkapitale Frakturen betroffen.

In den meisten Fällen resultieren diese Spätfolgen aus der Fraktur per se und können somit nicht vermieden werden. Sie können jedoch auch die Folge einer inadäquaten Behandlung sein. Durch eine korrekte und rechtzeitige Therapie kann der Schweregrad der Langzeitfolgen vermindert werden.¹² Weiters ist es wichtig, jene Frakturen zu erkennen, die eine vermehrte Aufmerksamkeit erfordern beziehungsweise bei denen eine sofortige operative Behandlung indiziert ist, um die genannten Schäden vermeiden zu können. Zu diesen Frakturen zählen unter anderem die subkapitalen Frakturen, Frakturen des Condylus, Mallet-Frakturen, der Schidaumen und die sogenannten Seymour-Frakturen. Diese Frakturen gilt es frühzeitig zu erkennen, da hier mögliche Komplikationen meist die Folge eines unterschätzten Schweregrades sind.¹³

3.5 Ausgewählte Frakturen der Phalangen

3.5.1 Subkapitale Frakturen

Subkapitale Frakturen sind extraartikuläre quer- oder schräg verlaufende Frakturen der proximalen oder distalen Phalangen. Die Fraktur resultiert typischerweise in einer Hyperextension, da das proximale Fragment die Beugung im angrenzenden Gelenk blockiert.¹⁴ Subkapitale Frakturen können abhängig vom Ausmaß der vorliegenden Dislokation in drei Gruppen unterteilt werden. Dabei stellt Typ I eine nicht dislozierte Fraktur und Typ II eine dislozierte Fraktur mit bestehendem Knochenkontakt zwischen den Fragmenten dar. Eine Fraktur des Typ III ist ebenso disloziert. Der Kontakt zwischen den beiden Knochenfragmenten geht hierbei jedoch verloren. Die Dislokation des distalen Fragments kann auf posterior-anterioren Projektionen leicht übersehen beziehungsweise unterschätzt werden, sodass eine seitliche Ansicht für die Diagnosestellung erforderlich ist. Je nachdem welcher Frakturtyp vorliegt, unterscheidet sich die Therapie. Typ I-Frakturen zeigen unter konservativer Behandlung ein sehr gutes Ergebnis. Die beiden anderen Frakturtypen sind als instabil anzusehen und benötigen daher neben einer Reposition meist eine Fixierung mit Kirschner-Drähten. Im Zuge dessen kann es zu einer avaskulären Nekrose des distalen Fragments kommen, da dieses zum größten Teil aus Knorpel besteht und relativ leicht ischämisch werden kann.¹⁵ Daher sollte eine Störung der Blutversorgung vermieden werden, indem die Ansätze der Kollateralbänder am distalen Fragment geschont werden und auf eine übermäßige Manipulation während der Reposition verzichtet wird.

Prädisponierende Faktoren für eine avaskuläre Nekrose sind unter anderem offene Typ III- Frakturen, offene Repositionen bei Typ II-Frakturen, multiples Einbringen von Kirschner-Drähten oder eine iatrogene Schädigung des Phalanxköpfchens bei der Reposition beziehungsweise Fixierung. Patient*innen mit einer avaskulären Nekrose des Phalanxköpfchens zeigen in der Regel eine Versteifung des betroffenen Gelenks.¹⁶ Eine nicht adäquate Behandlung resultiert in einer Fehlstellung oder einer Pseudoarthrose. Bleibt beispielsweise eine dorsal gerichtete Abweichung bei Typ II-Frakturen bestehen, kommt es auf der palmaren Seite des proximalen Fragments zur Knochenneubildung und so zu einer Einschränkung der Beugung im Interphalangealgelenk.¹⁵ Es gibt jedoch auch bei diesen Frakturen, wie Abbildung 1 zeigt, ein gewisses Remodellierungspotential, dessen Ausmaß jedoch noch nicht vollständig geklärt ist.

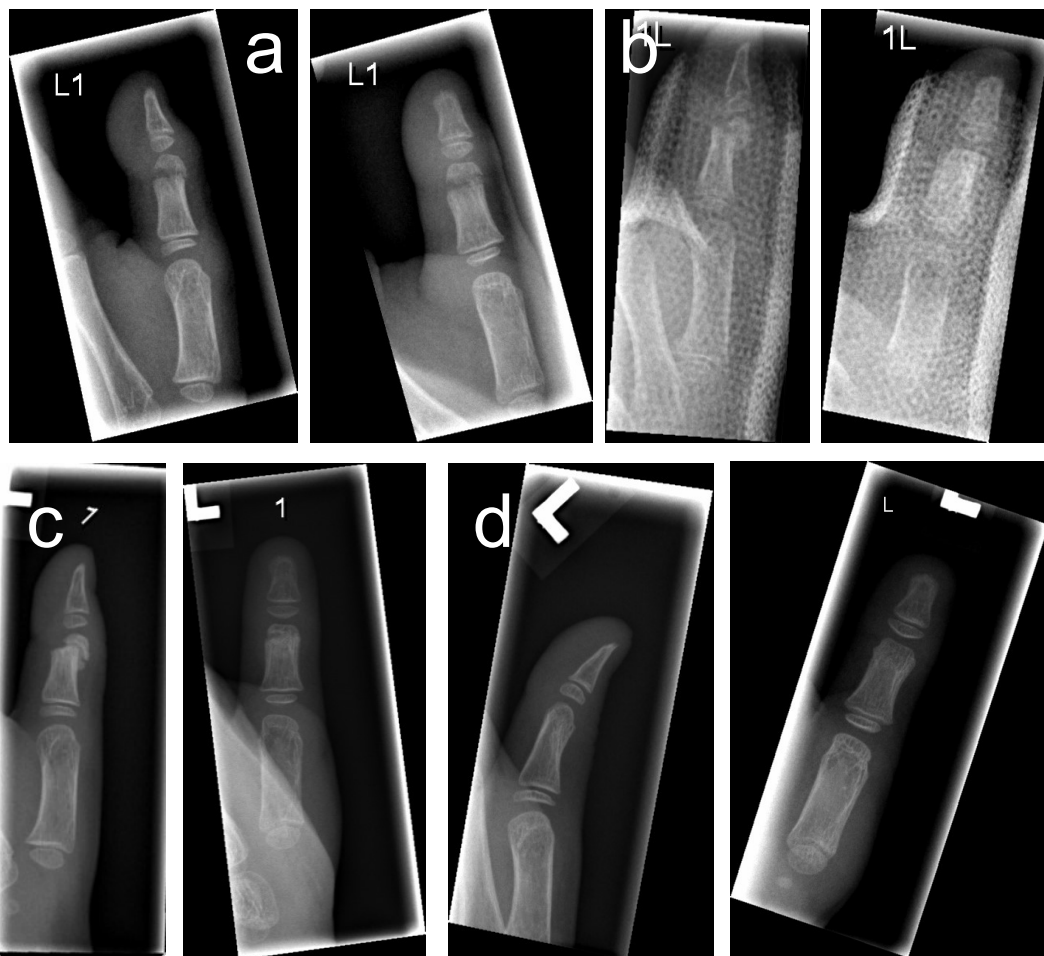


Abbildung 1 Röntgenbilder einer 4-jährigen Patientin mit einer subkapitalen Grundphalanxfraktur vom Typ I des linken Daumens (a). Die Röntgenkontrolle nach drei Wochen zeigte eine sekundäre Dislokation nach dorsal bei beschwerdefreier Patientin mit klinisch verheilten Fraktur (b). 7 Wochen nach dem Unfall zeigte sich eine beginnende Remodellierung (c). Nach einem Jahr hat sich die Fraktur vollständig remodelliert (d).

(Mit freundlicher Genehmigung von Prof. Singer, Univ.-Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie, Medizinische Universität Graz)

3.5.2 Kondylenfraktur der Phalangen

Bei Kondylenfrakturen der Phalangen handelt es sich um intraartikuläre Frakturen. Hierbei kann zwischen unikondylären, bikondylären, lateralen Avulsionsfrakturen oder subkondylären Scherfrakturen mit oder ohne Subluxation beziehungsweise Dislokation unterschieden werden. Die Problematik dieser Frakturen ist deren oftmals späte Präsentation und die Tatsache, dass vor allem posterior-anteriore Röntgenaufnahmen häufig keinen Hinweis auf eine Fraktur zeigen. Laterale oder schräge Aufnahmen sind hier angezeigt, um die Fraktur und das Ausmaß einer möglichen Dislokation erkennen zu können. Hierbei zeigt sich das sogenannte „double density“-Zeichen.⁸ Diese Frakturen benötigen meist eine Reposition mit anschließender Schrauben- oder Bohrdrahtosteosynthese¹⁴ (Abbildung 2). Bei Durchführung einer offenen Reposition ist das Seitenband zu schonen, um die Blutversorgung der Kondylen zu erhalten.⁸

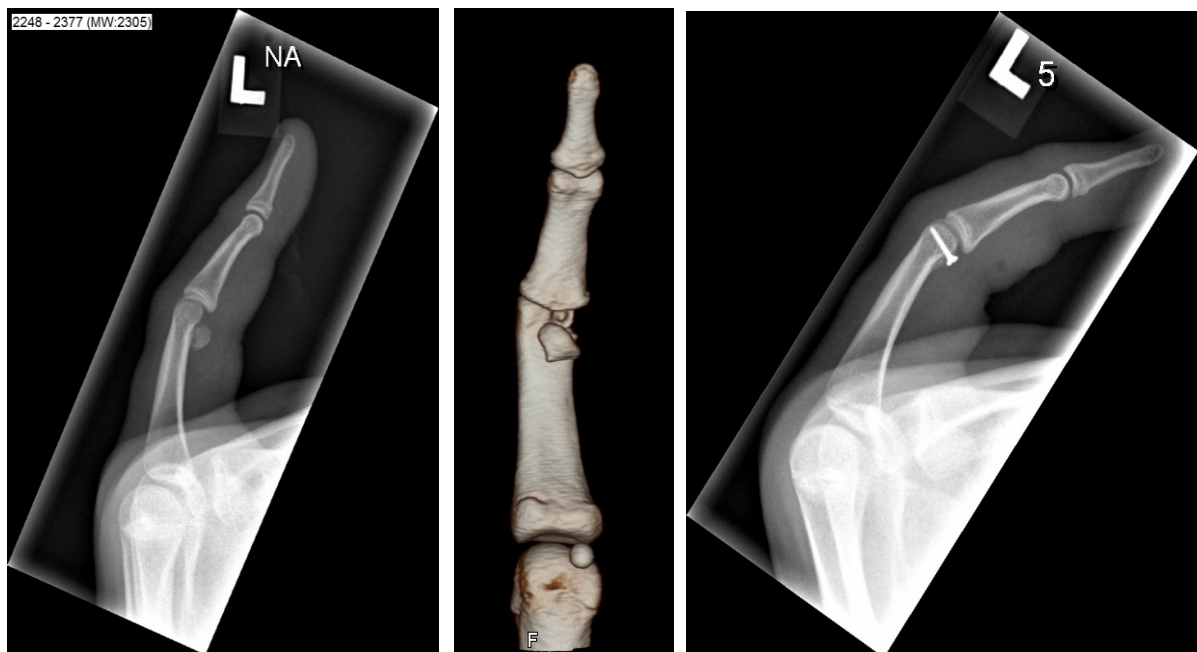


Abbildung 2 15-jähriger Patient mit unikondylärer Fraktur der Grundphalanx des fünften Fingers, die mittels offener Reposition und Schraubenosteosynthese behandelt wurde.
(Mit freundlicher Genehmigung von Prof. Singer, Univ.-Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie, Medizinische Universität Graz)

3.5.3 Seymour Fraktur

Als Seymour Fraktur werden dislozierte Frakturen der distalen Phalanx mit Beteiligung der Epiphysenfuge und Verletzung des Nagelbetts bezeichnet (Abbildung 3). Diese Frakturen werden in der Regel durch eine Quetschung des Fingers verursacht. Klinisch präsentieren sich die Patient*innen typischerweise mit einer Beugestellung im distalen Interphalangealgelenk, die aus einem Ungleichgewicht zwischen der Strecksehne und der Beugesehne auf Höhe der Fraktur resultiert. Zusätzlich kann die Basis der Nagelplatte oberhalb des Eponychiums liegen, sodass die Nagelplatte des verletzten Fingers länger als jene der benachbarten Finger erscheint. Posterior-anteriore Röntgenaufnahmen können einen unauffälligen Befund zeigen. Daher ist hier eine laterale Ansicht erforderlich, um eine etwaige Verbreiterung der Epiphysenfuge oder eine signifikante Dislokation zwischen der Epiphyse und der Metaphyse feststellen zu können. Werden diese Frakturen nicht erkannt und demnach nicht adäquat behandelt, können Deformitäten der Nagelplatte, Wachstumsstörungen oder eine Osteomyelitis die Folge sein.¹⁷ Unter Berücksichtigung dieser möglichen Komplikationen sollte die initiale Behandlung der Seymour-Frakturen die Entfernung des Nagels sowie eine gründliche Spülung und Debridement umfassen. Weiters sind die Entfernung des Nagelbetts aus der Frakturstelle, eine Reposition der Fraktur, die Sanierung des Nagelbetts sowie das Einsetzen des Nagels unter das Eponychium angezeigt.¹³ Die Behandlung wird entweder mit lokaler Betäubung oder unter Sedierung durchgeführt. Indikationen für eine Operation sind Instabilität der Fraktur nach der Reposition, eine initial erfolglose Reposition oder eine erneute Dislokation der Fraktur. In diesen Fällen ist die Fixierung mit Kirschner-Drähte indiziert (Abbildung 3). Patient*innen mit einer Seymour Fraktur sollten eine orale Antibiose für 7 Tage erhalten.¹⁸

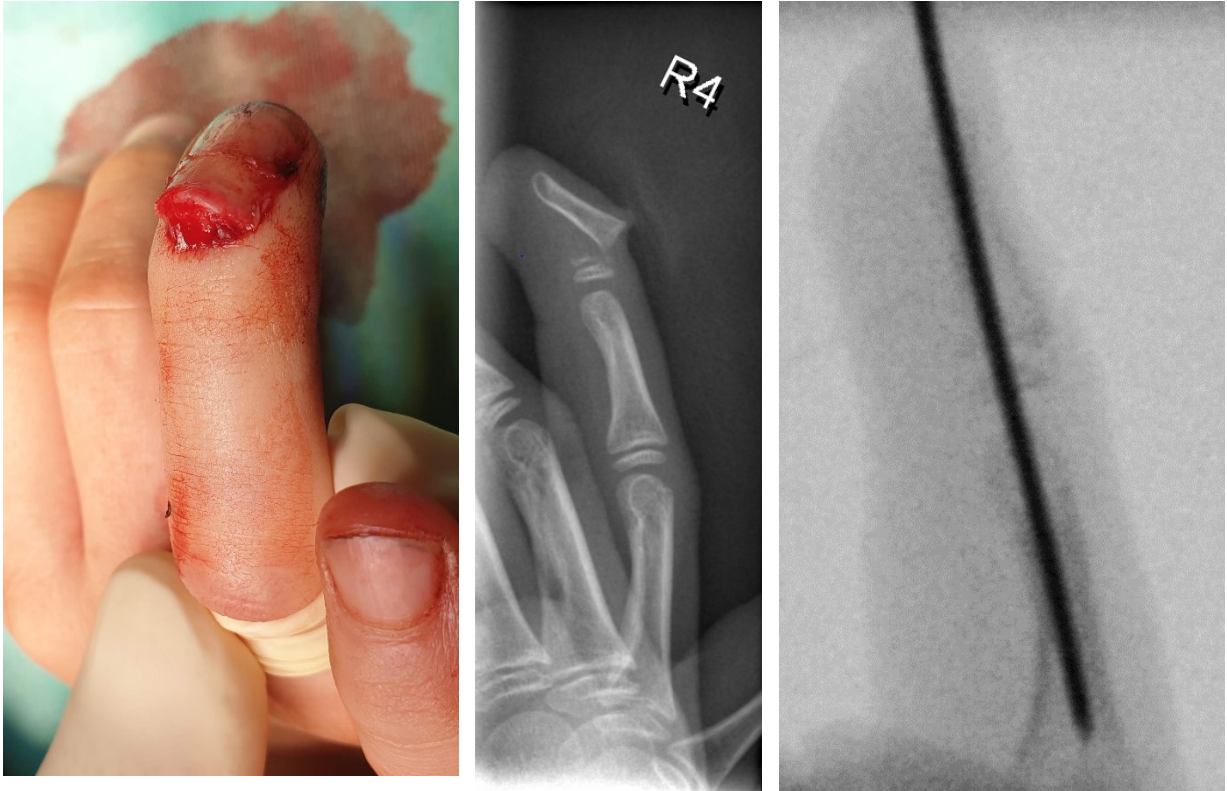


Abbildung 3 Fall eines 13-jährigen Patienten mit einer Verletzung des 4. Fingers durch ein Hoverboard. Das klinische Bild und die Röntgenaufnahmen zeigen eine Seymour Fraktur. Die Fraktur wurde reponiert, die Nagelplatte genäht und die Fraktur osteosynthetisch versorgt. (Mit freundlicher Genehmigung von Prof. Singer, Univ.-Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie, Medizinische Universität Graz)

3.5.4 Mallet-Finger

Bei dieser Fraktur kommt es zu einem knöchernen Ausriss der Strecksehne an der Epiphyse der distalen Phalanx und führt so zu einer intraartikulären Fraktur im Sinne einer Salter-Harris III oder IV Fraktur. Beim Großteil dieser Frakturen kann mit einer konservativen Therapie ein gutes Ergebnis erzielt werden. Dabei erfolgt die Immobilisation mit diversen Schienen oder Extensionsorthesen für rund 6 Wochen. Anschließend ist das Tragen einer Schiene in der Nacht für weitere 2 Wochen indiziert. Auf die strikte Einhaltung der Ruhigstellung sollte geachtet werden, da eine Nichteinhaltung mit einem vermehrten Auftreten eines Streckdefizits im distalen Interphalangealgelenk assoziiert ist. Weitere mögliche Konsequenzen sind eine Schwanenhalsdeformität oder Schädigungen der Haut in Folge der Schienung.¹⁹ Indikationen für ein operatives Vorgehen sind Frakturfragmente, die mehr als die Hälfte der Gelenksfläche betreffen, eine palmare Subluxation der distalen Phalanx und Probleme hinsichtlich der Einhaltung der Immobilisation.²⁰ Ebenso ist bei offenen Frakturen, Subluxationen

des distalen Interphalangealgelenks, die durch die Schiene nicht korrigiert werden können, sowie bei Frakturen, bei denen eine geschlossene Reposition aufgrund einer Schädigung im Bereich der Epiphyse nicht möglich ist, ein operatives Vorgehen erforderlich. Im Zuge der Operation wird die Fraktur reponiert und anschließend mit Kirschner-Drähten versorgt.²¹ Hier empfiehlt sich die Methode nach Ishiguro, die in Abbildung 4 dargestellt wird.

