

Diplomarbeit

**Frakturen des Sprunggelenkes im Kindes- und
Jugendalter – eine epidemiologische Studie**

eingereicht von

Isabelle Christine Dettmer

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

in Zusammenarbeit mit der

Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie,

Sektion Kinder- und Jugendorthopädie

unter der Anleitung von

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

Ass. Prof. Priv.-Doz. Dr. Tanja Kraus

Graz, 26.10.2022

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 26.10.2022

Isabelle Dettmer eh

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinen Diplomarbeitsbetreuern Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Georg Singer und Ass. Prof. Priv.-Doz. Dr. Tanja Kraus, die mir zu jeder Zeit eine besondere Unterstützung und Hilfestellung waren. Durch euch habe ich einen besonderen Einblick in das spannende Themengebiet erhalten dürfen.

Ich bedanke mich von Herzen bei meiner Familie und allen, die sich dadurch angesprochen fühlen.

Inhaltsverzeichnis

TABELLENVERZEICHNIS	4
1 EINLEITUNG	8
1.1 INZIDENZ	8
1.2 WACHSTUMSFUGE	9
1.2.1 <i>Wachstumspotenzial</i>	9
1.2.2 <i>Einteilung nach der Salter-Harris-Klassifikation</i>	10
1.3 SONDERFORM: ÜBERGANGSFRAKTUREN	13
1.4 HISTOLOGISCHER WACHSTUMSPROZESS	18
1.5 MAKROSKOPISCHE ANATOMIE	19
1.6 MECHANIK	22
1.7 KLINIK	23
1.8 BILDGEBENDE DIAGNOSTIK	24
1.9 THERAPIE	25
1.9.1 <i>konservative Therapie</i>	25
1.9.2 <i>operative Therapie</i>	26
1.10 KOMPLIKATIONEN	26
2 MATERIAL UND METHODEN	28
2.1 STUDIENDESIGN	28
2.2 PATIENT*INNENKOLLEKTIV	28
2.3 DATENERHEBUNG UND -ANALYSE	29
2.4 STATISTIK	30
3 ERGEBNISSE	31
4 DISKUSSION	53
4.1 <i>Limitation</i>	57
4.2 <i>Zusammenfassung</i>	57

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Röhrenknochen Epiphyse (a), Metaphyse (b), Diaphyse (c), Physe (d).....	9
Abbildung 2: Salter-Harris-Klassifikation I-IV; blau: Wachstumsfuge; rot: Frakturlinie. I= Epiphysiolyse; II= Epiphysiolyse mit metaphysärem Keil; III= Epiphysiolyse mit epiphysärer Absprengung; IV= Frakturbeteiligung von Epiphyse und Metaphyse (selbst gezeichnet)	11
Abbildung 3: Röntgenbilder (a, b) einer dislozierten Salter-Harris II Fraktur eines 13-jährigen Patienten. Die Fraktur wurde reponiert und konservativ im Gips behandelt (c, d). Das Ergebnis nach 6 Monaten zeigt das unauffällige Ergebnis (e, f). Quelle: Kinderradiologie Graz mit freundlicher Genehmigung.....	12
Abbildung 4: Röntgenbild einer 12-jährigen Patientin mit Salter-Harris III Fraktur der linken distalen Tibia (a); im CT (b,c) zeigte sich nur minimale Dislokation. Die Patientin wurde konservativ behandelt. Die Röntgenkontrolle nach 5 Wochen zeigte stufenfreie Gelenksverhältnisse (d). Quelle: Kinderradiologie Graz mit freundlicher Genehmigung.....	13
Abbildung 5: CT Sagittalebene (a), CT Frontalebene (b) und Röntgenbilder nach 5 Wochen (c, d) einer 14-jährigen Patientin mit einer Two-Plane Fraktur der linken distalen Tibia nach Sturz beim Eislaufen. Es zeigte sich keine wesentliche Dislokation (<2mm), daher wurde eine konservative Therapie gewählt. Die Röntgenkontrolle nach 5 Wochen zeigte stufenfreie Gelenksverhältnisse (c, d). Quelle: Kinderradiologie Graz mit freundlicher Genehmigung.....	14
Abbildung 6: Röntgenbilder (a) und CT (b, c, d) eines 15-jährigen Patienten mit Twoplane Fraktur der linken distalen Tibia;. Der Patient wurde operativ behandelt. Das Ergebnis nach 7 Monaten zeigte stufenfreie Gelenksverhältnisse (e,f). Quelle: Kinderradiologie Graz mit freundlicher Genehmigung.....	15
Abbildung 7: Röntgenbilder in 2 Ebenen einer 12-jährigen Patienten mit einer undislozierten Tri-Plane Fraktur der rechten distalen Tibia nach Sturz beim Eislaufen (a, b). Es zeigte sich keine Dislokation, auch nicht im durchgeführten CT (nicht abgebildet). Daher erfolgte die konservative Therapie mit Ruhigstellung für 5 Wochen. Quelle: Kinderradiologie Graz mit freundlicher Genehmigung.....	16
Abbildung 8: Röntgenbilder (a, b) und CT 3D Rekonstruktion (c) eines 16-jährigen Patienten mit Triplane I Fraktur der linken distalen Tibia;. Der Patient wurde operativ behandelt (d, e). Das Ergebnis nach 1,5 Jahren zeigte stufenfreie Gelenksverhältnisse (f, g). Quelle: Kinderradiologie Graz mit freundlicher Genehmigung.....	17
Abbildung 9: Metaphysäre dorsale Fraktur und ventrolaterale epiphysäre Fraktur (a), Frakturverlauf dorsal durch Metaphyse und Epiphyse (b).....	18
Abbildung 10: Histologischer Wachstumsprozess mit: Ossifikationszone (e) Eröffnungszone (d), hypertrophe Zone (c), Proliferationszone (b), Reservezone (a)	19
Abbildung 11: Knochenverhältnisse des oberen Sprunggelenks.....	20
Abbildung 12: Lig. collaterale mediale (sive deltoideum) mit Pars tibionavicularis (a), Pars tibiotalaris ant. (b), Pars tibiotalaris post. (c), Pars tibiocalcanea (d).....	21

Abbildung 13: Sprunggelenk von lateral Lig. tibiofibulare posterior (a), Lig. fibulocalcaneare (b), Lig. fibulotalare anterior (c).....	21
Abbildung 14: Bewegungsachsen des Sprunggelenks um die Flexions - / Extensionsachse (selbst erstellt).....	22
Abbildung 15: Stellung der Trochlea tali bei Dorsalextension (a) und Plantarflexion (b) Gelb: artikulierende Gelenkflächen. Blau: Kollateralbänder	23
Abbildung 16: Frakturhäufigkeit nach Alter.....	31
Abbildung 17: Patientinnen waren statistisch signifikant jünger verglichen mit Patienten (weiblich \bar{X} 10,6 \pm 3,9 Jahre vs. männlich \bar{X} 11,8 \pm 3,6 Jahre; $p < 0,05$; Mann-Whitney-U Test).	32
Abbildung 18: Absolute geschlechterspezifische Altersverteilung der Frakturhäufigkeit.....	33
Abbildung 19: Allgemeine Häufigkeitsverteilung von Frakturen nach Jahreszeit	34
Abbildung 20: Häufigkeitsverteilung nach Altersgruppen.....	35
Abbildung 21: Altersspezifische Häufigkeitsverteilung nach Unfallort	36
Abbildung 22: Altersspezifische Häufigkeitsverteilung nach Unfallmechanismus	38
Abbildung 23: Geschlechterspezifische Häufigkeitsverteilung nach Unfallmechanismus.....	39
Abbildung 24: Frakturhäufigkeit nach Altersgruppe	41
Abbildung 25: Geschlechterspezifische Verteilung nach Frakturart	42
Abbildung 26: CT ja/nein nach Frakturart.....	43
Abbildung 27: Altersspezifische Häufigkeitsverteilung nach Therapie konservativ/operativ.....	44
Abbildung 28: Altersspezifische Häufigkeitsverteilung nach Methode	46
Abbildung 29: Frakturspezifische Häufigkeitsverteilung nach Methode.....	47
Abbildung 30: stationärer Aufenthalt nach Altersgruppen.....	48
Abbildung 31: stationärer Aufenthalt nach Frakturart	49
Abbildung 32: Dauer des stationären Aufenthaltes in Tagen nach Altersgruppe	50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Allgemeine Häufigkeitsverteilung nach Unfallort	34
Tabelle 2: Allgemeine Häufigkeitsverteilung nach Unfallmechanismus	37
Tabelle 3: Häufigkeitsverteilung nach Frakturart	40

Zusammenfassung

Hintergrund: Frakturen im Wachstumsalter treten mit einer Inzidenz von bis zu 240 pro 100.000 Einwohnern im Jahr auf. Sprunggelenksfrakturen machen dabei mit 7% einen kleinen Teil dieser Frakturen aus. Mit einem Anteil von 15-20% sind sie jedoch die häufigsten Wachstumsfugenverletzungen der unteren Extremität. Ziel dieser Studie ist die Analyse von Sprunggelenksfrakturen im Kindes- und Jugendalter hinsichtlich Art der Fraktur und deren Behandlung, Verletzungsmuster, Alter und Geschlecht.

Methodik: In dieser Studie wurde eine monozentrische, retrospektive Datenanalyse aller Patient*innen, die zwischen Januar 2016 bis Februar 2020 mit Frakturen des Sprunggelenkes an der Univ.-Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie der Medizinischen Universität Graz behandelt wurden, durchgeführt.

Ergebnisse: Es wurden 416 Patient*innen (m=223, 53,6%, w=193, 46,4%) mit einem Altersdurchschnitt von 11,2 Jahren (Spanne 1-18 Jahre) inkludiert. Am häufigsten ereigneten sich Sprunggelenks - Frakturen in Spiel- und Sportstätten mit 51% (n=212) gefolgt vom häuslichen Umfeld mit 24% (n=100) und Bildungseinrichtungen mit 13,7% (n=57). Es zeigte sich eine Zunahme von Unfällen im Bereich Spiel- und Sportstätten von 10% im Alter von 0-2 Jahre auf 53,6% im Alter zwischen 6 und 12 Jahren. Keine Patient*innen im Alter zwischen 0 und 5 Jahren verletzten sich das Sprunggelenk im Straßenverkehr. 80% der Sprunggelenksfrakturen, die sich im Straßenverkehr ereigneten, betrafen 13- bis 18-Jährige. Der häufigste Unfallmechanismus war der Fall aus Höhe mit 31% (n=129), ein Zusammenstoß mit 25,5% (n=106) und ein Sturz auf ebener Fläche 23,3% (n=97). Als häufigste Diagnose wurde mit knapp 41% (n=172) ein knöcherner Bandausriss festgestellt, gefolgt von distalen Unterschenkelfrakturen und bimalleolären Frakturen mit 14,9% (n=62) sowie Weber A Frakturen mit 9,9% (n=41). Im Alter zwischen drei und 12 Jahren wurde in über 50% der Fälle ein knöcherner Bandausriss diagnostiziert, während solche Verletzungen im Alter zwischen 13 und 18 Jahren nur in 24,3% der Fälle und im Alter zwischen null und zwei Jahren gar nicht diagnostiziert wurde. Die Therapiemethoden umfassten in 78,1% (n=325) eine Immobilisierung/Gips ohne Manipulation. In 12% (n=50) erfolgte die therapeutische Versorgung mittels offener Reposition und Osteosynthese. Eine geschlossene Reposition mit Osteosynthese erfolgte in 5,8%

der Fälle (n=24). Am seltensten erfolgte eine geschlossene Reposition mit Gips in 4,1% (n=1) der Patient*innen. Bei 12 Patient*innen (2,8%) kam es zu Komplikationen im Rahmen der Therapie.

Conclusio: Das Wissen um die Epidemiologie von Sprunggelenksfrakturen im Kindes- und Jugendalter ist zur Erarbeitung effektiver Präventionsstrategien wichtig und kann zu Ausbildungszwecken im Fachbereich Kindertraumatologie herangezogen werden.

Abstract

Background: In pediatric patients, fractures occur with an incidence of 240 of 100,000 per year. Fractures of the ankle joint account for 7% of these fractures. However, these fractures account for 15-20% of all physeal fractures of the lower extremity. The aim of this study was a thorough analysis of ankle fractures in children and adolescents.

Method: This study was performed as a single-centric- and retrospective data analysis including all pediatric patients with ankle fracture treated at the Department of Pediatric and Adolescent Surgery of the Medical University of Graz between January 2016 and February 2020.

Results: 416 patients (m=223, 53.6%, f=193, 46.4 %) with a mean age of 11.2 years (ranging from 1-18 years) were included. In 51% of the patients (n=212) the fractures occurred at playgrounds and sports facilities, followed by the home environment in 24% (n=100) and educational institutions in 13.7% (n=57) of the patients. There was an increase of accidents at playgrounds and sports facilities from 10% in patients aged 0-2 years to 53.6% in patients aged from 6-12 years. None of the children aged from 0-6 years sustained the injury in traffic accidents. 80% of the ankle fractures sustained in traffic accidents occurred in adolescents (13-18 years). The most common injury mechanisms were fall from height (31%, n=129), collision (26,5%, n=106) and fall on level surface (23,3%, n=97). The most common diagnosis among all patients was an avulsion fracture with 41% (n=172), followed by a distal lower leg fracture and bimalleolar fractures with 14.9% (n=62) and Weber A fractures with 9.9% (n=41). In patients between 3 and 12 years, over 50% were diagnosed with an avulsion fracture. In adolescents aged between 13 and 18 years, this rate decreased to 24.3%. While 78.1% (n=325) of the cases were immobilized without manipulation, 12% (n=50) of the patients were treated with open reduction and internal fixation. Closed reduction and osteosynthesis was used in 5.8% (n=24) of the cases. 2.8% (n=12) of the patients developed complications.

Conclusion: The knowledge about the epidemiology of ankle fractures is an important prerequisite to develop effective prevention programs in health care and for educational purposes in pediatric traumatology.

1 Einleitung

1.1 Inzidenz

Frakturen im Wachstumsalter haben eine Inzidenz von bis zu 240 pro 100.000 Einwohnern im Jahr (1, 2),

Sprunggelenksfrakturen machen mit 7% einen kleinen Teil der Frakturen des Wachstumsalters aus. Mit einem Anteil von 15-20% sind sie jedoch die häufigsten Wachstumsfugenverletzungen der unteren Extremität (3).

Landin et al. konnten in ihrer Studie eine Inzidenz der Sprunggelenksfrakturen im Wachstumsalter von 16,4/100.000 im Jahr beobachten (4).

Neben akuten Traumata, beispielsweise während des Sportes, sind auch Kinder und Jugendliche mit einem erhöhten BMI (Body Mass Index) häufiger von Sprunggelenksfrakturen betroffen (5).

In der Literatur finden sich meist Analysen einzelner Subgruppen von Frakturen des kindlichen Sprunggelenkes (Salter-Harris II, III oder IV etc.). Detaillierte epidemiologische Analysen der Gesamtheit an Frakturen des Sprunggelenkes im Wachstumsalter fehlen aber weitgehend.

Eine detaillierte Analyse der Gesamtheit an Frakturen des Sprunggelenkes ist daher von Bedeutung und wurde als Ziel dieser Arbeit definiert.

1.2 Wachstumsfuge

Ein Röhrenknochen wird in drei Abschnitte eingeteilt. Als Diaphyse wird der Knochenschaft bezeichnet und als Epiphyse das Ende des Knochens (6).

Dazwischen befindet sich die Metaphyse mit der Physe (=Wachstumsfuge). In der Wachstumsfuge findet das Längenwachstum der Röhrenknochen durch enchondrale Ossifikation statt (Abbildung 1).

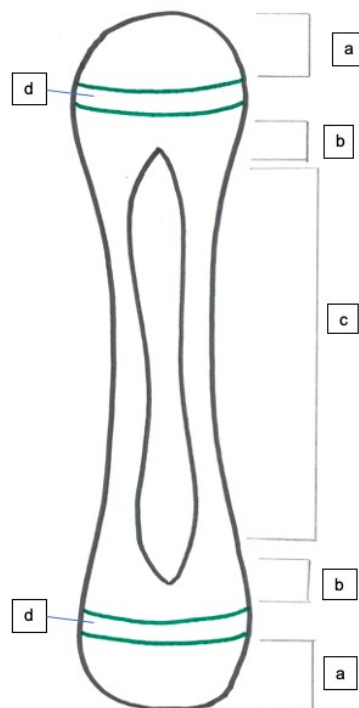


Abbildung 1: Röhrenknochen Epiphyse (a), Metaphyse (b), Diaphyse (c), Physe (d)

1.2.1 Wachstumspotenzial

Das Längenwachstum findet in den Wachstumsfugen der langen Röhrenknochen statt. Nicht alle dieser Wachstumsfugen sind gleichermaßen am Längenwachstum beteiligt. Mit 80% Beteiligung am Längenwachstum des jeweiligen Knochens, sind die aktivsten Wachstumsfugen die der oberen Extremität mit der proximalen Humeruswachstumsfuge und der distalen Radiuswachstumsfuge (7).

Die aktivsten Wachstumsfugen der unteren Extremität sind die um das Kniegelenk gelegenen. Mit 70% Beteiligung am Längenwachstum die des distalen Femurs und mit jeweils ungefähr 60% die der proximalen Tibia (8).

Die Wachstumsfugen des Sprunggelenkes, also die der distalen Tibia und distalen Fibula, beteiligen sich mit ungefähr jeweils 45% am Längenwachstum des jeweiligen Knochens (7, 8). Die Vorgänge des Längenwachstums werden durch das Wachstumshormon STH (somatotropes Hormon) des Hypophysenvorderlappens reguliert (9). Durch das Zusammenwirken von Sexualhormonen wird der Wachstumsschub in der Pubertät ausgelöst und nach der Pubertät die Beendigung des Längenwachstums bewirkt durch die Schließung der Wachstumsfuge durch Verknöcherung (9). Dies geschieht geschlechtsspezifisch unterschiedlich bei Jungen im Alter zwischen 15 und 18 Jahren und bei Mädchen etwa im Alter zwischen 12 und 14 Jahren (10).

1.2.2 Einteilung nach der Salter-Harris-Klassifikation

Der Frakturlinienverlauf in Relation zur Wachstumsfuge kann bei offenen Wachstumsfugen mittels der Salter-Harris-Klassifikation eingeteilt werden.

Im Jahr 1963 entwickelten die kanadischen Orthopäden Robert Bruce Salter und W. Robert Harris eine Klassifikation, welche der Einteilung der Wachstumsfugenverletzungen dient (Abbildung 2). Diese Klassifikation wird heute weltweit genutzt und verstanden und basiert auf dem Pathomechanismus der Fraktur.

Die beiden Kanadier stellten bei ihren Untersuchungen fest, dass die Frakturlinie konsequent durch die hypertrophe Zone der Wachstumsfuge verläuft (8).

