

Aus der Klinik und Poliklinik für Kinderchirurgie
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Initiative: Fit mit Gips

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der
Medizin
der Universitätsmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

Alexander Schüler
aus Hagenow

Mainz, 2025

Urheberrechtsschutz (in C-1.0)

Wissenschaftlicher Vorstand: Univ.-Prof. Dr. Hansjörg Schild

1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. med. Oliver Muensterer

2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. med. Erol Gercek

Tag der Promotion: 22. August 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturdiskussion	2
2.1	Sport und körperliche Aktivität bei Kindern und Jugendlichen	2
2.2	Adipositas als Risikofaktor für knöchernen Verletzungen	4
2.3	Allgemeine Frakturlehre	6
2.4	Frakturopidemiologie	10
2.5	AO-Klassifikation	13
2.6	Osteosyntheseverfahren im Kindes- und Jugendalter	16
2.7	Schmerzevaluation bei Kindern und Jugendlichen	18
3	Material und Methoden	21
3.1	Studiendesign	21
3.2	Studienpopulation	23
3.3	Datenerhebung	24
3.3.1	Fragebogen 1 und Fragebogen 2	24
3.3.2	Ärztlicher Erfassungsbogen	25
3.4	Statistische Datenanalyse	26
4	Ergebnisse	27
4.1	Patientenkollektiv	27
4.2	Unfallsetting	28
4.3	Verletzungsmuster	29
4.4	Frakturversorgung	31
4.5	Analyse nach Betreiben einer Kontaktsportart	32
4.6	Analyse nach körperlicher Aktivität	34
4.6.1	Schmerzintensität	34
4.6.2	Opioidbedarf	36
4.6.3	Folgen und Einschränkungen	37
4.6.3.1	Einschränkungen nach sechs Monaten	37
4.6.3.2	Differenzierte Sportbefreiung	39
4.6.3.3	Wiederteilnahme am Schulsport	40
4.6.4	BMI	41
4.6.5	Frakturkomplexität	43
4.6.6	Repositionsverfahren	44
4.7	Änderung der sportlichen Aktivität nach sechs Monaten	45
4.8	Vergleich KiGGS-Studie	46

5	Diskussion	48
5.1	Sport als Prädispositionsfaktor für Schmerzresistenz.....	49
5.2	Einschränkungen	53
5.3	Änderung sportlicher Aktivität nach sechs Monaten.....	55
5.4	Frakturepidemiologie	57
5.5	Vergleich KiGGS-Studie.....	60
6	Zusammenfassung.....	62
7	Anhang	63
8	Literaturverzeichnis	67
9	Danksagung	72

1 Einleitung

Verletzungen im Kindes- und Jugendalter stellen nach wie vor ein weltweites gesundheitsökonomisches Problem dar, das durch die steigende Inzidenzrate kindlicher Frakturen weiter verschärft wird. Schätzungsweise erleiden mehr als ein Drittel aller Jungen und Mädchen vor dem 16. Lebensjahr eine Fraktur (Zacay, Dubnov-Raz, Modan-Moses, Tripto-Shkolnik, & Levy-Shraga, 2022), wobei die Inzidenzen der Jungen deutlich über denen der Mädchen liegen (Qiu et al., 2022). Demnach ist es als äußerst wichtig anzusehen, Frakturen vorzubeugen und epidemiologische Risikofaktoren ausfindig zu machen.

Sportlich aktive Kinder haben auf der einen Seite ein spezifisches, mit der Sportart assoziiertes Verletzungsrisiko (Zech et al., 2022), auf der anderen Seite führt körperliche Aktivität zu einer verbesserten motorischen und geistigen Entwicklung (Malambo, Nova, Clark, & Musalek, 2022; Stodden et al., 2008).

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Fragestellung, ob ein Unterschied zwischen den subjektiven Schmerzen, dem Schmerzmittelbedarf, der Zeit zum Return-to-sports und körperlicher Aktivität sechs Monate nach der Verletzung zwischen initial körperlich aktiven gegenüber initial körperlich inaktiven Kindern und Jugendlichen mit operationsbedürftigen Frakturen besteht.

2 Literaturdiskussion

2.1 Sport und körperliche Aktivität bei Kindern und Jugendlichen

Die Abnahme körperlicher Aktivität bei Kindern und Jugendlichen und Zunahme assoziierter Erkrankungen, wie Übergewicht und Adipositas, stellen einen weltweiten Trend dar. Laut World Health Organization (WHO) sind die Folgen der körperlichen Inaktivität eine der führenden Todesursachen weltweit (Bull et al., 2020). Die WHO empfiehlt mindestens eine Stunde täglicher körperlicher Aktivität bei Kindern und Jugendlichen (Bull et al., 2020). Diese Empfehlung wird in Deutschland laut KiGGS Studie nur von 11 bis 35 Prozent erreicht (Lampert, Mensink, Romahn, & Woll, 2007). Die zunehmende Digitalisierung der Lebenswelten von Kindern und Jugendlichen geht einher mit nachteiligen Folgen physischer, psychischer und sozialer Art. Demnach ist ein übermäßiger Konsum digitaler Medien mit schlechtem Schlaf, erhöhtem Risiko kardiovaskulärer Erkrankungen wie Bluthochdruck, Fettleibigkeit, Insulinresistenz und schlechter Stressregulation assoziiert (Lissak, 2018). Diese Entwicklungen tragen außerdem zu einer verminderten Knochendichte bei und scheinen ein Hauptfaktor für eine verringerte psychophysiologische Belastbarkeit zu sein (Lissak, 2018). Ein gering ausgeprägtes Aktivitätsniveau trägt zudem zu motorischen Defiziten bei (Rey-Lopez, Vicente-Rodriguez, Biosca, & Moreno, 2008), während eine positive Korrelation zwischen körperlicher Aktivität und Kognition, akademischen Leistungen und psychosozialer Interaktion nachgewiesen wurde (Lees & Hopkins, 2013).

Neben der Zunahme von Adipositas und den hieraus resultierenden kardiovaskulären Erkrankungen führt körperliche Inaktivität, insbesondere bei Kindern und Jugendlichen im „goldenen Alter des motorischen Lernens“, zu einer deutlichen Abnahme der motorischen Fähigkeiten im Vergleich zu früheren Generationen (s. Momo-Modul der KiGGS Studie). Diese zunehmende Ungeschicklichkeit trägt in Kombination mit anderen Faktoren zu einer erhöhten Unfallhäufigkeit im Alltag bei (Schwebel, Binder, Sales, & Plumert, 2003).

Über die letzten Jahre wurde eine deutliche Zunahme der Inzidenz von Frakturen im Kindes- und Jugendalter beobachtet (MacIntyre & Dewan, 2016). Hierfür sind eine Vielzahl unterschiedlicher Faktoren verantwortlich, wovon der Wandel in sportlicher Betätigung und ein erhöhter Body-Mass-Index (BMI) die beiden einflussreichsten darstellen (Dua, Abzug, Sesko Bauer, Cornwall, & Wyrick, 2017). Diese Risikofaktoren tragen nicht nur zur Zunahme von Unterarmfrakturen bei, sondern haben außerdem Einfluss auf jede andere Art und Lokalisation von Fraktur (Fujiwara, 2018).

In den letzten Jahrzehnten ist im Sport ein Trend der Disparität zu beobachten. Auf der einen Seite hat die Inzidenz von Übergewicht und Adipositas bei Kindern in den letzten Jahren dramatisch zugenommen (Pulgaron & Delamater, 2014). Damit einhergehend steigt bei diesen Kindern das Frakturrisiko (Dimitri, Bishop, Walsh, & Eastell, 2012), insbesondere infolge von Niedrigrasanztraumata. Andererseits zeichnet sich im Sport der wachsende Trend zu immer früherem, intensiverem und spezialisierterem Training in der frühen Jugend ab. Obwohl dieses Kollektiv nur eine Minderheit darstellt, kann dieses Verhalten als zusätzlicher Prädiktor knöcherner Verletzungen gesehen werden (Fabricant et al., 2016).

Der Großteil kindlicher Frakturen entsteht infolge direkter Gewalteinwirkung, die benötigt wird, um den zunächst noch verformbaren, später jedoch stabilen Knochen zu brechen. Diese enorme Krafteinwirkung entsteht neben Verkehrsunfällen und Stürzen aus großer Höhe auch beim Sport (Stracciolini, Sugimoto, & Howell, 2017). Aus dieser Sicht betrachtet, begünstigt der Sport also das Risiko für Frakturen.

Im Leistungssport mit einer frühen Spezialisierung im Kindes- und Jugendalter und einer hohen Trainingsfrequenz kommt es zu anderen Erschwernissen als bei Kindern und Jugendlichen mit Bewegungsmangel. Zentrale Komplikationen bei der Spezialisierung sind die Überlastung und Übersättigung einzelner Muskelgruppen und Gelenke. Diese werden ständig den gleichen Bewegungsmustern und Anforderungen ausgesetzt, was die Gefahr einer Überlastung der beanspruchten und einer Vernachlässigung der nicht beanspruchten Muskeln birgt. Wird der Körper nicht ausgeglichen trainiert, steigt das Verletzungsrisiko (Bell, Post, Biese, Bay, & Valovich McLeod, 2018; Myer et al., 2015). Die Auswirkungen sind gerade im Kindes- und Jugendalter enorm. Negative Auswirkungen auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität (Jayanthi, Post, Laury, & Fabricant, 2019), koordinative Defizite und erschwertes Erlernen neuer Bewegungsformen können die Folge sein.

Es gilt zu untersuchen, ob beziehungsweise in welchem Ausmaß Kinder mit einem erhöhten Sportumfang davon profitieren, diesen schneller wieder aufnehmen zu können und die Folgen des Traumas schneller und besser zu bewältigen.

2.2 Adipositas als Risikofaktor für knöcherne Verletzungen

Neben der körperlichen Aktivität stellt das Körpergewicht eine weitere zentrale Komponente der Frakturoepidemiologie dar, in unserem Artikel anhand des BMI (Body-Mass-Index) klassifiziert. Für den BMI von Kindern und Jugendlichen im Wachstum gelten in Deutschland die Perzentilen nach Kromeyer-Hauschild (Plachta-Danielzik et al., 2012).

Die maximale Knochendichte, die im späten Jugendalter erreicht wird, ist eine Hauptdeterminante für Osteoporose im Erwachsenenalter (Borges & Brandao, 2006; Saggese, Baroncelli, & Bertelloni, 2001). Somit können all diejenigen Faktoren, die die Knochenakquisition im Kindes- und Jugendalter nachteilig beeinflussen, für spätere Osteoporose und erhöhte Frakturanfälligkeit prädisponieren (Saggese et al., 2001).

Auch wenn ein niedriges Körpergewicht im fortgeschrittenen Alter die Entstehung von Osteoporose begünstigt (Lane, 2006), kann nicht daraus gefolgert werden, dass dies ebenso im Kindesalter mit einem erniedrigten Knochenmineralgehalt einhergeht.

In einer Studie, in der 200 Mädchen und 136 Jungen im Alter von drei bis 19 Jahren eingeschlossen wurden, zeigte sich bei adipösen Kindern und Jugendlichen im Verhältnis zum Gesamtkörpergewicht ein erniedrigter Knochenmineralgehalt (bone mineral content, BMC) (Goulding, Taylor, et al., 2000). Mithilfe der Dual-Röntgen-Absorptiometrie konnte der Gesamtkörper-BMC errechnet und in Bezug zu Körpergewicht, Muskelmasse und Fettmasse gesetzt werden. Schlussendlich wies man nach, dass übergewichtige und fettleibige Kinder zwar einen höheren BMC hatten, es jedoch im Vergleich zu Normalgewichtigen ein deutliches „Mismatch“ im Verhältnis zum Gesamtkörpergewicht bestand (2,5-10,1% weniger, $p < 0.05$). In einer Fall-Kontroll-Studie wurde der Einfluss des BMC auf die Frakturhäufigkeit untersucht (Goulding et al., 1998). Hierfür wurden die Knochendichte an Radius, Wirbelsäule, Hüfte und des Gesamtkörpers gemessen, des Weiteren der Gesamtkörperknochengehalt, die Muskelmasse und die Fettmasse. Tatsächlich konnte belegt werden, dass die mittlere Knochendichte an allen gemessenen Knochen bei Mädchen mit Unterarmfrakturen geringer war als in der Kontrollgruppe. Außerdem konnte eine Osteopenie, definiert als Z-Score kleiner als -1, häufiger bei den Patienten mit Frakturen als in der Kontrollgruppe nachgewiesen werden. Zugleich wies ein Drittel der Frakturgruppe eine verringerte Knochendichte der Wirbelsäule im Vergleich zur Kontrollgruppe auf.

Eine Follow-up Studie vier Jahre später (Goulding, Jones, Taylor, Manning, & Williams, 2000) zeigte, dass vorangegangene Unterarmfrakturen einen Risikofaktor für eine erneute Fraktur darstellten. Nach vier Jahren konnten 82 Mädchen aus der Fallgruppe und 88 Mädchen aus der

Kontrollgruppe reevaluiert werden. Aus der Fallgruppe erlitten 24 der 82 Mädchen insgesamt 37 weitere Frakturen, in der Kontrollgruppe dagegen waren es nur acht Frakturen unter sieben der verbliebenen 88 Mädchen ($p = 0.0007$). Gleichzeitig hatten Mädchen mit bereits erlittener Fraktur in Kombination mit einem zweiten Risikofaktor ein wesentlich höheres Frakturrisiko: frühere Fraktur und niedrige volumenbezogene Knochenmineraldichte der Wirbelsäule (HR 9,4; 95% CI 2,8-32,0), frühere Fraktur und hohes Körpergewicht (HR 10,2; 95% CI 2,8-37,6) oder frühere Fraktur und niedrige flächenbezogene Knochenmineraldichte des gesamten Körpers (HR, 13,0; 95% CI, 3,9-43,1).

Die Fraktrepidemiologie von Kindern, die zu Übergewicht neigen und durchschnittlich weniger Sport treiben, unterscheidet sich von der Genese bei sportlich aktiveren Kindern. Erstgenannte erleiden häufiger nach Niedrigrasanztraumata Frakturen, die den Knochen bereits nach geringerer Krafteinwirkung brechen lassen.

Neben dem Körpergewicht spielt, wie bereits erwähnt, auch das Aktivitätslevel der Kinder und Jugendlichen eine entscheidende Rolle für die Frakturhäufigkeit - zwei Faktoren, die sich untereinander beeinflussen. Aus diesem Grund ist es schwierig, allein das Übergewicht für eine erhöhte Frakturhäufigkeit verantwortlich zu machen, ohne Angaben zur körperlichen und sportlichen Aktivität zu berücksichtigen. Es ist möglich, dass übergewichtige Kinder weniger in körperliche Aktivitäten involviert sind und die Neigung zu höherem Gewicht relativ gesehen mit einem reduzierten Aktivitätsniveau einhergeht (Enes & Slater, 2010; Glinkowska & Glinkowski, 2018).

Einen weiteren Confounder stellt der Einfluss des erhöhten Körpergewichts auf die Geschlechtsreife dar (Post & Kemper, 1993), was zu einer früheren Knochenmineralisierung im Vergleich zu spätpubertären Kindern führt.

Die Koexistenz von Aktivität, Körpergewicht und sexueller Reife macht es schwierig, das Frakturrisiko auf einen dieser Faktoren herunterzubrechen beziehungsweise ausfindig zu machen, welchem Faktor welcher Grad an Einfluss zuzuordnen ist. Darüber hinaus stellt es eine Herausforderung dar, im angelegten Studiendesign all diese Faktoren gleichzeitig zu berücksichtigen beziehungsweise jeweilige Confounder auszuschalten, um eine Variable isoliert zu betrachten.

2.3 Allgemeine Frakturlehre

Knöcherne Schädigungen zählen zu den häufigsten Verletzungen im Kindesalter. Während die Zahl der Frakturen des Körperstamms vernachlässigbar klein ist, zeigen Frakturen der oberen Extremität Spitzeninzidenzen mit 60-80% (Merckaert et al., 2021; Zacay et al., 2022). Hiervon ist am häufigsten der Radius betroffen. Je nach Quelle findet man unterschiedliche Angaben, die zwischen 15% (Schalamon et al., 2011) und 37% (Merckaert et al., 2021) variieren. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Frakturverteilung:

Verletzungslokalisation	(Brudvik 2003) n=1725	(Hedström 2010) n=1520	(Jonasch 1981) n=263.166	(Jones 2002) n=498	(Landin 1983) n=8682	(Worlock 1986) n=923
Schädel	2,3	4	2,8	7,8	1,8	3,6
Wirbelsäule	0,1	1	0,3	1,8	0,9	–
Knöcherner Thorax	–	1	0,1	4,4	–	0,7
Becken	0,1	–	0,2	–	0,5	–
Schulterblatt/Schlüsselbein	8	11	8,9	3	8,1	6,3
Extremitäten	89,5	82	87,7	80,8	88,7	89
davon						
lange Röhrenknochen	67,7	54	65,1	61,9	60,4	74,8
Hand	21,2	17	22,4	25,3	30,7	16,5
Fuß	11,1	11	12,1	12,8	8,9	8,7
Andere	–	1	0,4	2,2	–	0,4

Abbildung 1: Verteilung der Verletzungslokalisationen in fünf Studien, welche die Gesamtheit der Frakturen im Kindes- und Jugendalter erfasst haben (Angaben in Prozent), aus Ingo Marzi, Kindertraumatologie, 3. Auflage

Die Fraktur ist definiert als Kontinuitätsunterbrechung des Knochens, die meist mit einem Funktionsverlust und Schmerzen einhergeht (Omeroglu, 2018). Handelt es sich um einen unvollständigen Knochenbruch, spricht man von einer Infraktion. Man unterscheidet verschiedene Ätiologien von Frakturen. Am weitest häufigsten ist die direkte Fraktur, die Folge einer direkten Gewalteinwirkung auf den Knochen ist. Hiervon unterscheidet man pathologische Frakturen, die Folge von veränderter Knochensubstanz sein können. Hierzu zählen zum Beispiel Knochenzysten oder Tumormetastasen. Eine weitere Form ist die

Ermüdungsfraktur, die infolge starker, meist über eine längere Zeit andauernde Belastung und Überbeanspruchung entsteht (Omeroglu, 2018).

Im Vergleich zum Erwachsenen bestehen bei Kindern und Jugendlichen einige morphologische Unterschiede. Dies betrifft auf der einen Seite die Regenerations- und Reparationsfähigkeit von Geweben, die einen positiven Effekt auf die Knochenheilung darstellen. Darüber hinaus können über Spontankorrekturmechanismen nach einer Reposition verbliebene Fehlstellungen bis zu einem bestimmten Grad korrigiert werden (Dua et al., 2017). Ursache hierfür sind die noch nicht verknöcherten Epiphysenfugen, sowie das periostale/endostale System. Je jünger das Kind ist, desto größer ist das Umbaupotenzial des Knochens (Arora, Fichadia, Hartwig, & Kannikeswaran, 2014). Durch diese Mechanismen ist es beispielsweise möglich, Seitverschiebungen, Achsknicke und Verkürzungen innerhalb gewisser Grenzen auszugleichen. Berücksichtigt werden müssen hierbei jedoch das Patientenalter, die Lokalisation, der Frakturtyp und natürlich das jeweilige Ausmaß der Fehlstellung. Bei paarig angelegten Knochen, wie zum Beispiel Radius und Ulna, ist eine Korrektur des Längenwachstums möglich, bei nicht paarig angelegten Knochen ist dieser Korrekturmechanismus nicht gegeben, was zu Längenalterationen im Vergleich zur Gegenseite führen kann.

Eine Fraktur mit Beteiligung der Epiphysenfuge kann in einer Wachstumsstörung mit Folge der Verkürzung oder vermehrtem Wachstum der betroffenen Extremität resultieren. Kommt es zu einer nur teilweisen Schädigung der Epiphysenfuge, so kann dies aufgrund der sich in der Wachstumsfuge gebildeten Verknöcherungsbrücke zu einem unterschiedlich ausgeprägten Längenwachstum innerhalb des Knochens führen. Typische Folge wäre in diesem Fall eine Varus- beziehungsweise Valgusfehlstellung (Ingo Marzi, Kindertraumatologie, 3. Auflage).

Bei dem Längenwachstum der großen Röhrenknochen handelt es sich um ein exzentrisches Wachstumsverhalten. Während das Femur vor allem kniegelenksnahe an Länge gewinnt, sind dies an der oberen Extremität insbesondere das proximale Ende des Humerus und das distale Ende von Radius und Ulna (Ingo Marzi, Kindertraumatologie, 3. Auflage).