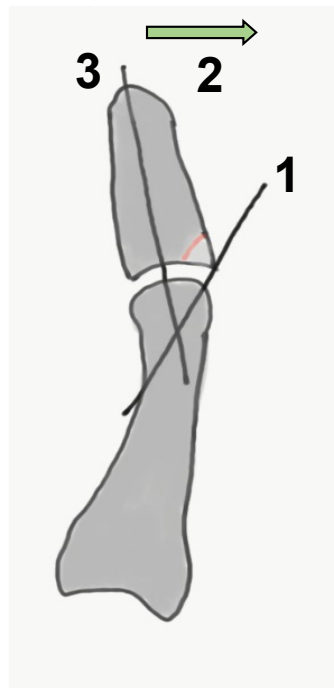


Abbildung 4 Operation nach Ishiguro. Zu Beginn wird die distale Phalanx gebeugt und ein Kirschner-Draht schräg eingebracht (1), in einem nächsten Schritt erfolgt die maximale Streckung, so dass das Fragment sich anlegt (2). Eine temporäre DIP-Arthrodese komplettiert die Operation. (Mit freundlicher Genehmigung von Prof. Singer, Univ.-Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie, Medizinische Universität Graz)

3.5.5 Skidaumen

Während der Skidaumen bei Erwachsenen ausschließlich eine Ruptur des ulnaren Seitenbandes darstellt, liegt bei Kindern typischerweise eine knöcherne Beteiligung vor. Dabei kommt es zu einem knöchernen Ausriss des ulnaren Seitenbandes an der Basis der Grundphalanx des Daumens im Sinne einer Salter-Harris III Fraktur und das Metacarpophalangealgelenk wird infolge instabil.¹³ Daher ist bei Kindern mit einer relevanten Dislokation eine Reposition sowie die Fixierung des Fragments indiziert, um die Stabilität des Daumens wiederherzustellen.⁸ Dabei können entweder eine geschlossene Reposition mit perkutaner Bohrdrahtosteosynthese oder eine offene Reposition und Fixierung mit Kirschner-Drähten oder Schrauben zur Anwendung kommen¹⁰ (Abbildung 5).



Abbildung 5 Röntgenbilder des rechten Daumens eines 13-jährigen Buben nach einer Verletzung beim Fußballspielen zeigen einen knöchernen Skidaumen. Die Fraktur wurde mittels offener Reposition und Bohrdrahtosteosynthese versorgt, wobei der Bohrdraht radial ausgeleitet und nach 5 Wochen entfernt wurde. (Mit freundlicher Genehmigung von Prof. Singer, Univ.-Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie, Medizinische Universität Graz)

4 Frakturen der Mittelhand

4.1 Epidemiologie

Mittelhandfrakturen machen zwischen 3% und 6% aller Frakturen im Kindes- und Jugendalter aus.^{4,22} Das durchschnittliche Alter der Patient*innen mit Mittelhandfrakturen liegt bei 15 Jahren und ist damit deutlich höher als jenes der Patient*innen mit Frakturen der Phalangen.⁵ Die Frakturen ereignen sich in den meisten Fällen aufgrund eines Sturzes oder durch einen Schlag gegen einen Gegenstand. Mit Abstand am häufigsten ist dabei der fünfte Mittelhandknochen betroffen.²³

4.2 Allgemeine Aspekte zu den Mittelhandfrakturen

Die Einteilung der Frakturen der Mittelhandknochen erfolgt deren Lokalisation entsprechend in Schaft-, Kopf- und Basisfrakturen sowie den subkapitalen Frakturen. In der Literatur gibt es Abweichungen hinsichtlich der am häufigsten betroffenen Lokalisation. Einige Studien führen subkapitale Frakturen an.^{24,25} Es wurde jedoch auch die Diaphyse beschrieben.²⁶ Schaftfrakturen und subkapitale Frakturen betreffen vor allem den 2.-5. Finger. Bei den Schaftfrakturen handelt es sich meist um Schräg- oder Spiralfrakturen²⁷ (Abbildung 6). Torsionskräfte kombiniert mit einer axialen Belastung führen zu langen Schräg- und Spiralfrakturen. Direkte Traumata dagegen bewirken kurze Schräg- oder Querfrakturen. Während Frakturen des dritten und vierten Strahls durch die intermetacarpalen Bandverbindungen relativ stabil sind, neigen die randständigen Mittelhandknochen II und V eher zu Dislokationen.¹⁰

Subkapitale Frakturen der Mittelhand kommen hauptsächlich bei Buben im Alter von 12-16 Jahren vor²⁸ und betreffen dabei in erster Linie den 5. Mittelhandknochen, als sogenannte Boxer-Fraktur. Viel seltener kann diese Fraktur auch den 4. Mittelhandknochen betreffen. Dabei kommt es in der Regel durch einen Schlag mit der Faust gegen einen festen Gegenstand zur Fraktur. Das distale Knochenfragment disloziert hierbei nach palmar. Frakturen des ersten Mittelhandknochens betreffen am häufigsten die Basis. Bei diesen Frakturen an der Basis wird zwischen intra- beziehungsweise extraartikulären Frakturen unterschieden, wobei letztgenannte häufiger

vorkommen. Während diese Frakturen bei älteren Kindern typischerweise am metaphysären-diaphysären Übergang lokalisiert sind, präsentieren sich diese beim unreifen Skelett an der Epiphyse als Salter-Harris II Frakturen.²⁷ Bei Frakturen der Basis handelt es sich meist um Querfrakturen. Sie resultieren aus der axialen Belastung eines gebeugten Mittelhandknochens. Ebenso können Quetschverletzungen Ursachen dieser Frakturen sein.²⁹

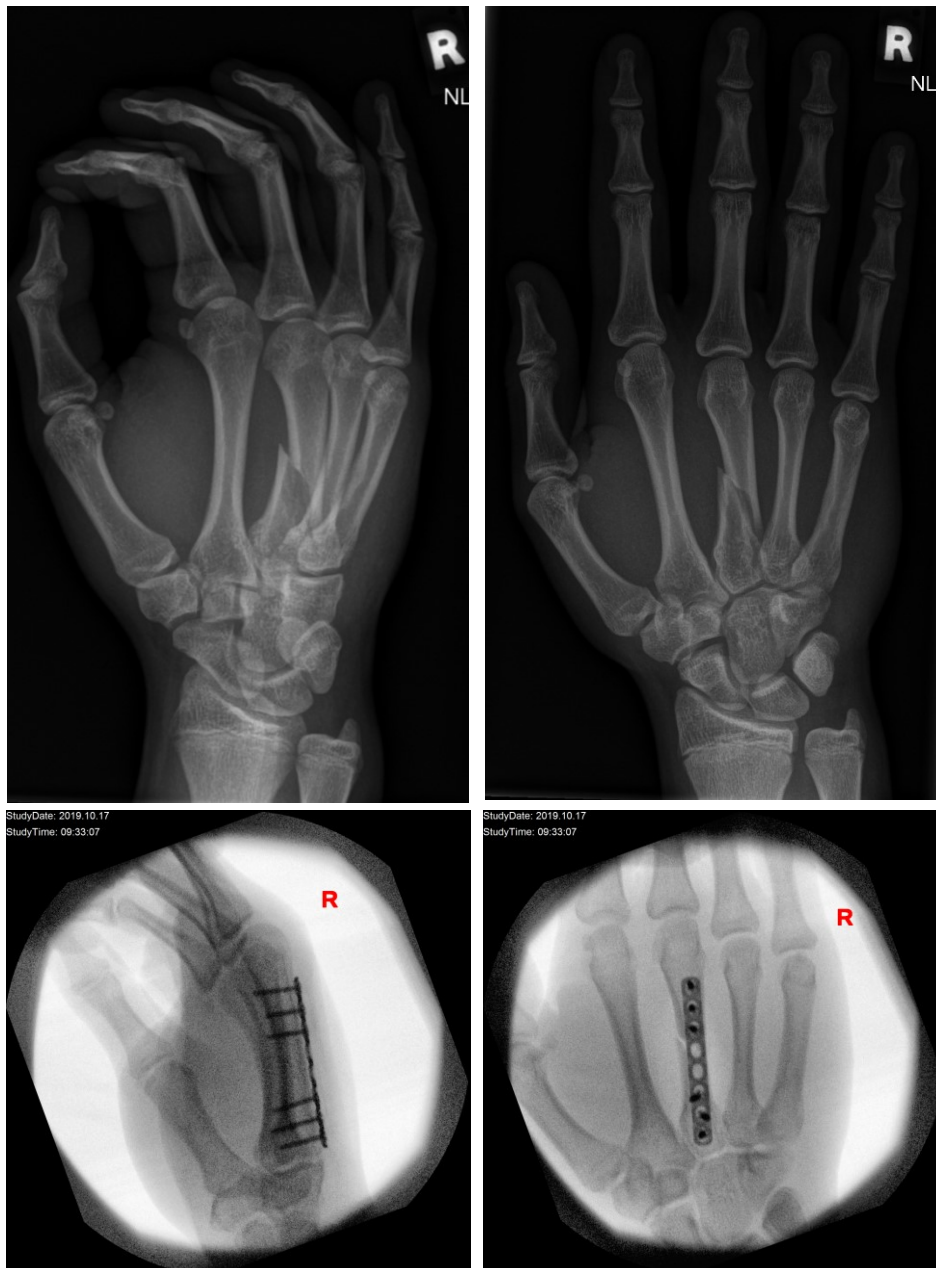


Abbildung 6 16-jähriger Patient mit einer dislozierten Schrägfraktur des 3. Mittelhandknochens rechts, die mittels offener Reposition und anschließender Plattenosteosynthese versorgt wurde. Die Metallentfernung erfolgte nach einem Jahr. (Mit freundlicher Genehmigung von Prof. Singer, Univ.-Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie, Medizinische Universität Graz)

4.3 Diagnostik

Bei Verdacht auf eine Fraktur der Mittelhandknochen soll im Rahmen der klinischen Untersuchung auf Schmerzen, Schwellungen, Fehlstellungen und Bewegungseinschränkungen geachtet werden.

Das Vorliegen möglicher Torsionsabweichungen wird vor allem bei der Beugung der Finger offensichtlich und lässt sich zusätzlich anhand von Abweichungen der Fingernagelebene erkennen. Ist eine aktive Beugung schmerzbedingt nicht durchführbar, kann durch den Tenodeseeffekt bei passiver Handgelenkstreckung die Fingerkaskade untersucht werden. Palmare Abweichungen in der Sagittalebene zeigen sich durch ein Tiefertreten des zweiten bis fünften Metacarpalköpfchens beim Faustschluss.

Für die Diagnosestellung einer Mittelhandfraktur ist ein Röntgen in 2 Ebenen in der Regel ausreichend. Bei Vorliegen einer Gelenkbeteiligung, vor allem wenn die Carpometacarpalgelenke betroffen sind, ist weiterführend eine Computertomographie angezeigt.³⁰

4.4 Therapie

Die Behandlung der Frakturen variiert in Abhängigkeit von der Lokalisation, dem Ausmaß und der Konfiguration der Frakturen. Handelt es sich um eine nicht dislozierte, geschlossene, stabile und reponierbare Fraktur, so ist in der Regel eine konservative Therapie ausreichend.¹⁰ Beim Großteil dieser Frakturen genügt diese Behandlungsform und nur bei 9% aller Mittelhandfrakturen ist eine operative Intervention notwendig. Dabei sind Schaftfrakturen der Mittelhandknochen am häufigsten mit einem operativen Vorgehen assoziiert. Subkapitale Frakturen hingegen benötigen kaum eine Operation.⁹ Hier besteht die Behandlung in einer geschlossenen Reposition und einer Immobilisation im Gips für 4 Wochen. Die Reposition bei subkapitalen Metacarpalfrakturen wird mit dem Jahss-Manöver durchgeführt (Abbildung 7). Ist die Fraktur nach der Reposition weiterhin instabil, so ist eine perkutane Bohrdrahtosteosynthese indiziert. Bei nicht dislozierten Frakturen ist eine Ruhigstellung für 3 bis 4 Wochen ausreichend.²⁹

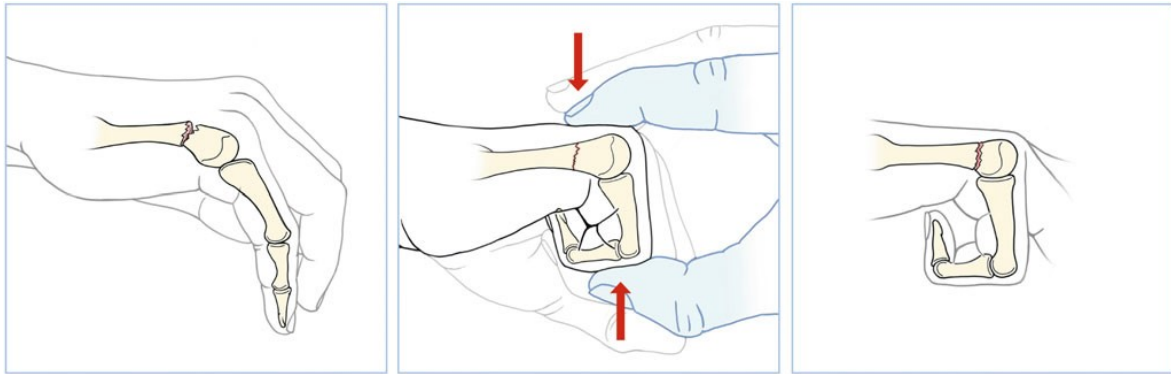


Abbildung 7 Jahss-Manöver zur Reposition dislozierter subkapitaler Mittelhandfrakturen. Dabei wird der Finger im MCP- und PIP-Gelenk gebeugt und Druck von dorsal gegen das Metacarpale und von palmar gegen die Grundphalanx ausgeübt. (Mit freundlicher Genehmigung von Springer übernommen aus Singer G., Ebinger T., Mentzel M., Bauknecht S., Weinberg AM., Schmidt B. (2021) Frakturen der Mittelhandknochen beim Kind. In: Engelhardt M., Raschke M. (eds) Orthopädie und Unfallchirurgie. Springer Reference Medizin. Springer, Berlin, Heidelberg ³⁰)

Nicht dislozierte extraartikuläre Frakturen der Basis können gut konservativ therapiert werden. Diese Frakturen benötigen eine 3 bis 4 -wöchige Ruhigstellung. Dislozierte Basisfrakturen können geschlossen reponiert werden und anschließend erfolgt die Ruhigstellung für 3-4 Wochen. Ist dies nicht ausreichend und die Fraktur instabil, ist eine perkutane Bohrdrahtosteosynthese indiziert. Schafffrakturen hingegen benötigen eine Immobilisation von 4-6 Wochen beziehungsweise erfolgt die Ruhigstellung so lange bis auf den Röntgenaufnahmen eine ausreichende Konsolidierung der Fraktur zu sehen ist. Bei dislozierten Schafffrakturen ist eine geschlossene Reposition mit anschließender Ruhigstellung für ebenso 4-6 Wochen indiziert. Instabile Frakturen werden mit einer perkutanen Bohrdrahtosteosynthese versorgt. Frakturen der Epiphyse und der Wachstumsfuge sind selten. Beim Großteil dieser Frakturen handelt es sich um Salter-Harris II-Frakturen. Diese können in ähnlicher Weise wie die extraartikulären subkapitalen Frakturen behandelt werden. Späte Repositionsversuche sollten hier jedoch vermieden werden, um eine weitere Schädigung der Wachstumsplatte zu vermeiden.²⁹

Bei der operativen Versorgung von Mittelhandfrakturen mit Dislokation oder Achsenabweichungen vor allem des 2. – 5. Fingers bietet die elastisch stabile intramedulläre Nagelosteosynthese eine gute Möglichkeit zur Stabilisierung der Frakturen (Abbildung 8). Damit können gute Ergebnisse erzielt werden und eine schnelle postoperative Mobilisation wird ermöglicht. Die Metallentfernung kann nach rund 90 Tagen erfolgen.²³

Eine offene Reposition mit einer Bohrdraht- oder Schraubenosteosynthese ist nur in sehr wenigen Fällen erforderlich. Indikationen hierfür sind das Vorliegen multipler Frakturen, nicht reponierbare Frakturen sowie eine intraartikuläre Dislokation.¹⁰

Prinzipiell ist, wenn es die Schwellung erlaubt, ein Gips gegenüber einer Schiene zu bevorzugen. Vor allem bei jüngeren Kindern kann in einem Gips die Ruhigstellung besser gewährleistet sein, während sie sich den Schienen leichter entziehen können. Weiters sind Röntgenkontrollen im Gips angezeigt, um etwaige entstehende Dislokationen erkennen zu können.²⁹

Das Remodellierungspotential bei Kindern soll bei der Behandlung der Frakturen berücksichtigt werden, wodurch größere Dislokationen als bei Erwachsenen akzeptiert werden können. Wie bei der konservativen Behandlung der meisten pädiatrischen Handfrakturen wird aufgrund der zu erwartenden beschleunigten Kallusbildung eine frühzeitige Nachsorge empfohlen.³¹

Grundsätzlich sind Abweichungen von weniger als 15° bei subkapitalen Frakturen und weniger als 10° bei Schafffrakturen am zweiten und dritten Metacarpalknochen beziehungsweise weniger als 30° bei subkapitalen Frakturen und weniger als 20° bei Schafffrakturen am vierten und fünften Metacarpalknochen akzeptabel. Eine Rotationsfehlstellung kann hingegen nicht toleriert werden. Dabei sind Abweichungen ab 5°-10° klinisch sichtbar. Dies ist bereits ausreichend, damit es nach knöcherner Konsolidierung zu Bewegungseinschränkungen kommt.³²



Abbildung 8 Röntgenbilder eines 14-jährigen Patienten mit subkapitaler Fraktur des fünften Mittelhandknochens. Die Fraktur konnte nicht reponiert werden, woraufhin die Indikation zur geschlossenen Reposition und intramedullärer Nagelung gestellt wurde. (Mit freundlicher Genehmigung von Springer übernommen aus Singer G., Ebinger T., Mentzel M., Bauknecht S., Weinberg AM., Schmidt B. (2021) Frakturen der Mittelhandknochen beim Kind. In: Engelhardt M., Raschke M. (eds) Orthopädie und Unfallchirurgie. Springer Reference Medizin. Springer, Berlin, Heidelberg³⁰⁾)

4.5 Frakturen des Os metacarpale I

Die kindlichen Frakturen des ersten Mittelhandknochens haben eine eigene Charakteristik. Zwar können subkapitale Frakturen und Schaftfrakturen analog zu den übrigen Mittelhandknochen therapiert werden, Basisfrakturen des ersten Mittelhandknochens mit Beteiligung der Epiphyse und der Wachstumsfuge erfordern hingegen besondere Aufmerksamkeit. Diese Frakturen neigen durch den Zug des M. adductor pollicis, des M. abductor pollicis longus und der Thenarmuskulatur zu Dislokationen.

Frakturen zwischen der Wachstumsfuge und dem Übergang vom proximalem zum mittleren Drittel des Knochens sind meist quer- oder gering schrägverlaufend. Hier ist in der Regel eine geschlossene Reposition mit anschließender Immobilisierung ausreichend, da hierbei das ausgeprägte Remodellierungspotential zum Tragen kommt und so Abweichungen von 20° bis 30° akzeptabel sind. Salter-Harris II Frakturen zeigen einen ulnar oder radial gelegenen metaphysären Keil. Durch den Zug der Muskeln wird der Schaft verschoben. Kann die Fraktur trotz geschlossener Reposition nicht ausreichend stabilisiert werden, ist infolge eine perkutane Bohrdrahtosteosynthese indiziert (Abbildung 9). In manchen Fällen ist eine offene Reposition notwendig.