Diese Zone ist zwischen kalzifizierten und nicht-kalzifizierten Proteinen der Extrazellulärmatrix lokalisiert, die dadurch weicher und somit anfälliger für Frakturen ist als die umliegenden ossär-ligamentären Strukturen (11).

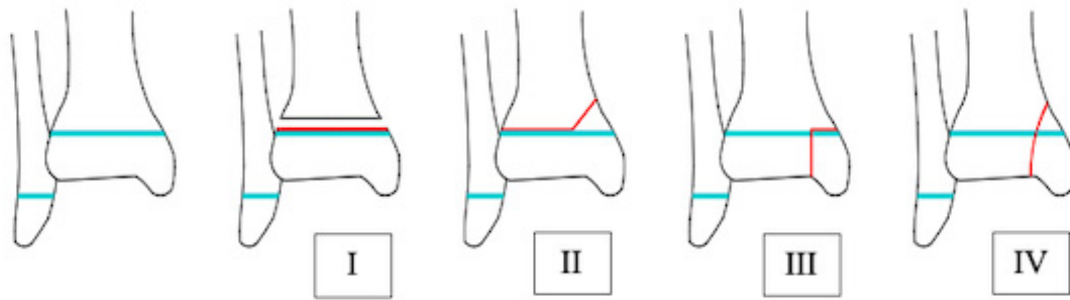


Abbildung 2: Salter-Harris-Klassifikation I-IV; blau: Wachstumsfuge; rot: Frakturlinie. I= Epiphysiolyse; II= Epiphysiolyse mit metaphysärem Keil; III= Epiphysiolyse mit epiphysärer Absprengung; IV= Frakturbeteiligung von Epiphyse und Metaphyse (selbst gezeichnet)

Typ I stellt eine komplette Ablösung der Epiphyse von der Metaphyse dar, ohne eine knöcherne Fraktur. Bei dieser Epiphysiolyse ist die Prognose gut, solange die versorgenden Blutgefäße unverletzt bleiben, was fast immer der Fall ist (8). Typ II ist eine partielle Ablösung der Epiphyse mit Verlauf durch die Metaphyse mit einem ossären Keil, auch bezeichnet als „Thurstan Holland’s sign“ (12) (Abbildung 3). Auch hier ist die Prognose mit der von Typ I zu vergleichen (8).

Typ III ist eine intraartikuläre Fraktur. Ausgehend von der Gelenksoberfläche, verläuft die Frakturlinie zur Wachstumsfuge (Abbildung 4).

Auch Typ IV stellt eine intraartikuläre Fraktur dar, die ausgehend von der Gelenksoberfläche die Wachstumsfuge in ihrer Breite durchläuft und zusätzlich einen Teil der Metaphyse miteinbezieht.

Typ III und IV Frakturen sind anfälliger für Wachstumsstörungen aufgrund der erhöhten Beteiligung der Wachstumsfugen - versorgenden Gefäße (8).

Außerdem handelt es sich bei Typ III und IV Frakturen um intraartikuläre Frakturen, die öfter eine offene Reposition mit anschließendem osteosynthetischem Verfahren bedürfen, um die Kongruenz der Gelenkflächen wiederherzustellen (11).



Abbildung 3: Röntgenbilder (a, b) einer dislozierten Salter-Harris II Fraktur eines 13-jährigen Patienten. Die Fraktur wurde reponiert und konservativ im Gips behandelt (c, d). Das Ergebnis nach 6 Monaten zeigt das unauffällige Ergebnis (e, f). Quelle: Kinderradiologie Graz mit freundlicher Genehmigung

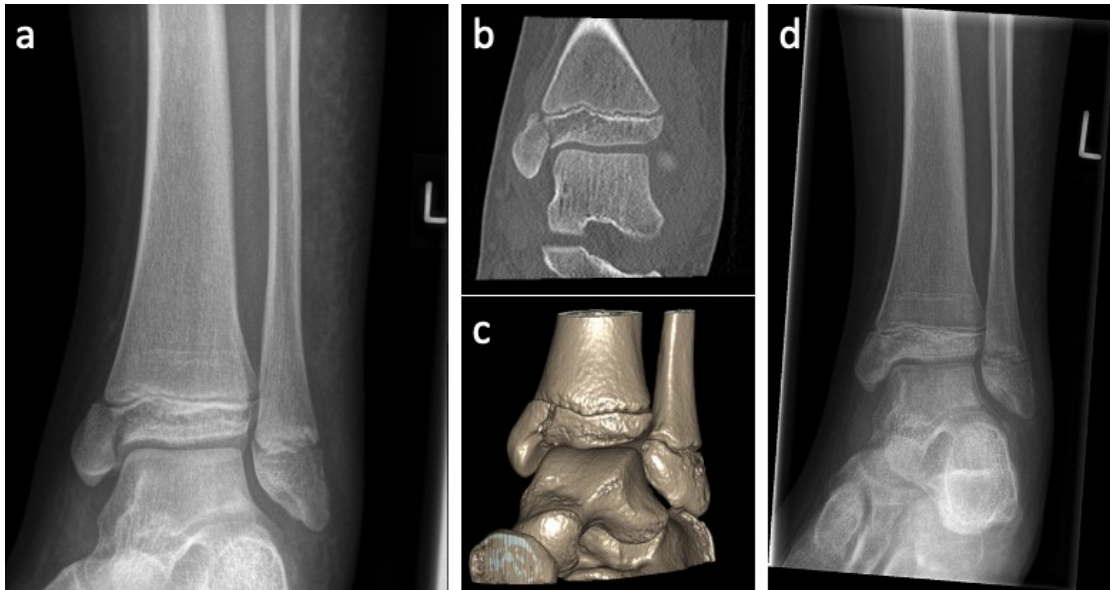


Abbildung 4: Röntgenbild einer 12-jährigen Patientin mit Salter-Harris III Fraktur der linken distalen Tibia (a); im CT (b,c) zeigte sich nur minimale Dislokation. Die Patientin wurde konservativ behandelt. Die Röntgenkontrolle nach 5 Wochen zeigte stufenfreie Gelenkverhältnisse (d). Quelle: Kinderradiologie Graz mit freundlicher Genehmigung

1.3 Sonderform: Übergangsfrakturen

Als besondere Form der Gelenkfrakturen sind die sogenannten Übergangsfrakturen zu erwähnen. Bei einer bereits teilweise verschlossenen Wachstumsfuge kann man diese Art von Fraktur in eine Twoplane und in eine Triplane Fraktur klassifizieren.

Eine Twoplane Fraktur stellt eine Sonderform der Sprunggelenksfraktur dar mit rein epiphysärer Beteiligung (12).

Die Frakturlinie verläuft durch den nicht-mineralisierten Teil der Wachstumsfuge sowie durch die Epiphyse (13) (Abbildung 5).

Bei Beginn der Verknöcherung kann fast die ganze Epiphyse betroffen sein und der Frakturspalt befindet sich weit medial (intramalleolär). Mit weiterem Fugenschluss befindet sich der Frakturspalt weiter lateral. Als Tillaux-Fraktur wird diese Art der Fraktur genannt, wenn es nur zu einem knöchernen Syndesmosen-Ausriss mit ventrolateralem Fragment kommt.

Eine Triplane Fraktur ist eine Sonderform der Sprunggelenksfraktur mit Verlauf in drei Ebenen und epiphysärer und metaphysärer (Abbildung 7). Eine Frakturlinie

verläuft durch die Epiphyse in der Sagittalebene, eine weitere Frakturlinie in der Transversalebene durch die Wachstumsfuge und eine dritte Frakturlinie verläuft in der Frontalebene, wobei ein weiterer Keil meta- oder epi-metaphysär entsteht (12) (Abbildung 8).

Bei den Triplane Frakturen können ein Typ eins und ein Typ zwei unterschieden werden (Abbildung 9).

Triplane-I-Fraktur: Zusätzlich zur epiphysären Fraktur findet sich ein metaphysärer Keil am lateralen Fragment. Die metaphysäre Frakturlinie reicht jedoch nicht durch die Epiphyse.

Triplane-II-Fraktur: Wie bei der Triplane-I-Fraktur liegt eine zusätzliche metaphysäre Keilfraktur vor, diese setzt sich jedoch in die Epiphyse fort und führt dadurch zu zwei epiphysären Fragmenten. Das zweite Fragment liegt dorsal und entspricht einer Volkmann-Fraktur aus der Erwachsenen-Traumatologie (14).

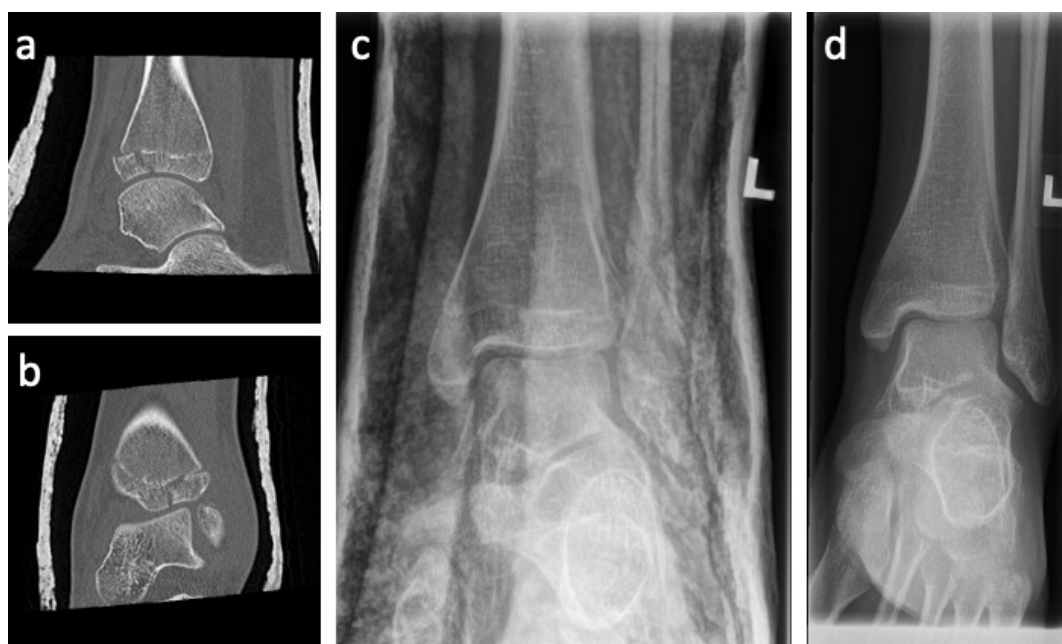


Abbildung 5: CT Sagittalebene (a), CT Frontalebene (b) und Röntgenbilder nach 5 Wochen (c, d) einer 14-jährigen Patientin mit einer Two-Plane Fraktur der linken distalen Tibia nach Sturz beim Eislaufen. Es zeigte sich keine wesentliche Dislokation (<2mm), daher wurde eine konservative Therapie gewählt. Die Röntgenkontrolle nach 5 Wochen zeigte stufenfreie Gelenkverhältnisse (c, d). Quelle: Kinderradiologie Graz mit freundlicher Genehmigung

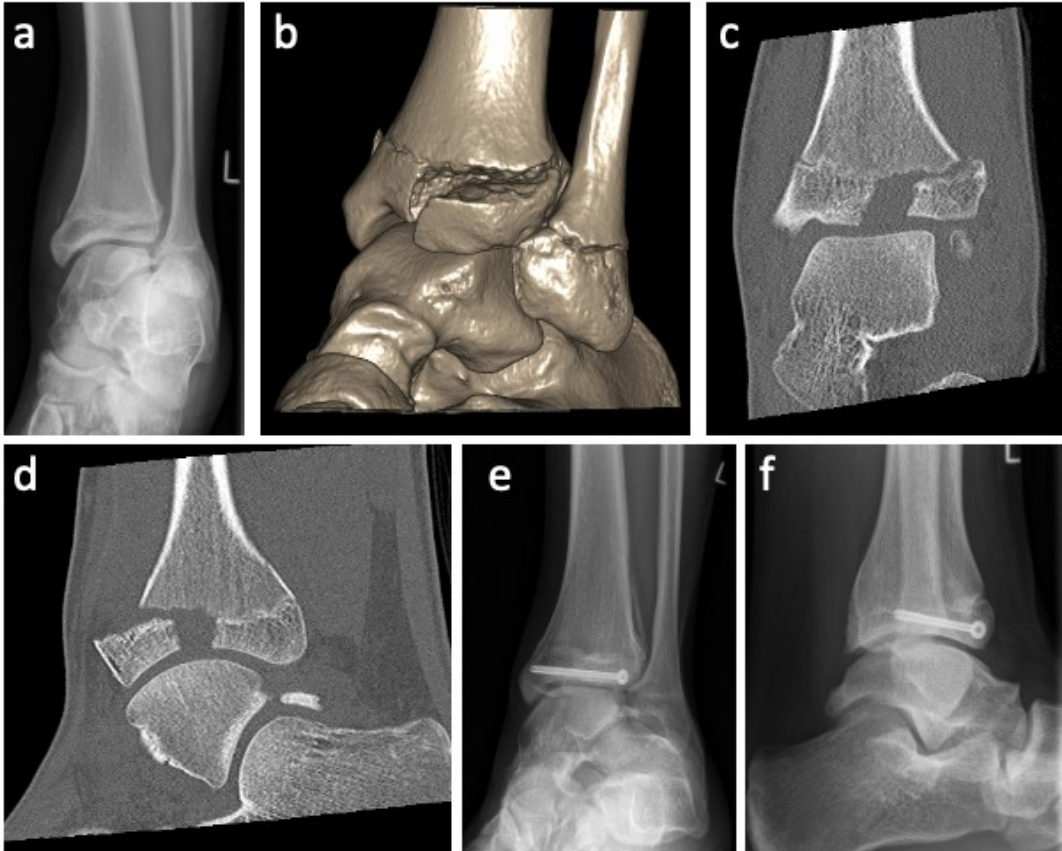


Abbildung 6: Röntgenbilder (a) und CT (b, c, d) eines 15-jährigen Patienten mit Twoplane Fraktur der linken distalen Tibia;. Der Patient wurde operativ behandelt. Das Ergebnis nach 7 Monaten zeigte stufenfreie Gelenkverhältnisse (e,f). Quelle: Kinderradiologie Graz mit freundlicher Genehmigung

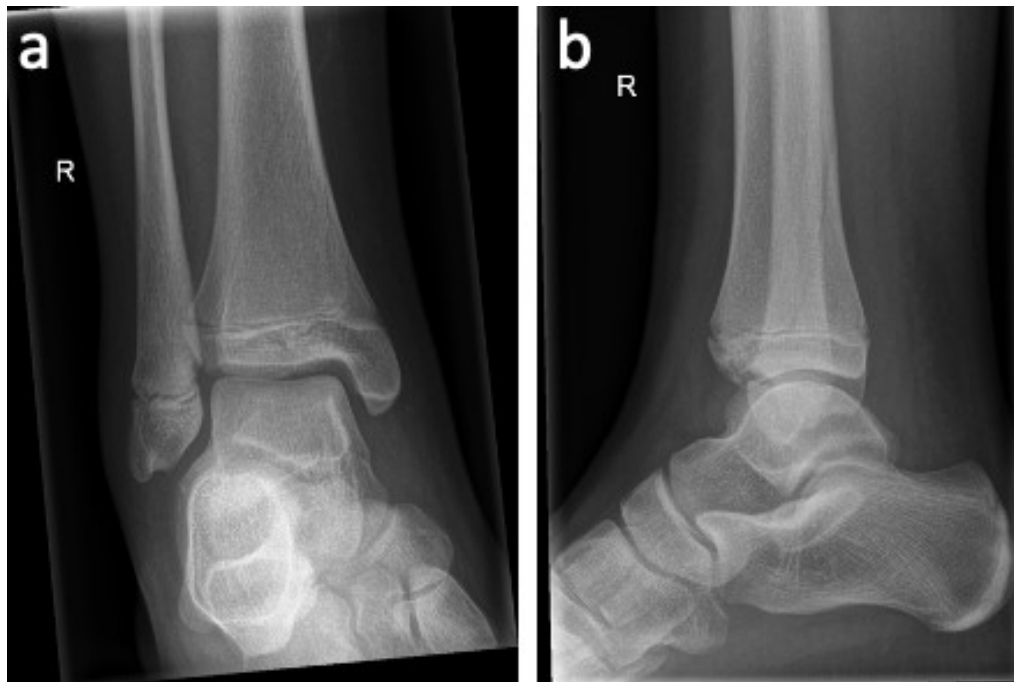


Abbildung 7: Röntgenbilder in 2 Ebenen einer 12-jährigen Patienten mit einer undislozierten Tri-Plane Fraktur der rechten distalen Tibia nach Sturz beim Eislaufen (a, b). Es zeigte sich keine Dislokation, auch nicht im durchgeführten CT (nicht abgebildet). Daher erfolgte die konservative Therapie mit Ruhigstellung für 5 Wochen. Quelle: Kinderradiologie Graz mit freundlicher Genehmigung

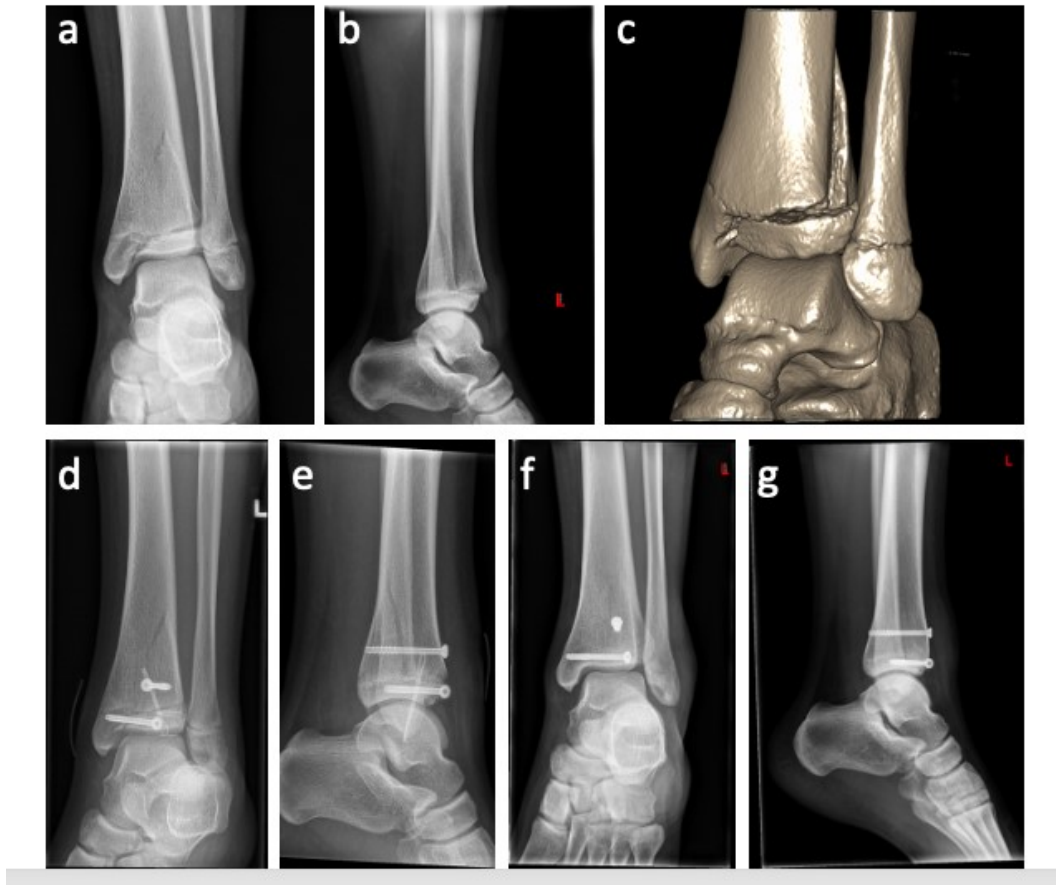


Abbildung 8: Röntgenbilder (a, b) und CT 3D Rekonstruktion (c) eines 16-jährigen Patienten mit Triplane I Fraktur der linken distalen Tibia;. Der Patient wurde operativ behandelt (d, e). Das Ergebnis nach 1,5 Jahren zeigte stufenfreie Gelenksverhältnisse (f, g). Quelle: Kinderradiologie Graz mit freundlicher Genehmigung