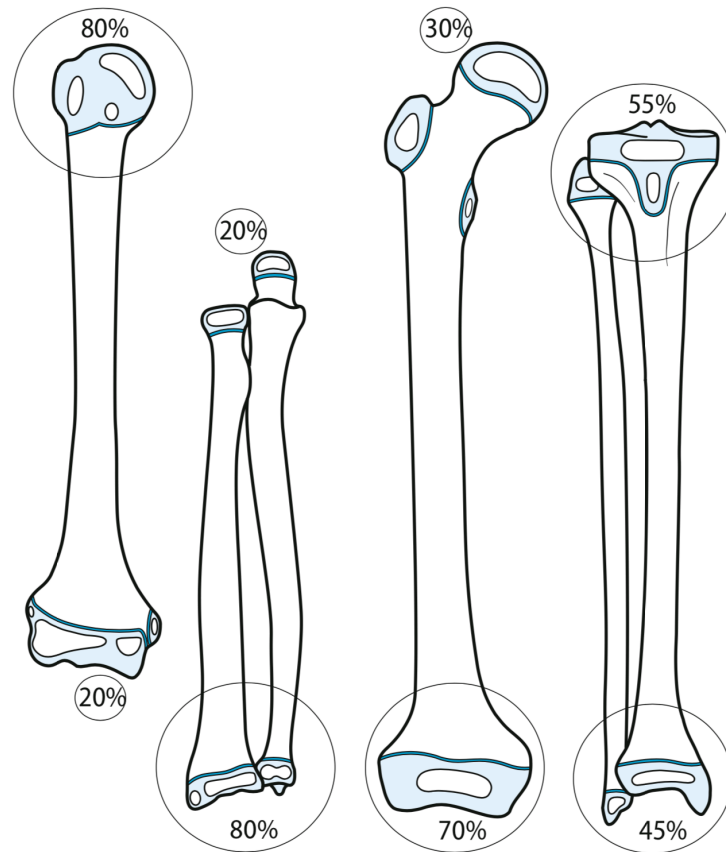


Abbildung 2: Wachstumsanteil der einzelnen Epiphysenfugen am Längenwachstum der zugehörigen Knochen aus Ingo Marzi, Kindertraumatologie, 3. Auflage

Im Vergleich zum erwachsenen Knochen ist der kindliche weniger dicht, poröser und besitzt einen geringeren Mineralgehalt. Das verleiht ihm eine erhöhte Elastizität und Biegsamkeit, sodass sich der Knochen vor dem Brechen stärker verformen kann. Daher treten Grünholzfrakturen beispielsweise ausschließlich im Kindes- und Jugendalter vor Eintritt in die Pubertät auf (Atanelov & Bentley, 2020). Darüber hinaus verhindert die erhöhte Elastizität die Entstehung von komplexen Mehrfragment- und Trümmerfrakturen. Da jedoch die Zugfestigkeit des kindlichen Knochens geringer als die der Bänder ist, kommt es gehäuft zu knöchernen Bandausrissen anstelle ligamentärer Verletzungen (Arora et al., 2014).

Maßgeblich am Heilungsverlauf des Knochens beteiligt ist der Kallus, der im Rahmen der sekundären Frakturheilung gebildet wird und der Überbrückung des Frakturspalts dient. In diesem Zusammenhang spielt das durch das Trauma entstandene Frakturhämatom eine entscheidende Rolle, in das nach und nach Osteoblasten einwandern, die zu einer Mineralisation und Ossifikation des zunächst bindegewebigen Gewebes führen. Das jeweilige

Ausmaß der Kallusbildung ist von vielen Faktoren abhängig. Dazu zählen das Ausmaß der Achsabweichungen, der Umfang der Dislokation, sowie die Stabilität/Instabilität der Fraktur. Die endgültige Form erhält der Knochen erst im Laufe der nachfolgenden Jahre, die mitunter von der entsprechenden Belastung und der funktionellen Nutzung des Patienten abhängt (Ingo Marzi, Kindertraumatologie, 3. Auflage).

Die Dauer der Konsolidierung, bis der Knochen zunächst stabil bewegt und letztlich belastet werden kann, hängt von zwei Faktoren ab. Einerseits von der Frakturfläche, bei deren Zunahme es zu einer schnelleren Heilung kommt. So heilen Schrägfrakturen schneller als Querfrakturen. Andererseits hängt die Konsolidierung von der Lokalisation innerhalb des Knochens ab. Metaphysäre Frakturen heilen beispielsweise deutlich schneller als diaphysäre Frakturen.

Die allgemeine Diagnostik bei einem Patienten mit Verdacht auf eine Fraktur umfasst bildgebende Verfahren sowie die Überprüfung des Pulses, der Motorik und der Sensibilität. Die Standardmethode stellt hier das konventionelle Röntgen in zwei Ebenen dar. Ist in manchen Fällen keine ausreichende Beurteilung der Röntgenaufnahmen möglich, wird zur weiterführenden Diagnostik eine Computertomographie durchgeführt. Anhand der bildgebenden Diagnostik wird über die anschließende Therapie entschieden. Dies kann ein konservativer Ansatz sein, bei dem eine Ruhigstellung durch Gips- oder Kunststoffschiene erfolgt, oder eine operative Behandlung.

2.4 Frakturepidemiologie

Betrachtet man die Gesamtheit aller Frakturen während der Kindheit, lassen sich zum einen bestimmte Altersgipfel spezifischen Frakturtypen zuordnen, zum anderen beobachtet man einen Unterschied in der Geschlechterverteilung. Die Prävalenz, eine Fraktur zu erleiden, ist in allen Altersklassen während der Kindheit für einen Jungen gegenüber einem Mädchen erhöht. Somit ziehen sich Jungen 1,2 – 1,6-mal häufiger eine Fraktur zu als Mädchen. Dieser Unterschied ist auf eine höhere Risikobereitschaft des männlichen Geschlechts zurückzuführen.

Außerdem folgt ein Großteil der Frakturen im Kindesalter einem stereotypen Muster, wobei man hier wiederum für unterschiedliche Altersklassen typische Verläufe beobachten kann. Die Morphologie des kindlichen Knochens verhindert in den meisten Fällen eine Fraktur mit Gelenkbeteiligung und komplizierte Trümmerfrakturen, wie sie im Erwachsenenalter deutlich häufiger auftreten. Grund hierfür sind die nicht verknöcherten Epiphysenfugen. Selbst im fortgeschrittenen Kindesalter, sobald die Verknöcherung der Wachstumsfugen beginnt, sind die Frakturmuster weitaus weniger variabel und weniger kompliziert als im Erwachsenenalter.

Für eine optimale Behandlung und insbesondere auch im Hinblick auf die Prävention, gerade im Kindes- und Jugendalter, ist es wichtig, die Entstehung der Frakturen genauer zu betrachten. Die distale Radiusfraktur (DRF) ist insgesamt gesehen mit Abstand die häufigste Fraktur des menschlichen Skeletts. Diese zeigt eine Spitzeninzidenz sowohl bei 60- bis 70-jährigen Patienten/Patientinnen, als auch in der späten Adoleszenz oder im frühen Erwachsenenalter. Aus diesem Grund eignen sich Unterarmfrakturen gut zur Bestimmung von Risikofaktoren und epidemiologischen Aspekten.

Die DRF entsteht im höheren Alter meist in Folge eines Bagatelltraumas, da die Knochensubstanz insbesondere bei Frauen im fortgeschrittenen Alter osteoporosebedingt abnimmt und Frakturen begünstigt. Im jungen Alter dagegen sind meist größere Kräfte erforderlich, die im Rahmen von Hochrasanztraumata oder Sportunfällen entstehen (MacIntyre & Dewan, 2016). Je nach Unfallmechanismus lässt sich die DRF in vier verschiedene Unterformen einteilen.

Mit Abstand am häufigsten wird die Colles-Fraktur beobachtet, eine Extensionsfraktur des Radius, gefolgt von der Smith-Fraktur, die sich in Flexionsstellung des Handgelenks ereignet. Absolute Raritäten stellen die Barton- und Hutchinson-Fraktur dar.

Eine Studie aus dem Jahr 2004 hat die Epidemiologie kindlicher Frakturen in Großbritannien untersucht (Cooper, Dennison, Leufkens, Bishop, & van Staa, 2004). In der Beobachtungszeit zwischen 1988 und 1998 erlitten insgesamt 52,624 Jungen und 31,505 Mädchen eine oder mehrere Frakturen während ihrer Kindheit. Insgesamt betrachtet erlitten Jungen mit 161,6 pro 10.000 Personenjahren (person-years, py) weitaus häufiger Frakturen als Mädchen mit 102,9 pro 10.000 py. Bis zum Alter von siebzehn Jahren erlitten etwa ein Drittel der Gesamtheit aller Jungen und Mädchen eine Fraktur. Bei beiden Geschlechtern stellte der Unterarm die häufigste Lokalisation dar (30%). Über alle Altersgruppen hinweg lag die Inzidenz bei Jungen höher als die bei Mädchen, wobei die höchste Inzidenz bei Jungen im Alter von vierzehn, bei Mädchen dagegen im Alter von elf Jahren lag. Die Inzidenzraten bei Männern überstiegen zu keinem Zeitpunkt des Lebens die der Kindheit, bei Frauen allerdings erstmals wieder im Alter von 85 Jahren. Mit 39,3 pro 10.000 py waren Frakturen von Radius und Ulna am häufigsten, gefolgt von Hand- (26,1/10.000 py), Grünholz- (16,4/10.000 py) und Humerusfrakturen (14,9/10.000 py). Am seltensten ereigneten sich Beckenfrakturen (0,3/10.000 py).

In einer ähnlich aufgebauten, im Jahr 2016 veröffentlichten Studie wurde die Epidemiologie kindlicher Frakturen in den USA untersucht (Naranje, Erali, Warner, Sawyer, & Kelly, 2016). Grundlage hierfür bildete die NEISS-Datenbank (National Electronic Injury Surveillance System), die zur Untersuchung aller Kinder bis neunzehn Jahre herangezogen wurde. Das jährliche Auftreten stieg bis zu einem Alter von vierzehn Jahren stetig an und erreichte zwischen zehn und vierzehn Jahren sein Maximum mit 15,23 pro 1000 Kindern. Mit 17,8% aller Frakturen waren die Knochen des Unterarms am häufigsten betroffen, gefolgt von Finger- und Handgelenksfrakturen. Das Gesamtrisiko im Kindes- und Jugendalter, eine Fraktur zu erleiden, betrug 180 pro 1000 Kinder und war somit niedriger als das Risiko der Vergleichspopulation aus Großbritannien.

Eine zentrale Bedeutung in der Versorgung von Frakturen stellt die Frage nach konservativem oder operativem Vorgehen dar. Hierzu erschien im Jahr 2016 eine Arbeit, die sich mit den Langzeitfolgen und -ergebnissen befasste. (Lee, Kim, Cha, & Choy, 2016). Hierzu wurden 157 operativ versorgte Patienten mit konservativ behandelten Patienten verglichen, bei denen eine Instabilität im Radioulnargelenk infolge einer DRF bestand. Nach drei Monaten zeigten die Patienten nach erfolgter Operation einen größeren Bewegungsumfang (Flexion und Extension) als die konservativ versorgten. In der abschließenden Untersuchung konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden. Der Bezug zu dieser Studie zeigt auf, dass in der klinischen Entscheidungsfindung kein Goldstandard

existiert, der über das therapeutische Vorgehen entscheidet. Da das vorliegende Studiendesign jedoch nur operativ versorgte Frakturen einschließt, lässt sich daraus kein direkter Rückschluss auf die absolute Frakturhäufigkeit in den einzelnen Altersklassen ziehen, zumal sich gerade DRFs im Kindes- und Jugendalter aufgrund der Repositionsmechanismen häufig konservativ behandeln lassen.

2.5 AO-Klassifikation

Bei der Beurteilung einer Fraktur spielt deren Klassifizierung eine sehr wichtige Rolle. Nur so können Frakturen hinsichtlich unterschiedlicher Behandlungskonzepte verglichen und somit Rückschlüsse auf die Wirksamkeit einer Therapie gezogen werden. Damit stellt die systematische Einordnung einer Fraktur in eine solche Klassifikation die Grundlage evidenzbasierter Medizin dar und daraus folgend auch die Grundlage für Studien. So können anhand der Klassifizierung ein adaptierter Therapieplan erstellt und eine mögliche Aussage zur Prognose getroffen werden.

In den letzten Jahren haben sich zwei Klassifizierungssysteme etabliert: die AO-Pediatric-Klassifikation, die auf der Grundlage der AO-Klassifikation von Müller für Erwachsene entstanden ist, und die LiLa-Klassifikation, die aufgrund von geringer Relevanz für diese Arbeit an dieser Stelle nur erwähnt sei.

Für die Anwendung der AO-Pediatric Klassifikation benötigt man konventionelle Röntgenaufnahmen in lateraler und a.-p. (anterior-posterior) Position. Es wird ein Frakturcode aus fünf beziehungsweise sechs Codes gebildet. Der sechste Code ist davon abhängig, ob ein Ausnahme- beziehungsweise Zusatzcode angewendet wird. Die erste Zahl des Codes beschreibt den betroffenen Knochen: 1=Humerus, 2=Radius/Ulna, 3=Femur, 4=Tibia/Fibula. Sollte es sich bei paarig angelegten Knochen um ein gleiches Verletzungsmuster handeln, wird hierfür die Beschreibung der jeweils schwerwiegenderen Fraktur genutzt. Sind beide Knochen betroffen, weisen jedoch ein unterschiedliches Verletzungsmuster auf, müssen beide separat voneinander klassifiziert werden. Ist bei paarig angelegten Knochen nur einer betroffen, wird dieser durch einen entsprechenden Zusatzcode (r, u, t, f) gekennzeichnet. Die nächste Zahl beschreibt die Lokalisation der Fraktur innerhalb des Knochens: 1=proximal, 2=diaphysär, 3=distal. Das Ausmaß der Metaphyse wird begrenzt durch ein Quadrat, dessen Seitenlänge der gesamten Länge der Epiphysenfuge entspricht. Bei paarig angelegten Knochen wird als Quadratseitenlänge die Länge beider Epiphysenfugen insgesamt verwendet. Die nächste Stelle dieses Klassifikationssystems stellt ein Buchstabe dar: E=Epiphyse, M=Metaphyse, D=Diaphyse. Durch diesen Buchstaben kann die zweite Stelle (1, 2, 3) nun präziser beschrieben werden. Per definitionem handelt es sich somit zum Beispiel bei dem Code 23r-E um eine distale Radiusfraktur im Bereich der Epiphyse.

Wie bereits erwähnt, folgen kindliche Frakturen bestimmten stereotypen Mustern. Um das näher zu beschreiben, wurde eigens für diese Klassifikation der so genannte Kindercode

entwickelt. Dieser beschreibt in den jeweiligen Subsegmenten E, M, D die am häufigsten auftretenden Frakturtypen. In dem epiphysären Segment findet unter anderem die Salter-Harris-Klassifikation Anwendung (E/1, E/2, E/3, E/4). Hierzu zählt die Epiphysenlösung (E/1, SH I), welche vor allem bei Kindern zu Beginn oder während der Pubertät beobachtet werden kann. Grund hierfür sind hormonelle Einflüsse auf die Schicht des Blasenknorpels, der infolgedessen aufgelockert wird und somit anfälliger für diese Art der Fraktur ist. Kommt es zu einer partiellen Epiphysiolyse mit einem metaphysären Anteil, so klassifiziert man die Fraktur mit E/2 (SH II). Eine weitere fugenkrenzende Fraktur mit nur einem epiphysären Anteil ist E/3 (SH III), während E/4 (SH IV) sowohl die Epiphyse als auch die Metaphyse kreuzt. E/5 und E/6 beschreiben sogenannte Übergangsfrakturen. Bei E/5 handelt es sich um eine „two-plane fracture“, bei E/6 um eine „tri-plane fracture“, welche am häufigsten am oberen Sprunggelenk auftritt. Bei den Gelenkfrakturen ohne Beteiligung der Epiphysenfuge handelt es sich entweder um sogenannte „flake fractures“ (E/8), bei denen meist ein Luxationstrauma vorangegangen ist, oder aber um epiphysäre Bandausrisse (Avulsionsfrakturen, E/7). Ein Beispiel hierfür ist die Fraktur der Eminentia intercondylaris der proximalen Tibia. Dieser Frakturtyp wird insbesondere bei Kindern bis zum zwölften Lebensjahr beobachtet, da bis zu dieser Zeit die Bandstabilität die des knöchernen Ansatzes übersteigt. Alle weiteren Epiphysenfrakturen werden unter E/9 subsumiert.

Die metaphysären Frakturen unterteilt man in vier Subgruppen. M/2 fasst Grünholz-, Wulst- und Spiralfrakturen zusammen. Die Wulstfraktur, auch Stauchungsfraktur genannt, entsteht meist infolge einer Kontusion und betrifft oft nur eine der beiden Kortikales. Grünholzfrakturen treten zwar auch im metaphysären Bereich auf, weitaus häufiger jedoch an der Diaphyse. Bei Grünholzfrakturen handelt es sich um Biegungsbrüche. Bei dem Kode M/3 handelt es sich dagegen um eine komplette Fraktur. Die Zahl 7 hinter dem M ordnet, ebenso wie bei der epiphysären Klassifizierung, den Frakturtyp zu den Avulsionsverletzungen zu, während M/6 eine metaphysäre Ulnafraktur (Monteggia-Fraktur) beschreibt.

Eine typische Fraktur des Wachstumsalters, die Grünholzfraktur, wurde bereits bei den metaphysären Frakturen vorgestellt. Es werden drei Formen voneinander abgegrenzt: die klassische Grünholzfraktur (D/2), die gestauchte Grünholzfraktur (D/2) und die „bowing fracture“ (D/1). Bei diesen Frakturen handelt es sich stets um Biegungsbrüche, die mit einer Achsabweichung einhergehen. Die klassische Grünholzfraktur birgt aufgrund des Frakturverlaufs innerhalb des Knochens das Risiko einer Refrakturierung. Weitere Vertreter der diaphysären Frakturen stellen die Stressfrakturen dar. Hier kann man zwei Altersgipfel beobachten. Die als „toddler’s fracture“ (D/3) bezeichnete Fraktur betrifft vor allem Kinder im

Alter zwischen zwei und vier Jahren, sobald die ersten Gehversuche unternommen werden. Der zweite Gipfel betrifft Jugendliche in der Pubertät, meist bedingt durch exzessive Belastung. Des Weiteren unterscheidet man Querfrakturen mit einem Winkel $<30^\circ$ (D/4) von Schräg- und Spiralfrakturen mit einem Winkel $>30^\circ$ (D/5). Einen geringen Anteil bilden Monteggia- (D/6) und Galeazzi-Frakturen (D/7) ab. Alle restlichen, nicht den vorherigen Subgruppen zuzuordnenden Frakturen werden unter D/9 klassifiziert.

Die fünfte Stelle im Kode gibt Auskunft über den Schweregrad der Fraktur. Einfache Frakturen (zwei Fragmente) werden abgegrenzt von Keilfrakturen (drei Fragmente) und komplexen Frakturen (mindestens vier Fragmente), die eine vollständige Instabilität aufweisen.

Nach der AO-Klassifikation kann eine sechste Stelle im Kode verwendet werden, was jedoch nicht zwangsläufig notwendig ist. Man verwendet sie in Fällen, falls die Fraktur mit den vorherigen fünf Ziffern beziehungsweise Buchstaben nicht ausreichend beschrieben werden kann. Typische Beispiele, bei denen dieser Zusatzkode zur Anwendung kommt, sind Radiuskopffrakturen, suprakondyläre Humerusfrakturen und Schenkelhalsfrakturen. Bei den beiden zuerst genannten dient der Zusatzkode in erster Linie der Beschreibung des Ausmaßes der Dislokation und Angulation.

Geht man stets nach diesem Schema vor, so kann mit dem fünf- beziehungsweise sechsstelligen Kode der AO-Klassifikation jede Art von Fraktur beschrieben werden.

2.6 Osteosyntheseverfahren im Kindes- und Jugendalter

Unter Zuhilfenahme der Röntgenbilder und näherer Beschreibung der Fraktur anhand der AO-Klassifikation wird über das weitere Vorgehen entschieden. Hierbei sind unbedingt das Alter des Patienten, das Dislokationsausmaß und die Frakturlokalisierung zu berücksichtigen. Anhand dieser Kriterien wird bestimmt, ob man operativ oder konservativ verfährt.

Bei der Frakturreposition unterscheidet man zwischen offenem und geschlossenem Reponieren. Hierbei gilt es nicht nur die Morphologie der Fraktur zu berücksichtigen, sondern vielmehr auch die Erfahrung des Arztes. Offene Repositionsverfahren sind beispielsweise bei den meisten Gelenkfrakturen oder offenen Frakturen indiziert, wobei der Großteil aller Frakturen geschlossen reponierbar ist. Sollte diese nicht möglich sein, kann auf eine sekundär offene Reposition gewechselt werden. Grundsätzlich gilt es zu beachten, dass die Reposition unter einer adäquaten Analgesie stattfinden sollte.