Salter-Harris III und IV- Frakturen, die ähnlich den Bennett-Frakturen bei Erwachsenen sind, treten bei Kindern und Jugendlichen nur selten auf. Diese Frakturen erfordern eine geschlossene oder offene Reposition mit anschließender interner Fixierung.¹⁰

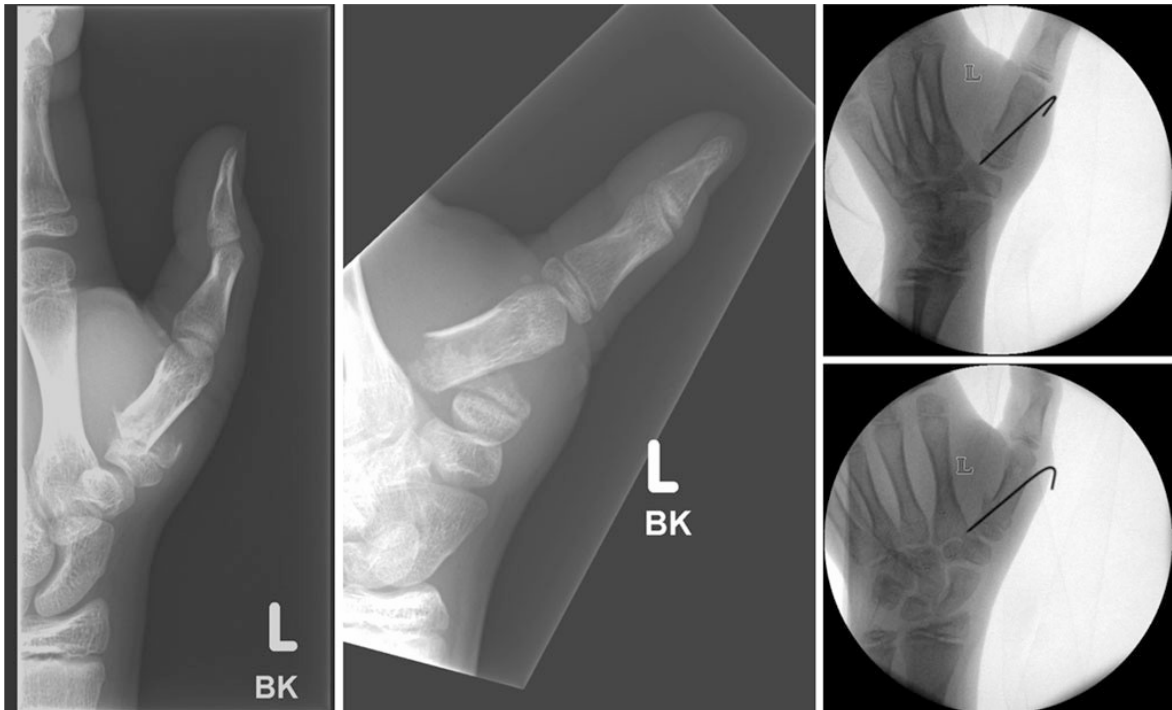


Abbildung 9 Röntgenbilder eines 13-jährigen Buben nach Radsturz auf den linken Daumen. Die dislozierte Salter-Harris II Fraktur wurde geschlossen reponiert und osteosynthetisch versorgt. (Mit freundlicher Genehmigung von Springer übernommen aus Singer G., Ebinger T., Mentzel M., Bauknecht S., Weinberg AM., Schmidt B. (2021) Frakturen der Mittelhandknochen beim Kind. In: Engelhardt M., Raschke M. (eds) Orthopädie und Unfallchirurgie. Springer Reference Medizin. Springer, Berlin, Heidelberg ³⁰)

4.6 Komplikationen

Die meisten Mittelhandfrakturen heilen ohne bleibende Beeinträchtigungen aus. Leichte Abweichungen in der Bewegungsebene können toleriert werden und sind durch Remodellierungsvorgänge korrigierbar.¹⁰ Während Achsenabweichungen in der Sagittalebene im weiteren Wachstum gut korrigiert werden können, ist dies bei Abkippen in der Frontalebene oder bei Rotationsabweichungen nicht möglich. Wachstumsstörungen kommen im Bereich der Metacarpalknochen außerordentlich selten vor. Gegebenfalls kann es bei komplexen Verletzungen zu einem vorzeitigen Verschluss der Fugen mit nachfolgender Verkürzung des betroffenen Skelettabschnitts kommen. Auch kann eine mögliche Verkürzung bei Schafffrakturen bestehen bleiben und so zu einem Extensionsverlust führen.³³

Häufige Komplikationen von Frakturen der Mittelhandknochen sind Torsionsabweichungen, die mit einer Funktionseinschränkung einhergehen. Dabei sollte die Behandlung mittels Korrekturosteotomie erfolgen. Liegt eine offene Fraktur vor, besteht die Möglichkeit einer Verklebung der Strecksehnen. Äußerst selten kann es zu avaskulären Nekrosen des Metacarpalkopfes sowie zum Auftreten von Pseudoarthrosen kommen.³⁰

5 Frakturen der Handwurzel

Frakturen der Handwurzel kommen im Kindes- und Jugendalter nur selten vor. Treten diese jedoch auf, ist mit Abstand am häufigsten das Os scaphoideum betroffen. Am zweithäufigsten sind Frakturen des Os capitatum, die in den meisten Fällen gemeinsam mit Skaphoidfrakturen auftreten. Frakturen der übrigen Handwurzelknochen kommen kaum vor³⁴ und werden aus diesem Grund nachfolgend nicht weiter behandelt.

6 Skaphoidfrakturen

6.1 Epidemiologie

Frakturen des Os scaphoideum betragen zwischen 0,6-1,3% aller Frakturen im Kindes- und Jugendalter.^{4,22} Die geringe Inzidenz dieser Frakturen hängt mit dem dicken peripheren Knorpel zusammen, der das Ossifikationszentrum umgibt und schützt. Daher sind beträchtlich Kräfte für die Entstehung von Kahnbeinfrakturen erforderlich. Die Verknöcherung erfolgt von distal nach proximal, wodurch mit zunehmendem Alter die Frakturen jenen im Erwachsenenalter entsprechen. Der Altersgipfel der Skaphoidfrakturen liegt zwischen 12 und 15 Jahren.³⁵ Skaphoidfrakturen bei Kindern unter 10 Jahren sind aufgrund der späten Ossifikation des Skaphoids, die erst im Alter von 4-6 Jahren beginnt und im Alter von 13-15 Jahren abgeschlossen ist, äußerst selten.³⁶

Die Ursachen der Frakturen sind abhängig vom Alter der Patient*innen. So führen bei jüngeren Patient*innen in erster Linie Stürze zu Frakturen, während sich ältere Kinder und Jugendliche vermehrt beim Sport verletzen. Auch die Lokalisation der Fraktur ist abhängig vom Alter der Patient*innen. Während bei jüngeren Kindern

überwiegend der distale Anteil betroffen ist, ist mit zunehmendem Alter eher der mittlere beziehungsweise der proximale Anteil des Skaphoids betroffen.³⁷ Ebenso sind das männliche Geschlecht, Hochenergie-Traumata und ein erhöhter BMI mit einem vermehrten Auftreten von Frakturen im Bereich des mittleren und proximalen Anteils assoziiert.³⁸ Welcher Anteil insgesamt am häufigsten betroffen ist, variiert je nach Studie zwischen dem distalen Anteil und dem mittleren Anteil des Os scaphoideum. Frakturen des proximalen Anteils sind hingegen selten.^{37,38}

6.2 Diagnostik

Klinisch imponieren Kahnbeinfrakturen typischerweise durch einen Druckschmerz in der anatomischen Tabatière. Weniger spezifische Zeichen sind Schmerzen bei Bewegung, Schwellung oder Schmerzen bei axialer Belastung. Die angeführten Symptome können hingegen gar nicht oder in nur sehr geringem Ausmaß vorhanden sein. Der entsprechende Unfallmechanismus wie beispielsweise ein Sturz auf den ausgestreckten Arm kann einen Hinweis auf eine Fraktur der Handwurzel liefern.³⁹

Besteht der Verdacht auf eine Fraktur, sollte initial ein Röntgen erfolgen (Abbildung 10). In erster Linie sollten damit die weitaus häufiger vorkommenden Frakturen wie eine distale Unterarmfraktur oder eine Mittelhandfraktur ausgeschlossen werden. Erweiterte Kahnbeinaufnahmen sind grundsätzlich nicht angezeigt, da diese keine sichere Frakturdiagnose zulassen und hier die vermehrte Strahlenbelastung bei Kindern berücksichtigt werden sollte. Die Frakturen des Os scaphoideum können im Kindesalter aufgrund der noch unvollständigen Ossifikation leicht übersehen werden und so ergibt das initiale Röntgen in den meisten Fällen keinen Hinweis auf eine Fraktur. Trotzdem sollte bei entsprechender Klinik eine Ruhigstellung erfolgen und bei bestehenden Beschwerden nach rund 2 Wochen eine Magnetresonanztomographie durchgeführt werden, die eine Fraktur bestätigen beziehungsweise ausschließen soll. In der Magnetresonanztomographie können Frakturen nachgewiesen werden, die auf den initialen Röntgenaufnahmen nicht zu sehen waren. Ebenso kann eine Computertomographie durchgeführt werden. Diese ist präziser und sollte vor allem bei Verdacht auf dislozierte oder instabile Frakturen zum Einsatz kommen, um die Indikation zur Fortsetzung einer konservativen Therapie überprüfen zu können.⁴⁰

Zur Diagnostik von Kahnbeinfrakturen kann auch die Sonographie Anwendung finden. Diese stellt in erster Linie gegenüber den Röntgenaufnahmen ein genaueres und zuverlässigeres Verfahren zur Erkennung von Skaphoidfrakturen dar.⁴¹

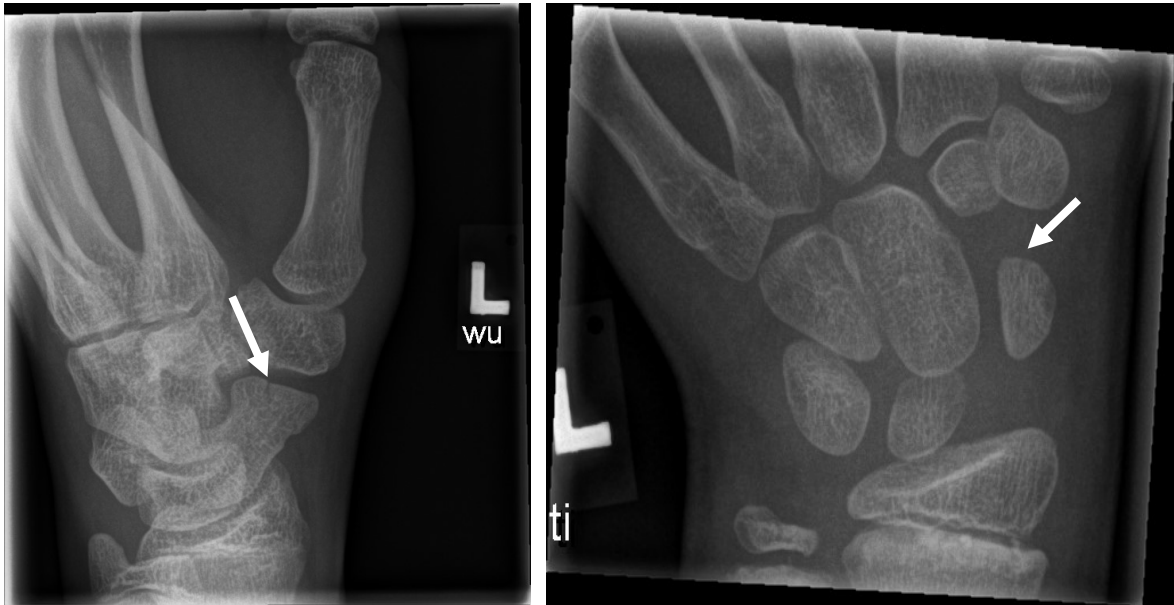


Abbildung 10 Skaphoidfrakturen eines 11- und eines 16-jährigen Patienten. In beiden Fällen war die Behandlung mit einer Ruhigstellung im Gips für 6 Wochen erfolgreich. (Mit freundlicher Genehmigung von Prof. Singer, Univ.-Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie, Medizinische Universität Graz)

6.3 Therapie und deren Prognose

Die konservative Behandlung stellt bei den meisten Kahnbeinfrakturen eine adäquate Therapie dar. So können rund 90% der Frakturen mit einem Gips ruhiggestellt werden.³⁸ Die Dauer der Ruhigstellung variiert in Abhängigkeit von der Lokalisation. So heilen Frakturen des distalen Pols am schnellsten und benötigen eine Ruhigstellung zwischen 4 und 8 Wochen. Bei Frakturen des mittleren Anteils ist eine Immobilisation von bis zu 16 Wochen angezeigt, um eine Heilung zu erzielen.⁴² Die Gipstechnik beeinflusst den Therapieerfolg nicht. So können sowohl mit einem Oberarmgips als auch mit einem Unterarmgips mit Daumeneinschluss gute Ergebnisse erzielt werden⁴³ (Abbildung 11). Die Heilungsraten bei Gipsruhigstellung sind abhängig vom Vorliegen einer Dislokation, der Lokalisation der Fraktur und von der Zeitdauer, die zwischen dem Zeitpunkt der Verletzung und dem Beginn der Behandlung vergeht. So haben

akute, nicht dislozierte Frakturen des distalen Anteils die besten Heilungschancen. Sobald es sich um eine dislozierte Fraktur des mittleren oder proximalen Anteils handelt, sind die Heilungschancen schlechter, vor allem wenn mit deren Behandlung erst nach einigen Wochen begonnen wird. Wird eine Kahnbeinfraktur erst einige Wochen später diagnostiziert, wird diese initial meist ebenso mit einem Gips ruhiggestellt. Diese Therapieform ist bei vielen Patient*innen nicht ausreichend und eine Operation sollte bei diesen Frakturen in Betracht gezogen werden.³⁸

Generell ist bei rund 7% der Skaphoidfrakturen eine operative Versorgung angezeigt. Die Indikation hierfür besteht bei Frakturen des proximalen Anteils des Skaphoids, bei dislozierten oder instabilen Frakturen sowie nach einem erfolglosen Versuch einer konservativen Behandlung. Als Therapiemethoden kommen die offene Reposition und Fixierung mittels Schrauben oder die perkutane Verschraubung zur Anwendung. Durch eine operative Versorgung können in kürzerer Zeit gute Ergebnisse erzielt werden und eine schnellere Wiederaufnahme von Aktivitäten wird ermöglicht. Im Allgemeinen können nach Skaphoidfrakturen sowohl bei konservativer als auch bei operativer Versorgung gute Ergebnisse erzielt werden. Die meisten Patient*innen erreichen nach der Therapie die gewohnte Beweglichkeit im Handgelenk und sind schmerzfrei. Diese Ergebnisse sind auf die guten Heilungsraten, die geringe Inzidenz an Komplikationen und auf das Remodellierungspotential bei Kindern zurückzuführen.⁴³

Chronischen Frakturen, Frakturen des proximalen Pols, Pseudoarthrosen sowie das Auftreten von Osteonekrosen sind mit einem schlechteren Outcome assoziiert. Jedoch kann auch in diesen Fällen bei der Mehrheit der Patient*innen ein gutes funktionelles Ergebnis erreicht werden.⁴⁴



Abbildung 11 Unterarmgips mit Daumeneinschluss zur Therapie der Kahnbeinfraktur. (Mit freundlicher Genehmigung von Springer übernommen aus Singer G. (2020) Trauma to the Hands and Feet. In: Puri P. (eds) Pediatric Surgery. Springer, Berlin, Heidelberg ⁴⁵)

6.4 Pseudoarthrosen als mögliche Komplikation

In wenigen Fällen kann es zur Bildung von Pseudoarthrosen kommen. Einer Studie zufolge sind davon 1,5% der Patient*innen mit Skaphoidfrakturen betroffen. Meistens entstehen Pseudoarthrosen aufgrund einer ausbleibenden Ruhigstellung bei übersehenen beziehungsweise nicht korrekt diagnostizierten Frakturen. Jedoch sind Pseudoarthrosen auch bei korrekter Diagnose und adäquater Behandlung möglich. Bei Vorliegen einer Pseudoarthrose sollte aufgrund des Remodellierungspotentials bei Kindern zuerst der Versuch einer konservativen Behandlung erfolgen, bevor die Indikation für eine Operation gestellt wird. Die durchschnittliche Dauer der Ruhigstellung beträgt hier in etwa 15 Wochen. Bei ausbleibender Heilung unter einer konservativen Behandlung sowie bei dislozierten Pseudoarthrosen ist ein operatives Vorgehen indiziert. Dabei kann eine offene Reposition mit interner Fixierung sowie eine Fixierung mit Schrauben, Platten oder eventuell kombiniert mit einem autogenen Knochentransplantat zur Anwendung kommen (Abbildung 12). Mit allen angeführten Behandlungsmethoden können gute Resultate erzielt werden.⁴⁶

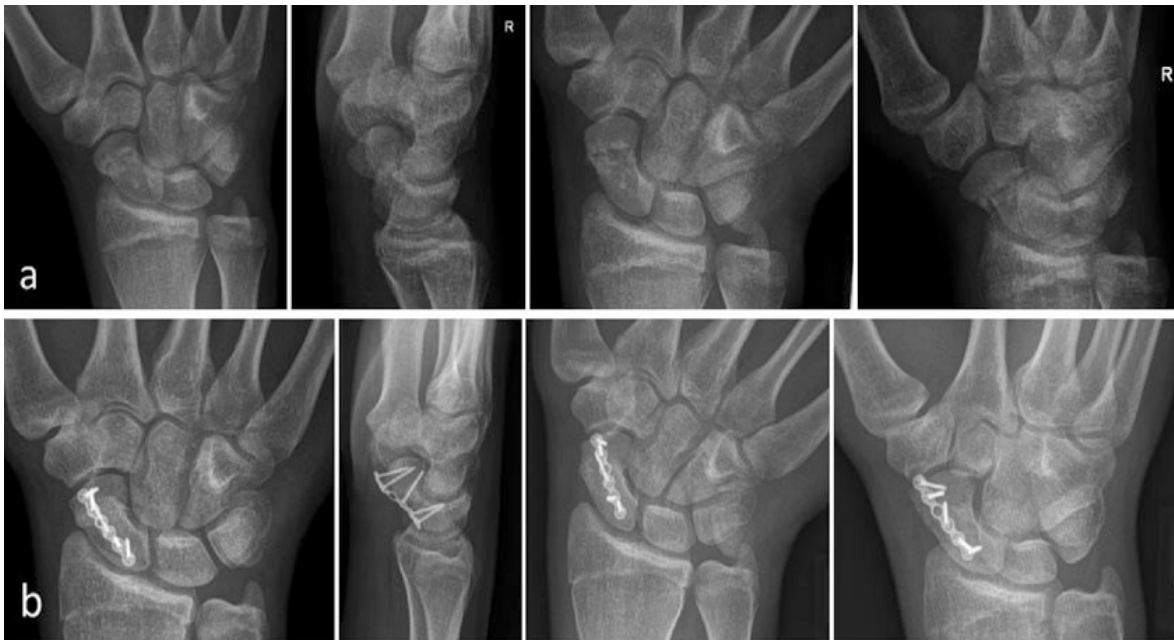


Abbildung 12 Röntgenaufnahmen eines 16-jährigen Patienten mit einer 3 Monate alten (bisher nicht diagnostizierten) Skaphoidfraktur (a). Die Fraktur wurde mittels offener Reposition, einem Knocheninterponat und einer Plattenosteosynthese versorgt. 3 Monate nach der Operation zeigt sich ein ausgezeichnetes Ergebnis (b). (Mit freundlicher Genehmigung von Springer übernommen aus Singer G. (2020) Trauma to the Hands and Feet. In: Puri P. (eds) Pediatric Surgery. Springer, Berlin, Heidelberg ⁴⁵)

7 Material und Methoden

Die vorliegende Studie umfasst alle Patient*innen im Alter von 0-18 Jahren, die an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie der Medizinischen Universität Graz im Jahr 2019 aufgrund einer Handfraktur behandelt wurden. Vor Beginn der Datenerhebung wurde bei der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz die Bewilligung hierfür eingeholt (EK-Nummer: 32-302 ex 19/20). Es handelt sich um eine retrospektive Datenanalyse. Die in Frage kommenden Patient*innen wurden anhand von Aufzeichnungen der Ambulanz der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie erfasst. In Folge wurden diese im Krankenhausinformationssystem MEDOCS genauer beurteilt und bei Vorliegen einer Fraktur der Hand in die Studie eingeschlossen. Die Informationen stammen aus den im MEDOCS verfügbaren Arztbriefen und Röntgenbildern. Dabei wurden folgende Parameter erhoben:

- Alter beim Unfall
- Geschlecht
- Unfallursache
- Anzahl der vorliegenden Frakturen
- Betroffene Seite
- Betroffener Knochen
- Betroffene Region (Carpus/Metacarpus/Phalangen)
- Betroffener Fingerstrahl
- Frakturtyp
- Art der Behandlung (konservativ oder operativ)
- Angewandtes operatives Verfahren
- Art der Versorgung (ambulant oder stationär)
- Dauer des stationären Aufenthaltes
- Erfordernis eines Gipses
- Dauer der Gipsruhigstellung
- Dauer der Betreuung, die sich aus dem Datum der Erstvorstellung und der Letztvorstellung berechnete
- Komplikationen

Die Unfallursachen wurden den acht Kategorien Sturz, Ballspielen/Ballsport, andere Sportarten, Unfall mit Fortbewegungsmittel, diverse Freizeitbeschäftigungen, Beteiligung anderer, Finger eingeklemmt/angeschlagen, genauer Unfallhergang nicht bekannt/sonstiges zugeordnet. Bezüglich des Frakturtyps erfolgte die Einteilung in Stauchungsfraktur, Querfraktur, Schrägfraktur, Spiralfraktur, Längsfraktur, Avulsionfraktur, Epiphysenfugenverletzung, Nagelkranzfraktur, dislozierte Fraktur, offene Fraktur, Fraktur mit Gelenksbeteiligung, Rolando-Fraktur, knöcherner Absprengung sowie Mehrfragmentfraktur.