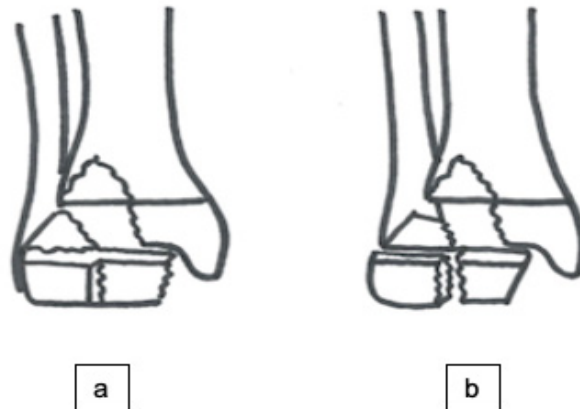


Abbildung 9: Metaphysäre dorsale Fraktur und ventrolaterale epiphysäre Fraktur (a), Frakturverlauf dorsal durch Metaphyse und Epiphyse (b)

1.4 Histologischer Wachstumsprozess

Der Wachstumsprozess lässt sich histologisch in fünf Zonen einteilen (Abbildung 10). In diesen Zonen befinden sich Chondrozyten in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Von proximal beginnend, lassen sie sich nach distal folgendermaßen einteilen:

Die Besiedlung der Osteoblasten findet in der *Ossifikationszone* statt, in welcher Osteoid entsteht. Es folgt die *Eröffnungszone*, in welcher die Knorpelhöhlen entstehen, in die später Blutgefäße und Osteoblasten einwachsen.

In der folgenden *hypertrophen Zone* befinden sich die volumenvergrößerten Chondrozyten, die wesentlich zum Längenwachstum beitragen. Gefolgt wird diese von der *Proliferationszone* mit mitotisch aktiven Chondrozyten. Abschließend distal befindet sich die *Reservezone* mit undifferenzierten Chondrozytenvorläufern (9).

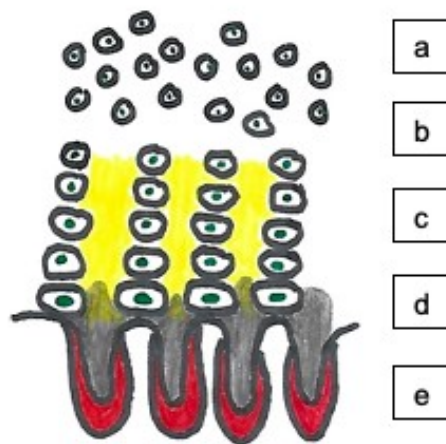


Abbildung 10: Histologischer Wachstumsprozess mit: Ossifikationszone (e)
Eröffnungszonen (d), hypertrophe Zone (c), Proliferationszone (b), Reservezone (a)

Bei Verletzungen dieser Zonen kommt es zu Störungen des Wachstumsprozesses und somit zu einer Behinderung des Längenwachstums.

1.5 Makroskopische Anatomie

Das obere Sprunggelenk besteht aus den Gelenkflächen der Tibia und der Fibula, sowie dem Talus. Es bildet mit dem unteren Sprunggelenk eine funktionelle Einheit, da sich am Talus keine muskulären Insertionsstellen befinden (15).

Die Gelenkkörper dieses Scharniergelenkes werden proximal von der Malleolengabel gebildet, bestehend aus Tibia und Fibula, und distal vom Talus mit seiner Trochlea (Abbildung 11).

Es artikulieren die Gelenkflächen der Facies articularis malleoli medialis, Facies articularis inferior tibiae und die Facies articularis malleoli lateralis mit dem distal gelegenen Talus, welcher selbst drei unterschiedliche Gelenkflächen besitzt: die Facies superior trochleae tali, die Facies malleolaris medialis und die Facies malleolaris lateralis (16).

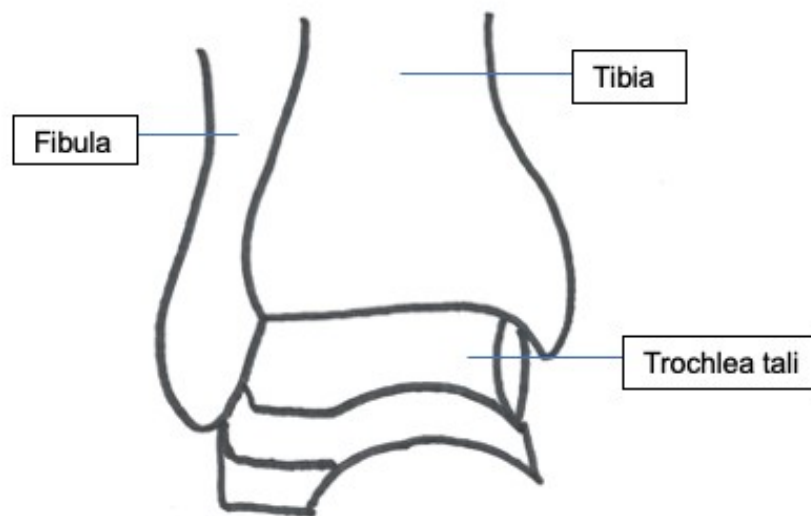


Abbildung 11: Knochenverhältnisse des oberen Sprunggelenks

Die Gelenkkapsel ist an der Knorpel-Knochen-Grenze angeheftet. Ventral ist die Kapsel dünn und mit den Sehnen der Extensoren (Mm. extensores digitorum et hallucis) verwachsen (15).

Das obere Sprunggelenk wird durch einen starken Bandapparat stabilisiert, den sogenannten Kollateralbändern, welche aus dem Ligamentum collaterale mediale (sive deltoideum) und dem Ligamentum collaterale laterale bestehen.

Das Lig. collaterale mediale (deltoideum) ist dreieckig und fächerförmig konfiguriert und teilt sich in vier Abschnitte. Eine oberflächliche Schicht wird aus drei Teilen gebildet: der Pars tibio calcanea, Pars tibionavicularis und der Pars tibiotalaris posterior. Die tiefe Schicht an Bandzügen wird als Pars tibiotalaris anterior bezeichnet (Abbildung 12).

Das Lig. collaterale laterale (Abbildung 13) besteht aus dem nach anterior und medial verlaufendem Lig. talofibulare anterius, dem fast horizontal verlaufenden Lig. talofibulare posterius und dem starken Lig. calcaneofibulare, welches vom Apex des malleolus lateralis nach posterior und kaudal verläuft (15).

Zum Bandapparat des oberen Sprunggelenkes zählt auch die Syndesmosis tibiofibularis mit den Ligg. tibiofibulare anterius et posterius. Sie verbinden die Tibia und Fibula zur Malleolengabel und stellen die kaudale Fortsetzung der Membrana interossea cruris dar (16).

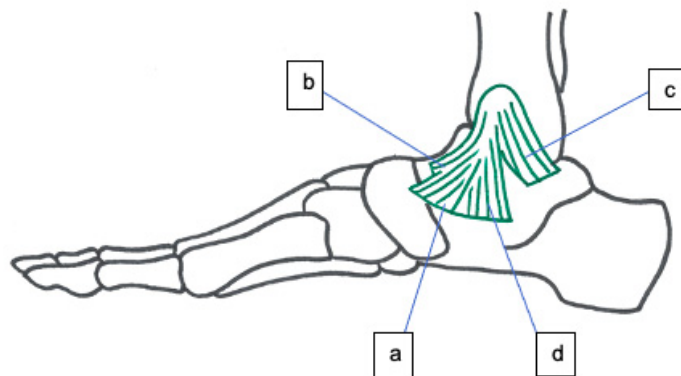


Abbildung 12: Lig. collaterale mediale (sive deltoideum) mit Pars tibionavicularis (a), Pars tibiotalaris ant. (b), Pars tibiotalaris post. (c), Pars tibiocalcanea (d)

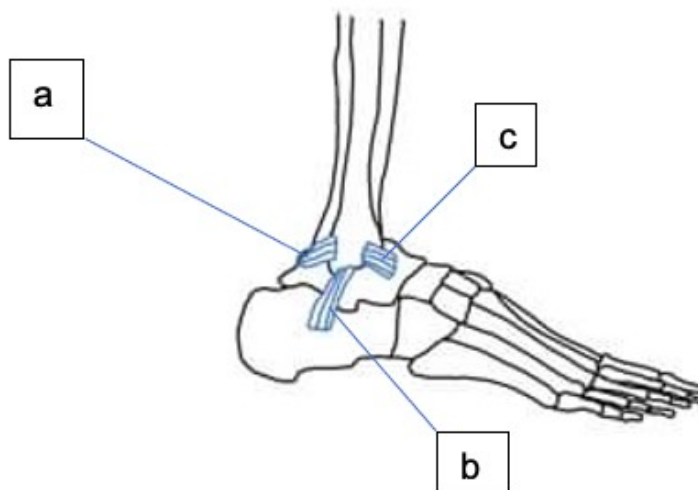


Abbildung 13: Sprunggelenk von lateral Lig. tibiofibulare posterior (a), Lig. fibulocalcaneare (b), Lig. fibulotalare anterior (c)

1.6 Mechanik

Das obere Sprunggelenk stellt ein Scharniergelenk dar, bei welchem die Achse durch die beiden Malleolenspitzen verläuft (Abbildung 14). Das obere Sprunggelenk erlaubt eine Dorsalextension des Fußes gegenüber dem Unterschenkel von 20-30° und eine Plantarflexion von 40-50° (16) (Abbildung 14).

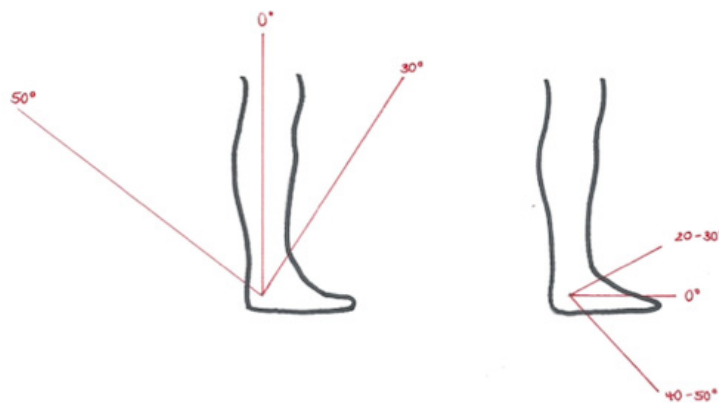


Abbildung 14: Bewegungsachsen des Sprunggelenks um die Flexions - / Extensionsachse (selbst erstellt)

Die Trochlea tali ist vorne breiter als hinten (Abbildung 15), was bei einer Dorsalextension zu einem Auseinanderdrängen der Malleolengabel führt (15). Hierbei sind die hinteren Bandzüge der Kollateralbänder gespannt (15).

Bei Plantarflexion befindet sich der schmale Teil der Trochlea tali in der nun zu breiten Malleolengabel (Abbildung 15) was dazu führt, dass nur die Kollateralbänder das Gelenk sichern.

Die mittleren Bandzüge der Kollateralbänder verhindern eine Varisierung nach medial und eine Valgisierung nach lateral (15).

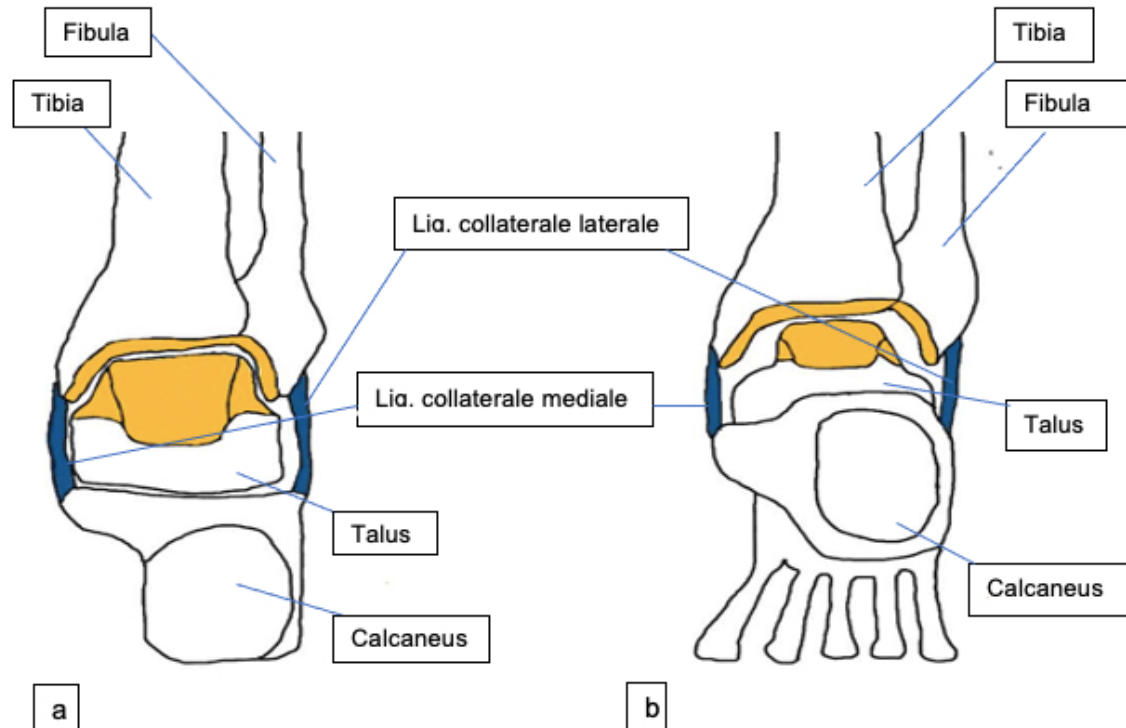


Abbildung 15: Stellung der Trochlea tali bei Dorsalextension (a) und Plantarflexion (b)
Gelb: artikulierende Gelenkflächen. Blau: Kollateralbänder

1.7 Klinik

Frakturen beim Kind äußern sich anders als beim Erwachsenen. Deshalb sind hinsichtlich Anamnese und Inspektion in der Pädiatrie andere Strategien zu wählen als im Erwachsenenalter. In der Anamnese wird das Unfallereignis, die Lokalisation und das subjektive Ausmaß der Schmerzen eruiert. Genauere Rekonstruktionen des Unfallmechanismus sind oft nicht nötig, da sie für die weitere Therapie nicht zielführend sind (17).

Zusätzlich beschreibt Benjamin Cancino in seiner Studie „Ankle fractures in children“ im Jahre 2021, dass allgemein bei Frakturen im Wachstumsalter auf die A's zu achten ist: anxiety, agitation, increased need of analgesia (18).

Die Inspektion soll sich fokussieren auf

- sichtbare Schwellungen
- Deformierungen
- Hämatome
- Asymmetrien und
- Bewegungseinschränkungen

(17, 19)

Die Schwellung kann mit einem Gelenkserguss einhergehen. Da die Gelenkscapsel ventral zwischen den Kollateralbändern dünn ist, bilden sich dort Gelenksergüsse, welche ventral neben den Extensorsehnen erkennbar werden (15).

Die manuelle Untersuchung soll nur in der Peripherie erfolgen und nur mit dem Einverständnis des Patienten oder der Patientin.

Auf eine direkte schmerzhaftc manuelle Untersuchung der Verletzung kann verzichtet werden und direkt das bildgebende Verfahren eingeleitet werden (17).

In seltenen Fällen werden Zeichen eines (drohenden) Kompartmentsyndroms im Sinne von starken Schmerzen, Sensibilitätsstörungen (Taubheitsgefühl, Kribbeln) und Weichteilschwellung (12) sowie neurovaskuläre Defizite beschrieben (20).

1.8 Bildgebende Diagnostik

Für die Diagnostik ist ein konventionelles Röntgen in zwei Ebenen notwendig. Bei eindeutiger Klinik kann die Diagnose einer Sprunggelenksfraktur auch ohne einen auffälligen Röntgenbefund gestellt werden, da nicht jede Fraktur im Wachstumsalter radiologisch sichtbar ist (17, 19).

Bei Übergangsfrakturen des Sprunggelenkes ist nahezu immer eine weiterführende Diagnostik mittels Computertomographie (CT) gefordert (19). Eine Studie aus Korea, die das Outcome von heranwachsenden Patient*innen nach komplexen Sprunggelenksfrakturen wie Tillaux- und Triplane Frakturen, untersuchte, unterstreicht das. Die Autoren stellten fest, dass die 3D Bildgebung mittels CT zu einem besseren Verständnis der Fraktur führte, was zu einer präziseren Therapie und somit besserem Outcome führte (21).

1.9 Therapie

Die Indikation zur Reposition und/oder Osteosynthese einer Fraktur stellt sich in Abhängigkeit von der Möglichkeit einer altersspezifischen Spontankorrektur sowie der Art und des Ausmaßes der Gelenkverletzung (19).

Die unten aufgeführten Toleranzgrenzen geben an, ab wann eine Intervention indiziert ist: Sowohl Alter der Patient*innen als auch Dislokationsgrad sind hier relevant (19).

Toleranzgrenzen unter 10 Jahren:

- bis unter 10° Re-/Antekurvatur
- 5-10° Valgus
- 0° Varus

Toleranzgrenzen über 10 Jahren:

- bis zu 5° Re-/Antekurvatur
- 5° Valgus
- 0° Varus

Bei Salter-Harris-Frakturen III und IV, sowie bei Übergangsfrakturen ist die Frakturdehiszenz entscheidend, unabhängig vom Alter. Eine Frakturdehiszenz von unter 2 mm ohne eine Gelenkstufe kann konservativ behandelt werden.