Im Folgenden sind die einzelnen Osteosynthesematerialien kurz aufgeführt und erläutert. Ein sehr beliebtes Verfahren zur Anwendung bei Kindern und Jugendlichen ist die Spickdrahtosteosynthese. Mögliche Indikationen sind metaphysäre Frakturen von Röhrenknochen und artikuläre Frakturen. Für diaphysäre Frakturen sind Spickdrähte im Regelfall nicht vorgesehen. Der große Vorteil dieses Verfahrens stellt die recht einfache Vorgehensweise dar, da die Drähte perkutan eingeführt werden. Diese Osteosynthese ist jedoch nur bewegungsstabil und nicht belastungsstabil, weshalb anschließend eine Ruhigstellung mittels Gipsschiene erfolgen muss. Die Entfernung erfolgt nach drei bis fünf Wochen und kann ambulant und ohne Narkose geschehen (Schneidmueller, Kertai, Buhren, & von Ruden, 2018).

Ein weiteres, sehr beliebtes und häufig eingesetztes Verfahren ist die sogenannte elastisch-stabile intramedulläre Nagelung (ESIN). Hierfür werden Titan- beziehungsweise Stahlnägel verwendet, die metaphysär in die Markhöhle des Knochens eingebracht werden. Auch diese Vorgehensweise ist minimalinvasiv und bietet neben Bewegungs- sogar eine Teilbelastungsstabilität. Diese recht kostengünstige Technik führt durch kürzere Krankenhausaufenthalte zu einer hohen Effizienz (Reinberg, Frey, & Meyrat, 1994). Die ESIN wird insbesondere bei diaphysären Frakturen angewendet. Weitere Indikationen stellen auch manche Frakturen der Metaphyse dar. Kontraindiziert ist sie beispielsweise bei Frakturen mit Gelenkbeteiligung und bei total instabilen Frakturen. Nach der Reposition werden zwei vorgebogene Nägel eingebracht, sodass diese jeweils an drei Punkten des Markraums anliegen. Dieses biomechanische Prinzip ist Grundlage für die spätere Stabilität des Knochens samt Osteosynthese. Ein Grund für eine reduzierte Stabilität kann das sog. „Korkenzieherphänomen“

sein. Dieses entsteht durch Verdrillung beider Nägel untereinander, sodass diese weniger stark dem Knochen anliegen und somit an Abstützung verlieren.

Die Plattenosteosynthese ist ein technisch anspruchsvolles Verfahren, das vornehmlich bei älteren Jugendlichen und Erwachsenen Anwendung findet. Die Indikation bei Kindern unter zwölf Jahren sollte sehr streng gestellt werden. Der Grund hierfür liegt in möglichen korrekturbedürftigen Komplikationen, falls die Osteosynthese nicht korrekt durchgeführt wurde. Man unterscheidet zwischen der konventionellen MIPO-Technik („minimal invasive plate osteosynthesis“) und der Wave-Plate-Technik, bei der durch die Formung einer Art Welle die kritische Frakturzone schonend umgangen werden kann. Zumal das Einsetzen der Platte meist eine offene Vorgehensweise voraussetzt und die Metallentfernung recht aufwendig ist, stellen die minimalinvasiv durchgeführten Osteosynthesetechniken die bessere Alternative dar.

Ein Verfahren, das praktisch bei jeder Art von Fraktur angewendet werden kann, ist der Fixateur externe.

2.7 Schmerzevaluation bei Kindern und Jugendlichen

Für das spätere Wiedererlangen von Funktionalität spielt die Schmerzintensität zum Zeitpunkt des Traumas eine wichtige Rolle. Schmerz ist nicht nur eine einfache Sinneserfahrung, sondern entsteht aus dem Zusammenspiel mehrerer physischer, emotionaler, kognitiver, verhaltensbezogener und kontextbezogener Faktoren (Peters, 2015).

Es existieren zahlreiche, teils sehr verschiedene Definitionen von Schmerzen. Eine recht verbreitete Definition lautet:

„Schmerz ist eine unangenehme sensorische und emotionale Erfahrung, die mit tatsächlichen oder potenziellen Gewebeschäden verbunden ist. Schmerz ist immer subjektiv. Jeder Einzelne lernt die Anwendung des Wortes durch Erfahrungen im Zusammenhang mit Verletzungen im frühen Leben.“ (Manworren & Stinson, 2016)

Laut dieser Definition spielt für die Bewertung von Schmerzen das subjektive Erleben dieser in der Kindheit eine entscheidende Rolle. Somit kann das frühe Erfahren von Schmerzzuständen ein Prädiktor dafür sein, wie hoch das Individuum im späteren Leben bestimmte Schmerzintensitäten bewertet.

Die Wahrnehmung von Schmerzen kann in drei Dimensionen eingeteilt werden (Huguet, Stinson, & McGrath, 2010):

- sensorisch (z.B. Intensität, Dauer, Lokalisation, Häufigkeit)
- affektiv/kognitiv
- Auswirkungen auf das tägliche Leben (physisch, sozial, emotional)

Ebenso schwierig wie die Genese des Schmerzes ist seine Erfassung, da man die Schmerzintensität nur sehr schwierig quantifizieren kann. Die Diskrepanz zwischen objektiver und subjektiver Ausprägung kann erheblich sein und stellt die Auswahl eines geeigneten Messverfahrens vor eine Herausforderung. Eine genaue Schmerzbeurteilung ist nicht nur Voraussetzung für eine adäquate Behandlung, sondern vielmehr auch Grundlage für empirisches Arbeiten.

So wurden viele zur Verfügung stehende, zuverlässige und etablierte Instrumente zur Beurteilung der Schmerzen bei Kindern untersucht. Es gibt jedoch Hinweise darauf, dass vielerorts die Schmerzen von Kindern nicht adäquat erhoben und somit auch nicht optimal behandelt werden (Manworren & Stinson, 2016).

Die Einschränkung in verbaler Kommunikation und im assoziativen Denken von Kindern stellt eine außerordentliche Schwierigkeit dar, Schmerzen bei Kindern zu messen und erlaubt es

nicht, verbreitete und validierte Skalen, die man aus der Anwendung für Erwachsene kennt, anzuwenden. Demnach ist es erforderlich, eigens für Kinder Skalen zu entwickeln, die ihren Anforderungen entsprechen.

In der Literatur existieren viele Arbeiten über die Evaluation unterschiedlicher Skalen zur Schmerzmessung. Die Anwendung einer bestimmten Skala kann nicht auf alle Situationen pauschal angewendet werden. Vielmehr wird beispielsweise empfohlen, zur postoperativen Schmerzbeurteilung andere Skalen zu verwenden als zur Bewertung von kurz anhaltenden schmerzhaften Ereignissen (von Baeyer & Spagrud, 2007). Nur wenige Messverfahren zur Schmerzintensität bei Kindern weisen gut etablierte psychometrische Eigenschaften auf, einschließlich guter Reliabilität, Validität, klinischem Nutzen und der Durchführbarkeit bei Kindern und Jugendlichen mit akuten und chronischen Schmerzen. Keine der aufgeführten Skalen ist gleichzeitig zuverlässig und valide genug, um sie in allen Altersgruppen anwenden zu können (Manworren & Stinson, 2016).

Zur Schmerzmessung bei Kindern hat sich mittlerweile die Faces Pain Scale (FPS) etabliert, die laut zuletzt genannter Arbeit bereits ab einem Alter von drei Jahren angewendet werden kann. Auf dieser soll daher im Folgenden besonderes Augenmerk liegen.

Die ursprüngliche FPS bestand aus insgesamt sieben Gesichtern, wurde im Laufe der Zeit jedoch auf sechs Gesichter überarbeitet, um die Metrik dieser Skala einfacher auf andere Skalen zu übertragen beziehungsweise diese miteinander zu vergleichen (0-5 oder 0-10).

Einige Autoren sehen die FPS für Kinder als geeignet an, da keine abstrakten numerischen Werte verwendet werden (Cohen et al., 2008). Andere kritisieren die FPS in der Hinsicht, dass man Unterschiede in verschiedenen Ausführungen der FPS aufzeigen konnte (Chambers & Craig, 1998). Auf der einen Skala repräsentierte ein neutrales Gesicht den Zustand keines Schmerzes, auf der anderen Skala stellte diesen Zustand ein lächelndes Gesicht dar. Die Ergebnisse zeigten, dass Kinder, die die lächelnde Skala verwendeten, signifikant höhere Schmerzwerte angaben als diejenigen, die die neutrale FPS verwendeten. Insofern kann die FPS das Konzept der Wahrnehmung von Schmerzen bei Kindern verändern, da affektive Zustände mit der Bewertung von Schmerzen verwechselt werden können.

Um mögliche Funktionseinschränkungen und Schmerzsyndrome Monate und Jahre nach dem Unfall zu erklären, wird häufig die Schmerzintensität unmittelbar nach dem Unfall herangezogen. Hierbei sind der Schmerz, die Kraft und der Supinationsgrad die entscheidenden Größen bei der Bewertung durch den Patienten (Swart, Nellans, & Rosenwasser, 2012).

Eine Querschnittsstudie aus Nottingham in Großbritannien evaluierte Schmerzen und Einschränkungen bei 93 Personen ein Jahr nach einer distalen Radiusfraktur (Moore & Leonardi-Bee, 2008). Grundlage für die Befragung waren die visuelle Analogskala für die Schmerzmessung und der DASH-Fragebogen (Disabilities of Arm, Shoulder and Hand), um den Grad der Einschränkungen zu bewerten. Insgesamt beklagten 11% der Probanden mäßige bis starke Schmerzen, während es bei 16% zu mäßig bis starken Funktionseinschränkungen kam. Es konnten statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen dem Einsatz von Schmerzmitteln und mäßigen bis sehr starken Schmerzen (OR 11,20, 95% CI 2,05 - 61,23), zwischen mäßiger bis sehr schwerer Funktionseinschränkung und dem Alter (OR 6,53, 95% CI 1,65 - 25,90), sowie zwischen dem Arbeitengehen und einer Verringerung des Risikos einer mäßig bis schweren Behinderung (OR 0,14, 95% CI 0,03 - 0,67) gefunden werden. Zudem zeigen hohe Schmerzintensitäten zum Zeitpunkt der Fraktur eine positive Korrelation hinsichtlich eines Fortbestehens von Schmerzzuständen (Mehta, MacDermid, Richardson, MacIntyre, & Grewal, 2015).

Es existieren bedeutsame Faktoren, die signifikanten Einfluss auf die Reduktion von Schmerzen und Funktionseinschränkungen haben beziehungsweise diese verstärken. Das sollte Grund zum Anlass geben, risikobehaftete Patientengruppen ausfindig zu machen und patientenadaptierte Behandlungsstrategien zu entwickeln, um diese Folgen zu vermeiden.

Im Folgenden gilt es zu untersuchen, ob ein Unterschied in der Schmerzempfindung nach einem Unfall zwischen sportlich aktiven und inaktiven Kindern besteht.

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign

In dieser monozentrisch angelegten Studie erfolgte eine prospektive Befragung und Datenerhebung von Patienten, die aufgrund einer frischen Fraktur in der Klinik für Kinderchirurgie operativ stationär auf der kinderchirurgischen Station versorgt wurden.

Nach Aufklärung und schriftlicher Einwilligung der Erziehungsberechtigten im Rahmen des stationären Aufenthaltes erhielten die Familien einen Fragebogen zum Unfallhergang, zur körperlichen Aktivität des Kindes und den schlimmsten wahrgenommenen Schmerzen im Rahmen der Behandlung zwischen Trauma und Entlassung aus dem Krankenhaus (s. Anhang Abb. 1). Dieser Fragebogen sollte von den Kindern und einem Proxy gemeinsam ausgefüllt werden.

Sechs Monate nach dem Trauma wurden die Patienten telefonisch kontaktiert, um eine mögliche Änderung im Bewegungsverhalten und eventuelle Einschränkungen nach der Verletzung abzufragen (s. Anhang Abb. 3). Alternativ konnten sie eine E-Mail-Adresse angeben, die zur Datenabfrage via Online-Umfrage diente.

Die Pseudonymisierung erfolgte anhand der Zuordnung einer fortlaufenden Nummer („Fit-Code“). Klinische Daten wurden anhand eines standardisierten Formulars („Ärztlicher Bogen“, s. Anhang Abb. 2) aus der Patientenakte extrahiert.

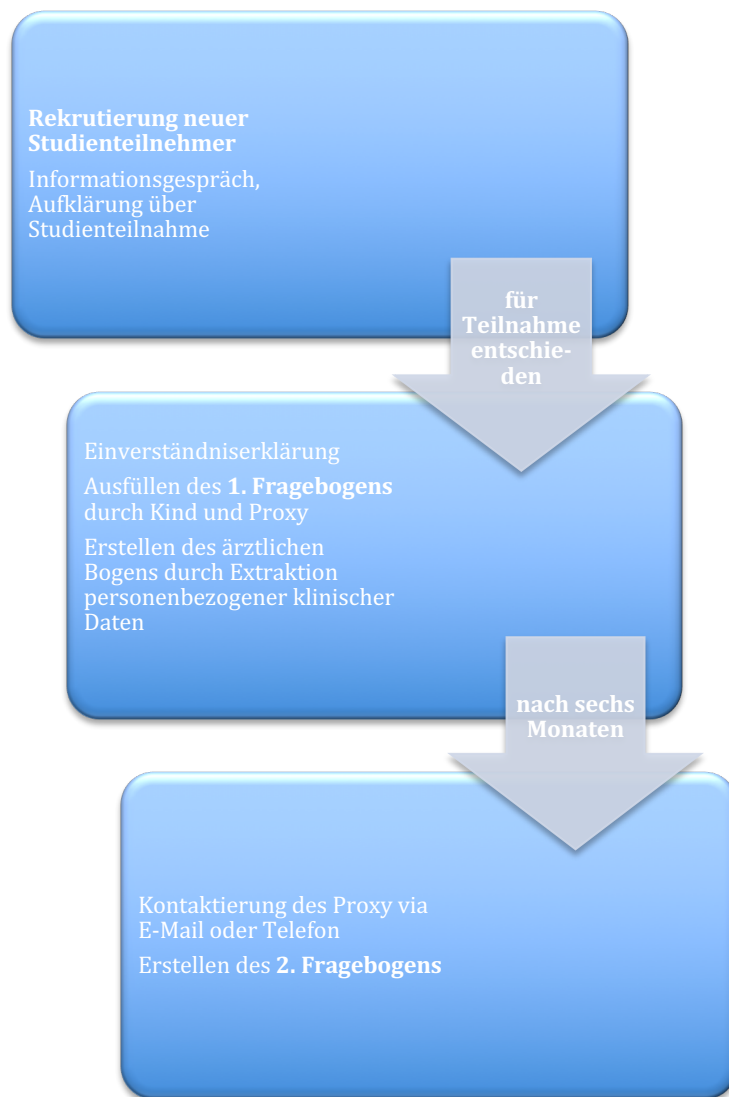


Abbildung 3: Flowchart Studienablauf

3.2 Studienpopulation

Eingeschlossen wurden Jungen und Mädchen, die zwischen sechs und vierzehn Jahre alt waren und aufgrund einer Fraktur in der Klinik und Poliklinik für Kinderchirurgie der Universitätsmedizin Mainz operativ und stationär behandelt wurden. Zu den Ausschlusskriterien zählten chronische Knochenerkrankungen, vorbestehende geistige oder körperliche Behinderungen, andere chronische Erkrankungen, die in der Vergangenheit mehrfache Operationen erfordert haben, sowie eine dauerhafte häusliche Schmerzmedikation. Die Rekrutierung der Teilnehmer erfolgte von August 2018 bis Januar 2020.

3.3 Datenerhebung

3.3.1 Fragebogen 1 und Fragebogen 2

Neben soziodemographischen Daten und Fragen zum Unfallgeschehen wurde die körperliche Aktivität in Anlehnung an Fragen aus dem Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS Basiserhebung) erhoben.

KiGGS ist ein von dem Robert Koch-Institut (RKI) zwischen Mai 2003 und Mai 2006 durchgeführtes Befragungs- und Untersuchungssurvey zur Erhebung von bundesweiten repräsentativen Daten zum Gesundheitszustand von Kindern und Jugendlichen im Alter bis siebzehn Jahre. Insgesamt haben 17.641 Kinder und Jugendliche aus 167 deutschen Städten und Gemeinden an der Umfrage teilgenommen bei einer Teilnahmequote von 66,6 %. Seit 2009 wird KiGGS als Bestandteil des Gesundheitsmonitorings am RKI als Langzeitstudie fortgeführt (Manz et al., 2014).

Die Fragebögen des Kinder- und Jugendgesundheitsurvey wurden beim RKI angefordert (URL siehe Literaturverzeichnis). Die Fragen Nr. 2 des Fragebogens 1 und Nr. 1 des Fragebogens 2 wurden direkt aus dem standardisierten Fragebogen des RKI übernommen (Fragebogen Kinder 11-13 und Jugendliche 14-17 aus der Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland).

Fragebogen 1 und Fragebogen 2 sind ähnlich aufgebaut. Die Fragen und Antwortmöglichkeiten zur körperlichen Aktivität sind identisch, um später Vergleiche zu ermöglichen.

In Fragebogen 1 (s. Anhang, Abb. 1) wurde zusätzlich erfasst, in welchem Setting sich der Unfall ereignete und wie stark die Schmerzen nach dem Unfall und nach der Operation waren. Die Schmerzintensität wurde anhand der visuellen Analogskala (VAS) erhoben. Es wurde eine Version mit zehn graduellen Abstufungen der FPS verwendet, um eine Konversion in die numerische Analogskala (NAS) zu ermöglichen.

Außerdem wurde die Sportart erfasst, die das Kind ausübt. Die Einteilung der Gruppen wurde in Anlehnung an die American Academy of Pediatrics vorgenommen. Demnach wurden in der Gruppe „keine Kontaktsportart“ alle noncontact sports subsumiert, in der Gruppe „Kontaktsportart“ alle collision sports, contact sports und limited-contact sports.

In Fragebogen 2 (s. Anhang, Abb. 2) liegt der Fokus neben dem Sport auf dem Bestehen beziehungsweise dem Zeitraum möglicherweise bestehender Einschränkungen nach dem Unfall. Eine Mehrfachnennung bestehender Einschränkungen war möglich. Es wurde zusätzlich erfasst, ob eine „differenzierte Sportbefreiung“ vorlag.

3.3.2 Ärztlicher Erfassungsbogen

Informationen zur Art der Fraktur und der Frakturversorgung wurden standardisiert anhand des ärztlichen Bogens (s. Anhang, Abb. 3) erfasst.

Die Frakturen wurden mit den vorhandenen Röntgenbildern gemäß AO Pediatric Comprehensive Classification of Long-Bone Fractures (PCCF) klassifiziert. Außerdem wurden das Dislokationsausmaß und die Art der operativen Frakturversorgung bestimmt.

Anhand des Dislokationsausmaßes wurde die Frakturkomplexität ermittelt. Die Dislokationen mit einem Achsknick $<30^\circ$ bildeten die Gruppe der einfachen Frakturen, die übrigen Formen (Dislokation mit Achsknick $>30^\circ$, Dislokation mit Verkürzung, seitliche Dislokation, sonstige Dislokation) bildeten die Gruppe der komplexen Frakturen.

Postoperativ erfolgte die standardisierte Schmerztherapie anhand des WHO-Stufenschemas. Der postoperative Analgetikabedarf in den ersten 24 Stunden wurde stets am ersten postoperativen Tag erhoben.

Größe und Gewicht dienen der Berechnung des Body Mass Index (BMI). Der Z-Wert wurde für die altersspezifische BMI-Perzentile nach Kromeyer-Hauschild ermittelt.

3.4 Statistische Datenanalyse

Es erfolgte eine geschlechterspezifische deskriptive Datenanalyse der eingeschlossenen Teilnehmer hinsichtlich Unfallsetting, Frakturtyp und –lokalisierung, eingesetztem Osteosyntheseverfahren und Dislokationsausmaß.

Die Studienteilnehmer wurden in Altersgruppen (< 7 Jahre, 7-10 Jahre, 11-13 Jahre und > 13 Jahre) analog zu den Altersgruppen der KiGGS Studie eingeteilt. Es erfolgte ein deskriptiver Datenvergleich zwischen unserem gesamten Probandenkollektiv aller Altersgruppen mit der Population der 7-10-Jährigen der KiGGS-Studie hinsichtlich der Häufigkeit der Sportausübung.

Für die Datenanalyse wurden die Teilnehmer in Gruppen je nach körperlicher Aktivität eingeteilt. Die Probanden, die bis zu zweimal pro Woche, seltener oder nie Sport trieben, bildeten die Gruppe der weniger sportlich Aktiven. Die Kinder, die dreimal pro Woche oder häufiger Sport trieben, bildeten die Gruppe der sportlich Aktiven. Außerdem wurden die Sporthäufigkeiten im Verein und außerhalb des Vereins getrennt voneinander betrachtet und analysiert.