Die gesammelten Daten der Patient*innen wurden in eine Microsoft Excel Tabelle eingetragen und gespeichert. Im Anschluss erfolgte die statistische Auswertung mittels SPSS. Für nominale Daten wurden absolute und relative Häufigkeiten erfasst, für metrische Daten wurden Mittelwert, Standardabweichung, Median sowie Minimum und Maximum berechnet.

Zusätzlich zur Beschreibung des gesamten Patientenkollektivs erfolgte die Auswertung der Daten abhängig vom Geschlecht, vom Alter und von der Lokalisation der Fraktur. Zu diesem Zweck wurden die Frakturen den Regionen Carpus, Metacarpus oder Phalangen zugeordnet und die Patient*innen wurden in die drei Altersgruppen 0-5 Jahre, 6-12 Jahre und 13-17 Jahre eingeteilt. Anschließend wurden die jeweiligen Gruppen hinsichtlich der erhobenen Parameter verglichen.

Um etwaige statistisch signifikante Unterschiede ermitteln zu können, wurde mit nominalskalierten Daten ein Chi-Quadrat-Test durchgeführt. Für metrische Daten wurden der Mann-Whitney-U-Test beziehungsweise der Kruskal-Wallis-Test mit nachfolgendem post hoc Test mit Bonferroni Korrektur verwendet. Bei einem Signifikanzniveau $p < 0,05$ wurden die Unterschiede als statistisch signifikant betrachtet.

8 Ergebnisse

8.1 Allgemeine Beschreibung der Studienkohorte

Im Jahr 2019 wurden 704 Patient*innen mit insgesamt 730 Handfrakturen an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie behandelt. In 97% der Fälle (n=680) lag eine Fraktur vor. Bei 22 Patient*innen (3%) wurden zwei Frakturen diagnostiziert und zwei Patient*innen (0,3%) erlitten drei Frakturen. Abbildung 13 zeigt das Verhältnis der Patient*innen mit einer einzelnen Fraktur zu Patient*innen mit multiplen Frakturen.

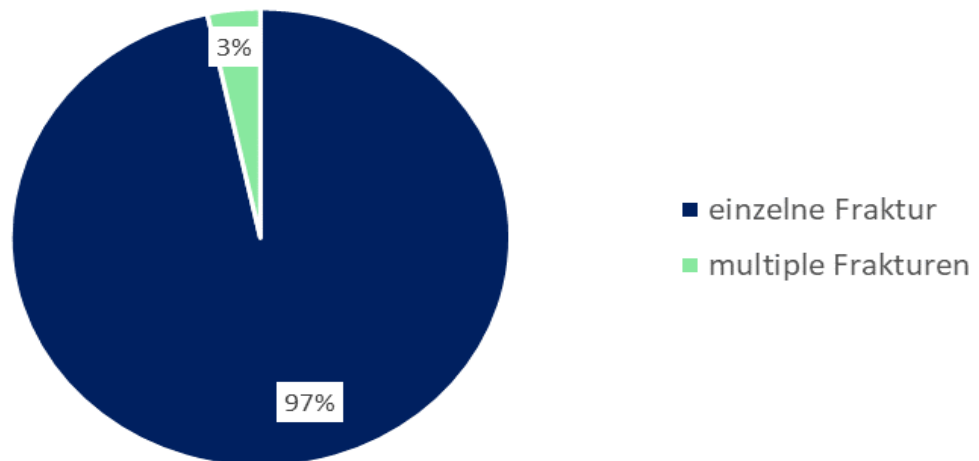


Abbildung 13 Prozentuelle Verteilung der Patient*innen mit einer Fraktur bzw. multiplen Frakturen.

Das durchschnittliche Alter der Patient*innen betrug 11 Jahre, wobei der jüngste Patient 9 Monate und der älteste 17 Jahre alt war. Die höchste Inzidenz ergab sich bei Patient*innen im Alter von 12 Jahren. Abbildung 14 stellt die Altersverteilung der Frakturen dar.

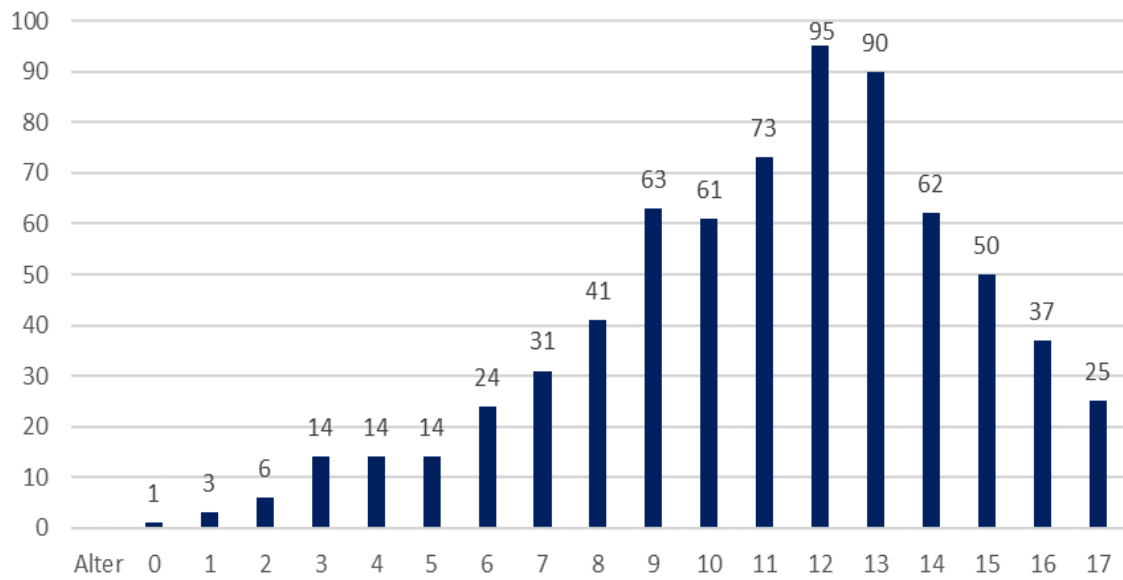


Abbildung 14 Altersverteilung der Patient*innen.

Von den 704 Patient*innen waren 252 weiblich und 452 männlich. Die prozentuelle Verteilung der Geschlechter ist in Abbildung 15 ersichtlich.

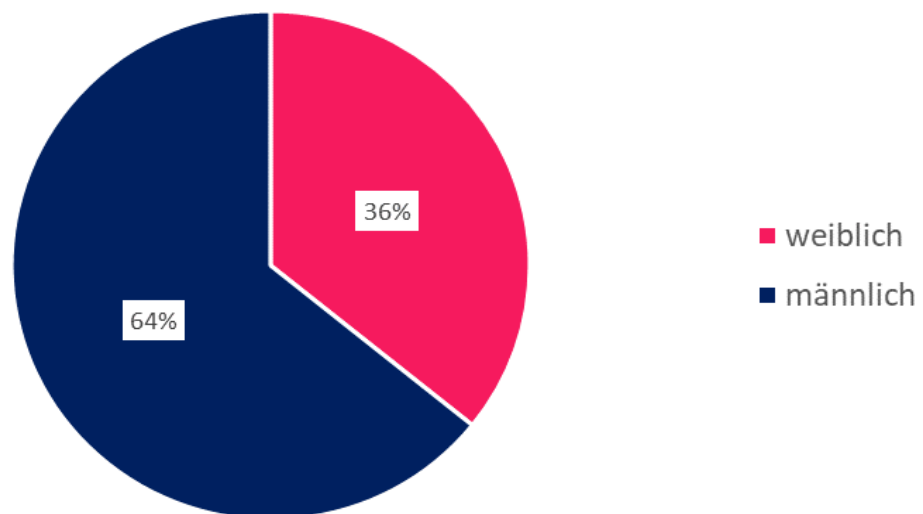


Abbildung 15 Verteilung der Geschlechter in Prozent.

Am häufigsten ereigneten sich Frakturen bei diversen Ballsportarten (n=255), gefolgt von Stürzen (n=105) sowie Einklemmung (n=103). In Abbildung 16 ist die genaue Verteilung der Unfallursachen dargestellt.

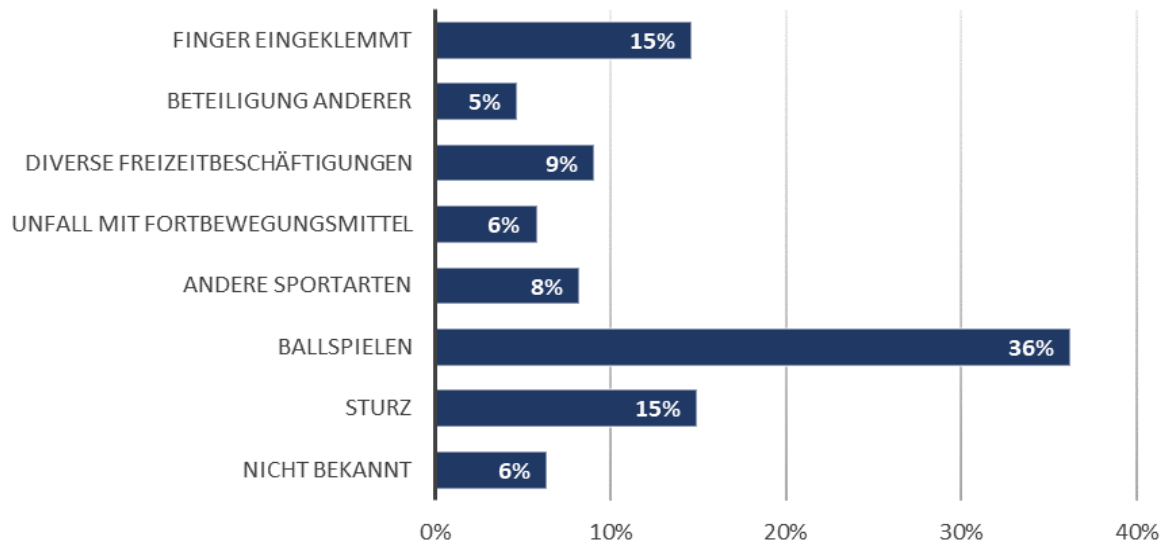


Abbildung 16 Prozentuelle Verteilung der Unfallursachen

Frakturen der rechten Hand waren häufiger als jene der linken Hand. So wurden 55% der Frakturen rechts (n=386) und 45% links (n=315) diagnostiziert. In 3 Fällen (0,4%) lagen Frakturen auf beiden Seiten vor.

Der am häufigsten betroffene Knochen war die Grundphalanx des kleinen Fingers mit insgesamt 157 Frakturen (22%), gefolgt von der Grundphalanx des Daumens (n=83, 11%) und der Phalanx media des kleinen Fingers (n=67, 9%). Der fünfte Finger war auch insgesamt mit 40% (n=292) am häufigsten betroffen. Abbildungen 17 und 18 zeigen die Verteilung der frakturierten Knochen sowie jene der betroffenen Fingerstrahlen.

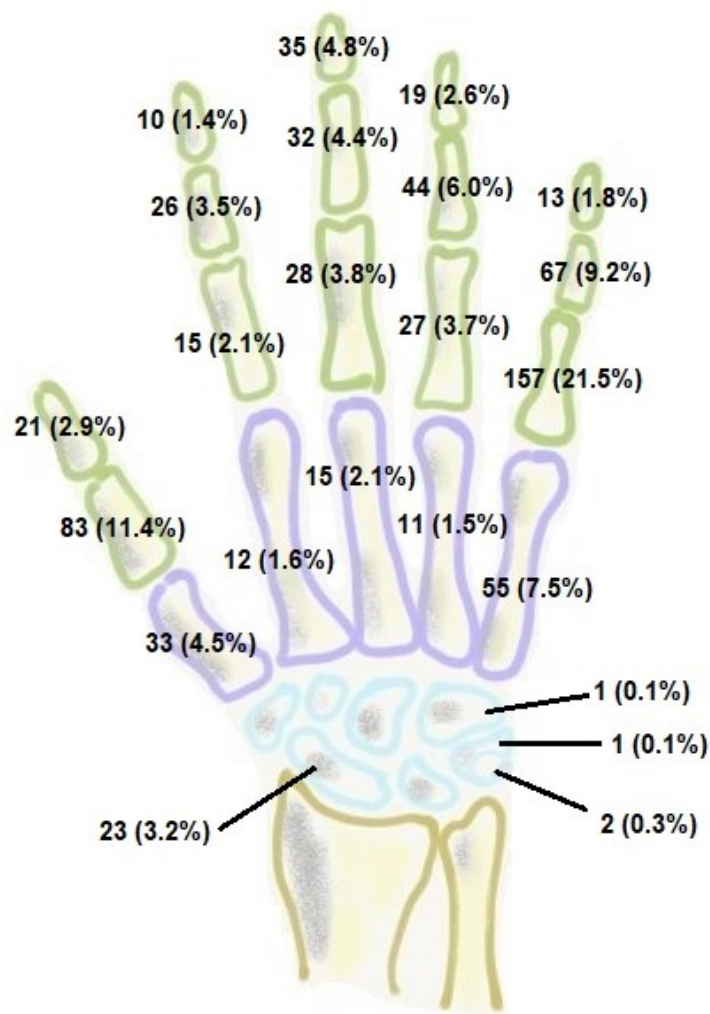


Abbildung 17 Betroffene Knochen in absoluten Zahlen und deren prozentuelle Verteilung.

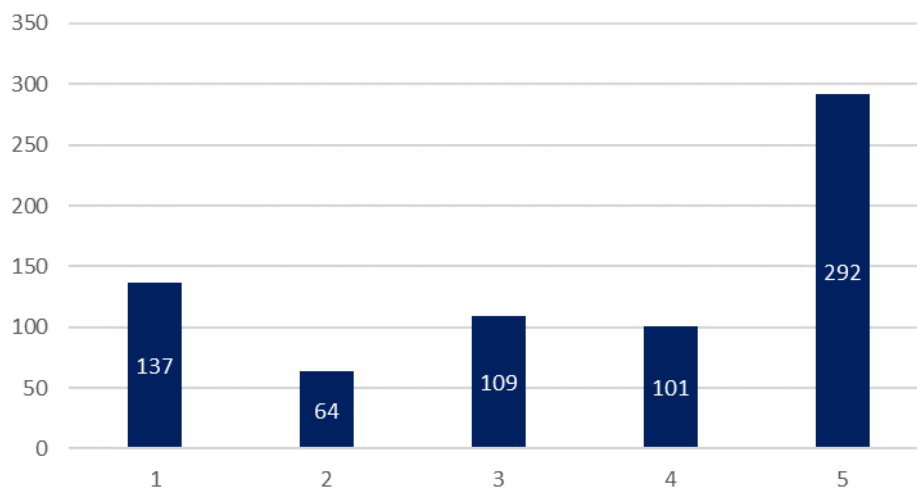


Abbildung 18 Betroffene Fingerstrahlen in absoluten Zahlen.

Insgesamt wurden 14 verschiedene Arten von Frakturtypen erfasst. Tabelle 1 zeigt die genaue Verteilung der Häufigkeiten des jeweiligen Frakturtyps. In 40% der Fälle (n=289) wurde der Frakturtyp nicht explizit angeführt.

Frakturtyp	Häufigkeit	Prozent
nicht näher bezeichnet	289	39,6
Stauchungsfraktur	116	15,9
Querfraktur	6	0,8
Schrägfraktur	26	3,6
Spiralfraktur	2	0,3
Längsfraktur	8	1,1
Avulsionsfraktur	116	15,9
Epiphysenfugenverletzung	74	10,1
Nagelkranzfraktur	21	2,9
dislozierte Fraktur	45	6,2
offene Fraktur	14	1,9
Fraktur mit Gelenksbeteiligung	6	0,8
Rolando-Fraktur	1	0,1
knöcherner Absprengung	4	0,5
Mehrfragmentfraktur	2	0,3

Tabelle 1 Verteilung der Frakturtypen.

Unterschiede zeigten sich abhängig davon, ob die Fraktur im Bereich der Mittelhand oder der Phalangen vorkam. Während Frakturen der Phalangen überwiegend Avulsionsfrakturen (n=113, 19% der Frakturen an den Phalangen) und Stauchungsfrakturen (n=99, 17%) waren, überwogen bei Frakturen der Mittelhand Stauchungsfrakturen (n=17, 15%) und Schrägfrakturen (n=11, 10%).

Bei der Behandlung der Frakturen überwog mit 87% (n=613) die konservative Versorgung. 13% der Frakturen (n=91) mussten operativ versorgt werden. Abbildung 19 veranschaulicht die prozentuelle Verteilung der Behandlung.

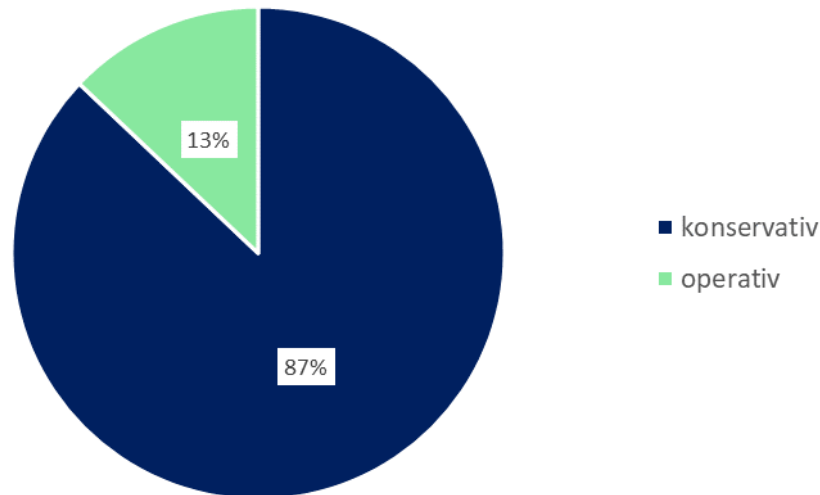


Abbildung 19 Prozentuelle Verteilung der konservativen und operativen Behandlung.