1.9.1 konservative Therapie

Je nachdem, ob sich eine Fraktur in den oben erwähnten Toleranzgrenzen befindet oder nicht, erfolgt die konservative Therapie mit oder ohne Manipulation (=Reposition) (19).

1.9.1.1 konservative Therapie ohne Manipulation

Zu einer konservativen Therapie ohne Manipulation wird geraten, wenn die Frakturen innerhalb der Toleranzgrenzen disloziert sind.

Es erfolgte eine Ruhigstellung im Gips mit regelmäßigen nativradiologischen Kontrollen altersabhängig für vier bis sechs Wochen (19).

1.9.1.2 konservative Therapie mit Manipulation

Bei Sprunggelenksfrakturen außerhalb der Toleranzgrenzen ist eine geschlossene Reposition mit anschließender Gipsruhigstellung für 4 - 6 Wochen empfohlen (19). Regelmäßige Röntgenkontrollen sind jedoch indiziert.

1.9.2 operative Therapie

Bei instabilen oder dislozierten Frakturen, die sich außerhalb der Toleranzgrenzen befinden, wird zu einem operativen Vorgehen geraten, um Komplikationen wie Wachstumsstörungen, Gelenksinkongruenz oder Arthroseentwicklung zu reduzieren bzw. zu verhindern. Je nach Frakturart und Alter der Patient*innen ist nach einer Reposition eine osteosynthetische Versorgung mittels Bohrdrähten, Platten oder Schrauben indiziert (19).

1.10 Komplikationen

Zu den Komplikationen einer Sprunggelenksfraktur zählen hemmende und stimulierende Wachstumsstörungen mit einhergehender Beinlängendifferenz und/oder Beinachsenfehlstellung (Varus/Valgus-Fehlstellung) (22). Auch osteochondrale Defekte mit Gelenksinkongruenz und Arthroseentwicklung zählen zu den Komplikationen, bei welchen eine weiterführende bildgebende Diagnostik in Betracht gezogen werden soll (21, 23).

In der Literatur sind weitere Komplikationen wie persistierende Schmerzen, Infektionen und neurovaskuläre Defizite beschrieben (20).

Jamie R. Denning et al. diskutierten in ihrer Studie die verschiedenen Komplikationen assoziiert mit Sprunggelenksfrakturen (24):

- der vorzeitige Verschluss der Wachstumsfuge und der daraus resultierenden Beinlängendifferenz und – achsenfehlstellung
- das Tarsaltunnelsyndrom mit Kompression des Nervus tibialis
- Kompression des Musculus extensor digitorum longus und Musculus extensor hallucis longus unterhalb des Retinaculum extensorum cruris mit Funktionseinschränkung und Schmerz
- Kompression der Strukturen, die unterhalb des Retinaculum musculorum flexorum pedis im Canalis malleolaris verlaufen: Musculus flexor digitorum longus, Musculus tibialis posterior, Musculus flexor hallucis longus mit Funktionseinschränkung und Schmerz
- das chronisch regionale Schmerzsyndrom
- degenerative Veränderung und posttraumatische Arthritis

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Diese Studie untersucht die Epidemiologie von Sprunggelenksfrakturen im Wachstumsalter. Es handelt sich um eine monozentrische, retrospektive Datenanalyse. Die Daten aller Patient*innen, die zwischen 01/2016 bis 02/2020 mit Frakturen des Sprunggelenkes an der Univ.-Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie der Medizinischen Universität Graz behandelt wurden, wurden in die Studie inkludiert. Sowohl ambulant behandelte als auch stationär behandelte Patient*innen wurden eingeschlossen.

Weiters wurde eine aktuelle Literaturrecherche zum Studienthema durchgeführt.

Ein positives Votum der Ethikkommission lag mit der EK Nummer: 32-314 ex 19/20 vor.

2.2 Patient*innenkollektiv

Das Patient*innenkollektiv umfasste 416 Patient*innen, die im Zeitraum von 01/2016 bis 02/2020 wegen einer Sprunggelenksfraktur behandelt wurden. Die Patient*innen wurden zur übersichtlicheren Darstellung in vier Altersgruppen eingeteilt, wie in der Studie „Padiatric age groups and approach to studies“ diskutiert (25):

Altersgruppe eins umfasste Kinder im Säuglingsalter (0-2 Jahre), Altersgruppe zwei Kinder im Vorschulalter (3-5 Jahre), Altersgruppe drei Kinder im Schulalter (6-12 Jahre) und Altersgruppe vier Jugendliche (13-18 Jahre).

Inkludiert wurden alle Kinder, die folgende Einschlusskriterien erfüllten:

- Alter ≤ 18 Jahre zum Unfallzeitpunkt
- Vorstellung an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie Graz
- Vorliegen einer Sprunggelenksfraktur
- Therapieeinleitung und Weiterbehandlung an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie

Insgesamt wurden die Daten von 453 Patient*innen gescreent. Nach Anwendung der Exklusionskriterien wurden 416 Kinder und Jugendliche in die Studie übernommen. Exkludiert wurden 37 Patient*innen, bei denen die Weiterbehandlung an einer anderen Klinik durchgeführt wurde.

2.3 Datenerhebung und -analyse

Die Patientenstammdaten wurden dem Dokumentationssystem MEDOCS entnommen. Es handelt sich dabei um ein SAP (System Applications and Products in Data Processing, Walldorf, Germany) basiertes System, das an der gesamten Universitätsklinik Graz für administrative Patientenverwaltung, Kostenkalkulation, sowie Speicherung und Verwaltung von Patientendaten verwendet wird, sowie dem Bildbetrachtungsprogramm PACS View. Aus diesen Systemen wurden Befunde und Röntgenbilder der ambulant und stationär behandelten Patient*innen entnommen.

Die im Folgenden dargestellten Patientendaten wurden aus openMEDOCS entnommen.

- Geschlecht
- Geburtsdatum
- Unfalldatum
- Alter am Unfalldatum
- Unfallmonat
- Unfallsaison
- Unfallort
 - In Spiel- und Sportstätten
 - In Bildungseinrichtungen
 - Zu Hause
 - Im Straßenverkehr
 - An sonstigen Orten
- Unfallmechanismus
 - Fall auf ebener Flächen
 - Fall aus Höhe
 - Zusammenstoß

- Im Straßenverkehr
- Sonstiges
- Diagnose
- Seite
- Durchführung eines CT
- Therapie
- Ambulante oder stationäre Behandlung
- Dauer des stationären Aufenthaltes
- Anzahl der Wiedervorstellungen
- Dauer des Metalls in situ
- Komplikationen

2.4 Statistik

Die grafische Darstellung und statistische Analyse der Daten wurde mittels Microsoft Excel (2022) und SPSS Version 22 (IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.) durchgeführt. Metrische Daten wurden als Durchschnitt, Standardabweichung und Spannweite dargestellt. Die kategorialen Variablen wurden in absoluten (n) und relativen (%) Zahlen angegeben.

Der Vergleich des Alters zwischen den Geschlechtern wurde mittels Mann-Whitney-U Test durchgeführt. Der Vergleich von kategorialen Daten wurden mittels des Chi-Quadrat Test durchgeführt. Die Dauer des stationären Aufenthaltes zwischen den Altersgruppen wurde mittels Kruskal-Wallis-Test und anschließenden post-hoc Tests mit Bonferroni Korrektur verglichen. Ein P-Wert $< 0,05$ wurde als statistisch signifikant gewertet.

3 Ergebnisse

Im Zeitraum von Januar 2016 bis Februar 2020 wurden insgesamt 416 Patient*innen eingeschlossen, welche die bereits oben erwähnten Kriterien zur Inklusion erfüllten.

Abbildung 16 gibt die Frakturhäufigkeit nach Alter, unabhängig des Geschlechtes an. Dieser ist ein zweigipfliger Peak zu entnehmen. Das durchschnittliche Alter der Patient*innen betrug 11,2 Jahre mit einer Standardabweichung von 3,7 und einer Spannweite von 1 bis 18 Jahren.

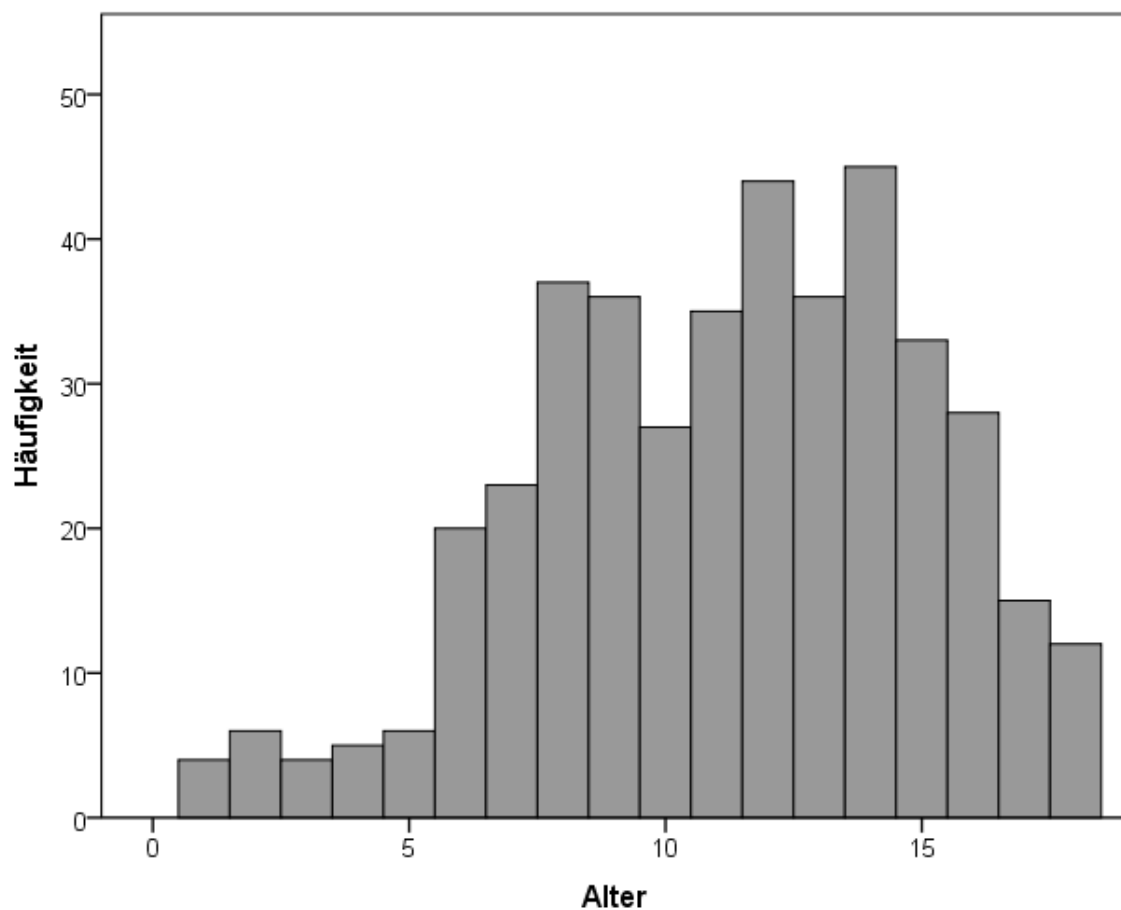


Abbildung 16: Frakturhäufigkeit nach Alter

Von diesen 416 Patient*innen waren 46,4% (n=193) weiblich und 53,6% (n=223) männlich. Patientinnen waren statistisch signifikant jünger verglichen mit Patienten (weiblich \bar{x} 10,6 \pm 3,9 Jahre vs. männlich \bar{x} 11,8 \pm 3,6 Jahre; $p < 0,05$; Mann-Whitney-U Test) (Abbildung 17).

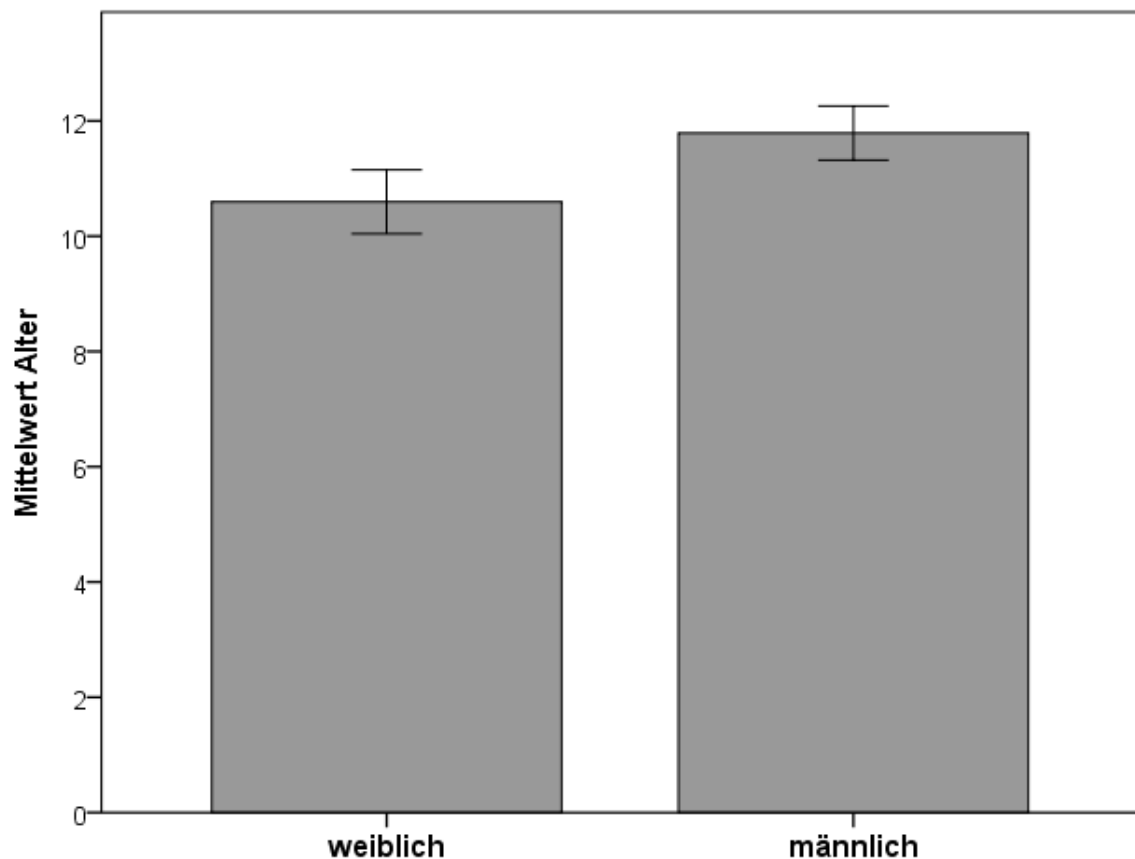


Abbildung 17: Patientinnen waren statistisch signifikant jünger verglichen mit Patienten (weiblich \bar{x} 10,6 \pm 3,9 Jahre vs. männlich \bar{x} 11,8 \pm 3,6 Jahre; $p < 0,05$; Mann-Whitney-U Test).

In Abbildung 18 ist hinsichtlich der geschlechter- und altersspezifischen Häufigkeitsverteilung auch ein zweigipfliger Peak zu erkennen, der sich jedoch je nach Geschlecht unterschied.

Somit war bei den weiblichen Patienten der erste Peak bei 8 Jahren mit 20 Frakturen und der zweite Peak bei 12 Jahren mit 26 Frakturen. Danach nahm die Frakturhäufigkeit mit steigendem Alter kontinuierlich ab.

Bei männlichen Patienten war ein erster Peak bei 9 Jahren zu erkennen mit 26 Frakturen und der zweite Peak bei 14 Jahren mit 30 Frakturen.

Abbildung 18 zeigt außerdem, dass mit steigendem Alter der Anteil männlicher Patienten überwiegt. Bei jüngeren Patient*innen handelt es sich eher um weibliche. Der Umschlag lag hier ungefähr im Alter von 9 Jahren.

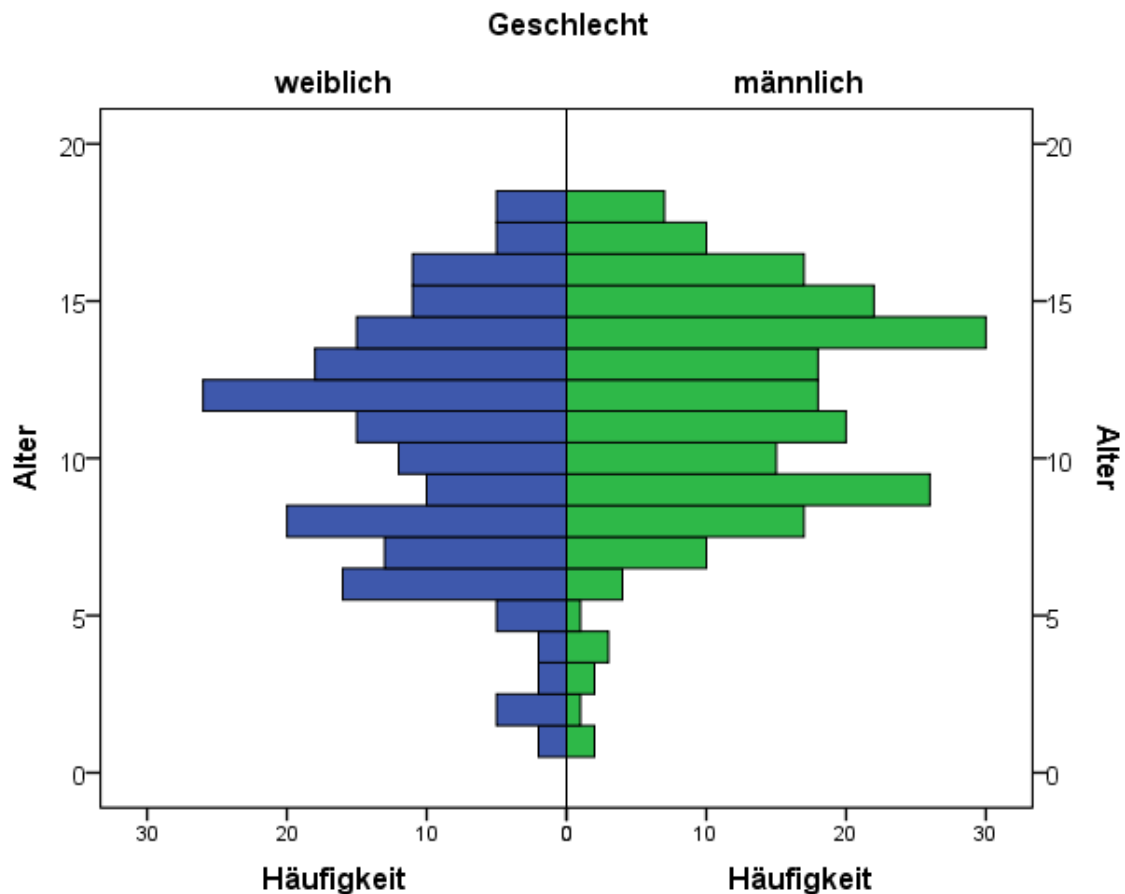


Abbildung 18: Absolute geschlechterspezifische Altersverteilung der Frakturhäufigkeit

Im Frühling wurden mit 133 Frakturen knapp ein Drittel der Frakturen (31,9%) behandelt (Abbildung 19). Gefolgt vom Winter mit 117 Frakturen (28%) und dem Sommer mit 98 Frakturen (23,5%), war der Herbst mit 68 Frakturen (16,3%) die Jahreszeit mit den wenigsten Vorstellungen auf Grund von Sprunggelenksfrakturen.