Bei numerisch- und ordinalskalierten Variablen kam der Mann Whitney U-Test zur Anwendung. Das betreffen die Schmerzintensität nach dem Unfall und die Anzahl der Standardabweichungen des BMI von der jeweiligen P50-Perzentile (Z-Wert).

Zur Beurteilung der Änderung der sportlichen Aktivität nach sechs Monaten wurde die wöchentliche sportliche Aktivität zu zwei Messzeitpunkten erhoben und mithilfe des Wilcoxon-Tests berechnet. Hierzu wurde die Differenz dieser ordinalskalierten Größe mit fünf Graduierungen zwischen beiden Zeitpunkten gebildet.

Bei Variablen mit einer dichotomen Ausprägung kamen der Chi Quadrat-Test beziehungsweise der exakte Test nach Fisher als Signifikanztests auf Unabhängigkeit in Kontingenztafeln zum Einsatz. Diese Variablen sind die Frakturkomplexität, der Opioidbedarf während des Krankenhausaufenthaltes und das Bestehen von Einschränkungen nach sechs Monaten.

4 Ergebnisse

4.1 Patientenkollektiv

In die Studie eingeschlossen wurden insgesamt 59 Teilnehmer. Von 46 Teilnehmern lag ein vollständiger Datensatz vor. Von dreizehn für eine Teilnahme geeigneten Kindern konnte nur der Fragebogen 1 akquiriert werden, was bei unvollständigem Datensatz zum Studienausschluss führte.

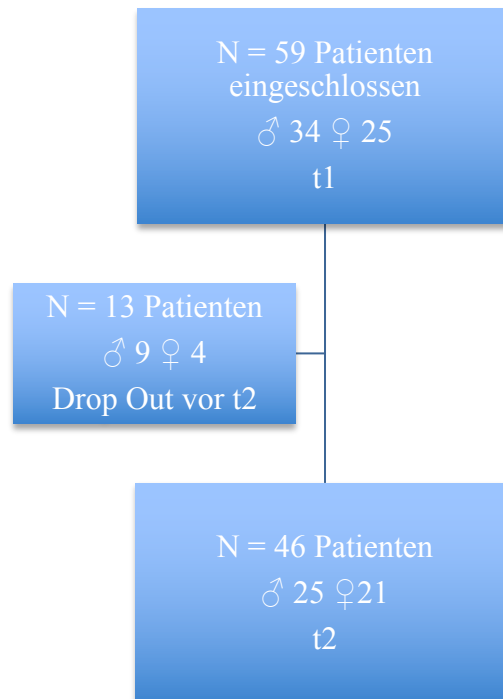


Abbildung 4: Flowchart Studienteilnehmer

Der Großteil aller Studienteilnehmer befand sich zum Zeitpunkt des Traumas im Alter von sieben bis zehn Jahren, das Durchschnittsalter betrug 9,3 Jahre (95%-Konfidenzintervall (KI): 8,57-10,08): Jungen 9,8 Jahre, Mädchen 8,8 Jahre.

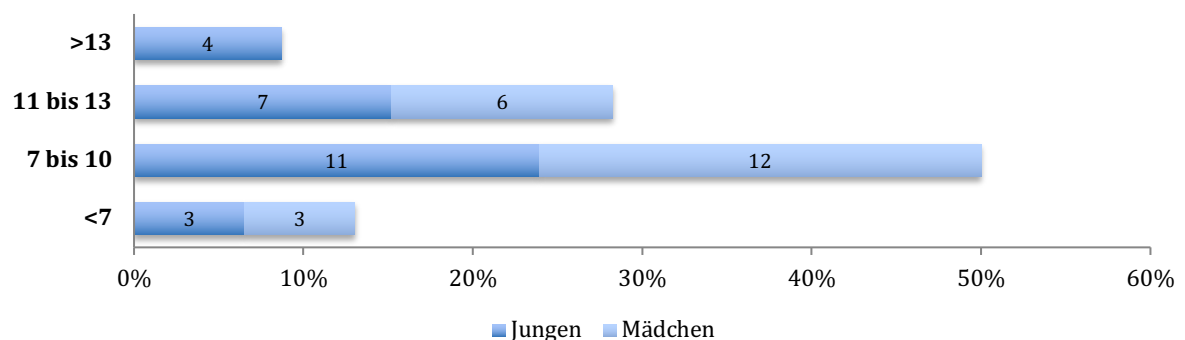


Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung der Altersklassen (Anzahl n und Anteil in Prozent)

4.2 Unfallsetting

Die meisten Unfälle ereigneten sich in der Schule (41,3%), die wenigsten beim Schulsport (6,5%). Hierbei zeigt sich ein Unterschied zwischen Mädchen und Jungen. Häufig verletzten sich Jungen beim Vereinssport (24,0%) und Mädchen in häuslichem Umfeld (38,1%). Selten ereignete sich der Unfall bei Jungen in häuslichem Umfeld (4,0%), bei Mädchen dagegen nie beim Vereinssport.

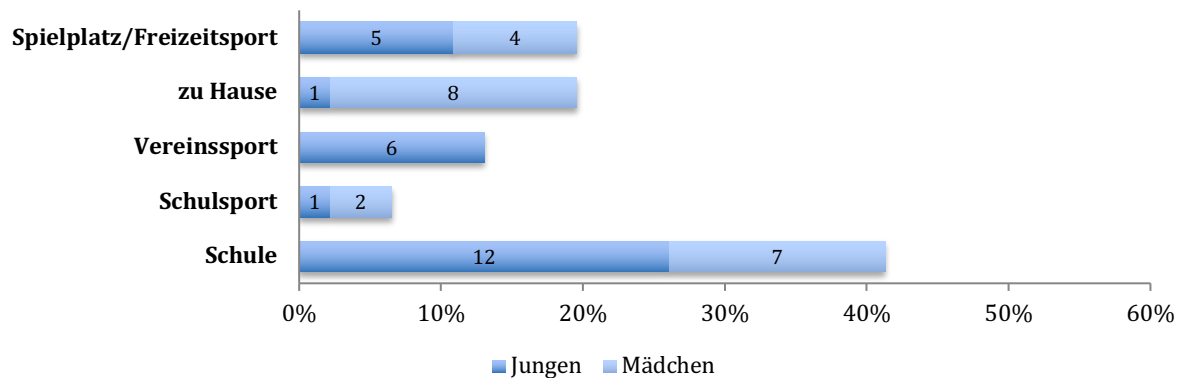


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung des Unfallsettings (Anzahl n und Anteil in Prozent)

4.3 Verletzungsmuster

Die meisten Frakturen waren gering dislozierte und nicht verkürzte Frakturen. 22 Kinder erlitten eine einfache Fraktur (47,8%), 24 Kinder eine komplexe Fraktur (52,2%).

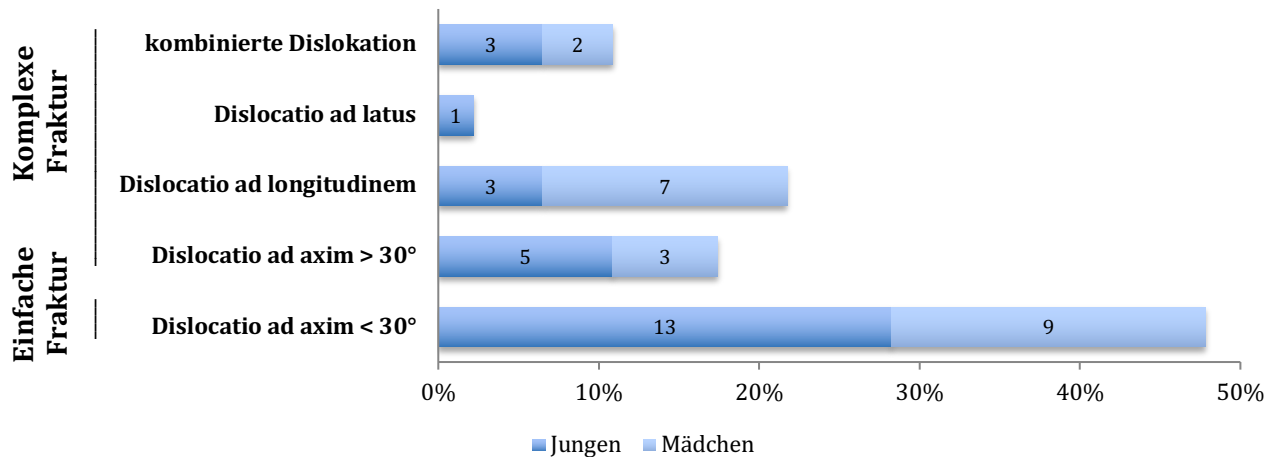


Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung der Achsfehlstellungen (Anzahl n und Anteil in Prozent)

Unter den eingeschlossenen Teilnehmern kam es ausschließlich zu Frakturen der Extremitätenknochen. Mit 56,5% lag am häufigsten eine Radiusfraktur vor. Mit einem Anteil von nur 2,2% stellten die Frakturen des Metacarpophalangealgelenks (MCP) und des Femur eine absolute Minderheit dar. Isolierte Frakturen von Ulna und Fibula wurden nicht beobachtet. Mit 73,9% kam es weitaus häufiger zu Frakturen der oberen Extremität, wenngleich die isolierte Fraktur etwas häufiger als die kombinierte auftrat (52,1% vs. 47,9%). Eine komplette Unterarmfraktur trat bei 34,8% der Probanden auf. Eine Grünholzfraktur erlitten 10,9%, ebenso häufig wie die isolierte distale Radiusfraktur. Lag eine Beteiligung des Humerus vor, so war stets der distale Anteil betroffen (15,2%). Die einfache Fraktur war mit 97,8% der mehrfragmentären deutlich überlegen.

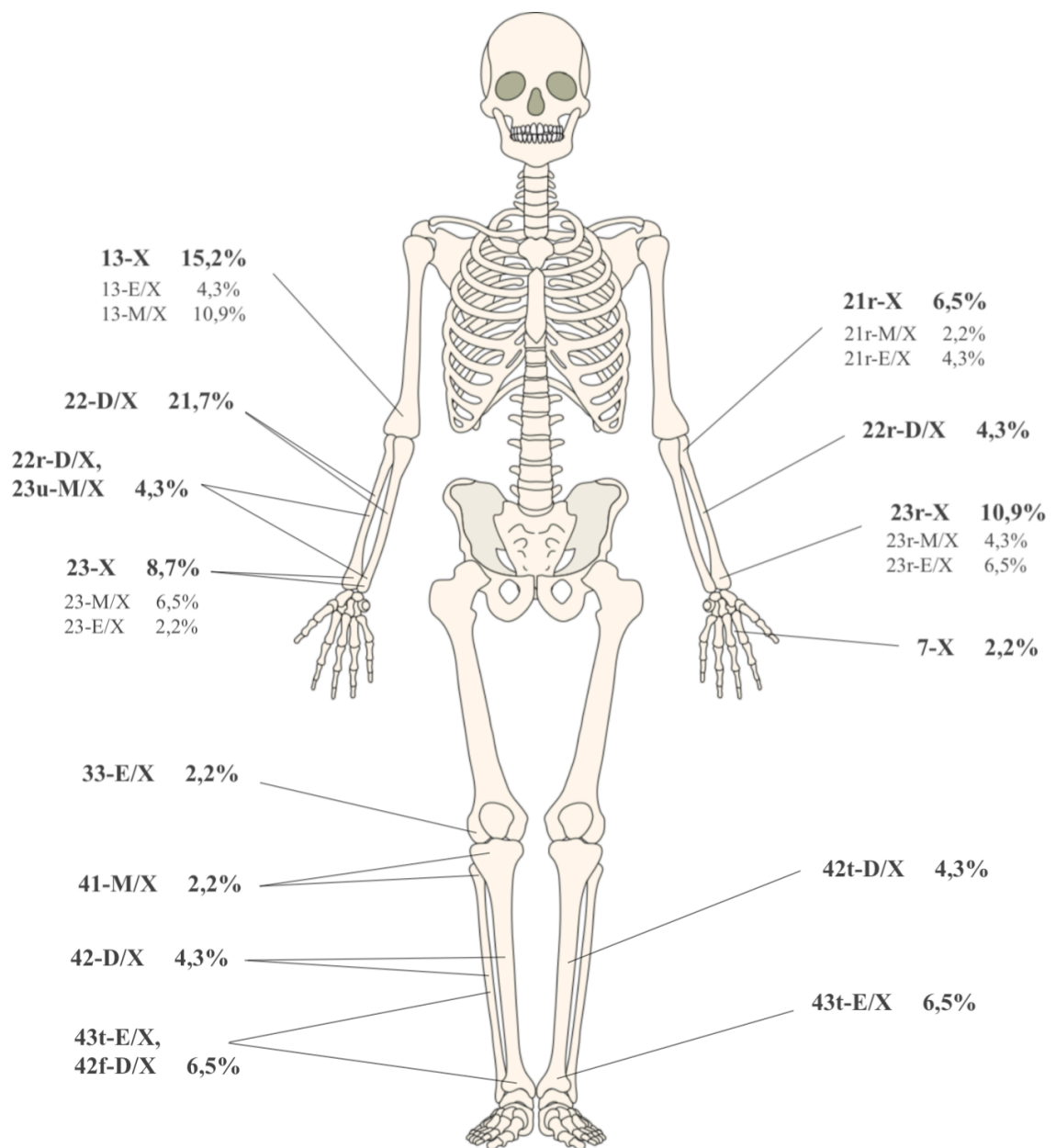


Abbildung 8: Häufigkeitsverteilung der Frakturen nach AO Pediatric Comprehensive Classification of Long Bone Fractures (Anteil in Prozent)

4.4 Frakturversorgung

Fast drei Viertel aller Frakturen wurden geschlossen reponiert (73,9%), die übrigen wurden offen reponiert (26,1%). Das offene Repositionsverfahren war vor allem dann indiziert, wenn es zu einer kombinierten Osteosynthese, beispielsweise der Kombination aus Schraube und Platte, kam. Bei diesen kombinierten Verfahren wurde in vier von sechs Fällen eine Platte verwendet, bei isolierten Verfahren kein einziges Mal. Vergleichsweise selten wurde die Schraubenosteosynthese angewandt (6,5%). Die am häufigsten verwendeten Osteosyntheseverfahren waren die K-Draht-Osteosynthese (41,3%) und die ESIN (39,1%). Diese Verfahren wurden zuvor in den meisten Fällen geschlossen reponiert.

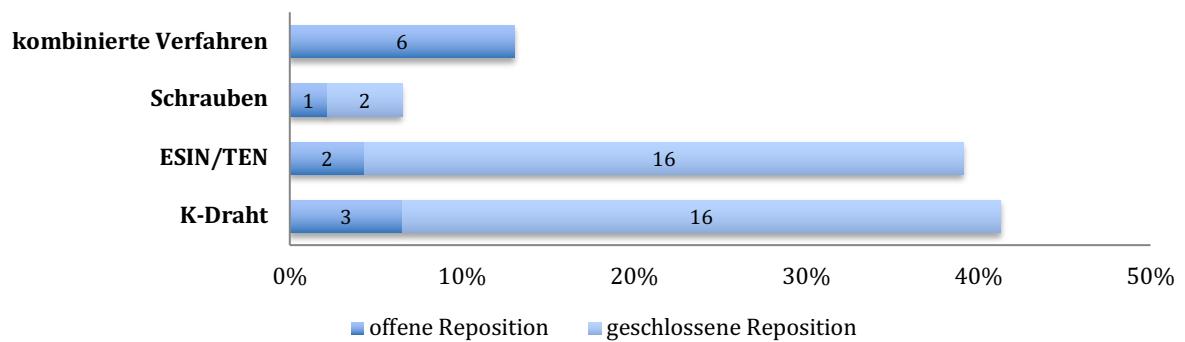


Abbildung 9: Häufigkeitsverteilung des Repositionsverfahrens (Anzahl n und Anteil in Prozent)

4.5 Analyse nach Betreiben einer Kontaktsportart

In die Gruppe „Kontaktsportart“ wurden 23 Teilnehmer (♂ 18, ♀ 5) eingeschlossen, in die Gruppe „keine Kontaktsportart“ ebenfalls 23 Teilnehmer (♂ 7, ♀ 16). Der überwiegende Teil der männlichen Probanden übte eine Kontaktsportart aus.

Die häufigste Sportart in der Gruppe Kontaktsportarten war Fußball (n = 13), die häufigste Sportart unter den Nicht-Kontaktsportarten war Turnen (n = 6).

Kinder, die eine Kontaktsportart ausübten, hatten eine durchschnittlich geringere Schmerzintensität auf der NAS nach dem Unfall (Mittelwert (MW): 7.57; 95%-KI: 6.60-8.53) als diejenigen, die keine Kontaktsportart ausübten (MW: 8.04; 95%-KI: 7.32-8.76). Es gab keinen signifikanten Unterschied der Schmerzintensität zwischen beiden Gruppen ($p = 0,624$).

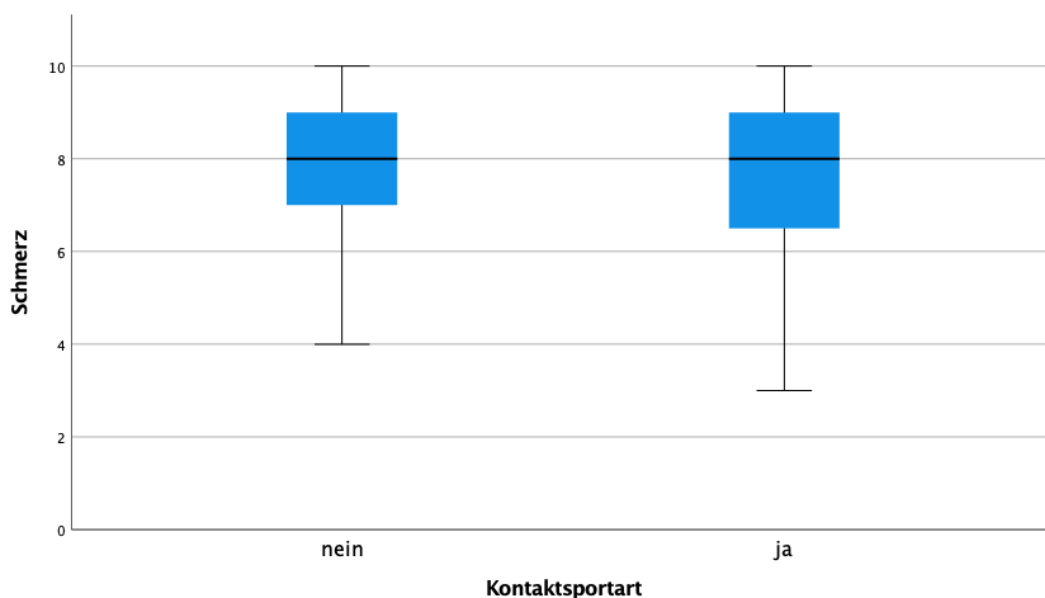


Abbildung 10: Boxplots: Schmerzintensität (NAS) nach dem Unfall in Abhängigkeit von der Ausübung einer Kontaktsportart

Kinder, die eine Kontaktsportart ausübten, erlitten häufiger eine einfache Fraktur. Diejenigen, die keine Kontaktsportart ausübten, erlitten häufiger eine komplexe Fraktur. In beiden Gruppen wurden die Frakturen häufiger offen als geschlossen reponiert, wobei der Anteil in der Gruppe „Kontaktsportart“ höher lag.

		Kontaktsportart	
		JA	NEIN
Komplexität	Einfache Fraktur	52,2% n = 12	43,5% n = 10
	Komplexe Fraktur	47,8% n = 11	56,5% n = 13
Reposition	geschlossen	13,0% n = 3	30,4% n = 7
	offen	87,0% n = 20	69,6% n = 16

Abbildung 11: Frakturkomplexität und Repositionsverfahren in Abhängigkeit von der Ausübung einer Kontaktsportart (Anzahl n und Anteil in Prozent)

4.6 Analyse nach körperlicher Aktivität

4.6.1 Schmerzintensität

Die Schmerzintensität nach NAS unmittelbar nach dem Unfall war in der Gruppe der im Verein sportlich Aktiven geringer (MW: 7.00; 95%-KI: 5.77-8.23) als in der Gruppe der im Verein wenig sportlich Aktiven (MW: 8.23; 95%-KI: 7.62-8.84).

Es gibt einen Unterschied der Schmerzintensität zwischen den beiden Gruppen, der nicht signifikant ist ($p = 0,072$). Es ergibt sich eine schwache Korrelation zwischen Sport im Verein und der Schmerzstärke, Spearmans $\rho = -0.270$.