Am häufigsten wurden geschlossene Repositionen durchgeführt (n=77, 85%). In drei Fällen wurde eine geschlossene Reposition und eine Bohrdrahtosteosynthese durchgeführt. Vier Frakturen wurden mittels offener Reposition und einer Bohrdrahtosteosynthese saniert. Bei zwei Patienten erfolgte eine offene Reposition und eine Plattenosteosynthese. In drei Fällen wurden die Frakturen mittels offener Reposition und Schraubenosteosynthese versorgt. Hier war bei einem Patienten zusätzlich ein Knocheninterponat aus dem Beckenkamm notwendig. Bei jeweils einem Patienten wurde eine geschlossene Reposition und eine elastisch stabile intramedulläre Nagelung beziehungsweise eine Tenolyse der Flexor digitorum superficialis- Sehne und der Flexor digitorum profundus - Sehne durchgeführt.

Infolge der Fraktur mussten 14 Patient*innen (2%) stationär aufgenommen werden. Die durchschnittliche Dauer des stationären Aufenthaltes war 3 Tage. Die Mindestaufenthaltsdauer betrug 2 Tage, der längste stationäre Aufenthalt betrug 4 Tage. In 98% der Fälle (n=690) erfolgte die Behandlung ambulant.

Bei 578 Patient*innen (82%) erfolgte die Ruhigstellung mittels eines Gipses. Dabei lag die mittlere Dauer der Gipsbefristung bei 21 Tage. Während die kürzeste Befristung drei Tage betrug, war bei einem Patienten eine Ruhigstellung über 80 Tage notwendig. In 14 Fällen konnte die Dauer der Gipsbefristung nicht erfasst werden, da entweder keine Wiedervorstellung seitens der Patient*innen erfolgte oder die Patient*innen in einem anderen Krankenhaus weiter behandelt wurden. In

126 Fällen (18%) war kein Gips erforderlich und die Ruhigstellung mit verschiedenen Schienen war ausreichend.

Zusätzlich wurde auch die Dauer der Betreuung erfasst. Dabei ergab sich eine mittlere Betreuungsdauer von 22 Tagen. Das Minimum lag bei einem Tag, das Maximum ergab 548 Tage. Hinsichtlich der mittleren Betreuungsdauer - bezogen auf die Art der Behandlung - betrug der Mittelwert bei konservativer Behandlung 18 Tage (Median 20 Tage) und bei operativer Versorgung 48 Tage (Median 24 Tage). Es lag ein statistisch signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) zwischen konservativer und operativer Behandlung betreffend der Betreuungsdauer vor.

Im Verlauf der Behandlung traten bei 19 Patient*innen nennenswerte Komplikationen auf. In der Mehrzahl der Fälle handelte es sich dabei um sekundäre Dislokationen (11 Patient*innen) oder Achsenabweichungen (3 Patient*innen). Bei 10 Patient*innen war aufgrund dessen eine Reposition notwendig. Bei einem Patienten wurde wegen eines Rotationsfehlers die Indikation für eine operativen Sanierung gestellt.



Abbildung 20 Seitliches Röntgenbild einer Querfraktur des Schaftes des 5. Metacarpalknochens eines 16-jährigen Patienten nach einem Sturz (a), die Fraktur wurde reponiert (b) und der Patient nach 4 Tagen zur Kontrolle einbestellt, um gegebenenfalls je nach Schwellung nachreponiert oder osteosynthetisch versorgt zu werden. Er erschien jedoch erst nach 6 Wochen mit völlig desolatem Gips. Das seitliche Röntgenbild (c) zeigte eine sekundäre Dislokation bei deutlicher Kallusbildung. Eine erneute Kontrolle sechs Wochen später zeigte eine beginnende Aufrichtung der Fraktur bei klinisch beschwerdefreiem Patienten (d).

8.2 Vergleich nach Altersgruppen

Zur Beurteilung der erhobenen Parameter in Bezug auf das Alter der Patient*innen erfolgte die Unterteilung in drei Altersgruppen (0-5 Jahre, 6-12 Jahre und 13-17 Jahre). Von 730 Frakturen entfielen 55 (7,5%) auf die Gruppe der 0-5-Jährigen, 398 Frakturen (54,5%) auf die Gruppe der 6-12-Jährigen und in der Gruppe der 13-17-Jährigen gab es 277 Frakturen (38%). Die Häufigkeitsverteilung der Patient*innen in den Altersgruppen und deren prozentuelle Verteilung ist in Abbildung 21 und 22 ersichtlich.

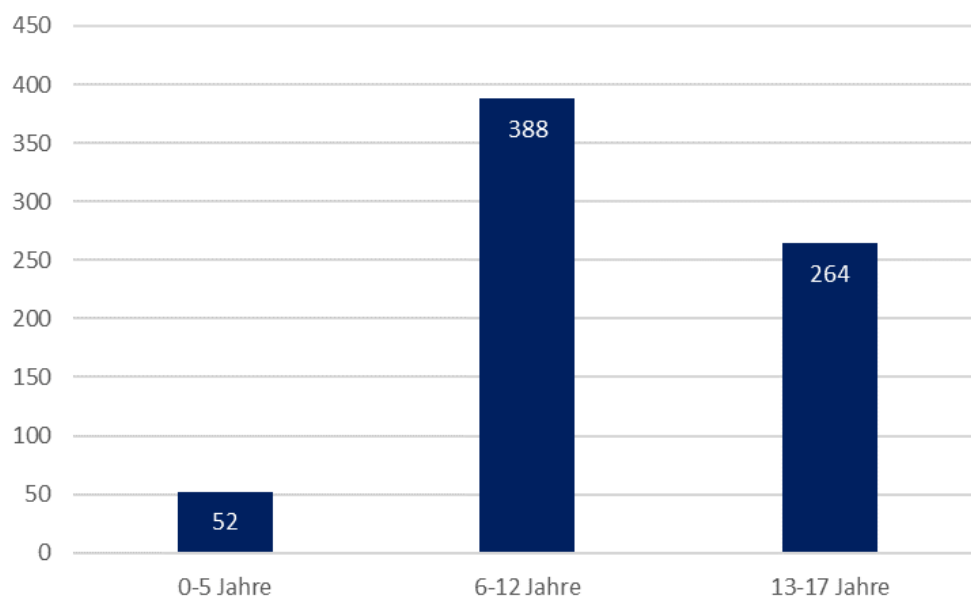


Abbildung 21 Anzahl der Patient*innen in den Altersgruppen.

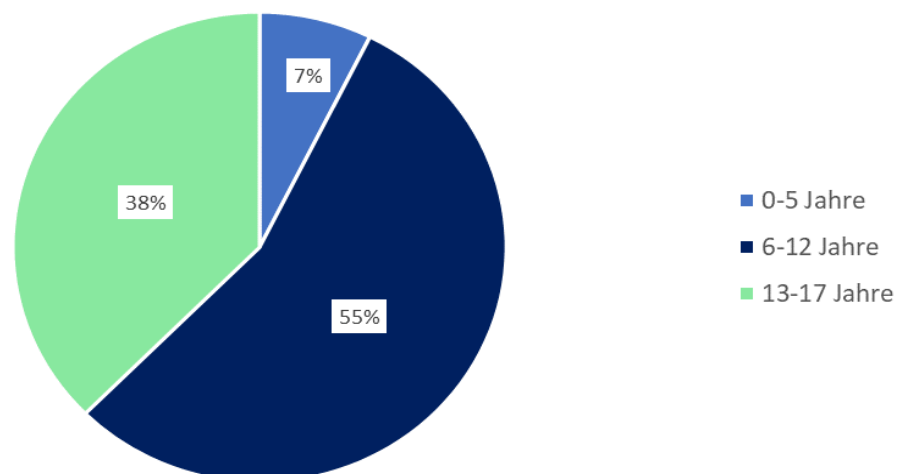


Abbildung 22 Prozentuelle Verteilung der behandelten Patient*innen in den Altersgruppen.

Während in der Altersgruppe der 0-5-Jährigen ein relativ ausgeglichenes Geschlechterverhältnis vorlag (n=25 weiblich, 48% zu n=27 männlich, 52%), überwog in den beiden anderen Gruppen das männliche Geschlecht mit 61% gegenüber 39% beziehungsweise mit 71% gegenüber 29%. Diese Unterschiede waren statistisch signifikant ($p < 0,05$). Die absoluten Zahlen sind Abbildung 23 zu entnehmen.

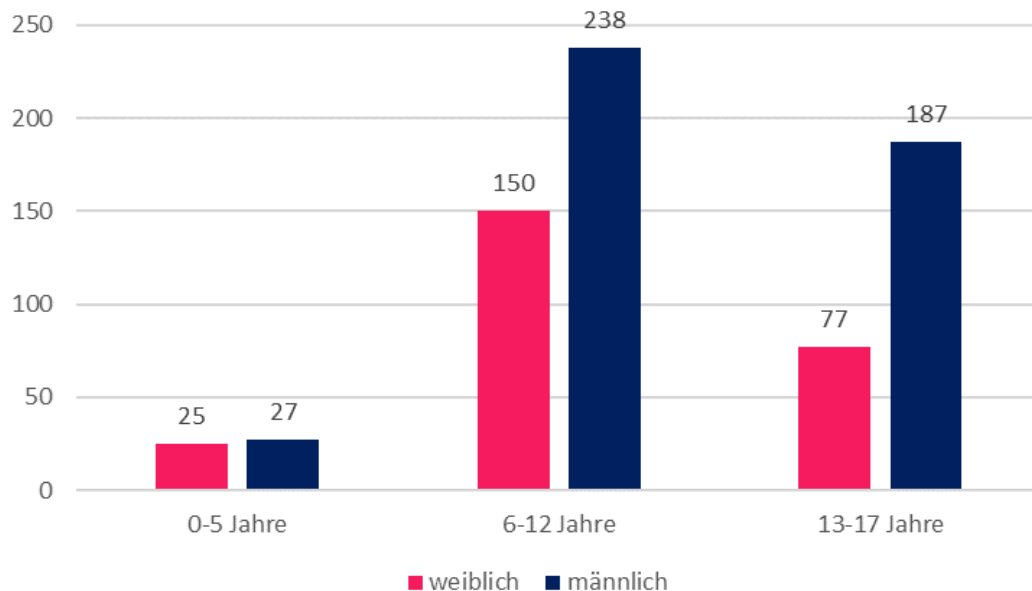


Abbildung 23 Anzahl der Patient*innen in den Altersgruppen je nach Geschlecht.

In Bezug auf die Unfallursachen zeigten sich Unterschiede zwischen den Altersgruppen. Mit zunehmendem Alter kam es zu einer Abnahme von Einklemmungen und einer Zunahme von Ballspielen als Unfallursache. So überwogen bei den unter 6-Jährigen Einklemmungen (n=24, 46% der 0-5-Jährigen) gefolgt von Stürzen (n=14, 27%). In den anderen beiden Altersgruppen war Ballspielen mit 36% (n=138) beziehungsweise 43% (n=114) die häufigste Ursache für eine Fraktur. Abbildung 24 zeigt die genaue Verteilung der Verletzungsursachen in den drei Altersgruppen.

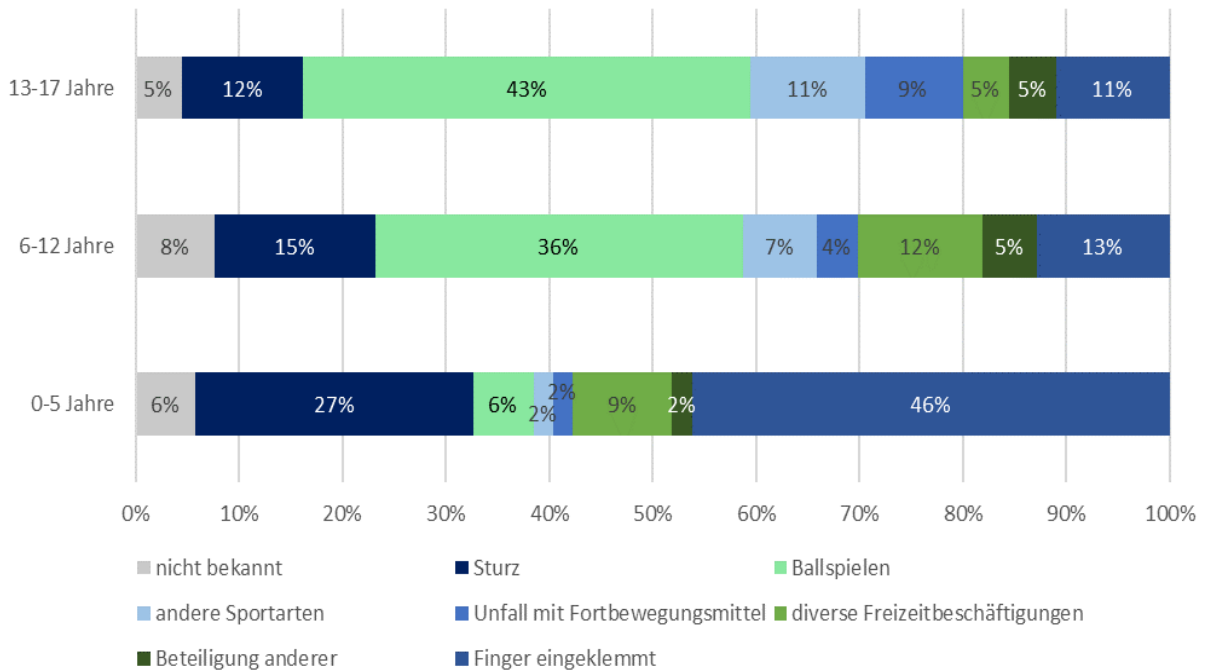


Abbildung 24 Prozentuelle Verteilung der Unfallursachen in den Altersgruppen.

In den drei Altersgruppen zeigte sich eine unterschiedliche prozentuelle Verteilung der Frakturen an der Handwurzel, der Mittelhand und den Phalangen. Während bei den 0-5-Jährigen vor allem die Fingerknochen (n=49, 89%) betroffen waren, zeigte sich mit zunehmendem Alter eine Abnahme dieser und eine Zunahme der Frakturen an der Mittelhand und der Handwurzel. Abbildung 25 veranschaulicht die prozentuelle Verteilung der betroffenen Region in den Altersgruppen.

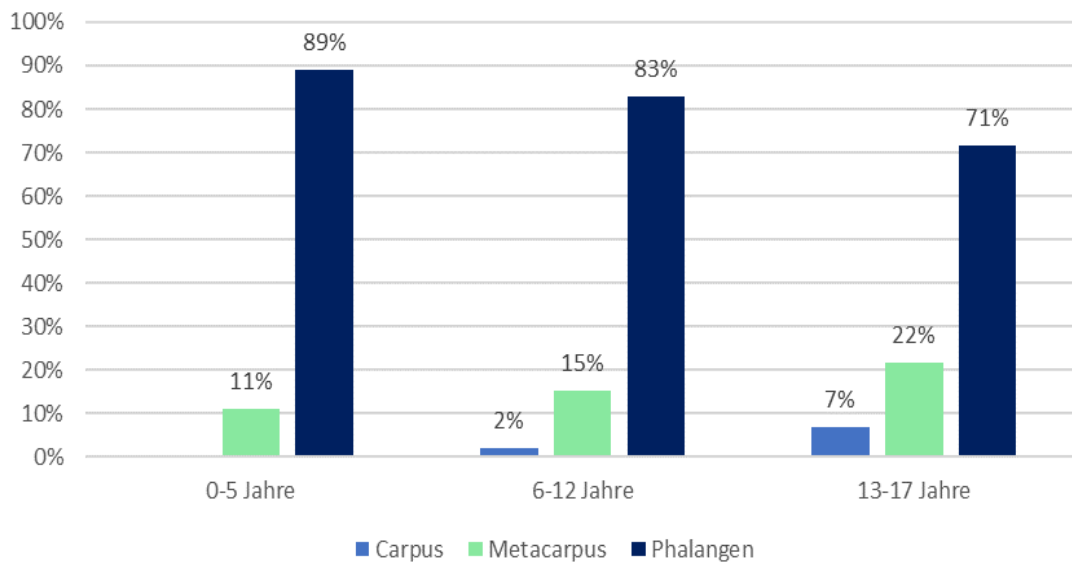


Abbildung 25 Prozentuelle Verteilung der betroffenen Region in den Altersgruppen.

Die unterschiedlichen Häufigkeiten der betroffenen Knochen in den Altersgruppen stellt Tabelle 2 dar.

	0-5 Jahre		6-12 Jahre		13-17 Jahre	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Os scaphoideum	0	0	7	1,7	16	5,8
Os triquetrum	0	0	0	0	1	0,4
Os pisiforme	0	0	1	0,25	1	0,4
Os hamatum	0	0	0	0	1	0,4
Os metacarpale I	0	0	17	4,3	16	5,8
Os metacarpale II	1	1,8	6	1,5	5	1,8
Os metacarpale III	3	5,5	5	1,25	7	2,5
Os metacarpale IV	2	3,6	5	1,25	4	1,4
Os metacarpale V	0	0	27	6,8	28	10,1
Phalanx proximalis I	7	12,7	46	11,5	30	10,8
Phalanx proximalis II	1	1,8	9	2,3	5	1,8
Phalanx proximalis III	4	7,3	13	3,3	11	4
Phalanx proximalis IV	1	1,8	19	4,8	7	2,5
Phalanx proximalis V	9	16,4	121	30,4	27	9,7
Phalanx distalis I	7	12,7	11	2,8	3	1,1
Phalanx media II	1	1,8	13	3,3	12	4,3
Phalanx media III	0	0	14	3,5	18	6,5
Phalanx media IV	2	3,6	19	4,8	23	8,3
Phalanx media V	3	5,5	36	9	28	10,1
Phalanx distalis II	3	5,5	5	1,25	2	0,7
Phalanx distalis III	5	9,1	12	3	18	6,5
Phalanx distalis IV	5	9,1	8	2	6	2,2
Phalanx distalis V	1	1,8	4	1	8	2,9

Tabelle 2 Verteilung der betroffenen Knochen in den Altersgruppen.

In Abbildung 26 ist die Verteilung der Frakturen auf die entsprechenden Fingerstrahlen in den verschiedenen Altersgruppen dargestellt.