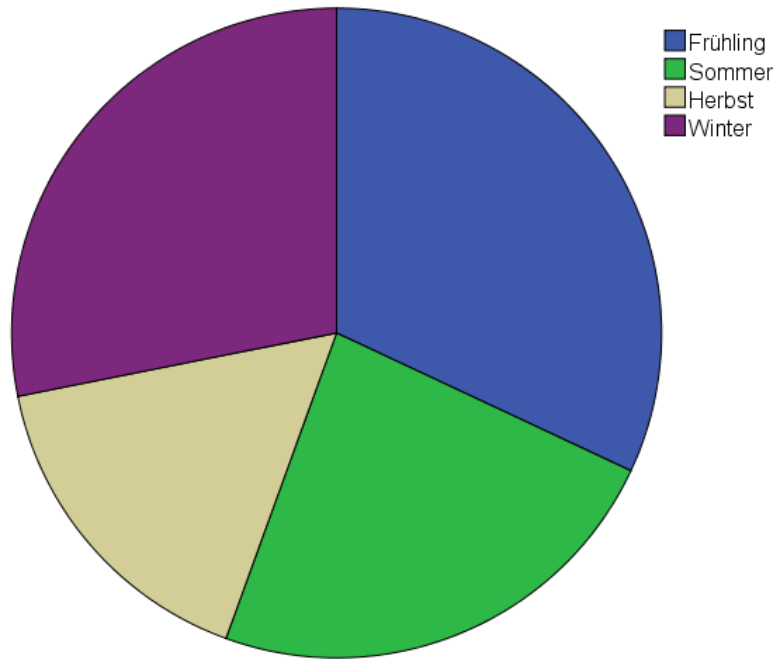


Abbildung 19: Allgemeine Häufigkeitsverteilung von Frakturen nach Jahreszeit

Am häufigsten ereigneten sich Sprunggelenksfrakturen in Spiel- und Sportstätten, gefolgt vom häuslichen Umfeld und an dritter Stelle in Bildungseinrichtungen. Im Straßenverkehr ereigneten sich die wenigsten Sprunggelenksfrakturen (Tabelle 1).

		Unfallort			
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozent	Kumulative Prozente
Gültig	Spiel- und Sportstätte	212	51,0	51,0	51,0
	Bildungseinrichtung	57	13,7	13,7	64,7
	zu Hause	100	24,0	24,0	88,7
	Strassenverkehr	30	7,2	7,2	95,9
	sonstige	17	4,1	4,1	100,0
	Gesamtsumme	416	100,0	100,0	

Tabelle 1: Allgemeine Häufigkeitsverteilung nach Unfallort

Für eine übersichtlichere Darstellung wurden die Patient*innen in vier Altersgruppen unterteilt (Abbildung 20). Beginnend mit dem Säuglingsalter (Gruppe 1; 0-2 Jahre), Kinder im Vorschulalter (Gruppe 2; 3-5 Jahre), Kinder im Schulalter (Gruppe 3; 6-12 Jahre) und Jugendliche (Gruppe 4; 13-18 Jahre).

Gruppe 1 umfasste 2,4% (n=10) der Patient*innen, Gruppe 2 umfasste 3,6% (n=15), Gruppe 3 beinhaltete 53,4% (n=222) und die meisten pädiatrischen Patient*innen. Gruppe 4 umfasste 40,6% der Patient*innen (n=169).

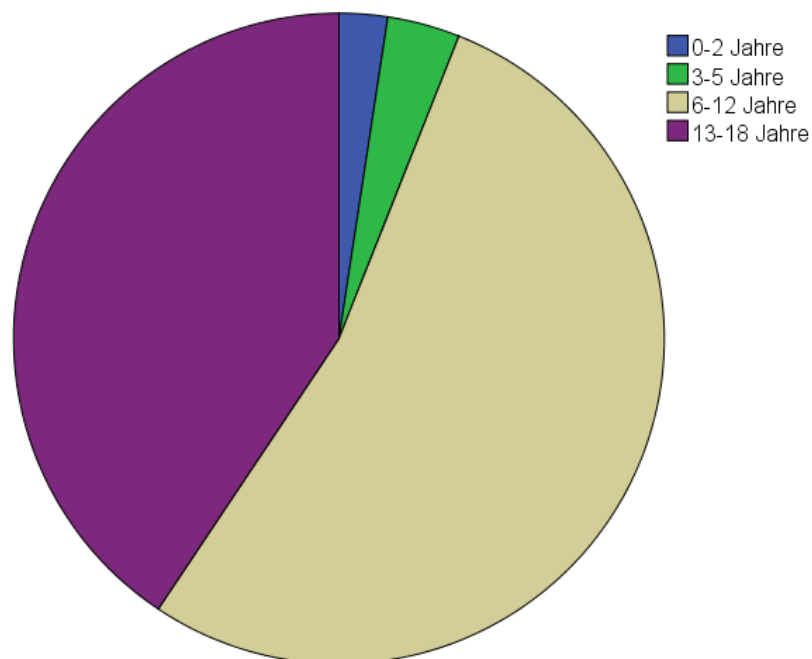


Abbildung 20: Häufigkeitsverteilung nach Altersgruppen

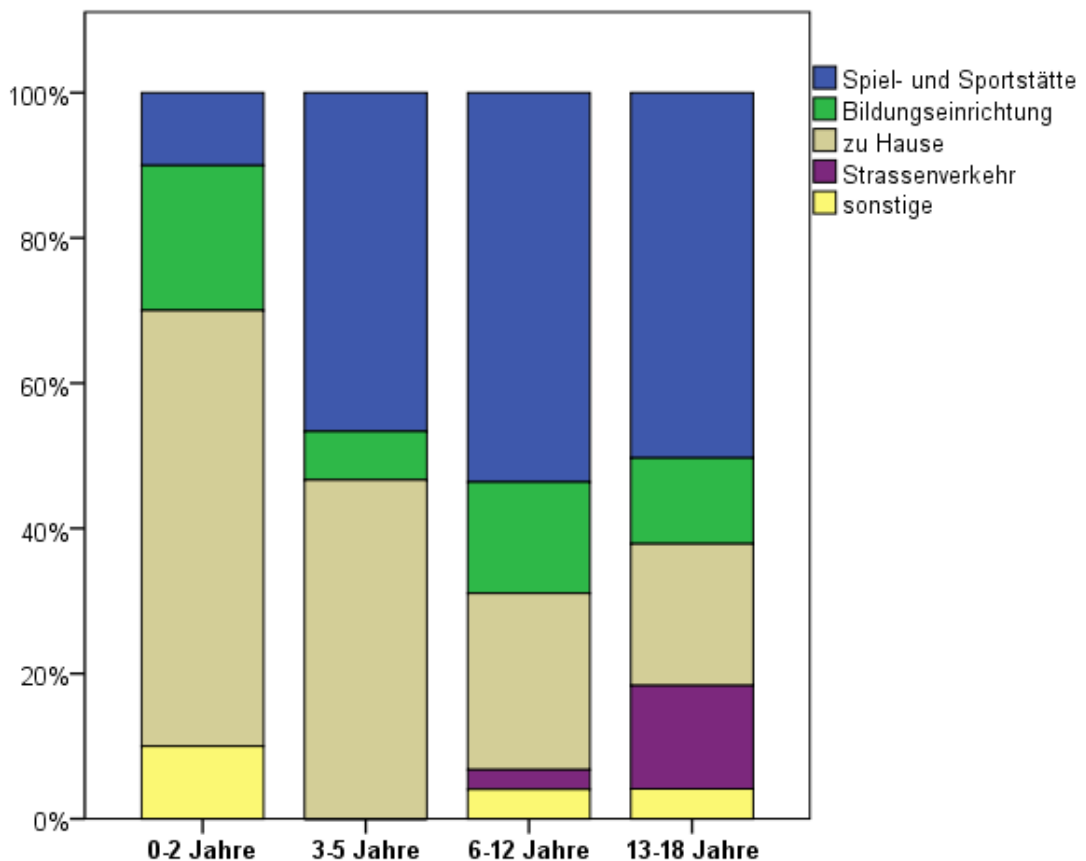


Abbildung 21: Altersspezifische Häufigkeitsverteilung nach Unfallort

Abbildung 21 zeigt die altersspezifische Häufigkeitsverteilung nach Unfallort. Der Chi-Quadrat Test zeigte hier statistisch signifikante Unterschiede ($p < 0,05$). So zeigte sich eine Zunahme von Unfällen im Bereich Spiel- und Sportstätten von 10% im Alter von 0-2 Jahre auf 53,6% im Alter zwischen 6 und 12 Jahren. Eine Abnahme von Unfällen zu Hause von 46,7% im Alter zwischen 3 und 5 Jahren auf 19,5% im Alter zwischen 13-18 Jahren konnte beschrieben werden.

Keine Patient*innen im Alter zwischen 0 und 5 Jahren verletzten sich das Sprunggelenk im Straßenverkehr. 80% der Sprunggelenksfrakturen, die sich im Straßenverkehr ereigneten, betrafen 13- bis 18-Jährige.

Bezüglich der Unfallmechanismen zeigte sich, dass der Fall aus Höhe der häufigste Unfallmechanismus war (Tabelle 2), gefolgt von einem Zusammenstoß und einem Sturz auf der Ebene. Durch einen Unfall im Straßenverkehr kommt es am seltensten zu Sprunggelenksfrakturen im Wachstumsalter.

Unfallmechanismus

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozent	Kumulative Prozente
Gültig	Sturz auf ebener Fläche	97	23,3	23,3	23,3
	Sturz aus Höhe	129	31,0	31,0	54,3
	Zusammenstoß	106	25,5	25,5	79,8
	Strassenverkehr	28	6,7	6,7	86,5
	Sonstiges	56	13,5	13,5	100,0
	Gesamtsumme	416	100,0	100,0	

Tabelle 2: Allgemeine Häufigkeitsverteilung nach Unfallmechanismus

In Abbildung 22 erfolgte wiederum die Einteilung in vier Altersgruppen für eine übersichtlichere Darstellung.

In der Altersgruppe der 13 bis 18-jährigen entsprach die Häufigkeitsverteilung nicht der der allgemeinen Häufigkeitsverteilung. So war in diesem Alter der Zusammenstoß der häufigste Unfallmechanismus mit 29,6%.

Im Alter von unter sechs Jahren kam es zu keiner Sprunggelenksfraktur im Straßenverkehr. Dies geschah erst ab Altersgruppe drei zwischen sechs bis 12 Jahren mit 17,9%, (n=5) der Unfälle im Straßenverkehr und mit einem Maximum in Altersgruppe vier zwischen 13 und 18 Jahren mit 82,1%, (n=23) der Unfälle im Straßenverkehr.

In der Altersgruppe zwischen null und zwei Jahren kam es am häufigsten in 60% (n=6) zu Sprunggelenksfrakturen durch einen Sturz aus Höhe. Mit zunehmendem Alter nahm diese Häufigkeit ab. Im Alter zwischen drei und fünf Jahren führte ein Sturz aus Höhe in 46,7% zu einer Sprunggelenksfraktur und in Altersgruppe 3, also zwischen sechs und 12 Jahren, kam es nur noch in 34,2% beim selben Mechanismus zu einer Sprunggelenksfraktur, bis im Alter zwischen 13 und 18

Jahren mit nur noch 23,7% und somit auch als zweithäufigster Mechanismus in dieser Altersgruppe.

Der zweithäufigste Mechanismus, der zu Sprunggelenksfrakturen führte, war im Alter zwischen drei und fünf Jahren mit 26,7% der Zusammenstoß, während es im Alter zwischen sechs und 12 Jahren der Sturz auf ebener Fläche (25,2%) und im Alter zwischen 13 und 18 der Sturz aus Höhe (23,7%) war. Der Chi-Quadrat Test zeigte hier statistisch signifikante Unterschiede ($p < 0,05$).

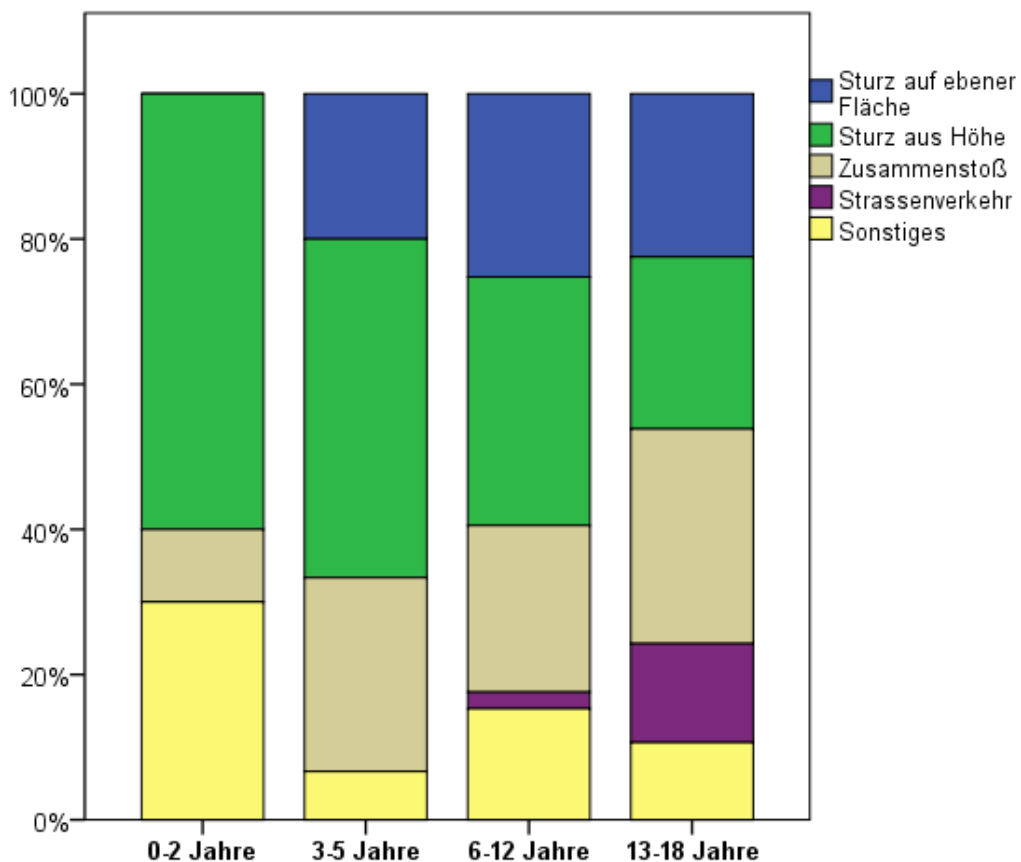


Abbildung 22: Altersspezifische Häufigkeitsverteilung nach Unfallmechanismus

Mit einer Mehrheit von 66% ($n=64$), verletzten sich männliche Patienten häufiger das Sprunggelenk durch einen Sturz auf ebenen Flächen als weibliche Patienten (Abbildung 23). Durch einen Fall aus Höhe waren es mehrheitlich weibliche Patienten mit einer Häufigkeit von 55,8% ($n=72$).

Weibliche Patienten verletzten sich am häufigsten das Sprunggelenk durch einen Sturz aus Höhe mit 37,3%, gefolgt von einem Zusammenstoß mit 24,9% und einem Sturz auf ebener Fläche mit 17,1%.

Männliche Patienten verletzten sich am häufigsten das Sprunggelenk durch einen Sturz auf ebener Fläche mit 28,7%, gefolgt von einem Zusammenstoß mit 26% und einem Sturz aus Höhe mit 25,6%. Diese Unterschiede waren statistisch signifikant ($p < 0,05$; Chi-Quadrat Test).

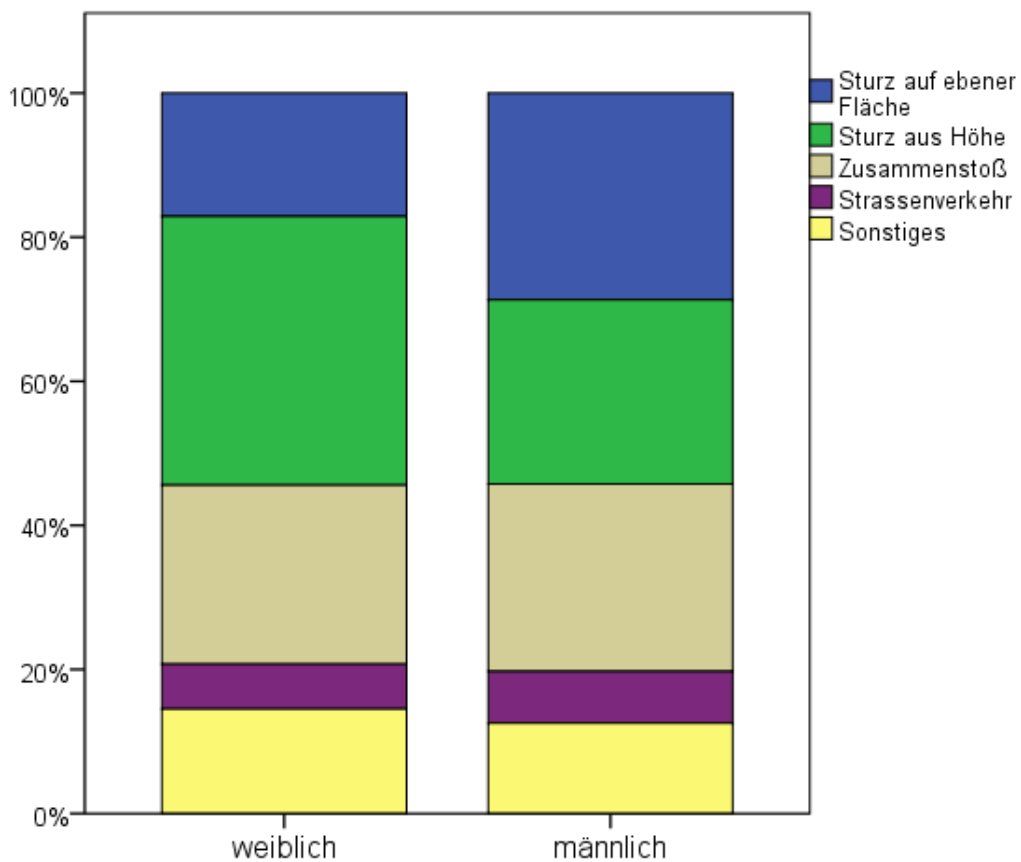


Abbildung 23: Geschlechterspezifische Häufigkeitsverteilung nach Unfallmechanismus

Tabelle 3 ist zu entnehmen, dass ein knöcherner Bandausriss als häufigste Frakturart diagnostiziert wurde. Danach folgten distale Unterschenkelfrakturen und bimalleoläre Frakturen. Als dritthäufigste Frakturart wurde eine Weber A Fraktur diagnostiziert.