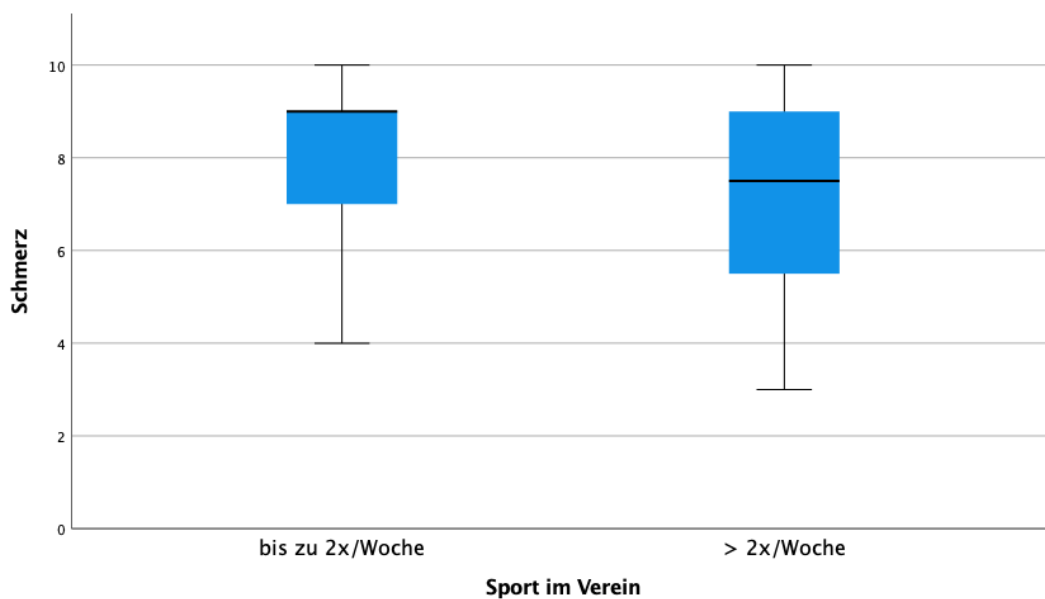


Abbildung 12: Boxplots: Schmerzintensität nach NAS in Abhängigkeit von der körperlichen Aktivität im Verein

Die Schmerzintensität nach NAS unmittelbar nach dem Unfall war in der Gruppe der außerhalb des Vereins sportlich Aktiven geringer (MW: 7.08; 95%-KI: 5.65-8.50) als in der Gruppe der außerhalb des Vereins wenig sportlich Aktiven (MW: 8.09; 95%-KI: 7.47-8.71).

Auch zwischen diesen beiden Gruppen gibt es einen Unterschied der Schmerzintensität nach dem Unfall, der nicht signifikant ist ($p = 0,165$). Es besteht ein schwacher Zusammenhang zwischen Sport außerhalb des Vereins und der Schmerzstärke, Spearman's $\rho = -0.209$.

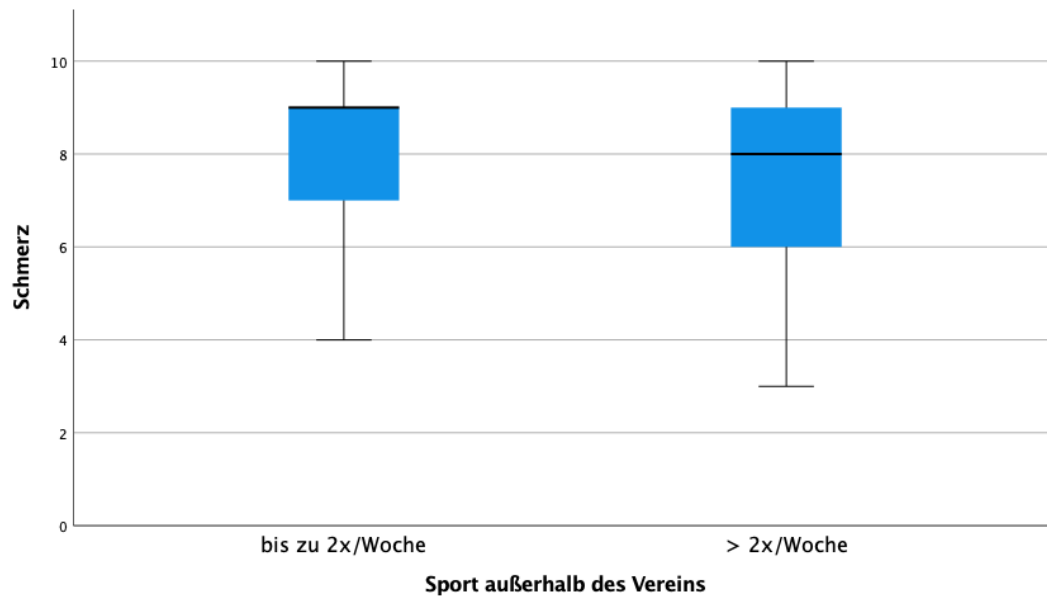


Abbildung 13: Boxplots: Schmerzintensität nach NAS in Abhängigkeit von der körperlichen Aktivität außerhalb des Vereins

4.6.2 Opioidbedarf

Im Verein wenig sportlich aktive Kinder benötigten häufiger ein Opioid zur Analgesie (16,7%) als sportlich aktive Kinder ($p = 0,147$, $\phi = -0,255$). In der Gruppe Sport außerhalb des Vereins war der Opioidbedarf der sportlich aktiven Kinder höher als derjenige der wenig aktiven Kinder ($p = 0,612$, $\phi = 0,091$).

	Opioidbedarf
Sportlich wenig aktiv (Verein) n = 30	16,7% n = 5
Sportlich aktiv (Verein) n = 16	0,0% n = 0
Sportlich wenig aktiv (außerhalb des Vereins) n = 33	9,1% n = 3
Sportlich aktiv (außerhalb des Vereins) n = 13	15,4% n = 2

Abbildung 14: Opioidbedarf in Abhängigkeit von der körperlichen Aktivität im Verein und außerhalb des Vereins (Anzahl n und Anteil in Prozent)

4.6.3 Folgen und Einschränkungen

4.6.3.1 Einschränkungen nach sechs Monaten

67,4% aller Teilnehmer hatten nach sechs Monaten keinerlei Einschränkungen im Alltag. Falls Einschränkungen bestanden, waren es mit 13% am häufigsten Bewegungseinschränkungen. Schmerzen bestanden lediglich bei 6,5%.

Ebenso bestanden beim Großteil der Teilnehmer nach sechs Monaten keinerlei Einschränkungen beim Sport (63%). Ängstlichkeit ist mit 26,1% die führende Beeinträchtigung, während Schmerzen bei sportlicher Betätigung nur bei 4,4% bestanden.

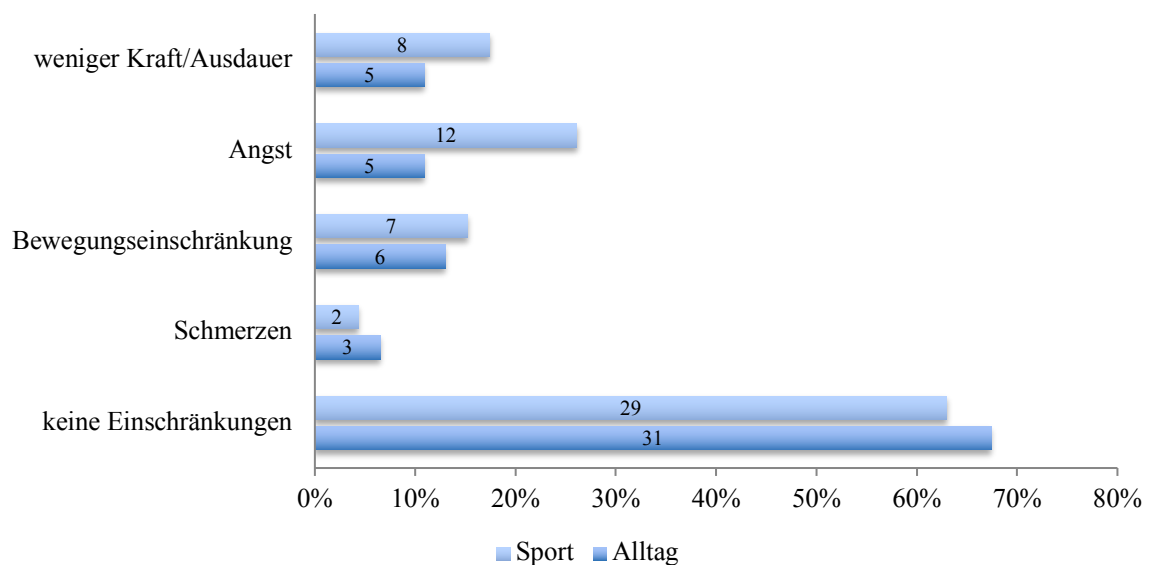


Abbildung 15: Einschränkungen im Alltag und beim Sport nach sechs Monaten (Anzahl n und Anteil in Prozent; eine Mehrfachnennung ist möglich)

Im Verein sportlich aktive Kinder zeigten sowohl beim Sport als auch im Alltag seltener Einschränkungen als wenig sportliche Kinder.

Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen sportlicher Aktivität im Verein und Einschränkungen im Alltag festgestellt werden ($\chi^2 = 0,65$, $p = 0,421$, $\phi = -0,119$).

Auch der Zusammenhang zwischen sportlicher Aktivität im Verein und Einschränkungen beim Sport war nicht signifikant ($\chi^2 = 0,34$, $p = 0,558$, $\phi = -0,086$).

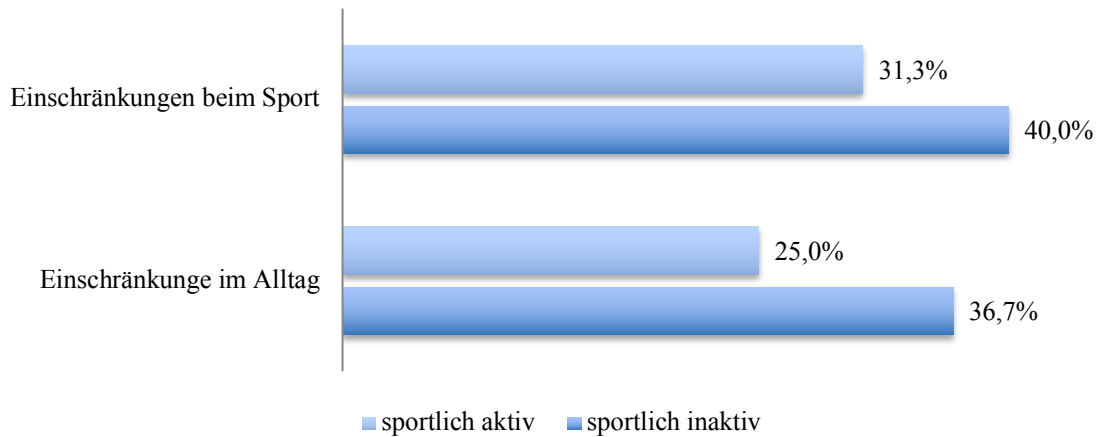


Abbildung 16: Einschränkungen beim Sport und im Alltag nach sechs Monaten in Abhängigkeit von der körperlichen Aktivität im Verein (Anteil in Prozent)

Außerhalb des Vereins sportlich aktive Kinder zeigten im Alltag seltener Einschränkungen als wenig sportliche Kinder, während der Anteil der Einschränkungen beim Sport unter den sportlich Aktiveren etwas höher lag.

Ebenso konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen sportlicher Aktivität außerhalb des Vereins und Einschränkungen im Alltag festgestellt werden ($\chi^2 = 0,75$, $p = 0,497$, $\phi = -0,128$).

Der statistische Zusammenhang zwischen sportlicher Aktivität außerhalb des Vereins und Einschränkungen beim Sport war ebenfalls nicht signifikant ($\chi^2 = 0,02$, $p = 1,000$, $\phi = 0,020$).

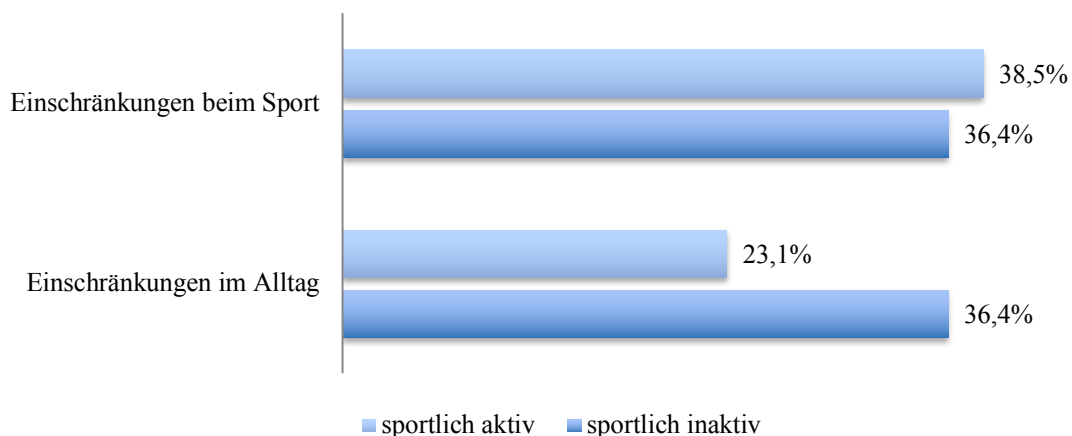


Abbildung 17: Einschränkungen beim Sport und im Alltag nach sechs Monaten in Abhängigkeit von der körperlichen Aktivität außerhalb des Vereins (Anteil in Prozent)

4.6.3.2 Differenzierte Sportbefreiung

Insgesamt erhielten acht der 46 Kinder eine differenzierte Sportbefreiung. Die Verteilung auf die einzelnen Gruppen zeigt die nachfolgende Tabelle.

	Differenzierte Sportbefreiung
Sportlich wenig aktiv (Verein) n = 30	13,3% (n = 4)
Sportlich aktiv (Verein) n = 16	25,0% (n = 4)
Sportlich wenig aktiv (außerhalb des Vereins) n = 33	18,2% (n = 6)
Sportlich aktiv (außerhalb des Vereins) n = 13	15,4% (n = 2)

Abbildung 18: Erhalt einer differenzierten Sportbefreiung in Abhängigkeit von der körperlichen Aktivität im Verein und außerhalb des Vereins (Anzahl n und Anteil in Prozent)

4.6.3.3 Wiederteilnahme am Schulsport

Sportlich aktive Kinder konnten innerhalb der ersten vier Wochen nach dem Unfall häufiger am Schulsport teilnehmen als sportlich weniger aktive Kinder.

	bis zu 4 Wochen	4-6 Wochen	6-8 Wochen	8-12 Wochen	länger als 12 Wochen
Sportlich wenig aktiv (Verein) n = 30	13,3%	23,3%	26,7%	20,0%	16,7%
Sportlich aktiv (Verein) n = 16	31,3%	18,8%	12,5%	18,8%	18,8%
Sportlich wenig aktiv (außerhalb des Vereins) n = 33	18,2%	30,3%	21,2%	12,1%	18,2%
Sportlich aktiv (außerhalb des Vereins) n = 13	23,1%	0,0%	23,1%	38,5%	15,4%

Abbildung 19: Dauer bis zur Wiederteilnahme am Schulsport in Abhängigkeit von der körperlichen Aktivität im Verein und außerhalb des Vereins (Anteil in Prozent)

4.6.4 BMI

Der Z-Wert des BMI war bei im Verein sportlich aktiven Kindern (MW: 0.17; 95%-KI: -1.28-1.62) geringer als bei sportlich wenig aktiven Kindern (MW: 2.06; 95%-KI: 1.08-3.03; $p = 0,034$).

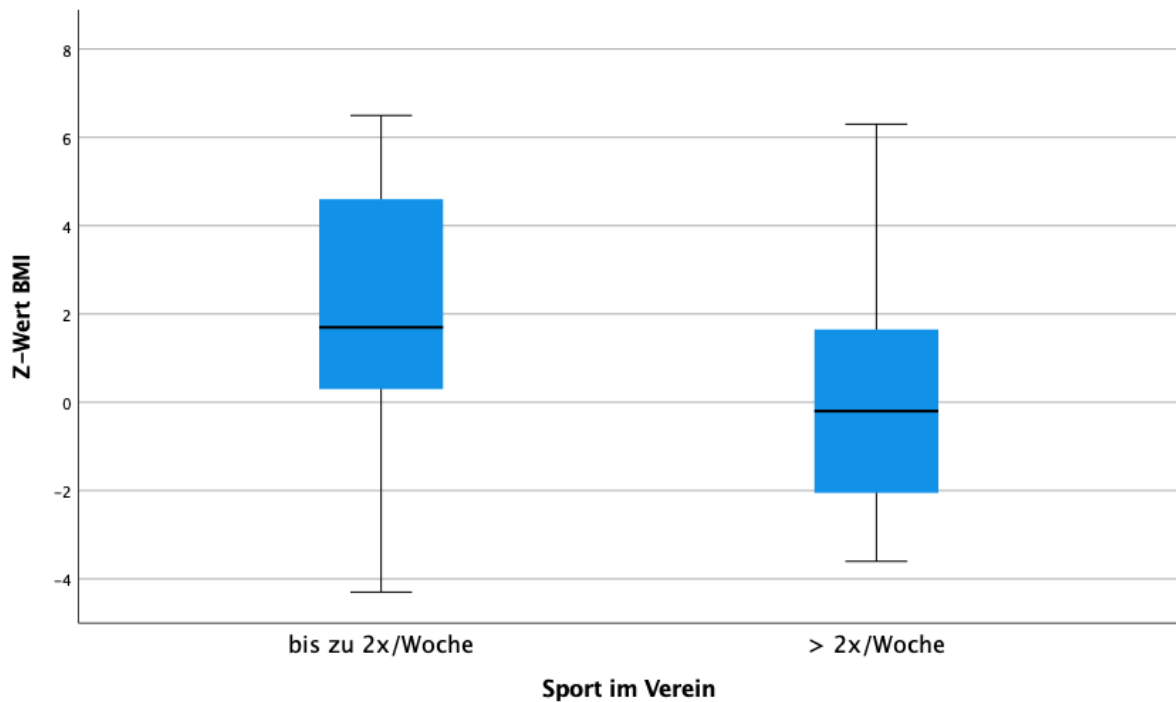


Abbildung 20: Boxplots: Z-Wert des BMI in Abhängigkeit von der körperlichen Aktivität im Verein

Der Z-Wert des BMI war bei außerhalb des Vereins sportlich aktiven Kindern (MW: 0.20; 95%-KI: -1.43-1.83) ebenfalls geringer als bei sportlich wenig aktiven Kindern (MW: 1.87; 95%-KI: 0.92-2.83). Es gibt einen Unterschied zwischen den beiden Gruppen, der nicht signifikant ist ($p = 0,113$).

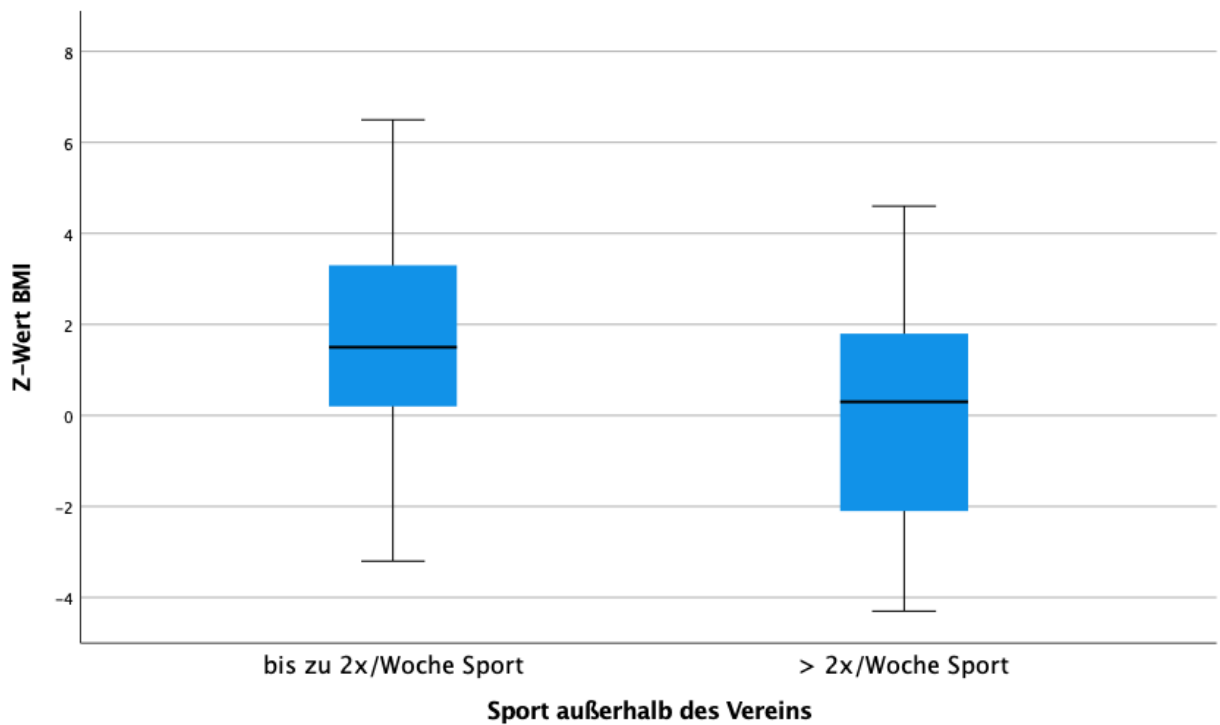


Abbildung 21: Boxplots: Z-Wert des BMI in Abhängigkeit von der körperlichen Aktivität außerhalb des Vereins

4.6.5 Frakturkomplexität

Unter den im Verein wenig sportlichen Kindern wurden häufiger komplexe Frakturen beobachtet als unter den sportlichen Kindern ($p = 0,829$, $\phi = -0,032$).