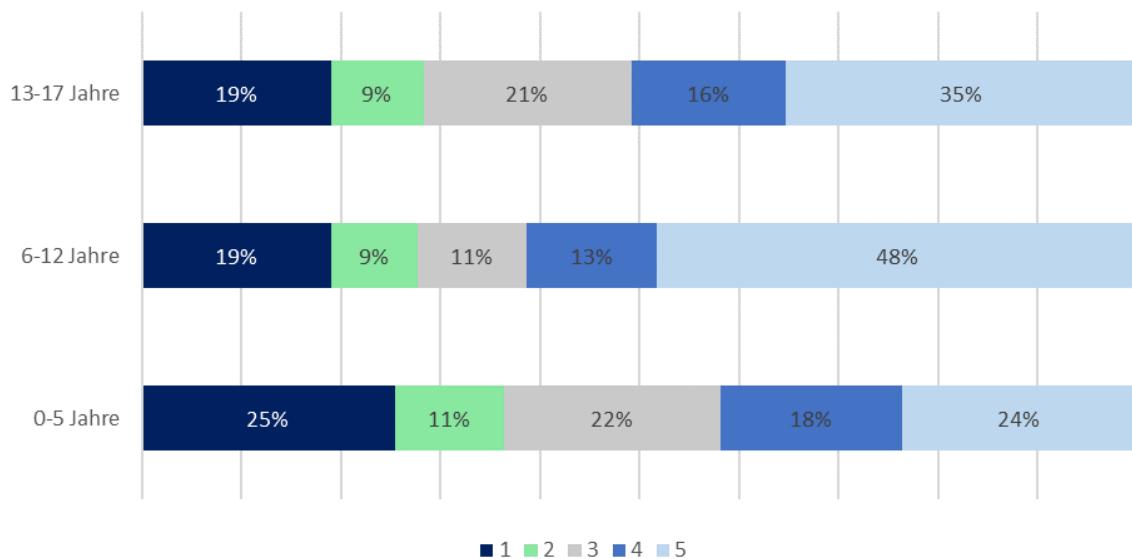


Abbildung 26 Prozentuelle Verteilung der betroffenen Fingerstrahlen in den Altersgruppen.

Bezüglich des Frakturtyps zeigten sich unterschiedliche Häufigkeiten zwischen den einzelnen Altersgruppen. So waren Nagelkranzfrakturen der häufigste Frakturtyp in der Gruppe der 0-5-Jährigen (n=10, 17% der Frakturen dieser Altersgruppe). Bei den 6-12-Jährigen waren Stauchungsfrakturen (n=83, 21% der Frakturen dieser Altersgruppe) der am häufigsten vorkommende Frakturtyp gefolgt von Epiphysenfugenverletzungen (n=50, 13% der Frakturen dieser Altersgruppe). Bei den 13-17-Jährigen überwogen Avulsionsfrakturen (n=77, 28% der Frakturen dieser Altersgruppe).

In allen Altersgruppen war die rechte Hand häufiger betroffen als die linke. Bei den 0-5-Jährigen und den 13-17-Jährigen überwogen Frakturen der rechten Seite mit 60% (n=31) und 58% (n=154) gegenüber der linken Seite mit 40% (n=21) beziehungsweise 41% (n=109). In der Altersgruppe der 6-12-Jährigen lagen die Frakturen in 52% der Fälle (n=201) rechts und in 48% (n=185) links.

Hinsichtlich der Behandlung zeigte sich mit zunehmendem Alter auch eine Zunahme der operativen Versorgung der Fraktur. Dies äußerte sich ebenso bei der Notwendigkeit einer stationären Aufnahme. Während in der Altersgruppe der 0-5-Jährigen alle Patient*innen ambulant behandelt werden konnten, waren 11 der 14 stationär betreuten Patient*innen zwischen 13 und 17 Jahre alt. Das entspricht

4% der Patient*innen dieser Altersgruppe. In 96% der Fälle (n=253) erfolgte die Behandlung ambulant. Bei den 6-12-Jährigen wurden 3 Patienten (1% dieser Altersgruppe) stationär aufgenommen und der Großteil (n=385, 99%) ambulant versorgt. Abbildung 27 stellt das Verhältnis der konservativen zur operativen Behandlung in den Altersgruppen dar.

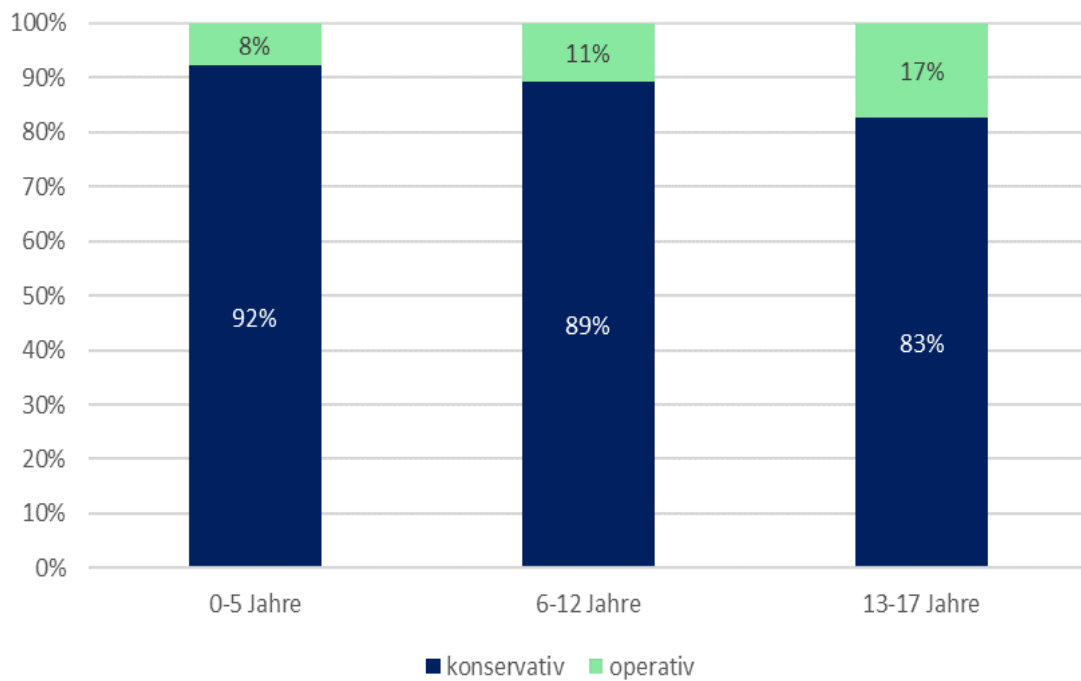


Abbildung 27 Prozentuelle Verteilung der Behandlung in den Altersgruppen.

Während bei den 0-5-Jährigen in 60% ein Gips notwendig war, lag dieser Wert in der Altersgruppe der 6-12-Jährigen und der 13-17-Jährigen bei 85% beziehungsweise bei 83%. Die absoluten Zahlen sind in Abbildung 28 ersichtlich.

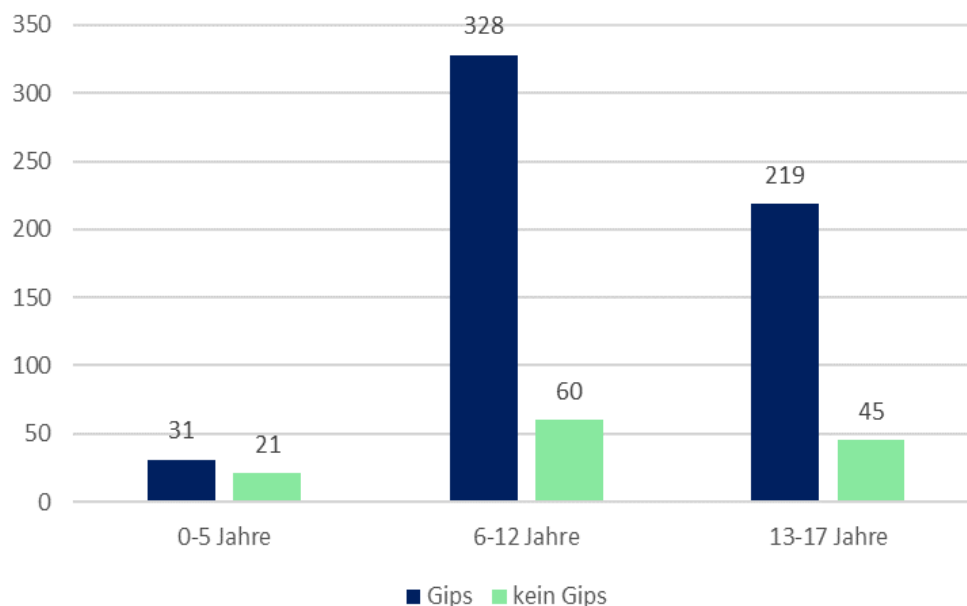


Abbildung 28 Anzahl der Patient*innen mit bzw. ohne Gips in den jeweiligen Altersgruppen.

Die Tabellen 3 und 4 zeigen die minimale und die maximale Dauer der Gipsbefristung beziehungsweise der Betreuung sowie deren Mittelwerte in den verschiedenen Altersgruppen.

Altersgruppe	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Std.- Abweichung
0-5 Jahre	6	31	18,10	21,00	6,18
6-12 Jahre	6	50	20,76	21,00	5,19
13-17 Jahre	3	80	22,72	21,00	10,05

Tabelle 3 Dauer der Gipsbefristung in den Altersgruppen in Tagen.

Altersgruppe	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Std.- Abweichung
0-5 Jahre	1	283	17,46	10,50	39,14
6-12 Jahre	1	358	18,58	20,50	21,28
13-17 Jahre	1	548	26,85	21,00	51,73

Tabelle 4 Dauer der Betreuung in den Altersgruppen in Tagen.

8.3 Vergleich nach anatomischer Region

Die erfassten Frakturen wurden abhängig von ihrer Lokalisation der Handwurzel, der Mittelhand und den Phalangen zugeteilt. Bei allen Patient*innen war mit einer Ausnahme nur eine Region von Frakturen betroffen. Ein Patient erlitt eine Fraktur sowohl im Bereich der Phalangen als auch am Metacarpus. Die genaue Verteilung der betroffenen Regionen ist in Abbildung 29 dargestellt.

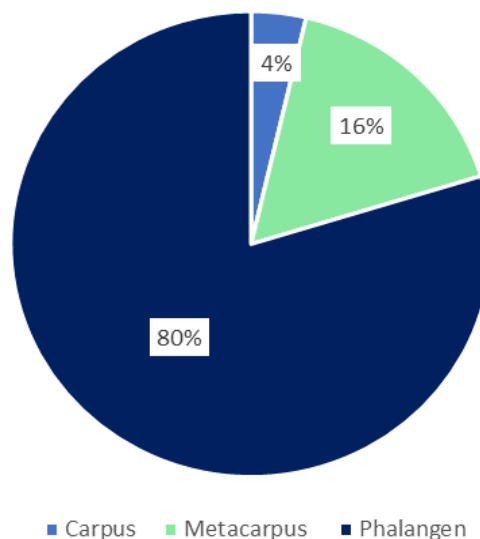


Abbildung 29 Prozentuelle Verteilung der betroffenen Regionen.

Auf die Handwurzel entfielen insgesamt 27 Frakturen (4%) und auf die Mittelhand 126 (17%) Frakturen. 577 (79%) Frakturen wurden im Bereich der Phalangen diagnostiziert.

Das durchschnittliche Alter der Patient*innen war mit 14 Jahren bei Frakturen an der Handwurzel am höchsten. Das mittlere Alter der Patient*innen, bei denen ein Fraktur an den Phalangen diagnostiziert wurde, betrug 11 Jahre beziehungsweise 12 Jahre bei Frakturen der Mittelhand. Die genauen Zahlen inklusive Standardabweichung sowie das geringste und höchste Alter der betroffenen Region sind Tabelle 5 zu entnehmen. Die Unterschiede zwischen den betroffenen Regionen bezüglich der Verteilung des Alters waren zwischen allen Gruppen statistisch signifikant ($p < 0,05$).

betroffene Region	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
Carpus	11	17	13,73	2,01
Metacarpus	2	17	12,06	3,24
Phalangen	0	17	10,75	3,47

Tabelle 5 Alter der Patient*innen je nach betroffener Region in Jahren.

Während bei Frakturen der Handwurzel 69% der Patient*innen (n=18) über 12 Jahre alt waren, nahm der Anteil der 13-17-Jährigen bei Frakturen der Mittelhand (n=57, 49%) und der Phalangen (n=190, 34%) ab und jener der 0-5-Jährigen (n=4, 3% bzw. n=48, 8%) und der 6-12-Jährigen (n=56, 48% bzw. n=324, 58%) zu. Diese Unterschiede waren statistisch signifikant ($p < 0,05$). Abbildung 30 zeigt die prozentuelle Verteilung der Altersgruppen abhängig von der betroffenen Region.

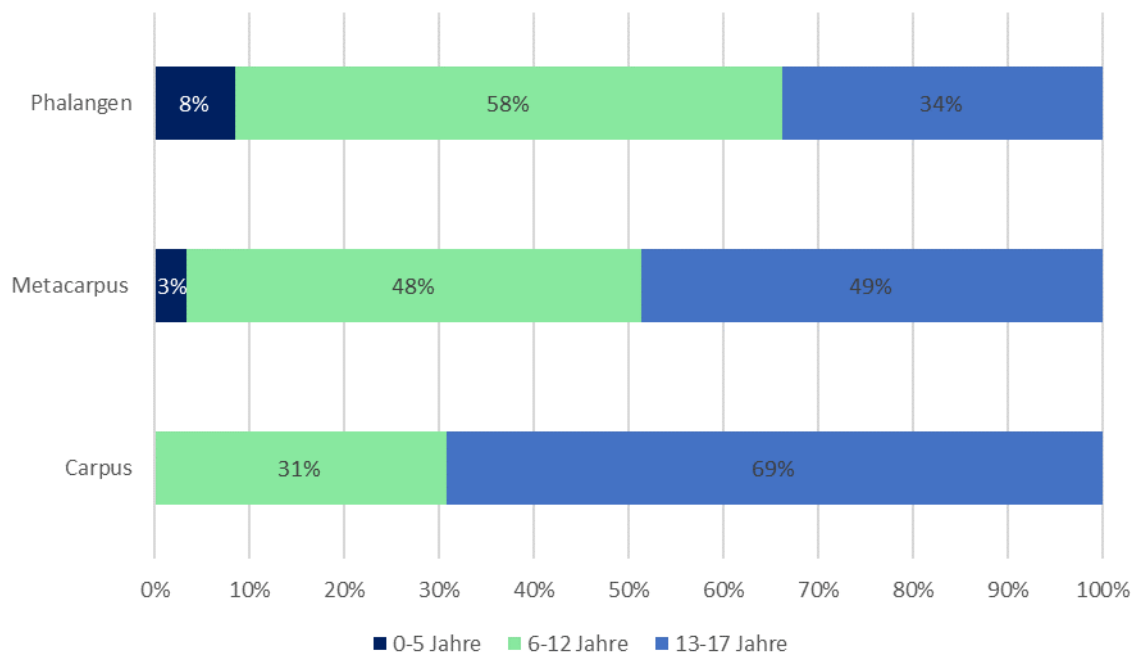


Abbildung 30 Prozentuelle Verteilung der Altersgruppen je nach betroffener Region.

Zwischen den einzelnen Regionen zeigten sich in Bezug auf das Geschlecht statistisch signifikante Unterschiede ($p < 0,05$). Diese sind in Abbildung 31 ersichtlich.

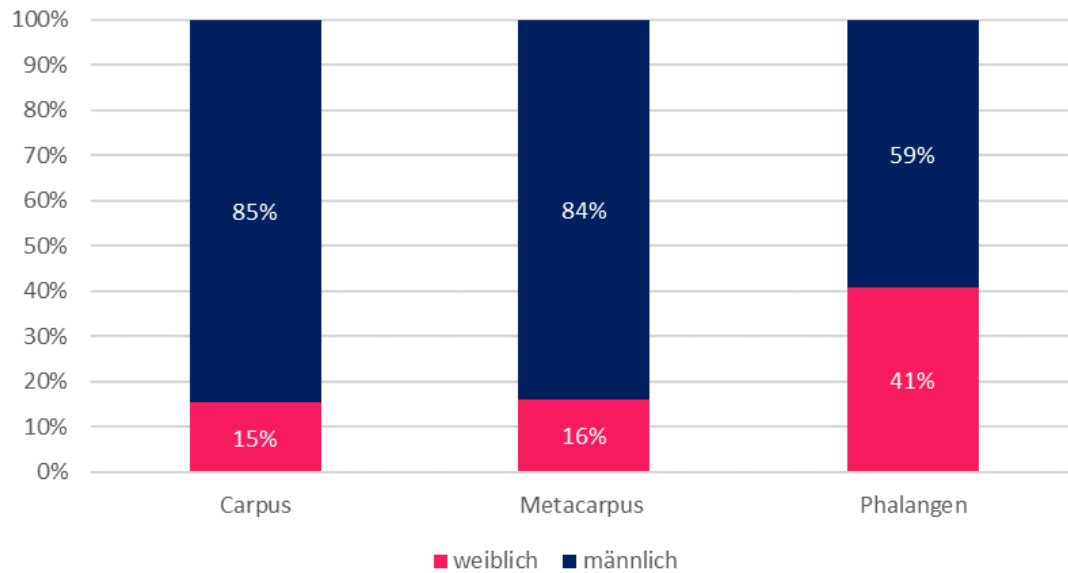


Abbildung 31 Prozentuelle Verteilung der Geschlechter je nach betroffener Region-

Frakturen des Carpus waren hauptsächlich durch Stürze (n=12, 46%) oder Unfällen mit Fortbewegungsmitteln (n=10, 38%) verursacht. Stürze waren ebenso der Hauptursache von Frakturen im Bereich des Metacarpus (n=31, 27%). Frakturen der Phalangen entstanden vorwiegend beim Ballspielen (n=234, 42%). In Abbildung 32 ist die weitere Verteilung der Unfallursachen dargestellt.

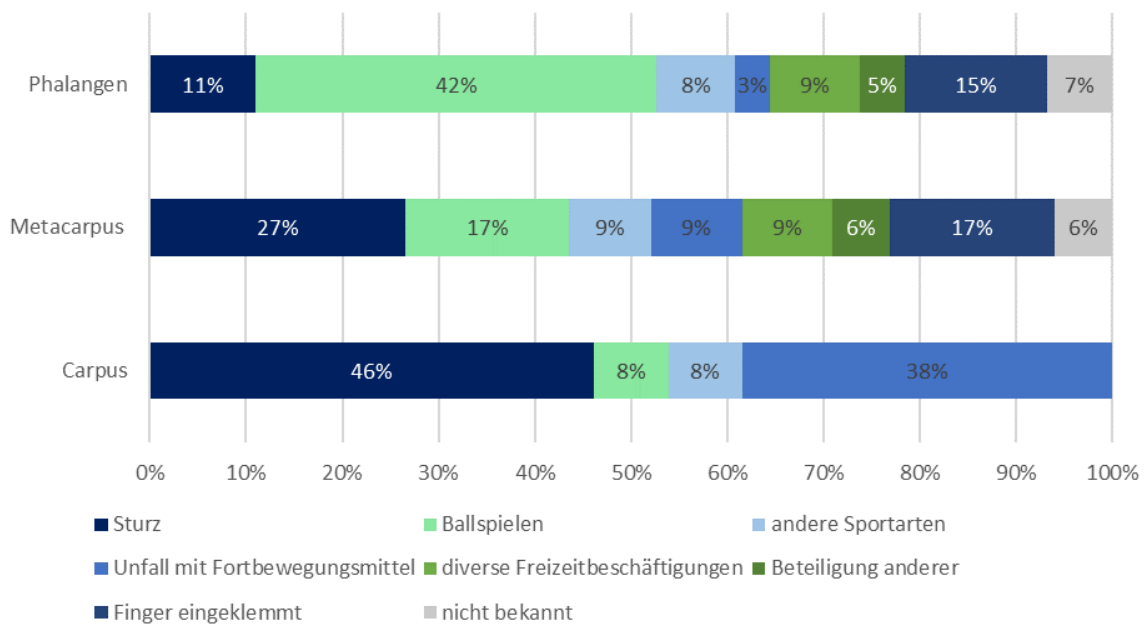


Abbildung 32 Prozentuelle Verteilung der Unfallursachen je nach betroffener Region.