Mit 57,2% (n=238) war die rechte Seite häufiger betroffen als die linke Seite mit 42,8% (n=178).

		Fraktur			
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozent	Kumulative Prozente
Gültig	knöcherne Bandausrisse	172	41,3	41,3	41,3
	Salter-Harris-II/III	37	8,9	8,9	50,2
	meta und diametaphysäre Tibiafrakturen	14	3,4	3,4	53,6
	Übergangsfrakturen	31	7,5	7,5	61,1
	distale Unterschenkel und bimalleoläre Frakturen	62	14,9	14,9	76,0
	Innenknöchelfrakturen	29	7,0	7,0	82,9
	Weber A	41	9,9	9,9	92,8
	Sonstige Frakturen	30	7,2	7,2	100,0
	Gesamtsumme	416	100,0	100,0	

Tabelle 3: Häufigkeitsverteilung nach Frakturart

Was in Abbildung 24 deutlich wird ist, dass sich Patient*innen in der Altersgruppe 0-2 Jahren in 80% der Fälle eine distale Unterschenkelfraktur/bimalleoläre Fraktur zuzogen und in dieser Altersgruppe kein knöcherner Bandausriss diagnostiziert wurde.

Je älter die Patient*innen waren, desto breiter war das Spektrum der verschiedenen Frakturtypen.

In den Altersgruppen zwei und drei, also zwischen drei und 12 Jahren, wurde in jeweils über 50% der Fälle ein knöcherner Bandausriss diagnostiziert, während solche Verletzungen im Alter zwischen 13 und 18 Jahren nur in 24,3% der Fälle und im Alter zwischen null und zwei Jahren gar nicht diagnostiziert wurde.

Meta- und diaphysäre Tibiafrakturen betrafen in 64,3% der Fälle 13 bis 18-Jährige, in 35,7% der Fälle 6 bis 12-Jährige und wurden bis zum Alter von sechs Jahren gar nicht diagnostiziert.

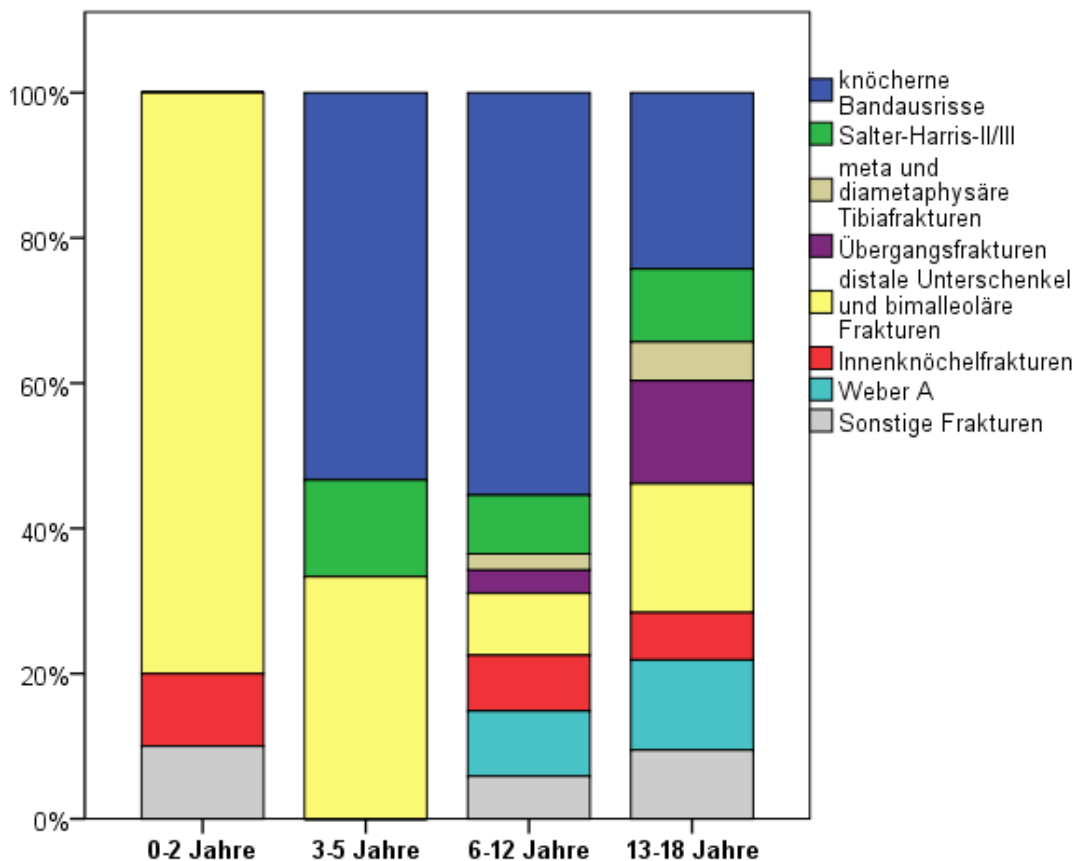


Abbildung 24: Frakturhäufigkeit nach Altersgruppe

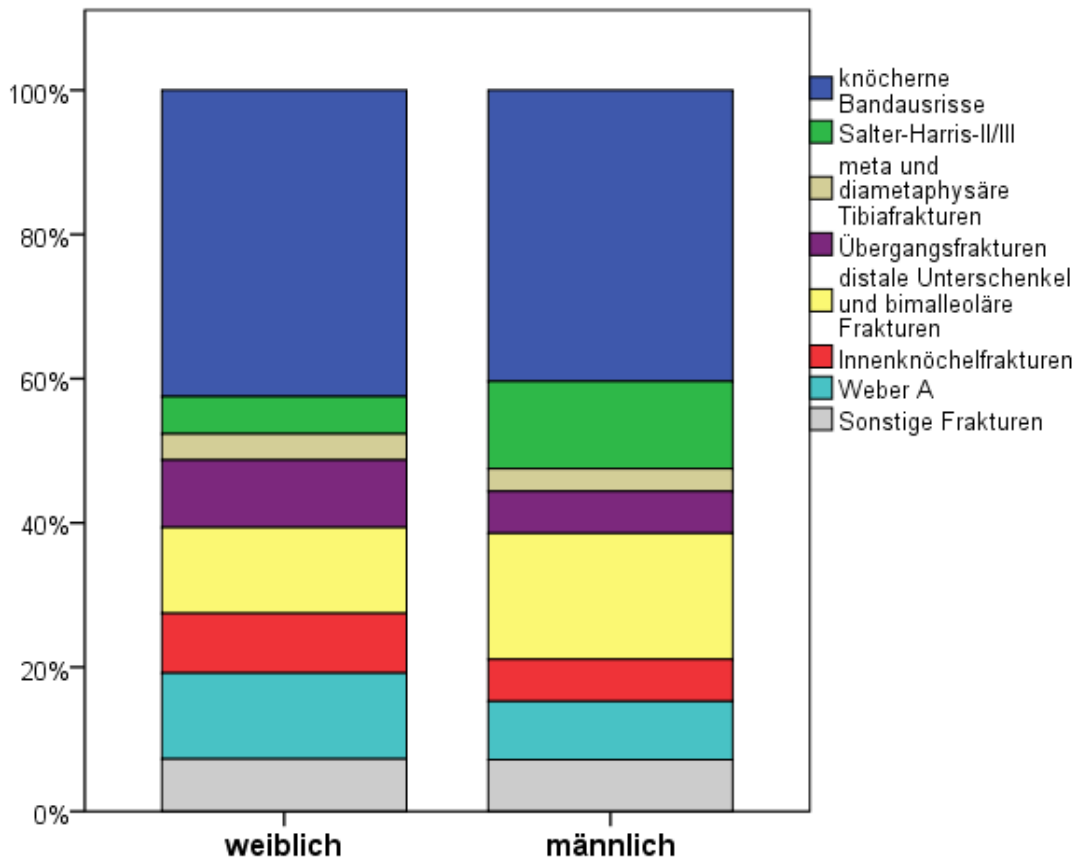


Abbildung 25: Geschlechterspezifische Verteilung nach Frakturart

In 42,5% (n=82) wurde bei weiblichen Patientinnen ein knöcherner Bandausriss diagnostiziert, gefolgt von einer distalen Unterschenkelfraktur/bimalleolären Fraktur sowie einer Weber A Fraktur mit jeweils 11,9% (n=23).

Bei männlichen Patienten wurde in 40,4% (n=90) ein knöcherner Bandausriss diagnostiziert. Gefolgt von einer distalen Unterschenkelfraktur/bimalleolären Fraktur mit 17,5% (n=39), waren es bei männlichen Patienten Salter-Harris-II/III Frakturen, die als dritthäufigstes diagnostiziert wurden mit 12,1% (n=27).

Diese geschlechterspezifischen Unterschiede nach Frakturart waren statistisch nicht signifikant (p=0,098).

Zusätzlich zur nativradiologischen Untersuchung wurde bei 66 Patient*innen (15,9%) eine Bildgebung mittels CT veranlasst.

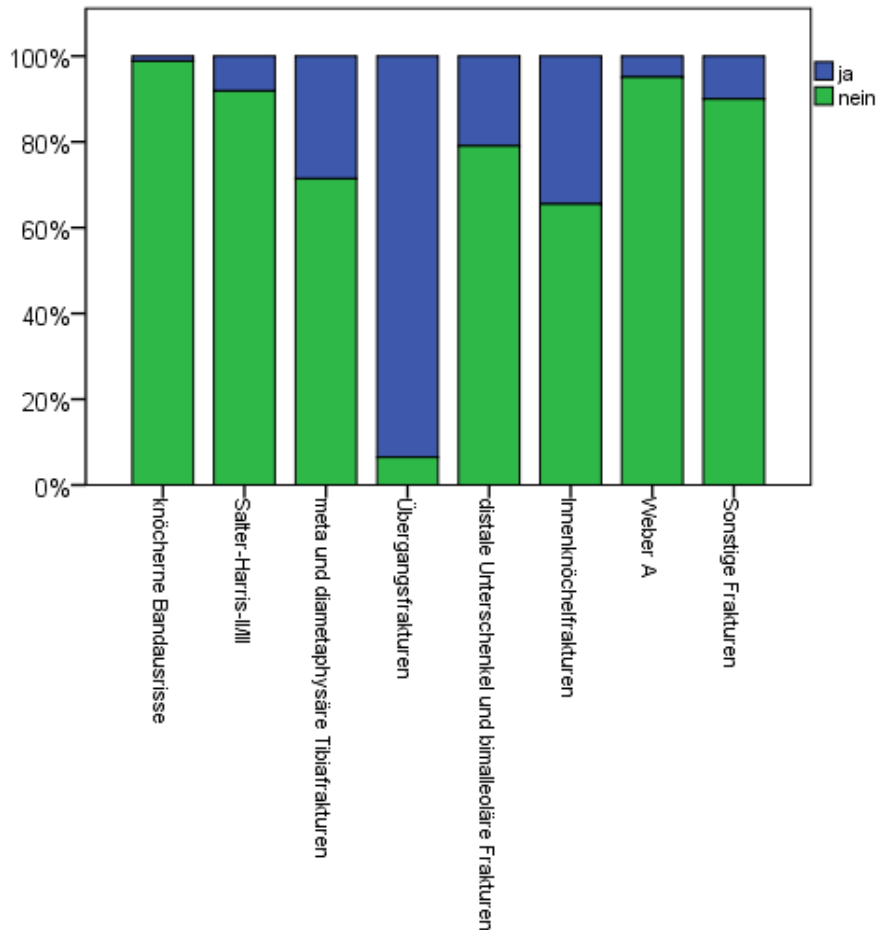


Abbildung 26: CT ja/nein nach Frakturart

93,5% Patient*innen mit einer Übergangfraktur erhielten ein CT, während es nur 1,2% der Patient*innen mit einem knöchernen Bandausriss erhielt (Abbildung 26). Dieser Unterschied war statistisch signifikant.

17,8% (n=74) aller Sprunggelenksfrakturen mussten operativ versorgt werden. Abbildung 27 zeigt die altersspezifische Versorgung von Sprunggelenksfrakturen nach konservativem oder operativem Vorgehen. Deutlich wird hier, dass bei Patient*innen zwischen 13 und 18 Jahren ein operatives Vorgehen in 32% (n=54) häufiger notwendig war, als in den jüngeren Altersgruppen. Dieser Unterschied war statistisch signifikant ($p < 0,05$). Im Alter zwischen drei und fünf Jahren kam es mit 10% (n=1) am seltensten zu einem operativen Vorgehen.

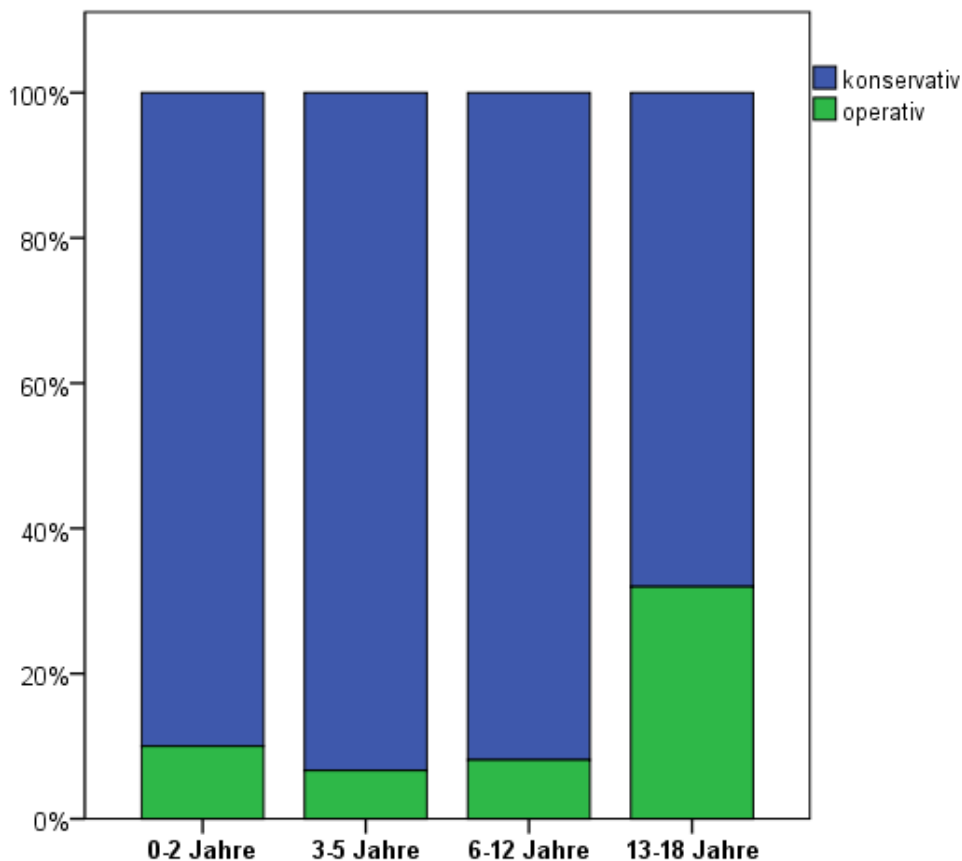


Abbildung 27: Altersspezifische Häufigkeitsverteilung nach Therapie konservativ/operativ

Die therapeutische Versorgung der Patient*innen erfolgte nach den in der Einleitung aufgeführten Leitlinien (Therapie). Im Folgenden werden die verschiedenen Methoden der therapeutischen Versorgung von Sprunggelenksfrakturen dargestellt. Die Versorgung der Patient*innen, die in diese Studie inkludiert wurden, erfolgte in 78,1% (n=325) mittels Immobilisierung/Gips ohne Manipulation. In 12% (n=50) erfolgte die therapeutische Versorgung mittels offener Reposition und Osteosynthese. Eine geschlossene Reposition mit Osteosynthese erfolgte in 5,8% (n=24). Am seltensten erfolgte eine geschlossene Reposition mit Gips in 4,1% (n=17).

Abbildung 28 zeigt die unterschiedlichen Therapiemethoden nach Altersgruppen. Auch hier nahm das Spektrum an Therapiemethoden mit steigendem Alter zu. Osteosynthesen waren am häufigsten im Alter zwischen 13 und 18 Jahren nötig. Eine geschlossene Reposition mit Osteosynthese wurde erst ab einem Alter von drei bis fünf Jahren durchgeführt, während eine offene Reposition mit Osteosynthese erst ab einem Alter von 6 bis 12 Jahren durchgeführt wurde.

Im Alter von null bis zwei Jahren erfolgte eine Immobilisierung/Gipsanlage in 90%, gefolgt von einer geschlossenen Reposition mit Gips in 10% der Fälle.

Im Alter zwischen drei und fünf Jahren waren es 93,3% der Patient*innen, die eine Immobilisierung/Gipsanlage als Therapie erhielten, gefolgt von einer geschlossenen Reposition mit Osteosynthese in 4,2% der Fälle.

Mit zunehmendem Alter sank die Versorgung mittels Immobilisierung/Gips auf 87,4% im Alter zwischen 6 und 12 Jahren und auf 63,9% im Alter zwischen 13 und 18 Jahren. Als zweithäufigste Therapiemethoden erfolgte in diesen beiden Altersgruppen eine offene Reposition mit Osteosynthese in 22,5% bei 13- bis 18-Jährigen und in 5,4% bei 6- bis 12-Jährigen.