Unter den außerhalb des Vereins wenig sportlichen Kindern wurden ebenfalls häufiger komplexe Frakturen beobachtet als unter den sportlichen Kindern ($p = 0,243$, $\phi = -0,172$).

	Einfache Fraktur	Komplexe Fraktur
Sportlich wenig aktiv (Verein) n = 30	46,7% n = 14	53,3% n = 16
Sportlich aktiv (Verein) n = 16	50,0% n = 8	50,0% n = 8
Sportlich wenig aktiv (außerhalb des Vereins) n = 33	42,4% n = 14	57,6% n = 19
Sportlich aktiv (außerhalb des Vereins) n = 13	61,5% n = 8	38,5% n = 5

Abbildung 22: Häufigkeitsverteilung der Frakturkomplexität in Bezug auf die sportliche Aktivität im Verein und außerhalb des Vereins (Anzahl n und Anteil in Prozent)

4.6.6 Repositionsverfahren

Unter den im Verein sportlich aktiven Kindern wurden die Frakturen häufiger geschlossen reponiert ($p = 0,720$, $\varphi = -0,053$).

Unter den außerhalb des Vereins sportlich aktiven Kindern wurden die Frakturen ebenfalls häufiger geschlossen reponiert ($p = 0,512$, $\varphi = -0,097$).

	Geschlossene Reposition	Offene Reposition
Sportlich wenig aktiv (Verein) n = 30	76,7% n = 23	23,3% n = 7
Sportlich aktiv (Verein) n = 16	81,3% n = 13	18,7% n = 3
Sportlich wenig aktiv (außerhalb des Vereins) n = 33	75,8% n = 25	24,2% n = 8
Sportlich aktiv (außerhalb des Vereins) n = 13	84,6% n = 11	15,4% n = 2

Abbildung 23: Häufigkeitsverteilung des Repositionsverfahrens in Bezug auf die sportliche Aktivität im Verein und außerhalb des Vereins (Anteil in Prozent)

4.7 Änderung der sportlichen Aktivität nach sechs Monaten

Es gab einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der Änderung der sportlichen Aktivität im Verein nach sechs Monaten und der sportlichen Aktivität im Verein vor dem Unfall bei den sportlich wenig aktiven Kindern ($Z = 2,553$, $p = 0,011$, $r = 0,466$), wobei die durchschnittliche Aktivität zunahm. Ebenso nahm die sportliche Aktivität außerhalb des Vereins bei den sportlich wenig aktiven Kindern zu ($Z = 2,504$, $p = 0,012$, $r = 0,436$).

Es gab außerdem auch einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der Änderung der sportlichen Aktivität im Verein nach sechs Monaten und der sportlichen Aktivität im Verein vor dem Unfall bei den sportlich aktiven Kindern ($Z = -2,719$, $p = 0,007$, $r = 0,680$), wobei die durchschnittliche Aktivität abnahm. Ebenso nahm auch die sportliche Aktivität außerhalb des Vereins bei den sportlich aktiven Kindern ab ($Z = -2,280$, $p = 0,023$, $r = 0,632$).

		nie	seltener	1-2x/ Woche	3x/ Woche	fast jeden Tag	p-Wert r-Wert
Sportlich wenig aktiv (Verein)	vor dem Unfall	36,7%	0,0%	63,3%	0,0%	0,0%	p = 0,011* r = 0,466
	nach 6 Monaten	16,7%	10,0%	56,7%	10,0%	6,7%	
Sportlich aktiv (Verein)	vor dem Unfall	0,0%	0,0%	0,0%	56,3%	43,8%	p = 0,007* r = 0,680
	nach 6 Monaten	12,5%	6,3%	31,3%	18,8%	31,3%	
Sportlich wenig aktiv (außerhalb des Vereins)	vor dem Unfall	9,1%	30,3%	60,6%	0,0%	0,0%	p = 0,012* r = 0,436
	nach 6 Monaten	3,0%	27,3%	54,5%	6,1%	9,1%	
Sportlich aktiv (außerhalb des Vereins)	vor dem Unfall	0,0%	0,0%	0,0%	38,5%	61,5%	p = 0,023* r = 0,632
	nach 6 Monaten	0,0%	15,4%	30,8%	23,1%	30,8%	

Abbildung 24: Änderung der sportlichen Aktivität nach sechs Monaten im Vergleich zu vor dem Unfall bei sportlich aktiven und sportlich wenig aktiven Kindern im Verein und außerhalb des Vereins, *statistisch signifikanter Unterschied

4.8 Vergleich KiGGS-Studie

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Häufigkeit körperlicher Aktivität bei Mädchen und Jungen vor einem Unfall, sechs Monate nach dem Unfall sowie im Vergleich zur KiGGS-Studie.

Sport im Verein:

Vor dem Unfall gaben 38,1% der Mädchen an, nie Sport zu treiben, während dies sechs Monate nach dem Unfall auf 19% sank. Gleichzeitig stieg der Anteil derjenigen, die 1-2 Mal pro Woche Sport treiben, von 42,9% auf 57,1%. Es zeigt sich also eine Zunahme der sportlichen Aktivität nach dem Unfall.

Bei den Jungen blieb der Anteil derjenigen, die nie Sport treiben, unverändert bei 12%. Allerdings sank der Anteil der sportlich Aktiven (3-5 Mal pro Woche und fast täglicher Sport) um jeweils 4%, während der Anteil derjenigen, die seltener Sport treiben, von 0% auf 8% anstieg.

Im Vergleich zu den Daten der KiGGS-Studie zeigt sich, dass sowohl Mädchen als auch Jungen aus unserer Studie mit höheren Anteilen fast täglich Sport treiben, während die Anteile derjenigen, die nie Sport treiben, niedriger ausfallen.

Sport außerhalb des Vereins:

Es ist eine Zunahme der sportlichen Aktivität bei Mädchen nach sechs Monaten zu beobachten. Beispielsweise nahm der Anteil derjenigen, die fast täglich aktiv waren, von 14,3% auf 19% zu und der Anteil derjenigen, die nie aktiv waren, von 14,3% auf 4,8% ab.

Bei Jungen ist eine Abnahme der sportlichen Aktivität zu verzeichnen, da der Anteil der fast täglichen Aktivität von 20% auf 12% zurückging, während die Anteile der moderaten Aktivität 1-2 Mal pro Woche von 48% auf 60% anstiegen.

Im Vergleich zu den KiGGS-Daten waren vor dem Unfall sowohl Mädchen als auch Jungen häufiger aktiv (z.B. fast täglich 14,3% vs. 8,4% bei den Mädchen und 20% vs. 12,9% bei den Jungen). Nach sechs Monaten liegt die Aktivität der Jungen im Vergleich zu den Mädchen deutlich unter dem Durchschnitt der KiGGS-Werte.

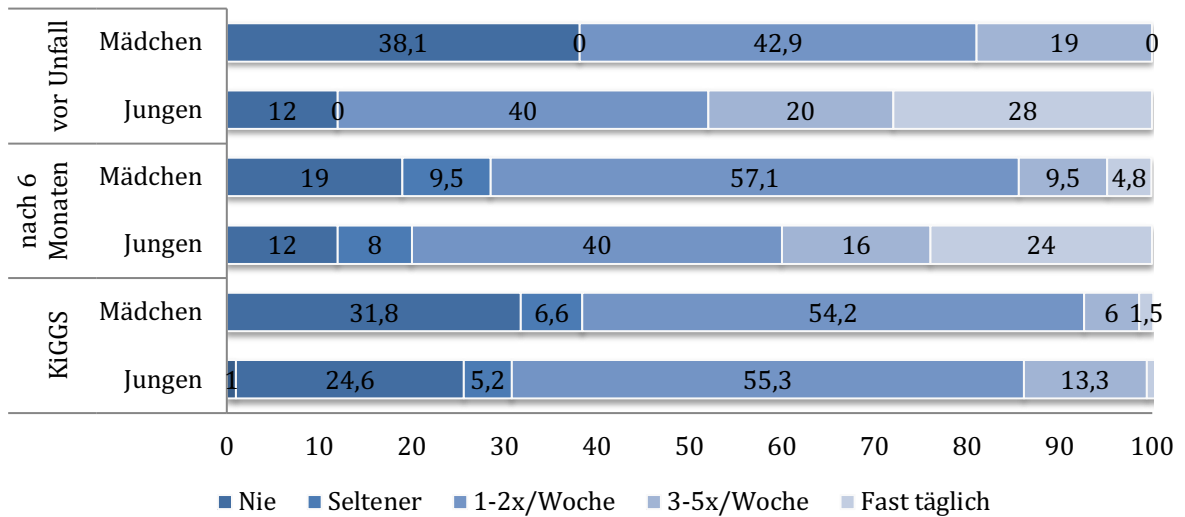


Abbildung 25: Vergleich der sportlichen Aktivität im Verein vor dem Unfall und nach sechs Monaten im Vergleich zur KiGGS-Studie (Anteil in Prozent)

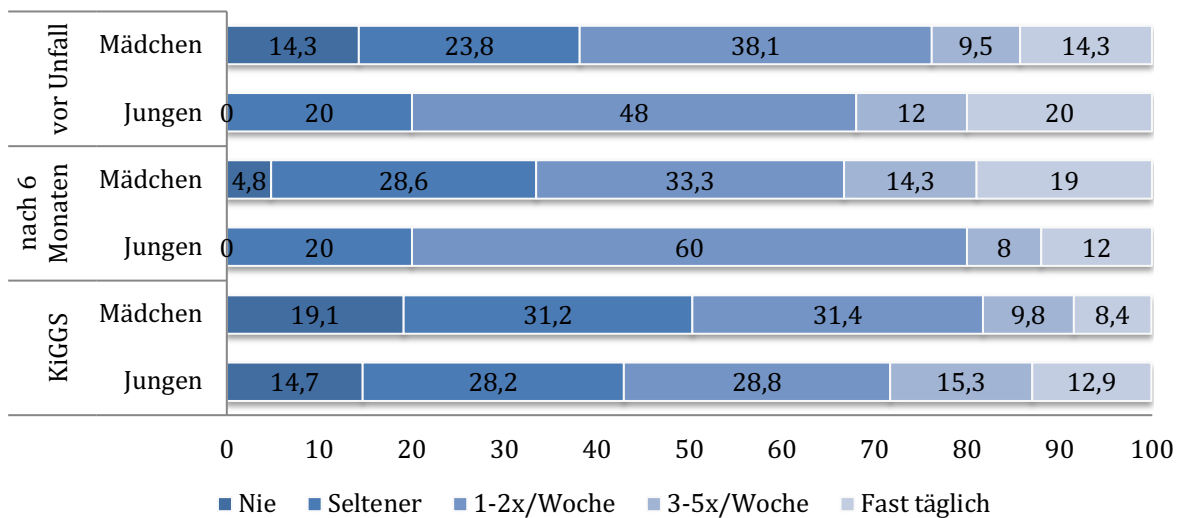


Abbildung 26: Vergleich der sportlichen Aktivität außerhalb des Vereins vor dem Unfall und nach sechs Monaten im Vergleich zur KiGGS-Studie (Anteil in Prozent)

5 Diskussion

Diese Studie untersucht den Einfluss sportlicher Aktivität auf die Schmerzempfindung und die Genesung nach kindlichen, operativ versorgten Frakturen.

Die vorliegenden Ergebnisse verdeutlichen, dass eine hohe körperliche Aktivität und das Ausüben einer Kontaktsportart bei Kindern mit einer geringeren Schmerzintensität und einem reduzierten Bedarf an Opioiden nach einem Trauma verbunden sind. Sportlich aktive Kinder berichten von niedrigeren Schmerzskalenwerten als inaktive Kinder, was insbesondere Jungen betrifft, die eine Kontaktsportart ausüben. Ein weiterer zentraler Aspekt ist, dass sportliche Aktivität die Rückkehr zum Sport nach einem Trauma fördert, wobei sportlich aktive Kinder schneller wieder am Schulsport teilnehmen. Interessanterweise zeigt sich eine Veränderung des sportlichen Aktivitätsniveaus über die Zeit, wobei unsportliche Kinder ihre Aktivität steigerten, während sportlich aktive Kinder eine Reduktion erfuhren. Diese Ergebnisse bieten eine interessante Grundlage für die folgende Diskussion und werfen Fragen zur Rolle der körperlichen Aktivität im Kindesalter auf.

Die Ergebnisse der KiGGS-Studie und der eigenen Untersuchung zeigen insgesamt ein höheres Aktivitätsniveau bei Jungen im Vergleich zu Mädchen, sowohl im Vereinssport als auch beim Sport außerhalb des Vereins. Allerdings kommt es sechs Monate nach dem Trauma bei Jungen zu einer Aktivitätsabnahme, während Mädchen tendenziell häufiger Sport treiben. Zudem ist ein Rückgang der sportlichen Betätigung mit zunehmendem Alter erkennbar.

5.1 Sport als Prädispositionsfaktor für Schmerzresistenz

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen einen Zusammenhang zwischen der körperlichen Aktivität von Kindern und deren subjektiven Schmerzwahrnehmung nach einem Trauma. Diese Befunde stehen im Einklang mit einer wachsenden Zahl wissenschaftlicher Studien, die die schmerzlindernden und psychologischen Vorteile von körperlicher Aktivität bei Kindern belegen.

Während bei körperlich aktiven Kindern die Schmerzintensität auf der VAS bei durchschnittlich 7,00 (Sport im Verein) beziehungsweise 7,08 (Sport außerhalb des Vereins) lag, so gaben körperlich inaktivere Kinder die Schmerzen durchschnittlich mit 8,23 (Sport im Verein) beziehungsweise 8,09 (Sport außerhalb des Vereins) an. Dieser Zusammenhang zeigt sich letztlich auch in Bezug auf die Ausübung einer Kontaktsportart (7,57 vs. 8,04) und im Opioidbedarf während des Krankenhausaufenthaltes. Fünf der insgesamt 30 Kinder aus der Gruppe der wenig Aktiven benötigten ein Opioid, während bei keinem der 16 Kinder aus der Gruppe der Aktiveren Bedarf bestand. Diese erkennbaren Trends konnten jedoch aufgrund der geringen Fallzahl nicht als statistisch signifikant nachgewiesen werden ($p > 0,05$). Um die beobachtete Tendenz zu validieren, ist eine größere Stichprobe erforderlich.

Es wird allgemein angenommen, dass sich die Schmerzwahrnehmung bei Sportlern von derjenigen der Normalbevölkerung unterscheidet. Ob Redewendungen wie „Indianer kennen keinen Schmerz“ tatsächlich wissenschaftlich fundiert werden können, gilt es im Folgenden zu diskutieren.

Nun ist die Beziehung zwischen einem hohen Fitnesslevel und der physischen Resistenz gegenüber Schmerz nur schwer zu quantifizieren. Einige Studien beschäftigten sich jedoch mit dieser Fragestellung. Ein hohes Maß an körperlichem Training kann somit die motorischen Leistungsfähigkeiten verbessern und die Widerstandsfähigkeit junger Athleten gegen sportbedingte Verletzungen erhöhen (Faigenbaum et al., 2009). Körperliche Aktivität führt außerdem sowohl zu akuten als auch zu langfristigen Auswirkungen auf die Schmerzwahrnehmung (O'Connor & Cook, 1999). Schmerztoleranzgrenzen und Schmerzschwellenwerte nehmen nach dem Training zu und die Intensität eines bestimmten Schmerzreizes wird nach dem Training niedriger bewertet (Koltyn, 2000). Außerdem führt körperliche Aktivität zu einem signifikanten Anstieg der Schmerzschwelle bei Athleten unmittelbar nach dem Sport (Guieu, Blin, Pouget, & Serratrice, 1992). Keinen eindeutigen Konsens zeigt die Studienlage in der Schmerzwahrnehmung bei Sportlern in Ruhe. Während die meisten Autoren eine höhere Schmerzresistenz von Sportlern auch in Ruhe erfassen,

berichten manche von durchschnittlichen oder gar erniedrigten Schmerzschwellen. Hierbei ist zu beachten, dass die erhöhte Schmerztoleranz bei Sportlern während des Sports durch multiple Confounder beeinflusst wird, beispielsweise die Ausschüttung von Endorphinen oder die Erarbeitung von Strategien zur Schmerzbewältigung, die unsportlicheren Personen nur eingeschränkt zur Verfügung stehen.

Weiterhin sind Sportler bei ihren täglichen körperlichen Anstrengungen häufig unangenehmen Sinneserfahrungen ausgesetzt. Hohe körperliche und psychische Hürden müssen bei Wettkämpfen und physisch anspruchsvollen Trainings überwunden werden. Hierdurch sind Sportler gezwungen, effiziente Coping-Strategien zu entwickeln. Darüber hinaus unterscheidet sich die mentale Einstellung von Sportlern gegenüber Schmerzen und körperlichen Beschwerden signifikant von der von Kontrollgruppen (Ord & Gijsbers, 2003). Insgesamt spielen somit auch psychologische Faktoren eine wichtige Rolle bei der Schmerztoleranz bei Sportlern (Tesarz, Schuster, Hartmann, Gerhardt, & Eich, 2012).

Andererseits konnte gezeigt werden, je mehr Sport Teilnehmer einer Untersuchung treiben, desto wahrscheinlicher ist es, dass sie Schmerzen entwickeln. Jede zusätzliche Stunde pro Woche sportlicher Aktivität war mit einer um 3% höheren Wahrscheinlichkeit verbunden, muskuloskelettalen Schmerz zu entwickeln (Kamada et al., 2016). Außerdem ist das Bestehen von Schmerzen mit einer schlechteren sportlichen Leistungsfähigkeit verbunden. Sportliche Jungen, die über einen längeren Zeitraum Schmerzen verspüren, schnitten bei Sport Performance Tests schlechter ab als diejenigen, die seltener Schmerzen verspüren (Malmborg, Olsson, Bergman, & Bremander, 2018). Bei diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nach der Kausalität beziehungsweise ob eine gegenseitige negative Beeinflussung besteht. In unseren Ergebnissen jedoch ist das körperliche Aktivitätslevel unabhängig vom Schmerzzustand, da dieser ein einmaliges traumatisches Ereignis darstellte und somit keinen Einfluss auf das Aktivitätsniveau der Kinder vor dem Unfall hatte. Somit muss der Bias des schlechteren Performancestatus aufgrund eines hohen Schmerzerlebens nicht berücksichtigt werden.

Beim Ausüben einer Kontaktsportart herrscht in unseren Ergebnissen eine deutliche männliche Dominanz (♂ 18 (72,0 %); ♀ 5 (23,8%)). In der Datenanalyse wurde lediglich berücksichtigt, ob es sich um eine Kontaktsportart handelt, nicht dagegen um welche Art der Kontaktsportart. Zwar korreliert das Ausüben in vielen Fällen mit einer vermehrten physischen Belastung des Körpers, setzt diese jedoch nicht voraus.

So ist nicht das Maß an Intensität und die Häufigkeit einer Sportart, sondern vielmehr die jeweilige Disziplin maßgebend für die Knochenmineralisierung und somit indirekt für die physische Robustheit. Demnach zeigen Wrestler und Handballspieler eine erhöhte muskuloskeletale Belastbarkeit, Leichtathleten und Radsportler dagegen eine verminderte (Kalabiska, Zsakai, Annar, Malina, & Szabo, 2022). Eine hohe Sportintensität, die mit hoher physischer Belastung des Skelettsystems einhergeht, prädisponiert zu einer höheren Knochendichte im Vergleich zu Sportarten, die ohne eine starke mechanische Beanspruchung einhergehen, beispielsweise Schwimmen. Ebenso bestimmen nicht nur Häufigkeit und tägliche Dauer der Betätigung die Ausbildung der Knochendichte, sondern auch der Grad der mechanischen Auswirkung auf den Körper (Tamaki et al., 2008). Da die meisten Kontaktsportarten eben diese höhere mechanische Beanspruchung des muskuloskelettalen Systems innehaben, kann indirekt auf eine höhere physische Resistenz geschlossen werden.