Frakturen des Carpus und des Metacarpus wurden überwiegend auf der rechten Seite diagnostiziert (n=17, 65% beziehungsweise n=80, 68%). Im Bereich der Phalangen traten 52% der Frakturen (n=290) rechts und 48% (n=269) links auf. In 98% der Fälle von Frakturen am Metacarpus (n=115) und an den Phalangen (n=551) war eine ambulante Behandlung möglich. 2 Patient*innen mit Frakturen der Mittelhandknochen und 11 Patient*innen mit Frakturen an den Phalangen (jeweils 2%) mussten stationär aufgenommen werden. Patient*innen, die eine Fraktur der Handwurzelknochen erlitten haben, konnte mit Ausnahme von einer Person, bei der eine stationäre Aufnahme notwendig war, alle ambulant behandelt werden. Ein Vergleich betreffend die Art der Versorgung an den unterschiedlichen Regionen ist in Abbildung 33 dargestellt.

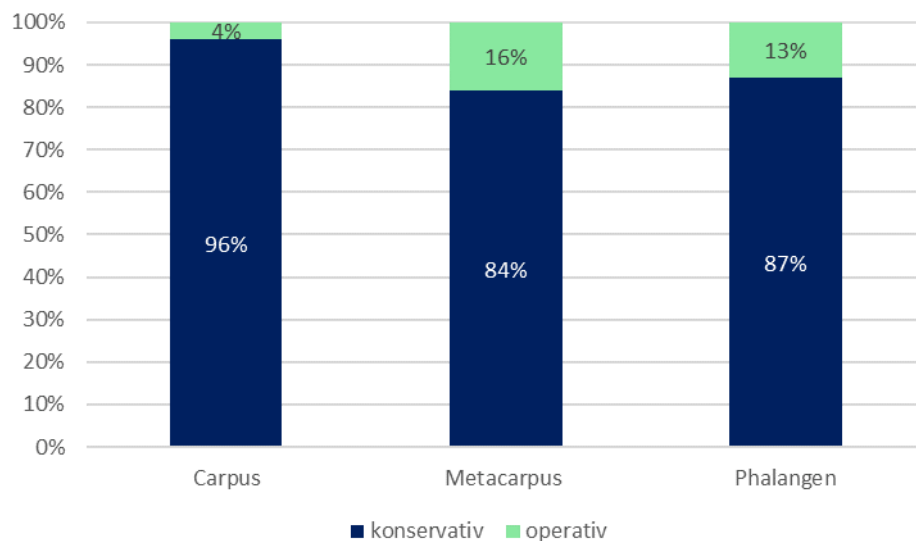


Abbildung 33 Prozentuelle Verteilung der Behandlung je nach betroffener Region.

Lag die Fraktur im Bereich des Carpus, war bei allen Betroffenen (n=26) ein Gips indiziert. Bei Mittelhandfrakturen war dies bis auf einen Patienten ebenso der Fall. Bei 22% der Patient*innen mit Frakturen der Phalangen (n=125) war eine Ruhigstellung mit einem Gips nicht notwendig. Hinsichtlich der mittleren Dauer - bezogen auf die betroffene Region - war die Gipsbefristung bei Frakturen im Bereich des Carpus mit 40 Tagen am längsten, während diese im Bereich der Mittelhand und der Phalangen bei 22 beziehungsweise 20 Tagen lag. Auch die mittlere Betreuungsdauer unterschied sich je nach betroffener Region. Bei Frakturen der Handwurzel ergab sich eine durchschnittliche Dauer von 69

Tagen (Median = 42 Tage). Patient*innen mit Frakturen an den Mittelhandknochen waren durchschnittlich 24 Tage in Betreuung (Median = 21 Tage), jene mit Frakturen an den Phalangen 19 Tage (Median = 20 Tage).

8.4 Vergleich nach Geschlecht

Mit 64% (n=452) überwogen die Patienten gegenüber den Patientinnen mit 36% (n=252). Insgesamt fielen 258 Frakturen auf Mädchen und 472 auf Buben. Abbildung 34 zeigt die prozentuelle Verteilung der Frakturen nach Geschlechtern getrennt.

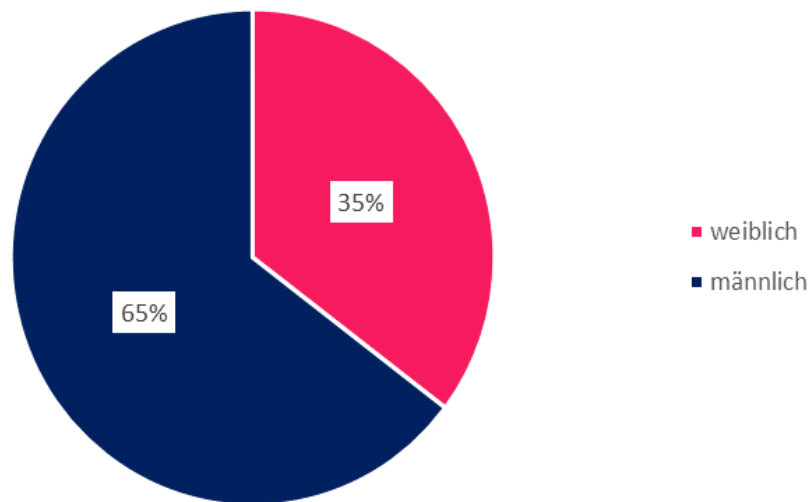


Abbildung 34 Prozentuelle Verteilung der Frakturen je nach Geschlecht.

Das durchschnittliche Alter betrug bei den weiblichen und männlichen Patient*innen jeweils rund 11 Jahre (10,7 bzw. 11,3 Jahre). Bezüglich der Verteilung des Alters zwischen den Geschlechtern zeigt sich ein statistisch signifikanter Unterschied ($p < 0,05$).

Die Abbildungen 35 und 36 veranschaulichen die unterschiedliche Verteilung der Geschlechter in den Altersgruppen.

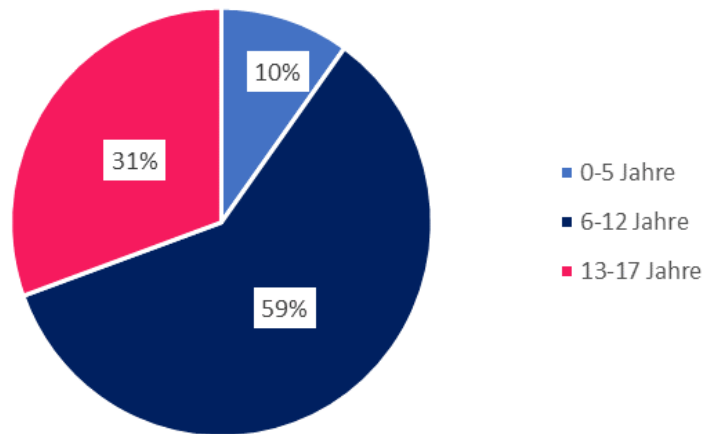


Abbildung 35 Prozentuelle Verteilung der Altersgruppen bei Mädchen.

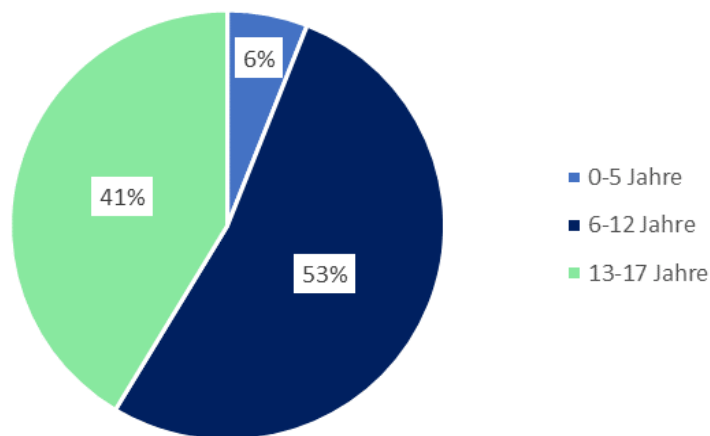


Abbildung 36 Prozentuelle Verteilung der Altersgruppen bei Buben.

Bei beiden Geschlechtern stellte Ballspielen die häufigste Verletzungsursache dar (n=99, 39% der Mädchen bzw. n=156, 35% der Buben). Unterschiede zwischen den Geschlechtern zeigten sich vor allem bei Unfällen mit Fortbewegungsmitteln, diversen Freizeitbeschäftigungen sowie Einklemmungen. Diese Unterschiede zwischen den Geschlechtern waren statistisch signifikant ($p < 0,05$). In Abbildung 37 wird die prozentuelle Verteilung der Unfallursachen veranschaulicht.

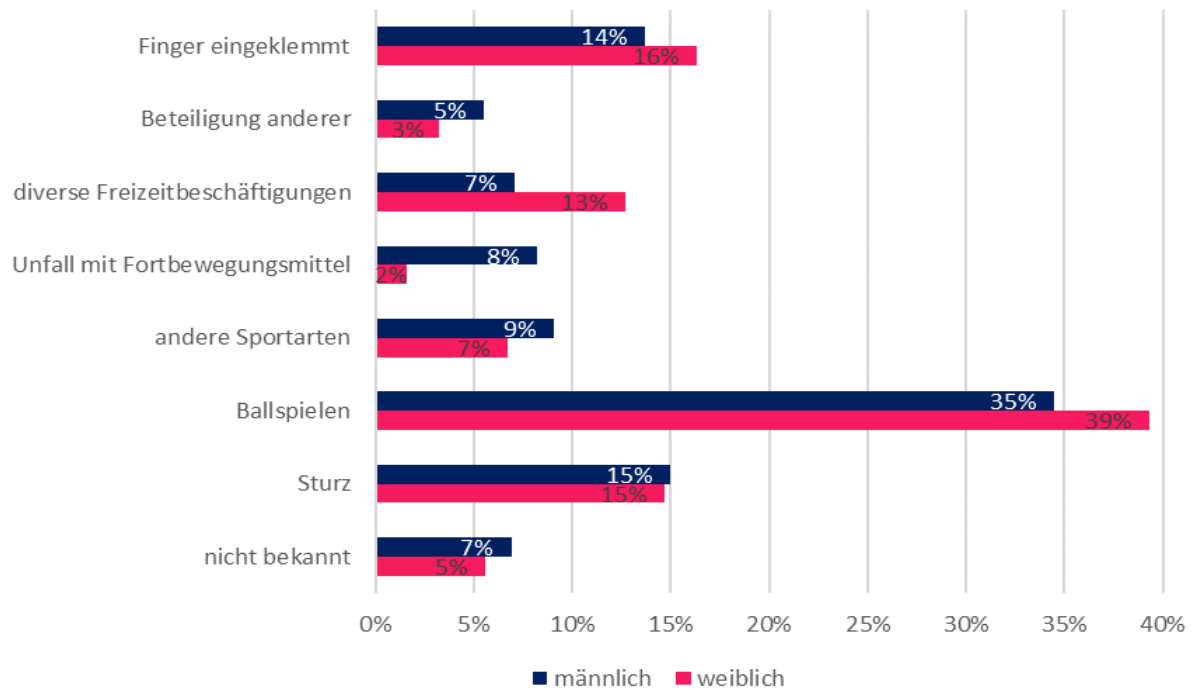


Abbildung 37 Prozentuelle Verteilung der Unfallursachen je nach Geschlecht.

Hinsichtlich der betroffenen Region zeigte sich eine unterschiedliche Verteilung bei den Geschlechtern, die in den Abbildungen 38 und 39 ersichtlich wird.

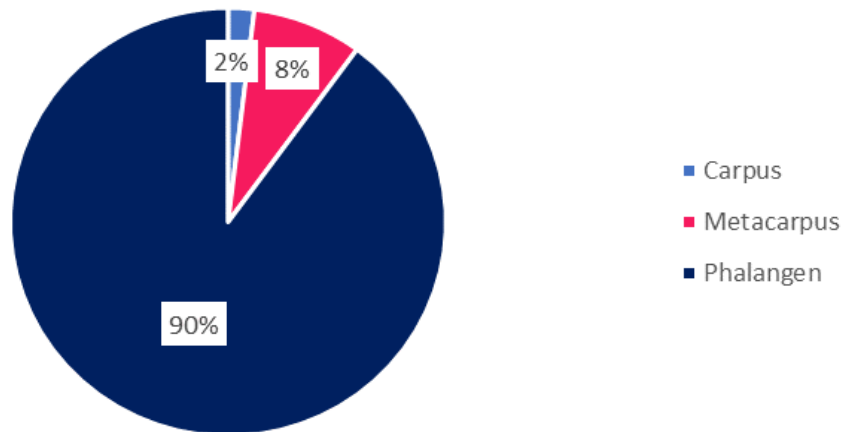


Abbildung 38 Prozentuelle Verteilung der betroffenen Region bei Mädchen.

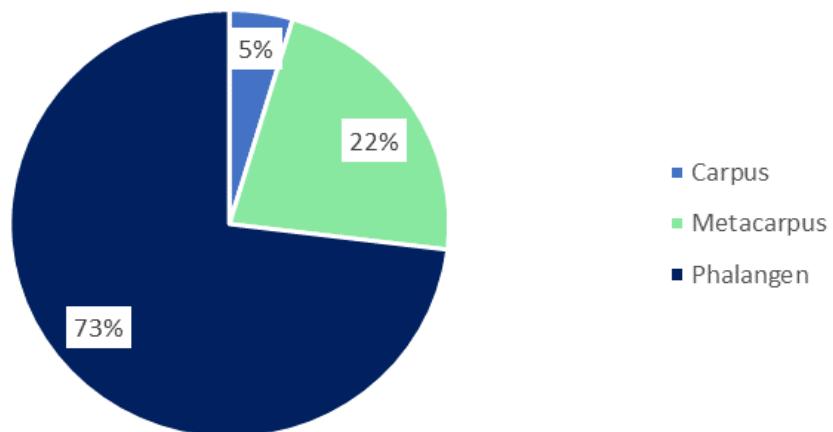


Abbildung 39 Prozentuelle Verteilung der betroffenen Region bei Buben.

Die genaue Anzahl der betroffenen Knochen und deren prozentuelle Verteilung abhängig vom Geschlecht sind Tabelle 6 zu entnehmen.

Betroffener Knochen	weiblich		männlich	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Os scaphoideum	4	1,5	19	4,0
Os triquetrum	0	0	1	0,2
Os pisiforme	0	0	2	0,4
Os hamatum	1	0,4	0	0
Os metacarpale I	10	3,9	23	4,9
Os metacarpale II	1	0,4	11	2,3
Os metacarpale III	3	1,2	12	2,5
Os metacarpale IV	1	0,4	10	2,1
Os metacarpale V	6	2,3	49	10,4
Phalanx proximalis I	24	9,3	59	12,5
Phalanx proximalis II	10	3,9	5	1,1
Phalanx proximalis III	10	3,9	18	3,8
Phalanx proximalis IV	12	4,7	15	3,2
Phalanx proximalis V	64	24,8	93	19,7
Phalanx distalis I	6	2,3	15	3,2
Phalanx media II	10	3,9	16	3,4
Phalanx media III	14	5,4	18	3,8
Phalanx media IV	21	8,1	23	4,9
Phalanx media V	32	12,4	35	7,4
Phalanx distalis II	2	0,8	8	1,7
Phalanx distalis III	16	6,2	19	4,0
Phalanx distalis IV	7	2,7	12	2,5
Phalanx distalis V	4	1,5	9	1,9

Tabelle 6 Betroffene Knochen je nach Geschlecht.

Hinsichtlich der Fingerstrahlen ergab sich ein ausgeglichenes Verhältnis der betroffenen Finger. Einzig der Daumen war bei Buben (n=97, 22% aller männlichen Frakturen) etwas häufiger betroffen als bei den Mädchen (n=40, 16% aller weiblichen Frakturen). Die prozentuelle Verteilung ist in Abbildung 40 veranschaulicht.

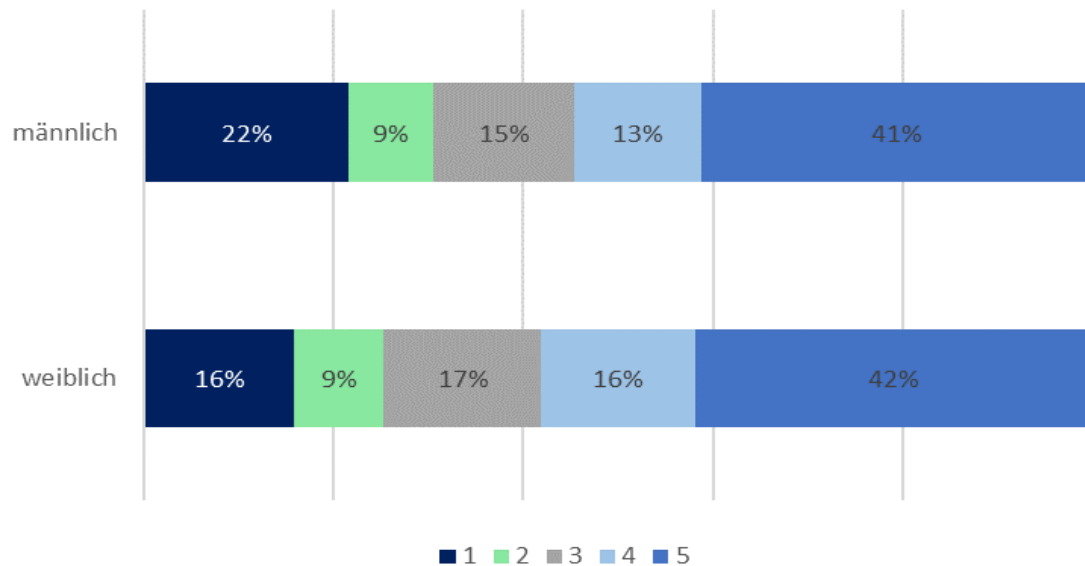


Abbildung 40 Betroffene Fingerstrahlen je nach Geschlecht.

Die Art der Fraktur betreffend stellten Avulsionsfrakturen den häufigsten Frakturtyp bei den Mädchen (n=57, 22%) dar, gefolgt von Stauchungsfrakturen (n=43, 17%). Diese waren bei den Buben mit 16% (n=73) der häufigste Frakturtyp. Avulsionsfrakturen kamen mit 13% (n=59) am zweithäufigsten vor. Epiphysenfugenverletzungen waren bei beiden Geschlechtern der dritthäufigste Frakturtyp (n=23, 9% bzw. n=51, 11%). Bei 37% der Mädchen (n=95) und 41% der Buben (n=194) konnte der Frakturtyp nicht erfasst werden.

Die linke und die rechte Hand waren bei den Patientinnen im gleichen Ausmaß betroffen (jeweils n=125, 50%). Bei den Buben überwog hingegen die rechte Seite mit 58% (n=261) gegenüber der linken Seite (n=190, 42%). Zwei Mädchen und ein Bub erlitten Frakturen an beiden Seiten.

Bezüglich der Behandlung ergab sich häufiger die Notwendigkeit einer operativen Versorgung bei Buben (n=68, 15%) als bei Mädchen (n=23, 9%). Die genaue Verteilung der Behandlungsformen bei beiden Geschlechtern zeigt Abbildung 41.