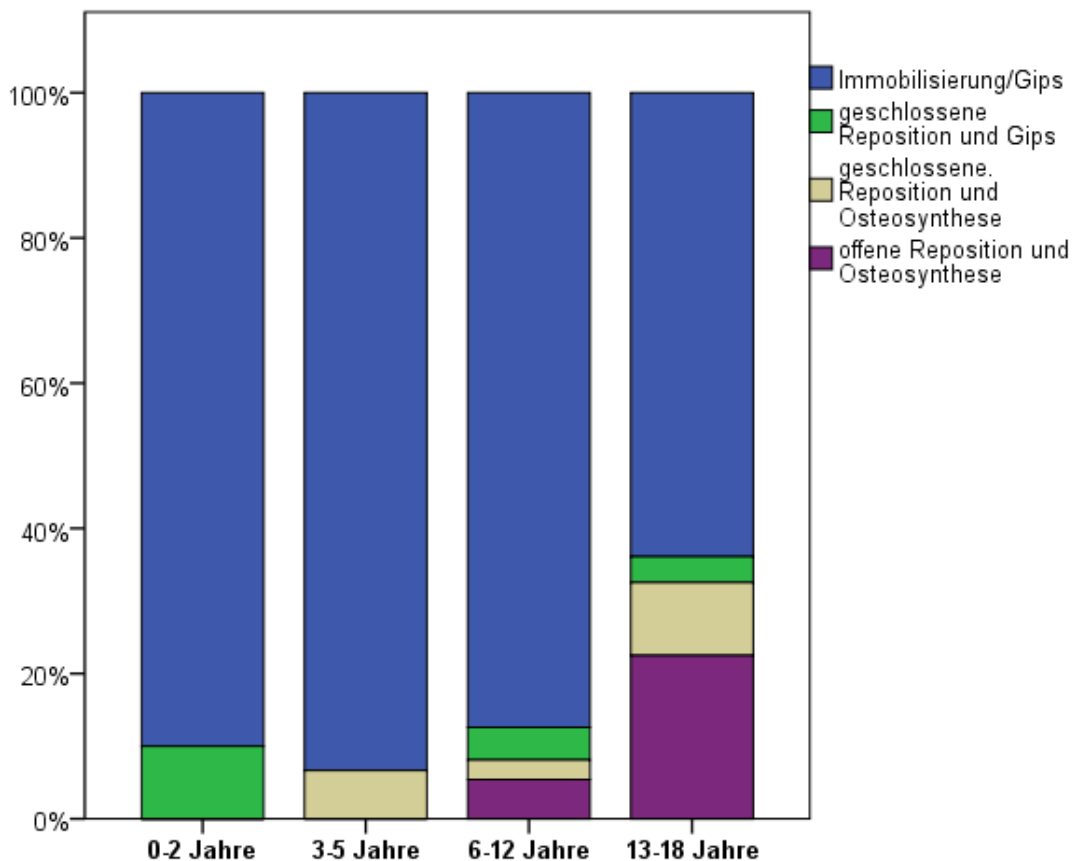


Abbildung 28: Altersspezifische Häufigkeitsverteilung nach Methode

In Abbildung 29 ist die frakturspezifische Häufigkeitsverteilung nach Therapiemethode aufgeführt. Hier ist zu erkennen, dass ein knöcherner Bandausriss in allen Fällen mittels Immobilisierung/Gips therapiert wurde. Alle Frakturarten wurden mehrheitlich mittels Immobilisierung/Gips versorgt mit Ausnahme der Übergangsfrakturen. Der Abbildung ist zu entnehmen, dass Übergangsfrakturen mit 51,6% (n=16) am häufigsten mittels offener Reposition und Osteosynthese therapiert wurden, gefolgt von einer Versorgung mittels geschlossener Reposition und Osteosynthese in 29% der Fälle (n=9). An zweithäufigster Stelle erfolgte eine offene Reposition mit Osteosynthese bei distalen Unterschenkelfrakturen/bimalleoläre Frakturen mit 29% (n=18) und bei meta- und dimetaphysäre Tibiafrakturen in 35,7% (n=5).

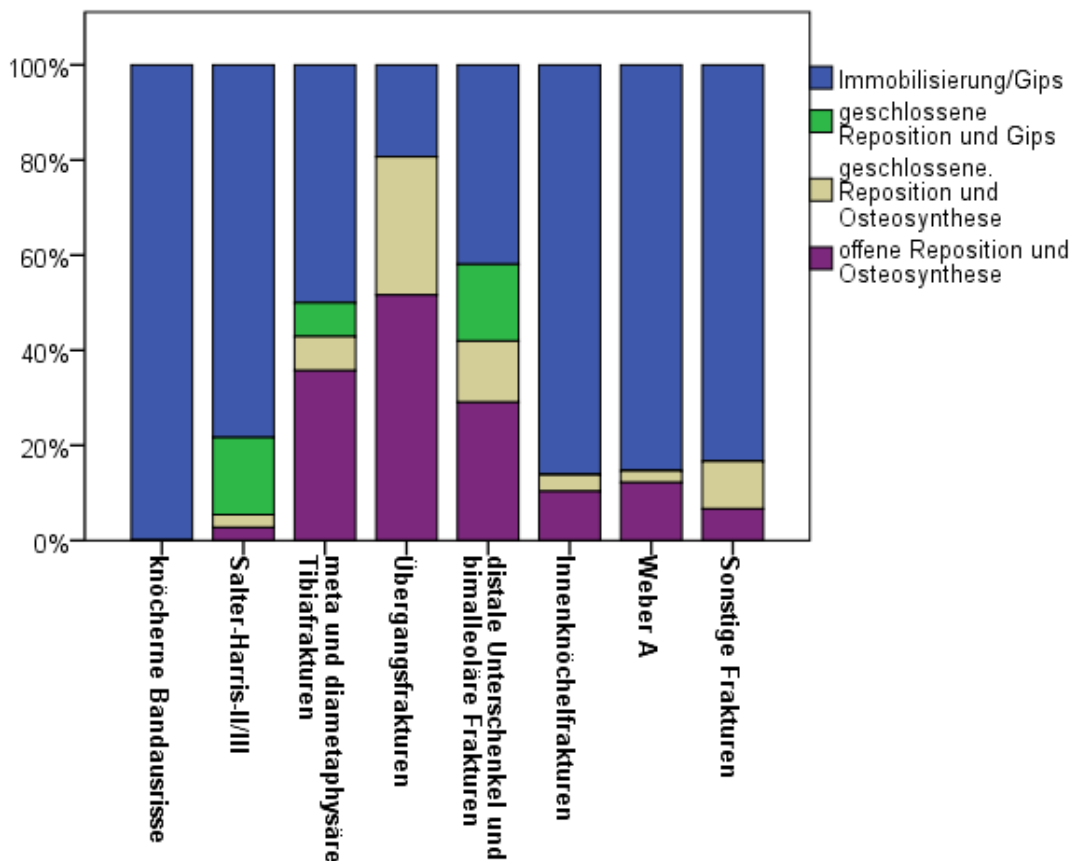


Abbildung 29: Frakturspezifische Häufigkeitsverteilung nach Methode

Ein stationärer Aufenthalt von Patient*innen mit Sprunggelenksfrakturen erfolgte in 21,2% (n=88) der Fälle. Am häufigsten wurden Kinder im Alter zwischen 13 und 18 Jahren aufgenommen. Sie machten 68,2% (n=60) der stationär aufgenommenen Patient*innen aus, gefolgt von Patient*innen im Alter zwischen sechs und 12 Jahren mit 29,5% (n=26). Am seltensten wurden Kinder im Alter zwischen null und 2 Jahren, sowie im Alter zwischen drei und fünf Jahren stationär aufgenommen. Diese Altersgruppen machten jeweils 1,1% (n=1) der stationär aufgenommenen Patient*innen aus (Abbildung 30).

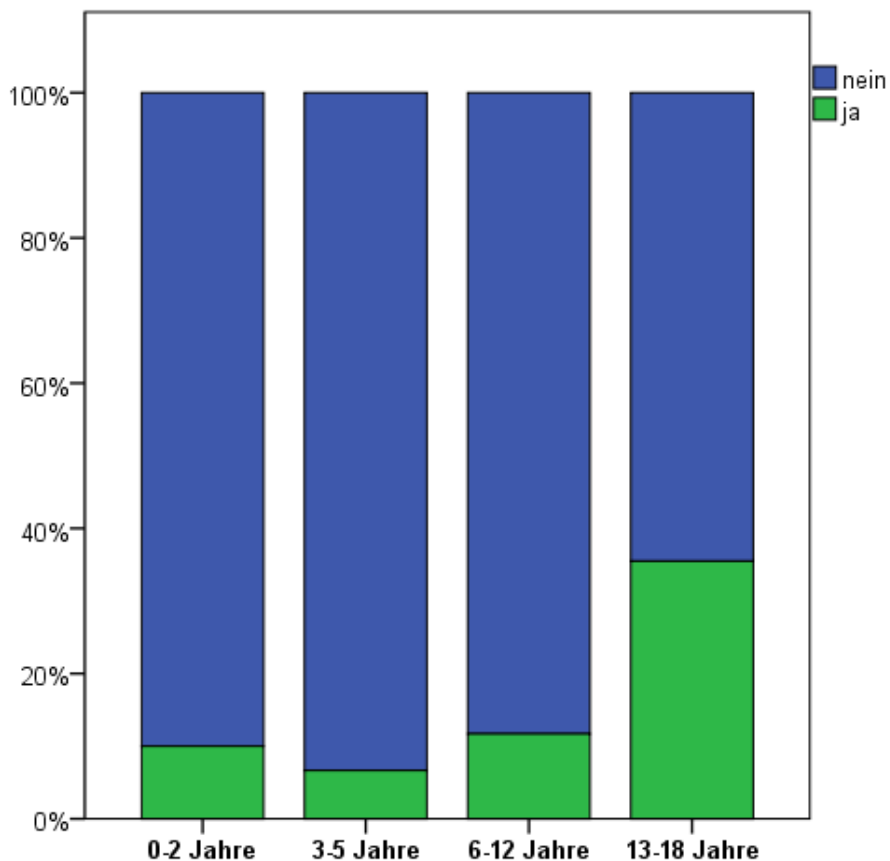


Abbildung 30: stationärer Aufenthalt nach Altersgruppen

In Abbildung 31 ist die Häufigkeitsverteilung eines stationären Aufenthaltes nach Frakturart dargestellt. Hierbei ist zu erkennen, dass 80,6% (n=25) aller Patient*innen mit Übergangsfrakturen stationär aufgenommen wurden, gefolgt von Patient*innen mit distalen Unterschenkelfrakturen/bimalleolären Sprunggelenksfrakturen mit 54,8% (n=34) und an dritthäufigster Stelle Patient*innen mit meta- und diaphysären Tibiafrakturen in 50% (n=7) der Fälle. Von allen stationär aufgenommen Patient*innen waren es am häufigsten distale Unterschenkelfrakturen/bimalleoläre Sprunggelenksfrakturen mit 38,6% (n=34), gefolgt von Patient*innen mit Übergangsfrakturen mit 28,4% (n=25). An dritthäufigster Stelle befanden sich Patient*innen mit Weber A Frakturen und meta- und diaphysären Frakturen im stationären Aufenthalt mit jeweils 8% (n=7).

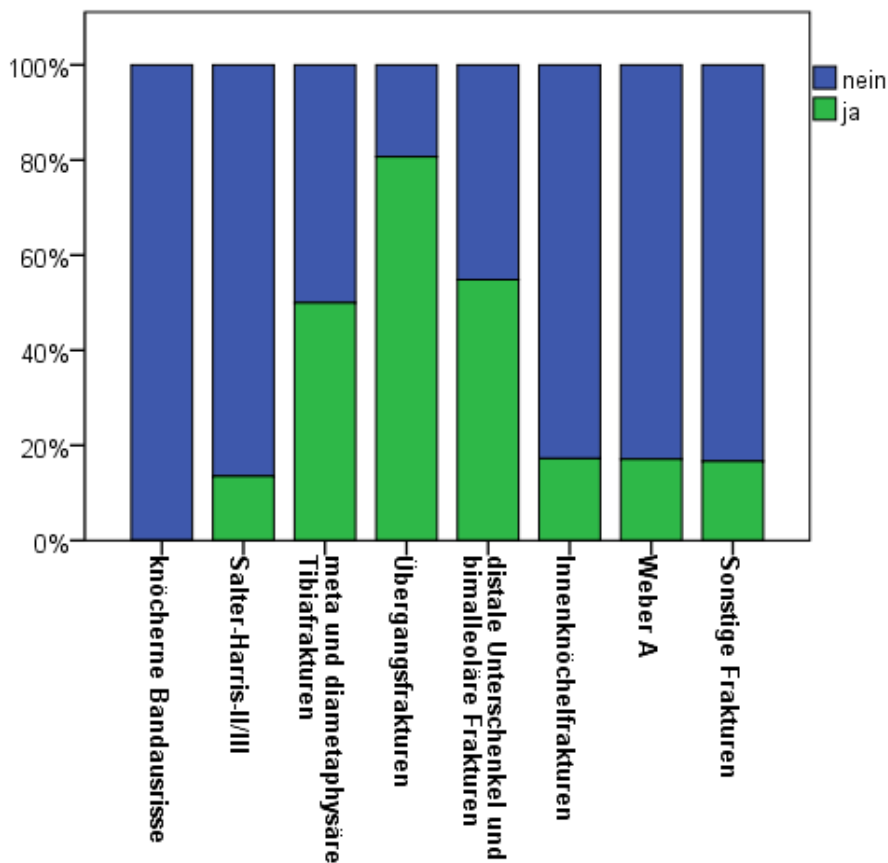


Abbildung 31: stationärer Aufenthalt nach Frakturart

Der stationäre Aufenthalt variierte zwischen einem und 51 Tagen. Der Mittelwert betrug 4,8 Tage.

In Abbildung 32 erfolgt die graphische Darstellung des stationären Aufenthaltes nach Altersgruppe. Hier ist zu erkennen, dass mit steigendem Alter die Dauer des stationären Aufenthaltes zunahm. Diese Zunahme war statistisch jedoch nicht signifikant ($p=0,384$; Kruskal-Wallis-Test). Im Alter zwischen null und zwei Jahren, sowie zwischen drei und fünf Jahren, betrug die mittlere Dauer des stationären Aufenthaltes zwei Tage. Im Alter zwischen sechs und 12 Jahren betrug die durchschnittliche Dauer des stationären Aufenthaltes vier Tage und im Alter zwischen 13 und 18 Jahren fünf Tage.

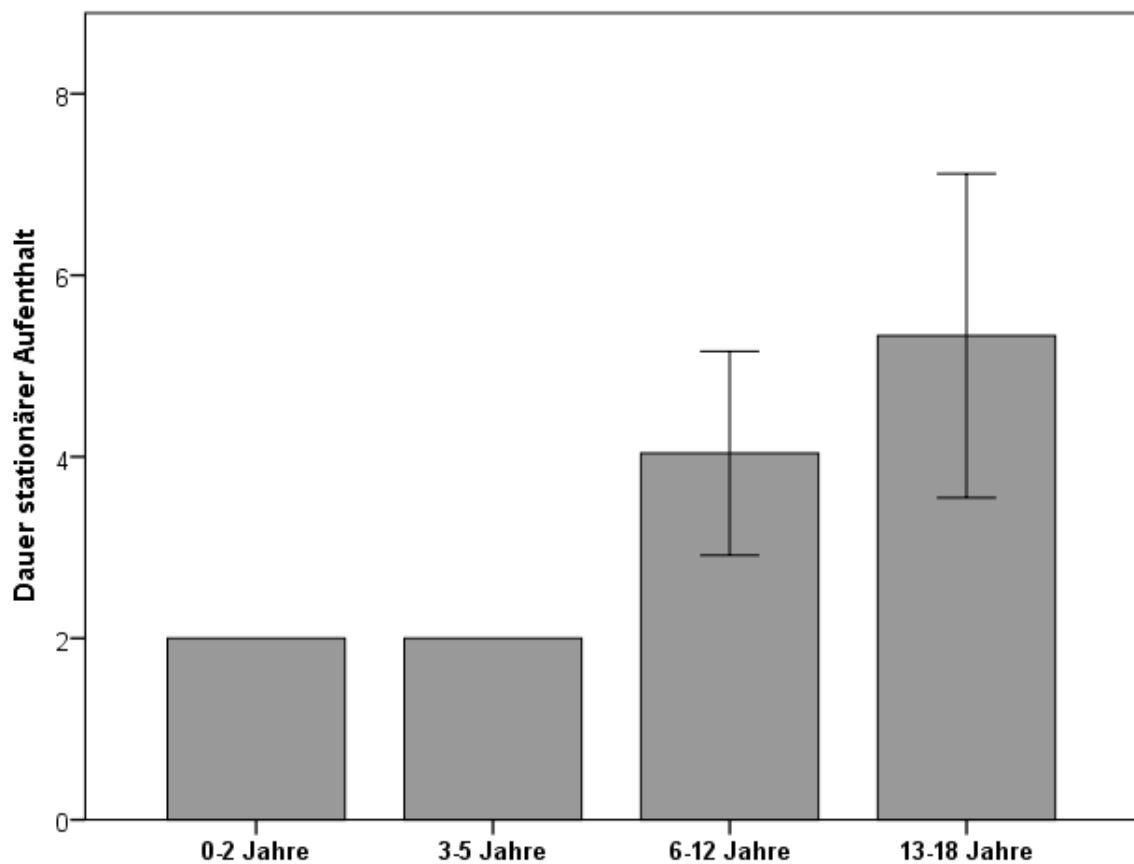


Abbildung 32: Dauer des stationären Aufenthaltes in Tagen nach Altersgruppe

Die Anzahl der Wiedervorstellung variierte von null bis zu 17 Vorstellungen. Der Mittelwert betrug 5,5 Vorstellungen. In 33,4% (n=138) erfolgte am häufigsten eine zweifache Wiedervorstellung. In 19,9% (n=83) erfolgte eine einfache Wiedervorstellung. Gleichermäßen erfolgte in 11,7% (n=49) eine drei-, sowie vierfache Wiedervorstellung.

74 Patient*innen (17,7%) wurden osteosynthetisch versorgt. Davon wurden vier Patient*innen für ein follow-up verloren. Zwei Patient*innen haben bis zum heutigen Standpunkt (Herbst 2022) das Osteosynthesematerial noch in situ. Somit wurde bei 68 Patient*innen (16,3%) das Metall entfernt.

Die Dauer des Metalls in situ variierte von vier bis 1126 Tagen mit einem Mittelwert von 280 Tagen und einem Median von 257 Tagen.

Bei 12 Patient*innen (2,8%) kam es zu Komplikationen im Rahmen der Therapie einer Sprunggelenksfraktur, diese umfassten Folgende:

- Infektion
- Nekrose der Ferse
- Bandinstabilität
- Sekundäre Wundheilungsstörung
- Posttraumatische Arthrose
- Revisionsoperation bei:
 - o Restinkongruenz
 - o Varusfehlstellung
 - o Pseudoarthrose

Bei zwei Patient*innen kam es zu infektiös bedingten Komplikationen im Sinne eines infizierten Hämatoms und fieberhaften Infektes im Rahmen des stationären Aufenthaltes, was eine antibiotische Therapie erforderte.

Zwei Patient*innen waren in weiterer Folge von Bandinstabilität betroffen, was zu häufigeren Vorstellungen auf Grund von Sprunggelenksverletzungen (ohne Fraktur) führte.

Bei einem Kind kam es im Rahmen der Ruhigstellung im Gips zu einer Nekrose an der Ferse. Diese wurde konservativ behandelt und heilte komplikationslos ab.