Außerdem konnte ein Zusammenhang zwischen Verletzungsanfälligkeit und Ausübung einer Individual- beziehungsweise Mannschaftssportart festgestellt werden. Demnach sind Sportler in Individualsportarten anfälliger für Verletzungen durch Überbelastung (Pasulka, Jayanthi, McCann, Dugas, & LaBella, 2017). Eine erhöhte körperliche Fitness ist im Allgemeinen mit einem verringerten Frakturrisiko verbunden, zum Teil bedingt durch eine erhöhte Knochendichte und vermehrte Muskelkraft (Fritz et al., 2016).

Allerdings sollte die potenzielle Rolle von Confoundern, insbesondere der Frakturkomplexität, kritisch beleuchtet werden. Die Ergebnisse zeigen, dass Kinder, die eine Kontaktsportart ausüben oder insgesamt sportlich aktiver sind, tendenziell weniger komplexe Frakturen erleiden als Kinder, die weniger Sport oder primär Individualsportarten betreiben. Dieser Befund legt nahe, dass die Frakturkomplexität als entscheidender Confounder betrachtet werden muss, da sie sowohl die Schwere der Verletzung, als auch die damit verbundene Schmerzwahrnehmung maßgeblich beeinflussen kann.

Komplexere Frakturen sind mit einem höheren Maß an Gewebeschädigung, längerer Heilungsdauer und häufig stärkeren Schmerzen assoziiert. Da die sportlich aktiveren Kinder in der vorliegenden Untersuchung überwiegend leichtere Frakturen aufwiesen, könnte der beobachtete Zusammenhang zwischen sportlicher Aktivität und reduzierter Schmerzwahrnehmung zumindest teilweise durch die geringere Frakturkomplexität erklärt werden.

Um den Einfluss der Frakturkomplexität differenziert zu analysieren, wäre es sinnvoll, zukünftige Untersuchungen so zu konzipieren, dass die Frakturkomplexität als Variable

kontrolliert oder statistisch adjustiert wird. Nur so kann eine valide Aussage darüber getroffen werden, ob sportliche Aktivität unabhängig von der Art der Verletzung tatsächlich zu einer verminderten Schmerzwahrnehmung führt. Die vorliegende Arbeit eröffnet damit eine wichtige Diskussion über die multifaktoriellen Einflüsse auf die Schmerzwahrnehmung und zeigt gleichzeitig auf, dass eine sorgfältige Berücksichtigung von Confoundern essenziell ist, um robuste Schlussfolgerungen zu ziehen.

Letztlich legen die Ergebnisse nahe, dass körperliche Aktivität nicht nur präventive, sondern auch therapeutische Vorteile für Kinder mit erhöhtem Schmerzrisiko bietet. Insbesondere könnte eine gezielte Förderung körperlicher Aktivität als Teil eines multimodalen Schmerztherapieansatzes integriert werden.

5.2 Einschränkungen

Ein wesentlicher Einflussfaktor für die Wiederaufnahme von Sport nach einem Trauma ist das Bestehen von nachhaltigen Einschränkungen. In unserer Studie sind etwa zwei Drittel aller Kinder sowohl im Alltag als auch beim Sport frei von Einschränkungen jeglicher Art, wobei die Anteile von Bewegungseinschränkungen, Angst und weniger Kraft/Ausdauer beim Sport über denen im Alltag liegen. Sportlich aktive Kinder, insbesondere solche im Verein, beklagten seltener Einschränkungen im Alltag als inaktivere Kinder. Außerhalb des Vereins aktive Kinder zeigten ebenfalls weniger Einschränkungen im Alltag, hatten jedoch beim Sport einen leicht höheren Anteil an Einschränkungen.

Außerdem zeigen unsere Ergebnisse, dass innerhalb der ersten vier Wochen nach dem Unfall mehr sportlich aktivere Kinder wieder am Schulsport teilnehmen konnten als sportlich inaktivere Kinder (Vereinsport: 31,3% vs. 13,3%; Sport außerhalb des Vereins: 23,1% vs. 18,2%).

Der Umstand verstärkter Einschränkungen beim Sport im Vergleich zu denen im Alltag kann die Ursache darin haben, den Körper und die Muskulatur in gesteigertem Umfang nutzen zu müssen als in unbelastetem Zustand. Aus diesem Grund kommen möglicherweise bestehende Einschränkungen schneller zu Tage. Ein weiterer Grund, insbesondere für Defizite in Kraft und Ausdauer, ist die in den meisten Fällen notgezwungene posttraumatische Sportpause und die damit einhergehende konditionelle Regression. Die Diskrepanz zwischen Sportumfang vor und nach dem Unfall dürfte sich insbesondere in der Gruppe der sportlich Aktiveren zeigen.

Trotz alledem hat die Auswertung gezeigt, dass sportliche Aktivität vor dem Bestehen von Einschränkungen jeglicher Art nach dem Unfall schützt. Das betrifft sowohl Einschränkungen im Alltag, als auch beim Sport. Entsprechend der niedrigeren Schmerzintensitäten direkt nach dem Unfall, kann bei sportlich aktiven Kindern auch Wochen bis Monate nach dem Unfall von geringeren Schmerzleveln ausgegangen werden. Eine mögliche Erklärung liefert der Umstand, dass Kinder mit regelmäßiger sportlicher Betätigung vor einem Unfall oft eine bessere muskuläre Grundfitness sowie eine höhere Resilienz aufweisen (Müller et al., 2018). Darüber hinaus zeigen Studien, dass Kinder mit einer hohen sportlichen Selbstwirksamkeit nach einem Unfall eine stärkere intrinsische Motivation entwickeln, wieder aktiv zu werden (Shepherd & Taylor, 2019).

Eng verbunden mit dem Schmerzempfinden ist der Faktor Angst, der deutlich häufiger beim Sport als im Alltag sowie eher bei sportlich weniger aktiven Kindern besteht. Ebenso wie zur Verbesserung des kardiovaskulären Risikoprofils, trägt eine hohe körperliche Aktivität zur Reduktion von Angstzuständen und stressbedingten Störungen bei. Zudem konnte körperliche Inaktivität als Risikofaktor für die Entwicklung von Angstzuständen identifiziert werden. (Kandola et al., 2018).

Die Erkenntnis, dass innerhalb der ersten vier Wochen mehr sportlich aktive Kinder wieder am Schulsport teilnehmen konnten, steht im Einklang mit den Untersuchungen, die hervorheben, dass eine schnelle Rückkehr zu gewohnten Routinen die Rehabilitation fördert (Smith et al., 2017). Es wird betont, dass eine frühzeitige Teilnahme am Schulsport auch soziale und emotionale Vorteile mit sich bringt, da sie die soziale Integration und die Selbstwahrnehmung der Kinder stärkt (Siebert et al., 2021).

Es ist zu berücksichtigen, dass die Komplexität der Fraktur nicht nur die Schmerzwahrnehmung, sondern möglicherweise auch den Verlauf der Rehabilitation beeinflussen könnte. Da sportlich aktivere Kinder tendenziell einfachere Frakturen erlitten, könnte die geringere Frakturkomplexität zu einem günstigeren Rehabilitationsverlauf beigetragen haben.

5.3 Änderung sportlicher Aktivität nach sechs Monaten

Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen der Änderung sportlicher Aktivität nach sechs Monaten zwischen beiden Gruppen. Insbesondere konnte eine Zunahme der sportlichen Aktivität bei vormals unsportlichen Kindern und eine Abnahme bei zuvor sportlich aktiven Kindern beobachtet werden.

Gleichzeitig treiben Jungen sechs Monate nach dem Trauma weniger Sport als zuvor, Mädchen hingegen mehr Sport.

Man wird leicht zu der Annahme verleitet, sportliche Kinder verfügen in der Bewältigung eines Traumas, in diesem Fall eines Knochenbruchs, über einen Vorteil gegenüber unsportlichen. Auch wenn man keine Zunahme bei den Sportlichen und umgekehrt keine Abnahme bei den Unsportlichen erwartet hätte, dann zumindest ein konstantes Aktivitätsniveau zu beiden Zeitpunkten. Mögliche Begründungen hierfür sind vielfältig. Ein Grund könnte in der Ordinalskalierung der Antwortmöglichkeiten der Fragebögen sowie in der Einteilung der Gruppen liegen, die in Anlehnung an die KiGGS-Studie übernommen wurde. So wurden die drei seltensten Ausprägungen und die zwei häufigsten Ausprägungen zu Gruppen zusammengefasst.

Ferner ist eine Änderung von Daten im Randbereich generell gesprochen meist nur in die Richtung des Mittelwerts beziehungsweise der anderen Extremen möglich. In Bezug auf unsere Ergebnisse heißt das konkret, dass sehr sportliche Kinder nur mit einer geringen Wahrscheinlichkeit nach sechs Monaten noch häufiger Sport treiben als zuvor. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass aufgrund möglicherweise bestehender Einschränkungen manche Kinder nach sechs Monaten weniger Sport treiben als zuvor. Dieser Umstand hätte einen deutlich größeren Einfluss auf die Änderung des Sportverhaltens bei sportlich aktiven Kindern, da solche Einschränkungen bei ohnehin unsportlichen Kindern nur schwer zu noch unsportlicherem Verhalten führen können.

Zudem birgt der Leistungssport ein erhöhtes Verletzungsrisiko bei jungen Sportlern, während der Spezialisierungsgrad mit der Höhe des Risikos korreliert (Myer et al., 2015). Da es sich bei der Befragung nach sechs Monaten um eine Momentaufnahme handelte, besteht durchaus die Möglichkeit, dass sich sehr sportliche Kinder zu diesem Zeitpunkt in einer sportärmeren Phase befunden haben könnten. Eine wichtige Rolle könnte auch die soziale Unterstützung spielen. Es ist bekannt, dass peer-basierte Rehabilitation und elterliche Ermutigung besonders unsportliche Kinder dazu motivieren können, aktiver zu werden (Hagger et al., 2012). Im Gegensatz dazu könnten sportliche Kinder aufgrund der vorübergehenden Unterbrechung ihrer

Routinen oder einer Stigmatisierung durch Verletzungen Schwierigkeiten haben, ihre vorherigen Aktivitätsniveaus zu erreichen (Brunet et al., 2013).

Die beobachtete Veränderung wirft auch Fragen zur langfristigen Entwicklung des Bewegungsverhaltens auf. Studien zeigen, dass frühere Bewegungsmuster oft prädiktiv für zukünftige Aktivität sind (Telama et al., 2005). Eine dauerhafte Abnahme bei sportlich aktiven Kindern könnte daher negative Auswirkungen auf ihre physische und mentale Gesundheit haben. Gleichzeitig könnte die Zunahme bei vormals unsportlichen Kindern auf eine nachhaltige Verhaltensänderung hindeuten, die durch gezielte Interventionsmaßnahmen verstärkt werden könnte.

Unabhängig vom Aktivitätsniveau zeigen die Untersuchungen, dass Jungen nach dem Trauma weniger Sport treiben, Mädchen hingegen mehr Sport. Studien berichten, dass es keinen Unterschied hinsichtlich körperlicher Aktivität zwischen Kindern gibt, die bereits eine Fraktur erlitten haben und Kindern, die noch nie eine Fraktur erlitten haben (Randsborg & Rotterud, 2017). Wenn man nun davon ausgeht, dass die in unsere Studie eingeschlossenen Kinder zuvor noch keine Fraktur erlitten haben, dürften die Aktivitätslevel nach sechs Monaten denjenigen vor dem Unfall ähneln. Die Tatsache, dass das Sportniveau bei Mädchen ansteigt und bei Jungen abfällt, zeigt, dass es keine klare Tendenz hinsichtlich eines posttraumatischen sportlichen Regresses gibt.

Viele Autoren beschreiben einen positiven Zusammenhang zwischen Bewegung und Gesundheit und eine förderliche gesundheitliche Auswirkung täglicher Bewegung (Gerber & Puhse, 2009; Landry & Driscoll, 2012; Rowlands, 2015). Daraus ergibt sich, dass ein höheres Maß an sportlicher Aktivität positiv mit emotionalem Wohlbefinden und verbessertem Selbstbewusstsein korreliert (Donaldson & Ronan, 2006). Außerdem zeigen sportliche Personen ein höheres Selbstwertgefühl in Bezug auf soziale Interaktion, Aussehen und sportliche Leistung (Bobbio, 2009). Somit hat der Sport nicht nur Einfluss auf die Qualität von Gesundheit und Wohlbefinden, sondern interagiert mit vielen unterschiedlichen Bereichen des täglichen Lebens.

Außerdem geben Sportler höhere Werte für körperliche Funktionsfähigkeit, soziale Interaktionsfähigkeit, physische und psychische Gesundheit an als Nicht-Sportler (Snyder et al., 2010). Regelmäßiger Sport trägt darüber hinaus zur Bewältigung von Stress bei Jugendlichen bei und bewirkt, dass Sportler weniger ängstlich im Alltag als Nicht-Sportler auftreten (Dolenc, 2015).

5.4 Frakturepidemiologie

Im Zeitraum der Rekrutierung erfüllten mehr Jungen als Mädchen die Einschlusskriterien für eine Studienteilnahme, woraus sich eine höhere Frakturinzidenz für Jungen als für Mädchen ergibt (bei Studienbeginn: ♂ 25; ♀ 21). Gleichzeitig übten Jungen deutlich häufiger Kontaktsportarten aus als Mädchen (♂ 18 (72,0 %); ♀ 5 (23,8%)).

Frakturen bei Kindern zeigen epidemiologische Charakteristika, die sich von Frakturen bei Erwachsenen unterscheiden. Demnach erleiden Kinder fast doppelt so häufig Frakturen im Vergleich zu Erwachsenen (Rennie, Court-Brown, Mok, & Beattie, 2007). Während im Erwachsenenalter die Inzidenz zwischen Frauen und Männern ausgeglichen ist, herrscht im Kindesalter eine starke männliche Dominanz (Merckaert et al., 2021; Rennie et al., 2007), was auch unsere Untersuchungen zeigen. Ein möglicher Erklärungsansatz für diese Überlegenheit ist eine Kombination aus biologischen Faktoren, sowie sozialen und geschlechtsspezifischen Unterschieden in Bezug auf Aktivität und Risikobereitschaft. Demnach bilden sich geschlechterspezifische Verhaltensmuster im Laufe der Pubertät verschieden stark aus, was die unterschiedlichen Prävalenzen von Unfällen erklärt (Sass, Poethko-Muller, Rommel, & Ki, 2014). So tritt ein Unterschied der Frakturinzidenzen in einem Alter auf, in welchem Jungen ein aggressiveres und risikofreudigeres Verhalten zeigen (Schalamon et al., 2011).

Die Häufigkeit von Frakturen lässt sich somit nicht allein durch Unterschiede in der Expositionsrate erklären. Vielmehr scheint das Verhalten eine zentrale Rolle zu spielen, was beispielsweise mit der bevorzugten Teilnahme an traumapredisponierenden Sportarten begründet werden kann. Sportassoziierte Frakturen machen in der Literatur den größten Anteil aus und der Fußball gehört stets zu den führenden frakturpredisponierenden Sportarten (Rennie et al., 2007). Im Konsens dazu stehen unsere Ergebnisse, welche zeigen, dass Jungen dreimal häufiger eine Kontaktsportart als Mädchen ausüben, zumal der Fußball mit 44% bei Jungen die dominierende Sportart ist.

Das Durchschnittsalter der weiblichen Probanden ist zum Zeitpunkt der Fraktur niedriger als das der männlichen Probanden (♂ 9,8 Jahre, ♀ 8,8 Jahre). Der Unterschied im Zeitpunkt der Spitzeninzidenzen spiegelt Unterschiede einerseits im Wachstum, andererseits im Bewegungsverhalten dieser beiden Gruppen wider. Man fand heraus, dass die Knochendichte negativ mit der maximalen Wachstumsgeschwindigkeit innerhalb der Pubertät korreliert, was das Frakturrisiko in dieser Zeit begünstigt (Faulkner, Davison, Bailey, Mirwald, & Baxter-Jones, 2006). Tatsächlich traten die meisten Radiusfrakturen bei Jungen und Mädchen in der frühen Pubertät auf, in der eine relative Abnahme der Knochendichte besteht.

Das Alter zum Zeitpunkt der Spitzeninzidenzen bei Jungen und Mädchen unterscheidet sich zwar in der Literatur, die meisten Quellen berichten jedoch über ein höheres Durchschnittsalter bei Jungen gegenüber Mädchen. Viele Studien beschreiben Spitzeninzidenzen bei Jungen von zwölf oder dreizehn Jahren, bei Mädchen von elf Jahren (Larsen, Mundbjerg, Lauritsen, & Faergemann, 2020; Rennie et al., 2007; Schalamon et al., 2011), andere niedrigere Spitzeninzidenzen (Korner, Gonser, Bahrs, & Hemmann, 2020; Qiu et al., 2022).

Somit sind aus epidemiologischer Sicht mehrere Altersgipfel zu verzeichnen, während es auch einen Zusammenhang zwischen dem Eintritt in die Pubertät und Frakturspitzeninzidenzen zu geben scheint.

Eines der Hauptcharakteristika im Verletzungsmuster bei Kindern ist die Frakturlokalisation. Unsere Untersuchungsergebnisse zeigen eine Frakturdominanz der oberen Extremitäten mit 73,9%. In Übereinstimmung hierzu wird in der Literatur ebenfalls häufiger von Frakturen der oberen Extremität bei Kindern berichtet (etwa $\frac{3}{4}$ aller Frakturen), bei Erwachsenen dagegen seltener (Qiu et al., 2022; Rennie et al., 2007). Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass in unsere Studie lediglich die operativ versorgten Frakturen einbezogen wurden. Somit sind Vergleiche zu anderen Kollektiven, die in den meisten Fällen sowohl die operativ versorgten, als auch die konservativ behandelten Frakturen als Gesamtheit untersuchten, nur eingeschränkt anzustellen. Nichtsdestotrotz zeigen die Ergebnisse gewisse Parallelen zu anderen Studien. Radius und Ulna sind am häufigsten betroffen, hiervon machen isolierte distale Radiusfrakturen 10,9% aus. Je nach Quelle gibt es nationale Unterschiede in der Frakturhäufigkeit. Im Allgemeinen überwiegt die Radiusfraktur (Dua et al., 2017; Merckaert et al., 2021; Schalamon et al., 2011), Qiu et al. zählt in Shenzhen (China) mit 27,50% am häufigsten Frakturen des distalen Humerus (Qiu et al., 2022), welche in unseren Ergebnissen 15,2% repräsentieren. Schalamon et al. beobachteten distale Unterarmfrakturen nur in 8% der Fälle, wir dagegen in 34,8%. Ein möglicher Grund hierfür kann die großzügigere Indikationsstellung zur operativen Versorgung einer kombinierten Fraktur von Radius und Ulna sein.

Beschäftigt man sich mit Präventionsmaßnahmen, so ist das Unfallsetting von besonderer Relevanz. Der Großteil der Frakturen ereignete sich in der Schule (41,3%), gefolgt von Settings in Sportstätten und in häuslichem Umfeld (jeweils 19,6%). In der Literatur finden sich recht unterschiedliche Häufigkeitsverteilungen. Hussain et al. berichtet von 41,1% im häuslichen Umfeld, in der Schule dagegen nur von 12,47% (Hussain et al., 2015). Schalamon et al. dagegen zeigte, dass Sporteinrichtungen (34,7%) der häufigste Unfallort waren, das häusliche Umfeld dagegen nur in 17,6% der Fälle (Schalamon et al., 2011).

Letztlich wird das Frakturrisiko durch ein multifaktorielles Geschehen bestimmt, woran maßgeblich genetische Faktoren, Fettleibigkeit und die Exposition gegenüber Risikosportarten beteiligt sind. Ein hohes Maß an körperlicher Aktivität wirkt sich zwar förderlich auf die Knochendichte aus und wirkt somit protektiv gegenüber Frakturen, birgt jedoch gleichzeitig die Gefahr der Exposition gegenüber Traumata.

5.5 Vergleich KiGGS-Studie

Epidemiologische Studien zeigen konsistent, dass das Sportverhalten zwischen Mädchen und Jungen deutlich variiert. Jungen neigen dazu, häufiger und intensiver Sport zu treiben als Mädchen, insbesondere im frühen Jugendalter (Finger et al., 2018; Brettschneider & Naul, 2004). Laut KiGGS-Studie treiben Jungen häufiger Sport im Verein und sind auch außerhalb von Vereinen aktiver (Rütten et al., 2017). Dieses geschlechtsspezifische Muster spiegelt sich auch in der eigenen Untersuchung wider.