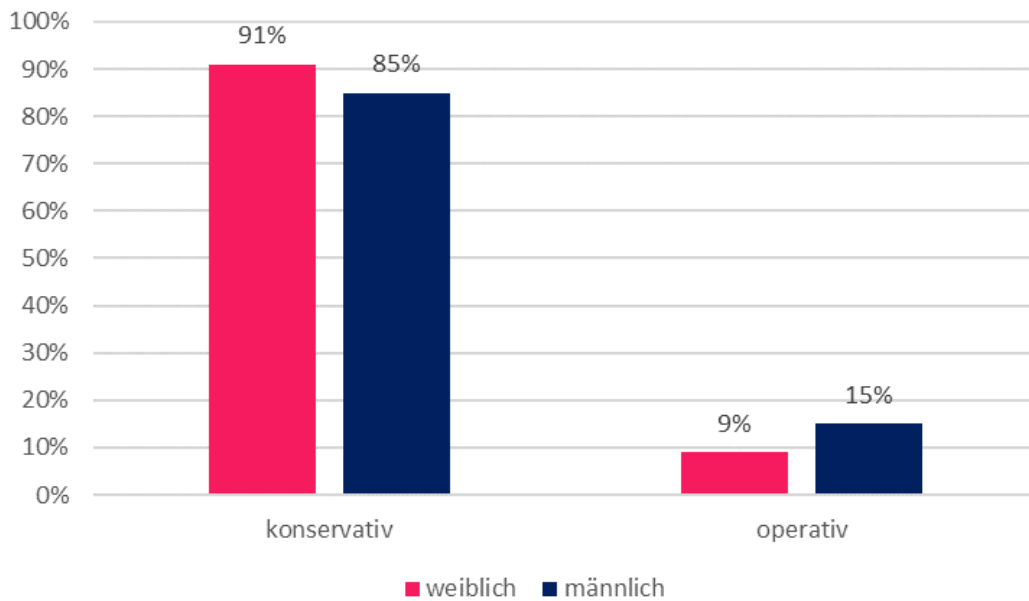


Abbildung 41 Prozentuelle Verteilung der Behandlung je nach Geschlecht.

Aufgrund der Fraktur mussten 2 Mädchen (1%) stationär aufgenommen werden, der Großteil (n=250, 99%) konnte ambulant behandelt werden. Dem standen 12 stationäre Aufnahmen (3%) und 440 ambulante Behandlungen (97%) bei den Buben gegenüber.

Tabelle 7 zeigt das Erfordernis einer Gipsruhigstellung im Vergleich der Geschlechter.

		weiblich	männlich	Gesamt
Gips	Anzahl	198	380	578
	% innerhalb von Geschlecht	78,6%	84,1%	82,1%
kein Gips	Anzahl	54	72	126
	% innerhalb von Geschlecht	21,4%	15,9%	17,9%

Tabelle 7 Kreuztabelle Geschlecht und Gipserfordernis.

Die mittlere Dauer der Gipsbefristung betrug bei den Mädchen 20 Tage und bei den Buben 22 Tage. Auch die durchschnittliche Betreuungsdauer war bei Buben mit 23 Tagen länger als bei Mädchen mit 19 Tagen.

9 Diskussion

In dieser Studie wurden die Daten von insgesamt 704 Patient*innen mit Handfrakturen ausgewertet. Unseren Ergebnissen zufolge unterscheiden sich die erhobenen Parameter der Frakturen in Abhängigkeit des Geschlechts, der Lokalisation und des Alters.

Insgesamt betrachtet zeigte sich ein Überwiegen des männlichen Geschlechts. Dies deckt sich mit den Daten früherer Studien, bei denen Buben teilweise noch deutlicher in der Überzahl waren, als es unsere Auswertung ergab.^{5,6,24,28} So ergaben die Untersuchungen aus Großbritannien und Kanada mit 283 beziehungsweise 232 Patient*innen ein Geschlechterverhältnis von 3 zu 1.^{24,28} Während allerdings bei den Patient*innen unter 5 Jahren das Geschlechterverhältnis beinahe ausgeglichen war, wurde der Unterschied zwischen der Anzahl an Mädchen und Buben mit Handfrakturen mit zunehmendem Alter immer deutlicher. Diese Unterschiede sind womöglich auf die steigende Risikobereitschaft beziehungsweise auf das risikoreichere Verhalten von Buben zurückzuführen.

Das durchschnittliche Alter war mit 11 Jahren etwas geringer als in vergangenen Studien, die ein Durchschnittsalter von 12 Jahren beschrieben.^{28,47} Die Häufigkeit der Frakturen nahm mit dem Alter allmählich zu und erreichte die höchste Inzidenz im Alter von 12 Jahren. Diesbezüglich zeigen sich Unterschiede in der Literatur. Manche Autoren stellten einen Altersgipfel erst mit 14-15 Jahren fest.^{5,26} Andere wiederum beschreiben eine zweigipflige Altersverteilung mit den höchsten Inzidenzen im Alter von 1-3 beziehungsweise 10-12 Jahren.⁴⁸ Die steigende Inzidenz in der Altersgruppe der 6-12-Jährigen steht vermutlich mit der zunehmenden Teilnahme an sportlichen Aktivitäten und mit dem Eintritt in die Schule in Zusammenhang. So stellten in der vorliegenden Studie Verletzungen beim Sport, insbesondere bei Ballsportarten, die führende Ursache der Handfrakturen bei Kindern ab 6 Jahren dar. Bei den unter 6-Jährigen kam es vorwiegend durch Einklemmungen und Stürzen zu Frakturen. Studien aus Schweden, Kanada und Großbritannien^{6,24,28} führten neben den Sportverletzungen auch Prügeleien oder Schläge gegen Objekte als häufige Ursache an. Dies spielte bei uns jedoch kaum eine Rolle. Ansonsten entsprechen unsere Ergebnisse in Bezug auf den Unfallmechanismus den in der Literatur beschriebenen Zahlen.^{5,48}

Hinsichtlich der Häufigkeit der betroffenen Knochen stimmen unsere Ergebnisse mit den Daten aus der Literatur überein.^{6,24,48} So überwogen mit Abstand Frakturen der Phalangen gefolgt von Frakturen der Mittelhandknochen. Die Handwurzel war hingegen nur sehr selten von einer Fraktur betroffen. Das Durchschnittsalter der Patient*innen nahm zu, je weiter proximal die Fraktur lag. So kamen Frakturen der Handwurzel und der Mittelhandknochen mit zunehmendem Alter gehäuft vor und betrafen dabei in erster Linie Buben. Mädchen erlitten vorrangig Frakturen der Phalangen. Erklärbar sind diese Resultate wiederum durch die unterschiedlichen Unfallmechanismen in den verschiedenen Altersgruppen und zwischen den Geschlechtern.

Wie bereits in der Literatur beschrieben war auch in unserer Auswertung eine Fraktur des fünften Fingers mit Abstand am häufigsten. Der am häufigsten von einer Fraktur betroffene Knochen des Handskeletts war die Grundphalanx des fünften Fingers. Zu diesem Ergebnis kamen auch frühere Untersuchungen.^{5,6,28,48} Jedoch sind in der Literatur auch Studien zu finden, in welchen der fünfte Mittelhandknochen am häufigsten frakturierte.^{24,26} Dieser stellte in unserer Auswertung hingegen nur den vierthäufigsten von einer Fraktur betroffenen Knochen dar. Erklärbar ist diese Diskrepanz womöglich durch das vermehrte Auftreten von Faustschlägen als Ursache der Frakturen, was den typischen Verletzungsmechanismus vieler Mittelhandfrakturen darstellt.

Bezüglich der betroffenen Hand konnten wir eine Dominanz der rechten Hand beim männlichen Geschlecht sowie bei Frakturen des Carpus und des Metacarpus feststellen. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Untersuchungen aus Schweden und Polen.^{6,49} Andere Studien ergaben diesbezüglich kaum Unterschiede, obwohl die Mehrheit der Patient*innen Rechtshänder war.^{28,48}

Die meisten Handfrakturen konnten erfolgreich konservativ behandelt werden und die Immobilisation für durchschnittlich 3 Wochen war ausreichend. In wenigen Fällen war ein operatives Vorgehen indiziert, davon fiel jedoch der Großteil auf geschlossene Repositionen und bei nur 2% der Patient*innen war eine stationäre Aufnahme zur osteosynthetischen Versorgung erforderlich. Mit zunehmendem Alter war häufiger die Indikation für eine operative Behandlung gegeben.

Vergangene Studien zeigen bei 15-33% der Patient*innen mit Handfrakturen eine Indikation für eine operative Versorgung. Hierbei überwiegen ebenso geschlossenen Repositionen, gefolgt von offenen Repositionen und Fixierung mit

Schrauben oder Kirschner-Drähten sowie der perkutanen Bohrdrahtosteosynthese. Als weitere operative Maßnahme wird in den Studien ergänzend das Debridement bei Verletzungen der Weichteile genannt.^{9,24,28,47,48} Mit allen angeführten Behandlungsmethoden konnte bei der Mehrzahl der Frakturen sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Nur vereinzelt kam es zu Komplikationen (2,7%), die in den meisten Fällen eine sekundäre Dislokation darstellten und mittels Reposition therapiert wurden. Eine Studie aus Großbritannien stellte eine Komplikationsrate von 6% fest.²⁸

Limitationen der Studie ergeben sich in erster Linie durch den retrospektiven Charakter dieser Untersuchung und der damit in manchen Fällen einhergehenden lückenhaften Dokumentation der zu untersuchenden Parameter. Weiters erschienen einige Patient*innen nicht zu ihren Kontrolluntersuchungen oder die weitere Behandlung erfolgte in einem anderen Krankenhaus, wodurch die Beurteilung des Verlaufs, die Einhaltung der empfohlenen Dauer der Ruhigstellung und das Auftreten von möglichen Komplikationen nicht in allen Fällen erfasst werden konnte. Die Datenerhebung war somit abhängig von der Richtigkeit und Vollständigkeit der Patientenakten.

Weiters ist zu berücksichtigen, dass es im Zuge der Diagnostik auch zu Fehldiagnosen kommen kann. In einer Studie konnte eine Fehldiagnoserate von 8% festgestellt werden. Der häufigste Grund hierfür waren Fehlinterpretationen der Epiphysenfugen als Fraktur oder das Übersehen von zusätzlichen Frakturen.⁵ Während der Auswertung wurde keine Überprüfung hinsichtlich der Richtigkeit der Diagnose vorgenommen und so ist es nicht möglich zu sagen, wie viele der Frakturen überdiagnostiziert beziehungsweise ob bei Patient*innen Frakturen übersehen wurden.

Zusammenfassend zeigte sich in der vorliegenden Studie in vielen Punkten eine Übereinstimmung mit bereits veröffentlichten Untersuchungen. Demnach bestätigte sich in der Datenerhebung, dass die meisten Handfrakturen im Kindes- und Jugendalter konservativ behandelt werden können und mit einem zufriedenstellenden Outcome einhergehen. Zusätzlich ergaben sich statistisch signifikante alters- und geschlechtsbedingte Unterschiede von Frakturen des Handskeletts im Kindes- und Jugendalter. Auch unterschieden sich die untersuchten Parameter in Abhängigkeit von der Lokalisation der Frakturen.

10 Literaturverzeichnis

1. Sadler TW, Drews U, Brand-Saberi B. Taschenlehrbuch Embryologie. 13., inhaltlich unveränderte Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2020.
2. Aumüller G, Aust G, Engele J, Kirsch J. Duale Reihe Anatomie. 5., korrigierte Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2020.
3. Anderhuber F, Pera F, Streicher J. Waldeyer - Anatomie des Menschen. 19., vollst. überarb. und aktualisierte Aufl. Berlin, Boston: De Gruyter; 2012.
4. Rennie L, Court-Brown CM, Mok JYQ, Beattie TF. The epidemiology of fractures in children. *Injury*. 2007;38(8):913-922.
5. Chew EM, Chong AKS. Hand fractures in children: Epidemiology and misdiagnosis in a tertiary referral hospital. *J Hand Surg Am*. 2012;37(8):1684-1688.
6. Lempesis V, Rosengren BE, Landin L, Tiderius CJ, Karlsson MK. Hand fracture epidemiology and etiology in children-time trends in malmö, sweden, during six decades. *Journal of orthopaedic surgery and research*. 2019;14(1):213.
7. Kralj R, Barcot Z, Vlahovic T, Kurtanjek M, Petracic I. The patterns of phalangeal fractures in children and adolescents: A review of 512 cases. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2019;51(1):49-53.
8. Abzug JM, Mehlman CT. The community orthopaedic surgeon taking trauma call: Pediatric phalangeal fracture pearls and pitfalls. *J Orthop Trauma*. 2017;31
9. Hartley RL, Lam J, Kinlin C, Hulin K, Temple-Oberle C, Harrop AR, Fraulin FOG. Surgical and nonsurgical pediatric hand fractures: A cohort study. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2020;8(3):e2703
10. Waters PM, Skaggs DL, Flynn JM. Rockwood and Wilkins fractures in children. 9th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2020.
11. Weber DM, Seiler M, Subotic U, Kalisch M, Weil R. Buddy taping versus splint immobilization for paediatric finger fractures: A randomized controlled trial. *J Hand Surg Eur Vol*. 2019;44(6):640-647.
12. Huelsemann W, Singer G, Mann M, Winkler FJ, Habenicht R. Analysis of sequelae after pediatric phalangeal fractures. *Eur J Pediatr Surg*. 2016;26(2):164-171.
13. Cornwall R, Ricchetti ET. Pediatric phalanx fractures: Unique challenges and pitfalls. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;445:146-156.
14. Cornwall R. Pediatric finger fractures: Which ones turn ugly? *J Pediatr Orthop*. 2012;32 Suppl 1:25.

15. Al-Qattan MM. Phalangeal neck fractures in children: Classification and outcome in 66 cases. *J Hand Surg Br.* 2001;26(2):112-121.
16. Al-Qattan MM, Al-Qattan AM. A review of phalangeal neck fractures in children. *Injury.* 2015;46(6):935-944.
17. Abzug JM, Kozin SH. Seymour fractures. *J Hand Surg Am.* 2013;38(11):2267-2270.
18. Lin JS, Popp JE, Balch Samora J. Treatment of acute seymour fractures. *J Pediatr Orthop.* 2019;39(1):e23-e27.
19. Lin JS, Samora JB. Outcomes of splinting in pediatric Mallet Finger. *J Hand Surg Am.* 2018;43(11):1041.e1-1041.e9.
20. Liao JCY, Chong AKS. Pediatric hand and wrist fractures. *Clin Plast Surg.* 2019;46(3):425-436.
21. Goodell PB, Bauer A. Problematic pediatric hand and wrist fractures. *JBJS Rev.* 2016;4(5).
22. Schalamon J, Dampf S, Singer G, et al. Evaluation of fractures in children and adolescents in a level I trauma center in austria. *J Trauma.* 2011;71(2):19.
23. Lieber J, Härter B, Schmid E, Kirschner HJ, Schmittenebecher PP. Elastic stable intramedullary nailing (ESIN) of pediatric metacarpal fractures: Experiences with 66 cases. *Eur J Pediatr Surg.* 2012;22(4):305-310.
24. Mahabir RC, Kazemi AR, Cannon WG, Courtemanche DJ. Pediatric hand fractures: A review. *Pediatr Emerg Care.* 2001;17(3):153-156.
25. Rajesh A, Basu AK, Vaidhyanath R, Finlay D. Hand fractures: A study of their site and type in childhood. *Clin Radiol.* 2001;56(8):667-669.
26. Vadivelu R, Dias JJ, Burke FD, Stanton J. Hand injuries in children: A prospective study. *J Pediatr Orthop.* 2006;26(1):29-35.
27. Sivit AP, Dupont EP, Sivit CJ. Pediatric hand injuries: Essentials you need to know. *Emerg Radiol.* 2014;21(2):197-206.
28. Young K, Greenwood A, MacQuillan A, Lee S, Wilson S. Paediatric hand fractures. *J Hand Surg Eur Vol.* 2013;38(8):898-902.
29. Cornwall R. Finger metacarpal fractures and dislocations in children. *Hand Clin.* 2006;22(1):1-10.
30. Singer G., Ebinger T., Mentzel M., Bauknecht S., Weinberg AM., Schmidt B. Frakturen der Mittelhandknochen beim Kind. In: Engelhardt M., Raschke M. (eds) *Orthopädie und Unfallchirurgie.* Berlin, Heidelberg: Springer; 2021.

31. Williams AA, Lochner HV. Pediatric hand and wrist injuries. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2013;6(1):18-25.
32. Lindley SG, Rulewicz G. Hand fractures and dislocations in the developing skeleton. *Hand Clin.* 2006;22(3):253-268.
33. Von Laer L, Schneidmüller D, Hell A. Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter. 7., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2020.
34. Goddard N. Carpal fractures in children. *Clin Orthop Relat Res.* 2005(432):73-76.
35. Elhassan BT, Shin AY. Scaphoid fracture in children. *Hand Clin.* 2006;22(1):31-41.
36. Tataria R, Ting J, Jester A, Lindau TR, Oestreich K. Scaphoid fractures below the age of 10: Case series and review of the literature. *J Wrist Surg.* 2020;9(6):458-464.
37. Nguyen JC, Nguyen MK, Arkader A, et al. Age-dependent changes in pediatric scaphoid fracture pattern on radiographs. *Skeletal Radiol.* 2020;49(12):2011-2018.
38. Gholson JJ, Bae DS, Zurakowski D, Waters PM. Scaphoid fractures in children and adolescents: Contemporary injury patterns and factors influencing time to union. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(13):1210-1219.
39. Anz AW, Bushnell BD, Bynum DK, Chloros GD, Wiesler ER. Pediatric scaphoid fractures. *J Am Acad Orthop Surg.* 2009;17(2):77-87.
40. Eckert K, Tröbs R-, Schweiger B, Liedgens P, Radeloff E, Ackermann O. Diagnostisches Vorgehen bei Handwurzelknochenfrakturen im Kindesalter: Eine retrospektive Analyse. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie.* 2016;154(1):43-49.
41. Jain R, Jain N, Sheikh T, Yadav C. Early scaphoid fractures are better diagnosed with ultrasonography than X-rays: A prospective study over 114 patients. *Chin J Traumatol.* 2018;21(4):206-210.
42. Nellans KW, Chung KC. Pediatric hand fractures. *Hand Clin.* 2013;29(4):569-578.
43. Shaterian A, Santos PJF, Lee CJ, Evans GRD, Leis A. Management modalities and outcomes following acute scaphoid fractures in children: A quantitative review and meta-analysis. *Hand (N Y).* 2019;14(3):305-310.
44. Bae DS, Gholson JJ, Zurakowski D, Waters PM. Functional outcomes after treatment of scaphoid fractures in children and adolescents. *J Pediatr Orthop.* 2016;36(1):13-18.

45. Singer G. Trauma to the hands and feet. In: Puri P. (eds) Pediatric surgery. Berlin, Heidelberg: Springer; 2021.
46. Oestreich K, Jacomel TUY, Hassan S, Horwitz MD, Lindau TR. Pediatric scaphoid nonunions: A case series, review of the literature, and evidence-based guidelines. *J Wrist Surg.* 2020;9(1):2-12.
47. Kreutz-Rodrigues L, Gibreel W, Moran SL, Carlsen BT, Bakri K. Frequency, pattern, and treatment of hand fractures in children and adolescents: A 27-year review of 4356 pediatric hand fractures. *Hand (N.Y.).* 2022;17(1):92-97.
48. Liu EH, Alqahtani S, Alsaaran RN, Ho ES, Zuker RM, Borschel GH. A prospective study of pediatric hand fractures and review of the literature. *Pediatr Emerg Care.* 2014;30(5):299-304.
49. Cebula M, Modlińska S, Machnikowska-Sokołowska M, et al. Hand injuries in the polish silesian paediatric population-an exploratory cross-sectional study of post-traumatic X-rays. *Medicina (Kaunas).* 2020;56(10).