Ein Kind entwickelte eine posttraumatische Arthrose und drei Kinder entwickelten sekundäre Wundheilungsstörungen.

Bei 3 Patient*innen musste eine Revisionsoperation erfolgen:

Bei einer verbleibenden Dislokation erfolgte eine Revisionsoperation eine Woche später. Dies betraf eine weibliche Patientin im Alter von 12 Jahren mit einer bimalleolären Sprunggelenksfraktur.

Eine Korrekturosteotomie erfolgte bei Varusfehlstellung (6,5 Wochen später) bei bekannter posttraumatischer Wachstumsstörung des betroffenen Sprunggelenkes

eines 13-Jährigen männlichen Patienten mit einer bimalleolären Sprunggelenksfraktur.

Bei einer 15 Jahre alten Patientin mit einer bimalleolären Sprunggelenksfraktur entwickelte sich eine Pseudoarthrose des Malleolus mediales 11 Monate später nach operativ versorgter Fraktur mit komplexem postoperativen Verlauf.

4 Diskussion

In dieser Studie wurden 416 pädiatrische Patient*innen im Alter zwischen 0 und 18 Jahren inkludiert, die sich mit einer Sprunggelenksfraktur an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie Graz von Januar 2016 bis Februar 2020 vorgestellt haben. Die Patient*innen wurden zur übersichtlicheren Darstellung in vier Altersgruppen eingeteilt. Es wurden vor allem die geschlechter-, alters- und frakturspezifischen Häufigkeiten und diesbezügliche Unterschiede von Sprunggelenksfrakturen im Wachstumsalter untersucht.

Unsere Untersuchungen ergaben, dass sich mehr Patienten wegen einer Sprunggelenksfraktur vorstellten als Patientinnen. Weiters waren Patientinnen signifikant jünger verglichen mit Patienten. Diese signifikanten Unterschiede sind in mehreren Studien ebenso festgestellt worden, was Jones et al. in seiner Studie „Growth, children and fractures“ aus mehreren Untersuchungen zusammenfassend darstellt (26, 27). Dies führen die Autoren am ehesten auf den unterschiedlichen Eintritt in die Pubertät beider Geschlechter und die damit einhergehenden Verhaltensweisen zurück. Die Risikobereitschaft nimmt im Jugendalter vor allem bei Jungen zu. Dies kann als ein Grund für die häufigeren Sprunggelenksfrakturen beim männlichen Geschlecht gesehen werden.

Während es eher die weiblichen Patienten waren, die sich das Sprunggelenk durch einen Fall aus Höhe verletzten, waren es häufiger die männlichen Patienten, die auf ebenen Flächen zu Fall kamen und sich deshalb das Sprunggelenk verletzten. Letzteres geht auch in einer Studie aus Schweden hervor (28). Die Autoren stellten einerseits die erhöhte Teilnahme von Patienten an risikoreichen Sportarten fest und einen protektiven Effekt in Patientinnen bei leichter physischer Aktivität. Diese Beobachtung konnten wir mit unserer Untersuchung nicht feststellen. Erklärbar könnte die differierende Geschlechterverteilung durch unterschiedliche Interessen sein. Während es meist Jungen sind, die Fußball spielen und somit auf ebener Fläche fallen oder zusammenstoßen, sind es eher Mädchen, die vom Pferd fallen oder beim Turnen vom Balken stürzen.

Auch in der altersspezifischen Häufigkeitsverteilung waren deutliche Unterschiede zu erkennen. Mit steigendem Alter fand sich eine erhöhte Tendenz zu Sprunggelenksverletzungen. Diese Feststellung konnte auch in einer schwedischen Studie mit der Untersuchung von 1.673 Frakturen gemacht werden, in welcher die Autoren dies auf die erhöhte physische Aktivität mit steigendem Alter zurückführten (29). Die Autoren vermuteten Verhaltensänderungen mit steigendem Alter. So konnten sie einen Peak im Alter zwischen neun und zehn Jahren bei Patientinnen und einen Peak zwischen elf und zwölf Jahren in Patienten feststellen. Auch unsere Studie kann mit einem Altersdurchschnitt von ungefähr zehn Jahren bei Patientinnen und elf Jahren bei Patienten die steigende Frakturhäufigkeit im Alter auf die Verhaltensänderungen zurückführen. Einerseits lassen sich diese Beobachtungen dadurch erklären, dass Kinder bis zum Erreichen ihres 18. Lebensjahres durch viele Entwicklungsphasen laufen. In manchen Altersgruppen gehen diese Entwicklungsphasen mit einer erhöhten Risikobereitschaft einher und bei manchen mit einem zurückhaltenden Verhalten. Andererseits könnte dies auch durch das vermehrte Austesten von Grenzen und die vermehrten Herausforderungen unter Heranwachsenden in dieser Altersspanne erklärbar sein.

Der Frühling war mit knapp einem Drittel aller Sprunggelenksfrakturen die Jahreszeit mit den meisten Sprunggelenksfrakturen, gefolgt vom Winter. Eine Studie aus England konnte eine ähnliche jahreszeitliche Häufung von Frakturen feststellen und führt dies zurück auf eine erhöhte Teilnahme an Aktivitäten im Freien bei sich bessernden Wetterverhältnissen in England (30). Die Autoren dieser britischen Studie untersuchten dafür 21.503 Patient*innen eines Kalenderjahres. Hierbei konnten statistisch signifikante Unterschiede der Frakturhäufigkeit und stationären Aufnahme von Patient*innen zwischen null und 14 Jahren festgestellt werden. Kinder waren mit 22.8% statistisch signifikant häufiger in den Frühlings- und Sommermonaten von einer Fraktur und einer stationären Aufnahme betroffen verglichen mit den Wintermonaten mit 10.3%. In unserer Studie konnten wir hingegen feststellen, dass nach dem Frühling der Winter die Jahreszeit mit den meisten Frakturen war. Hierbei sind landesspezifische Wetterbedingungen zu berücksichtigen. In Österreich finden viele Aktivitäten im Freien statt. Der Wintersport ist ein hier häufig ausgeübter Sport. Die entsprechenden

Wetterbedingungen fördern die Teilnahme dieser Aktivitäten. Dies wird durch die hohe Frakturhäufigkeit im Frühling und Winter deutlich.

Am häufigsten ereigneten sich Sprunggelenksfrakturen in Spiel- und Sportstätten. Eine Studie aus Schweden begründete die Zunahme der Frakturhäufigkeit mit der Teilnahme an organisierten sportlichen Aktivitäten durch den dadurch bedingten häufigeren Fall auf ebener Fläche (28). Auch in unserer Studie konnten wir den Fall auf ebener Fläche als häufigsten Unfallmechanismus für Frakturen bei Patienten feststellen. Mit steigendem Alter nahm die Frakturhäufigkeit in Spiel- und Sportstätten zu, was durch den zunehmenden Beitritt in Sportvereinen mit steigendem Alter erklärbar ist.

Im Straßenverkehr erfolgten Sprunggelenksfrakturen vor allem in der Altersgruppe der Heranwachsenden. Bis zum Schulalter zog sich kein Kind eine Fraktur im Straßenverkehr zu. Eine Studie aus Serbien konnte ebenso in ihrer Untersuchung eine Zunahme der Unfälle im Straßenverkehr im Heranwachsendenalter feststellen und führt dies auf die erhöhte Risikobereitschaft vor allem männlicher Heranwachsender zurück (31). In diese serbische Studie wurden 379 Patient*innen unter 18 Jahren untersucht, die eine verkehrsbedingte Verletzung erlitten. In Serbien wird durch die Autoren die insuffiziente Straßenplanung und die mangelnde Gesetzgebung im Straßenverkehr mitverantwortlich gemacht.

Die eigenständige Teilnahme am Straßenverkehr mit Erreichen des 15. Lebensjahr mit eigenem Kraftfahrzeug (Moped) kann als Grund für die höhere Verletzungsrate in dieser Altersgruppe vermutet werden. Dass kein Kind bis zum Alter von fünf Jahren eine Sprunggelenksfraktur im Straßenverkehr in Graz erlitt, könnte ein Ausdruck der gesetzlichen Regelung bezüglich Kindersitze und das Anlegen von Sicherheitsgurten sein.

Je älter die Patient*innen wurden, desto breiter wurde auch das Spektrum der verschiedenen Diagnosen an Sprunggelenksfrakturen. In dieser Studie wird aufgezeigt, dass die Traumaschwere auch mit dem Alter korreliert und als Konsequenz auch mit dem Spektrum der Therapiemethodik. Das wird in dieser Studie deutlich, sodass mit steigendem Alter auch die Notwendigkeit einer Osteosynthese zunahm und somit auch der stationäre Aufenthalt häufiger erfolgen musste.

Der Grund hierfür ist der Schluss der Wachstumsfuge im Alter zwischen 12 und 16 Jahren, welcher zu den komplexeren Übergangsfrakturen führt, welche nicht nur einer zusätzlichen Bildgebung sondern auch ein komplexeres operatives Vorgehen bedürfen (32, 33). Die Autoren betonen hier die Wichtigkeit des Verständnisses des komplexen Frakturlinienverlaufes. Auch unsere Untersuchungen konnten diese Beobachtungen bestätigen. Wir beobachteten, dass die Mehrheit der Patient*innen mit einer Übergangsfaktur eine zusätzliche Bildgebung mittels CT erhielt, osteosynthetisch versorgt und stationär aufgenommen wurde.

Der knöcherne Bandausriss stellte die häufigste Diagnose einer Sprunggelenksfraktur im Wachstumsalter dar. Der Grund dürfte in den besonderen anatomischen Gegebenheiten mit der noch vorhandenen Wachstumsfuge und den allgemein weicheren Strukturen des kindlichen Sprunggelenkes liegen, welches dieses anfälliger für Verletzungen machen. Im Unterschied zum Erwachsenen, bei welchen das Supinationstrauma zur Bänderverletzung führt, führt das Supinationstrauma beim Kind/Jugendlichen häufiger zur Avulsionsfraktur mit Ausriss der Fibulaspitze.

Die Anzahl der Wiedervorstellungen korrelierte nicht mit der Traumaschwere, wie man ursprünglich hätte vermuten können. Studien aus Glasgow und Neuseeland konnten einen Zusammenhang zwischen Armut und steigender Frakturhäufigkeit feststellen (26, 34). Die Studie aus Glasgow untersuchte dabei 2.662 Kinder und teilte die Patient*innen in drei Gruppen ein: Wohlhabende, Mittelschicht und sozioökonomisch Benachteiligte. Hier konnten die Autoren eine statistisch signifikante höhere Frakturnrate in der Gruppe der sozioökonomisch Benachteiligten feststellen. Auch die Studie aus Neuseeland konnte in ihren Untersuchungen von 1139 Patient*innen unter 18 Jahren eine Zunahme der Frakturhäufigkeit bei sozioökonomischen benachteiligten Kindern bestätigen. Durch das retrospektive Design unserer Studie kann diese Frage nicht beantwortet werden. Der Aspekt des sozialen Umfeldes und der entsprechenden Compliance, sowie die mögliche Auswirkung von Gesundheitsprogrammen wäre aber ein Ansatz für weitere Studien.

Zonfrillo et al., sowie die Schweizer Studie von Joeris et al. berichten in ihren Studien von Adipositas als steigenden Risikofaktor für eine Fraktur im

Wachstumsalter. Andere Studien zählen die Einnahme von Calcium, die Knochendichte, die Zeit verbracht mit Computerspielen und Fernsehschauen als Risikofaktoren für Frakturen im Wachstumsalter auf (27, 28). Diese Beobachtungen konnten wir anhand der Anamnese mit unseren Daten nicht nachvollziehen, was jedoch mit Hilfe anderer Studien genauer zu untersuchen wäre.

4. 1 Limitation

Eine Limitation unserer Studie ist der retrospektive Charakter. Dadurch und durch etwaige fehlerhafte oder unvollständige Kodierungen könnten Patient*innendaten verloren gegangen sein. Nichtsdestotrotz präsentieren wir eine große Anzahl und eine genaue Analyse von Sprunggelenksfrakturen im Kindes- und Jugendalter.

4. 2 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es bedeutende geschlechter- und altersspezifische Unterschiede von Sprunggelenksfrakturen im Kindes- und Jugendalter gibt. Je nach Altersgruppe liegen andere Unfallmechanismen und -orte den verschiedenen Arten von Sprunggelenksfrakturen zugrunde. Als Konsequenz variieren auch die Therapiemethoden mit steigendem Alter. Das soziale Umfeld, sowie Adipositas als Risikofaktoren könnten für weitere Studien ein interessanter Ansatzpunkt sein. Vergleichende Studien sind in der Literatur nur wenig zu finden, weshalb diese Studie als wichtiger Ausgangspunkt für weiterführende Präventions- und Aufklärungsprogramme dienen kann.

Literaturverzeichnis

1. Kraus R, Schneidmüller D, Röder C. Häufigkeit von Frakturen der langen Röhrenknochen im Wachstumsalter. Dtsch Arztebl 2005; 102: A 838–842 [Heft 12]. 2005.
2. Joeris A, Lutz N, Wicki B, Slongo T, Audige L. An epidemiological evaluation of pediatric long bone fractures - a retrospective cohort study of 2716 patients from two Swiss tertiary pediatric hospitals. BMC Pediatr. 2014;14:314.
3. Hedstrom EM, Svensson O, Bergstrom U, Michno P. Epidemiology of fractures in children and adolescents. Acta Orthop. 2010;81(1):148-53.
4. Landin LA, Danielsson LG, Jonsson K, Pettersson H. Late results in 65 physeal ankle fractures. Acta Orthop Scand. 1986;57(6):530-4.
5. Zonfrillo MR, Seiden JA, House EM, Shapiro ED, Dubrow R, Baker MD, et al. The association of overweight and ankle injuries in children. Ambul Pediatr. 2008;8(1):66-9.
6. Hartmann M, Pabst MA, Dohr G. Zytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie: Licht- und elektronenmikroskopischer Bildatlas. Wien: Facultas; 2002.
7. Frei B, Vuille-dit-Bille R, Mayr J. Frakturen im Wachstumsalter - Was ist daran besonders? Schwerpunkt Pädiatrie. 2021;02/2021.
8. Salter RB, Harris WR. Injuries Involving the Epiphyseal Plate. The Journal of Bone & Joint Surgery. 1963;45 (3):587-622.
9. Lüllmann-Rauch R, Asan E. Taschenlehrbuch Histologie: Georg Thieme Verlag; 2015.
10. Ogden JA, McCarthy SM. Radiology of postnatal skeletal development. VIII. Distal tibia and fibula. Skeletal Radiol. 1983;10(4):209-20.
11. Cepela DJ, Tartaglione JP, Dooley TP, Patel PN. Classifications In Brief: Salter-Harris Classification of Pediatric Physeal Fractures. Clin Orthop Relat Res. 2016;474(11):2531-7.
12. Wuerz TH, Gurd DP. Pediatric physeal ankle fracture. J Am Acad Orthop Surg. 2013;21(4):234-44.
13. Fernandez F, Eberhardt O. Übergangsfraituren. OP-Journal. 2014;30:98-102.

14. Schneidmüller D, Marzi I, Bühren V. Übergangsfrakturen - Nomenklatur, Diagnostik und Therapie. Sprunggelenkfrakturen im Jugendalter. *Orthopädie & Rheuma* 2013;42-4.
15. Anderhuber F, Bechmann I. Waldeyer - Anatomie des Menschen: Lehrbuch und Atlas in einem Band. Berlin: De Gruyter; 2012.
16. Aumüller G, Aust G, Engele J, Kirsch J, Maio G. Duale Reihe Anatomie. Stuttgart: Georg Thieme; 2020.
17. von Laer L, Kraus R, Linhart WE. Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter: Georg Thieme Verlag; 2012.
18. Cancino B, Sepulveda M, Birrer E. Ankle fractures in children. *EFORT Open Rev.* 2021;6(7):593-606.
19. Schneidmüller D, Fernandez F, Gercek E. Frakturen des distalen Unterschenkels im Kindesalter. AWMF online. 2017.
20. Su AW, Larson AN. Pediatric Ankle Fractures: Concepts and Treatment Principles. *Foot Ankle Clin.* 2015;20(4):705-19.
21. Kim JR, Song KH, Song KJ, Lee HS. Treatment outcomes of triplane and Tillaux fractures of the ankle in adolescence. *Clin Orthop Surg.* 2010;2(1):34-8.
22. Kay RM, Matthys GA. Pediatric ankle fractures: evaluation and treatment. *J Am Acad Orthop Surg.* 2001;9(4):268-78.
23. Blackburn EW, Aronsson DD, Rubright JH, Lisle JW. Ankle fractures in children. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(13):1234-44.
24. Denning JR. Complications of Pediatric Foot and Ankle Fractures. *Orthop Clin North Am.* 2017;48(1):59-70.
25. Job KM, Gamalo M, Ward RM. Pediatric Age Groups and Approach to Studies. *Ther Innov Regul Sci.* 2019;53(5):584-9.
26. Stark AD, Bennet GC, Stone DH, Chishti P. Association between childhood fractures and poverty: population based study. *BMJ.* 2002;324(7335):457.
27. Jones G. Growth, children, and fractures. *Curr Osteoporos Rep.* 2004;2(3):75-8.
28. Ma D, Jones G. Television, computer, and video viewing; physical activity; and upper limb fracture risk in children: a population-based case control study. *J Bone Miner Res.* 2003;18(11):1970-7.

29. Tiderius CJ, Landin L, Duppe H. Decreasing incidence of fractures in children: an epidemiological analysis of 1,673 fractures in Malmo, Sweden, 1993-1994. *Acta Orthop Scand*. 1999;70(6):622-6.
30. Wareham K, Johansen A, Stone MD, Saunders J, Jones S, Lyons RA. Seasonal variation in the incidence of wrist and forearm fractures, and its consequences. *Injury*. 2003;34(3):219-22.
31. Bumbasirevic M, Lesic A, Bumbasirevic V, Zagorac S, Milosevic I, Simic M, et al. Severe road traffic injuries and youth: a 4-year analysis for the city of Belgrade. *Int J Inj Contr Saf Promot*. 2014;21(4):313-7.
32. Hadad MJ, Sullivan BT, Sponseller PD. Surgically Relevant Patterns in Triplane Fractures: A Mapping Study. *J Bone Joint Surg Am*. 2018;100(12):1039-46.
33. Denning JR, Gohel S, Arkader A. Open Reduction and Internal Screw Fixation of Transitional Ankle Fractures in Adolescents. *JBJS Essent Surg Tech*. 2021;11(4).
34. Jones IE, Williams SM, Dow N, Goulding A. How many children remain fracture-free during growth? a longitudinal study of children and adolescents participating in the Dunedin Multidisciplinary Health and Development Study. *Osteoporos Int*. 2002;13(12):990-5.