Vereinssport: Der Anteil der Jungen, die nie Sport treiben, ist sowohl vor als auch nach dem Unfall geringer als bei den Mädchen (12% vs. 38,1% vor dem Unfall). Dies deckt sich mit der Literatur, die darauf hinweist, dass soziale und kulturelle Faktoren wie traditionelle Geschlechterrollen einen Einfluss haben könnten. Jungen erfahren oft eine stärkere Förderung und Motivation durch ihr Umfeld, an sportlichen Aktivitäten teilzunehmen, während Mädchen häufiger mit Barrieren konfrontiert sind (Stahl et al., 2003).

Sport außerhalb des Vereins: Auch hier zeigen Jungen höhere Aktivitätsraten vor dem Unfall (20% fast tägliche Aktivität) im Vergleich zu Mädchen (14,3%). Nach dem Unfall jedoch sank die Aktivität der Jungen deutlich, während bei Mädchen eine Zunahme zu beobachten war. Dieses geschlechtsspezifische Verhalten könnte durch unterschiedliche Bewältigungsstrategien nach traumatischen Ereignissen erklärt werden. Mädchen tendieren möglicherweise dazu, Sport als Mittel zur emotionalen Verarbeitung zu nutzen, während Jungen seltener ihre gewohnten sportlichen Routinen fortsetzen (Matton et al., 2006).

Ein Rückgang der sportlichen Aktivität mit zunehmendem Alter ist gut dokumentiert (Sallis et al., 2000). In der KiGGS-Studie wird deutlich, dass der Anteil der körperlich aktiven Jugendlichen mit dem Übergang ins Jugendalter abnimmt. Diese Tendenz ist in unserer Untersuchung sowohl bei Mädchen als auch bei Jungen erkennbar, wobei die Abnahme bei Jungen nach dem Unfall stärker ausgeprägt ist. Studien zeigen, dass externe Faktoren wie schulische Anforderungen, soziale Medien und ein geändertes Freizeitverhalten diese Entwicklung fördern (Finger et al., 2013).

Im Vergleich zu den KiGGS-Daten zeigen die Ergebnisse der eigenen Untersuchung jedoch einige Abweichungen. Sowohl Mädchen als auch Jungen waren sowohl vor dem Unfall, als auch sechs Monate später sportlich aktiver als die KiGGS-Stichprobe. Dieser Unterschied könnte durch die spezifische Rekrutierung der Studienpopulation erklärt werden, die

möglicherweise einen höheren sozioökonomischen Status aufweist, der mit einer stärkeren Förderung von Vereinsaktivitäten assoziiert ist (Lampert et al., 2018). Zudem legen die Unterschiede nahe, dass die untersuchte Gruppe möglicherweise mehr Freizeitmöglichkeiten oder ein sportfreundlicheres Umfeld hatte.

Während die KiGGS-Daten stabile Aktivitätsmuster aufzeigen, verdeutlicht die eigene Studie einen Einfluss des Unfalls auf das Sportverhalten, insbesondere bei Jungen. Sechs Monate nach dem Unfall fiel die Aktivität der Jungen im Vergleich zu den KiGGS-Daten unterdurchschnittlich aus, was auf mögliche physische oder psychische Nachwirkungen hinweist. Mädchen hingegen näherten sich nach sechs Monaten den KiGGS-Durchschnittswerten an oder überschritten diese sogar. Dieser Trend demonstriert, dass Mädchen schneller zu einer regelmäßigen sportlichen Aktivität zurückfinden oder dass sie durch den Unfall stärker motiviert werden, sportlich aktiv zu bleiben.

Die geschlechtsspezifischen Unterschiede im Sportverhalten sind gut dokumentiert und durch epidemiologische Studien wie die KiGGS-Untersuchung abgesichert. Die eigenen Daten bestätigen diese Unterschiede, zeigen jedoch, dass traumatische Ereignisse wie ein Unfall das Sportverhalten unterschiedlich beeinflussen könnten. Jungen zeigen eine stärkere Abnahme der Aktivität, während Mädchen ihre sportliche Betätigung nach einem anfänglichen Rückgang häufiger wieder aufnehmen.

6 Zusammenfassung

Diese Arbeit untersucht den Einfluss sportlicher Aktivität auf die Schmerzempfindung und die Genesung nach kindlichen, operativ versorgten Frakturen. Die zentralen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Sportlich aktive Kinder berichteten nach einer Fraktur über niedrigere Schmerzlevel im Vergleich zu sportlich inaktiveren Kindern. Daraus ergibt sich, dass sportliche Betätigung ein Prädispositionsfaktor für eine höhere Schmerzresistenz sein könnte. Zudem benötigten sportliche Kinder postoperativ weniger Opioide zur Schmerztherapie, was auf eine bessere Schmerztoleranz und möglicherweise eine schnellere Genesung hinweist.

Nach sechs Monaten zeigten sportliche Kinder sowohl im Alltag als auch beim Sport weniger Einschränkungen hinsichtlich Kraft, Ausdauer, Angst, Bewegungseinschränkungen und Schmerzen. Zusätzlich waren sportlich aktive Kinder in der Lage, schneller nach dem Unfall wieder am Schulsport teilzunehmen.

Interessanterweise sank das Aktivitätsniveau bei der sportlichen Kohorte nach sechs Monaten, während es bei der unспортlichen Kohorte anstieg. Dies könnte in verschiedenen Faktoren, wie die anhaltende Angst vor erneuten Verletzungen oder Veränderungen in der Motivation begründet liegen.

Zusammenfassend zeigt sich, dass ein hohes Maß an körperlicher Aktivität mit einem reduzierten Schmerzempfinden, einem geringeren Einsatz von Schmerzmitteln und einer beschleunigten Rehabilitation einhergeht. Unsere Ergebnisse unterstreichen die positive Rolle des Sports sowohl für die Schmerzbewältigung als auch für die langfristige Rehabilitation nach Frakturen bei Kindern. Trotz dieses erkennbaren Trends in den Daten bedarf es einer größeren Stichprobe, um die Fragestellung zu beantworten. Außerdem stellt die Frakturkomplexität einen wichtigen Confounder dar, der Einfluss auf das Schmerzempfinden und die Genesung haben könnte.

Es besteht die Notwendigkeit geschlechtsspezifischer Interventionen zur Förderung von Sport und Bewegung, insbesondere in Phasen erhöhter Vulnerabilität wie nach einem Unfall. Zukünftige Forschung sollte diese Einflussfaktoren genauer untersuchen und Strategien entwickeln, um den Sport langfristig bei beiden Geschlechtern zu fördern.

7 Anhang

Abbildung 1:

“Fit-Code“: _____

OP-Datum: _____

1. Wo ist der Unfall passiert?

- Schule
- Schulsport
- Vereinssport
- Zu Hause
- Spielplatz/ Freizeitsport

2. Wie häufig...

	fast jeden Tag	3x/Woche	1-2x/Woche	seltener	nie
...spielst du im Freien?	0	0	0	0	0
...treibst du Sport im Verein?	0	0	0	0	0
...treibst du Sport außerhalb des Vereins (so, dass du schwitzt)?	0	0	0	0	0

3. Wie häufig treiben deine Familienmitglieder Sport (so, dass sie ins Schwitzen kommen)?

	fast jeden Tag	3x/Woche	1-2x/Woche	seltener	nie
...deine Mutter	0	0	0	0	0
...dein Vater	0	0	0	0	0
...dein Bruder/ deine Schwester (1)	0	0	0	0	0
...dein Bruder/ deine Schwester (2)	0	0	0	0	0

4. Wie kommst du in die Schule?

- Zu Fuß
- Mit dem Fahrrad/ Tretroller
- Mit öffentlichen Verkehrsmitteln (Bus/ Bahn)
- Mit dem Auto

5. Auf welche Schule gehst du?

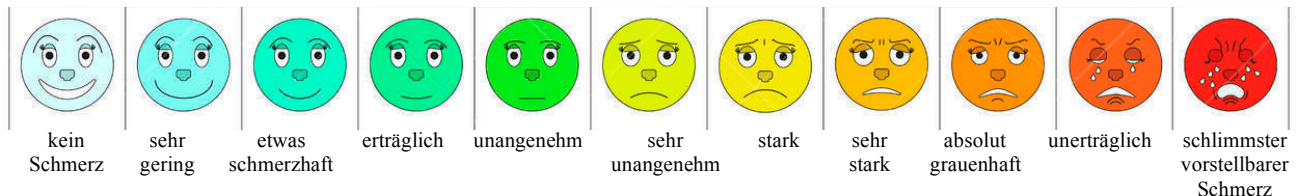
6. Was war deine Sportnote auf deinem letzten Zeugnis?

7. Machst du eine Sportart mindestens einmal in der Woche?

- Ja
- nein

Wenn ja, welche?

8. Wie stark war der stärkste Schmerz direkt nach dem Unfall?



9. Wie stark war der stärkste Schmerz am ersten Tag nach der Operation?



Abbildung 2:

„Fit-Code“: _____

OP-Datum: _____

Alter _____ (Jahre)

Größe _____ (cm)

Gewicht _____ (kg)

Geschlecht

- Männlich
- weiblich

Regionalanästhesie

- nein
- ja, welche _____

Schmerzmittelbedarf am ersten post-OP Tag

- 1 NSAR
- 2 NSAR
- 2 NSAR + Opioid

Relevante Vorerkrankungen: _____

Dauermedikation: _____

Fraktur:

Klassifikation nach AO Pediatric Comprehensive Classification of Long-Bone Fractures (PCCF):

Frakturausmaß:

- Dislokation mit Achsknick $>30^\circ$
- Dislokation mit Verkürzung
- Offene Fraktur

Operation:

- Geschlossene Reposition und K-Draht
- Geschlossene Reposition und TEN
- Offene Reposition und K-Draht
- Offene Reposition und TEN
- Offene Reposition und Schraube

Abbildung 3:

“Fit-Code”: _____

OP-Datum:

Datum: _____

1. Wie häufig...

	fast jeden Tag	3x/Woche	1-2x/Woche	seltener	nie
...spielt Ihr Kind im Freien?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
...treibt es Sport im Verein?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
...treibt es Sport außerhalb des Vereins (so, dass es schwitzt)?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Wie kommt Ihr Kind aktuell in die Schule?

- Zu Fuß
- Mit öffentlichen Verkehrsmitteln (Bus/ Bahn)
- Mit dem Fahrrad/ Tretroller
- Mit dem Auto

3. Was war die Sportnote Ihres Kindes auf dem letzten Zeugnis?

4. Handelt es sich um das gleiche Zeugnis?

5. Betreibt Ihr Kind eine Sportart häufiger als ein Mal in der Woche?

- Ja
- nein

Wenn ja, welche? _____

6. Bestehen im Alltag noch körperliche Einschränkungen nach der Verletzung?

- keine Einschränkungen
- Schmerzen
- Bewegungseinschränkung
- Angst
- Weniger Kraft/ Ausdauer

7. Wie lange war Ihr Kind nach dem Unfall nicht in der Schule?

- bis zu einer Woche
- 1-2 Wochen
- 2-3 Wochen
- 3-4 Wochen
- mehr als 4 Wochen

8. Wie lange wurde Ihr Kind vom Schulsport befreit?

- bis zu 4 Wochen
- 4-6 Wochen
- 6-8 Wochen
- 8-12 Wochen
- länger als 12 Wochen

9. Durch wen wurde es vom Schulsport befreit?

- Kinderchirurgie
- Kinderarzt
- Hausarzt
- durch uns Eltern

10. Gab es eine differenzierte Sportbefreiung? (Die "differenzierte Sportbefreiung" ist eine ärztliche Sportbefreiung von einzelnen Belastungsformen oder Belastungen mit Ausnahme bestimmter Körperregionen)

ja nein

11. Seit dem Knochenbruch, hat Ihr Kind bereits wieder Sport getrieben, wie vor dem Unfall?

ja nein

12. Nach welchem Zeitraum bestanden keine Einschränkungen mehr?

- bis zu 4 Wochen
- 4-6 Wochen
- 6-8 Wochen
- 8-12 Wochen
- länger als 12 Wochen

13. Haben Sie den Eindruck, ihr Kind ist ängstlicher bei körperlicher Aktivität als vor dem Unfall?

ja nein

14. Bestehen Ihrer Meinung nach noch Einschränkungen beim Sport?

- keine Einschränkungen
- Schmerzen
- Bewegungseinschränkung
- Angst
- Weniger Kraft/ Ausdauer

8 Literaturverzeichnis

- Arora, R., Fichadia, U., Hartwig, E., & Kannikeswaran, N. (2014). Pediatric upper-extremity fractures. *Pediatr Ann*, *43*(5), 196-204. doi:10.3928/00904481-20140417-12
- Atanelov, Z., & Bentley, T. P. (2020). Greenstick Fracture *StatPearls*. Treasure Island (FL).
- Bell, D. R., Post, E. G., Biese, K., Bay, C., & Valovich McLeod, T. (2018). Sport Specialization and Risk of Overuse Injuries: A Systematic Review With Meta-analysis. *Pediatrics*, *142*(3). doi:10.1542/peds.2018-0657
- Bobbio, A. (2009). Relation of physical activity and self-esteem. *Percept Mot Skills*, *108*(2), 549-557. doi:10.2466/PMS.108.2.549-557
- Borges, J. L., & Brandao, C. M. (2006). Low bone mass in children and adolescents. *Arq Bras Endocrinol Metabol*, *50*(4), 775-782. doi:10.1590/s0004-27302006000400022
- Brettschneider, W.-D., & Naul, R. (2004). Sport und Bewegung – Sozialisation und Gesundheit im Kindes- und Jugendalter.
- Brunet, J., Sabiston, C. M., & Burke, S. M. (2013). Surviving Physical Injury: The Influence of Social Support on Physical Activity. *Psychology of Sport and Exercise*, <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2012.07.001>
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., . . . Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*, *54*(24), 1451-1462. doi:10.1136/bjsports-2020-102955
- Chambers, C. T., & Craig, K. D. (1998). An intrusive impact of anchors in children's faces pain scales. *Pain*, *78*(1), 27-37. doi:10.1016/s0304-3959(98)00112-2
- Cohen, L. L., Lemanek, K., Blount, R. L., Dahlquist, L. M., Lim, C. S., Palermo, T. M., . . . Weiss, K. E. (2008). Evidence-based assessment of pediatric pain. *J Pediatr Psychol*, *33*(9), 939-955; discussion 956-937. doi:10.1093/jpepsy/jsm103
- Cooper, C., Dennison, E. M., Leufkens, H. G., Bishop, N., & van Staa, T. P. (2004). Epidemiology of childhood fractures in Britain: a study using the general practice research database. *J Bone Miner Res*, *19*(12), 1976-1981. doi:10.1359/JBMR.040902
- Davidson, P. L., Goulding, A., & Chalmers, D. J. (2003). Biomechanical analysis of arm fracture in obese boys. *J Paediatr Child Health*, *39*(9), 657-664. doi:10.1046/j.1440-1754.2003.00243.x
- Dimitri, P., Bishop, N., Walsh, J. S., & Eastell, R. (2012). Obesity is a risk factor for fracture in children but is protective against fracture in adults: a paradox. *Bone*, *50*(2), 457-466. doi:10.1016/j.bone.2011.05.011
- Dolenc, P. (2015). Anxiety, Self-Esteem and Coping with Stress in Secondary School Students in Relation to Involvement in Organized Sports. *Zdr Varst*, *54*(3), 222-229. doi:10.1515/sjph-2015-0031
- Donaldson, S. J., & Ronan, K. R. (2006). The effects of sports participation on young adolescents' emotional well-being. *Adolescence*, *41*(162), 369-389.
- Dua, K., Abzug, J. M., Sesko Bauer, A., Cornwall, R., & Wyrick, T. O. (2017). Pediatric Distal Radius Fractures. *Instr Course Lect*, *66*, 447-460.
- Ducher, G., Bass, S. L., Naughton, G. A., Eser, P., Telford, R. D., & Daly, R. M. (2009). Overweight children have a greater proportion of fat mass relative to muscle mass in the upper limbs than in the lower limbs: implications for bone strength at the distal forearm. *Am J Clin Nutr*, *90*(4), 1104-1111. doi:10.3945/ajcn.2009.28025
- Enes, C. C., & Slater, B. (2010). [Obesity in adolescence and its main determinants]. *Rev Bras Epidemiol*, *13*(1), 163-171. doi:10.1590/s1415-790x2010000100015
- Fabricant, P. D., Lakomkin, N., Sugimoto, D., Tepolt, F. A., Stracciolini, A., & Kocher, M. S. (2016). Youth sports specialization and musculoskeletal injury: a systematic review of the literature. *Phys Sportsmed*, *44*(3), 257-262. doi:10.1080/00913847.2016.1177476
- Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *J Strength Cond Res*, *23*(5 Suppl), S60-79. doi:10.1519/JSC.0b013e31819df407
- Faulkner, R. A., Davison, K. S., Bailey, D. A., Mirwald, R. L., & Baxter-Jones, A. D. (2006). Size-corrected BMD decreases during peak linear growth: implications for fracture incidence during adolescence. *J Bone Miner Res*, *21*(12), 1864-1870. doi:10.1359/jbmr.060907
- Finger, J. D., Mensink, G. B., Lange, C., & Manz, K. (2013). "Körperliche Aktivität von Kindern und Jugendlichen in Deutschland – Querschnittergebnisse aus KiGGS Welle 1." *Journal of Health Monitoring*
- Fritz, J., Coster, M. E., Nilsson, J. A., Rosengren, B. E., Dencker, M., & Karlsson, M. K. (2016). The associations of physical activity with fracture risk--a 7-year prospective controlled intervention study in 3534 children. *Osteoporos Int*, *27*(3), 915-922. doi:10.1007/s00198-015-3311-y

- Fromel, K., Svozil, Z., Chmelik, F., Jakubec, L., & Groffik, D. (2016). The Role of Physical Education Lessons and Recesses in School Lifestyle of Adolescents. *J Sch Health*, 86(2), 143-151. doi:10.1111/josh.12362
- Fujiwara, S. (2018). [Body weight and bone/calcium metabolism. Body mass index, bone mineral density, and fracture.]. *Clin Calcium*, 28(7), 891-895. doi:CliCa1807891895
- Gerber, M., & Puhse, U. (2009). Review article: do exercise and fitness protect against stress-induced health complaints? A review of the literature. *Scand J Public Health*, 37(8), 801-819. doi:10.1177/1403494809350522
- Glinkowska, B., & Glinkowski, W. M. (2018). Association of sports and physical activity with obesity among teenagers in Poland. *Int J Occup Med Environ Health*, 31(6), 771-782. doi:10.13075/ijomeh.1896.01170
- Goulding, A., Cannan, R., Williams, S. M., Gold, E. J., Taylor, R. W., & Lewis-Barned, N. J. (1998). Bone mineral density in girls with forearm fractures. *J Bone Miner Res*, 13(1), 143-148. doi:10.1359/jbmr.1998.13.1.143
- Goulding, A., Jones, I. E., Taylor, R. W., Manning, P. J., & Williams, S. M. (2000). More broken bones: a 4-year double cohort study of young girls with and without distal forearm fractures. *J Bone Miner Res*, 15(10), 2011-2018. doi:10.1359/jbmr.2000.15.10.2011
- Goulding, A., Taylor, R. W., Jones, I. E., McAuley, K. A., Manning, P. J., & Williams, S. M. (2000). Overweight and obese children have low bone mass and area for their weight. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 24(5), 627-632. doi:10.1038/sj.ijo.0801207
- Guieu, R., Blin, O., Pouget, J., & Serratrice, G. (1992). Nociceptive threshold and physical activity. *Can J Neurol Sci*, 19(1), 69-71.
- Hagger, M. S., Chatzisarantis, N. L. D., & Biddle, S. J. H. (2012). A Meta-Analytic Review of the Theories of Reasoned Action and Planned Behavior in Physical Activity: Predictive Validity and the Contribution of Additional Variables. *Journal of Sport and Exercise Psychology*
- Huguet, A., Stinson, J. N., & McGrath, P. J. (2010). Measurement of self-reported pain intensity in children and adolescents. *J Psychosom Res*, 68(4), 329-336. doi:10.1016/j.jpsychores.2009.06.003
- Hussain, S., Dar, T., Beigh, A. Q., Dhar, S., Ahad, H., Hussain, I., & Ahmad, S. (2015). Pattern and epidemiology of pediatric musculoskeletal injuries in Kashmir valley, a retrospective single-center study of 1467 patients. *J Pediatr Orthop B*, 24(3), 230-237. doi:10.1097/BPB.0000000000000146
- Husu, P., Vaha-Yppya, H., & Vasankari, T. (2016). Objectively measured sedentary behavior and physical activity of Finnish 7- to 14-year-old children- associations with perceived health status: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 16, 338. doi:10.1186/s12889-016-3006-0
- Ishii, K., Shibata, A., Adachi, M., Nonoue, K., & Oka, K. (2015). Gender and grade differences in objectively measured physical activity and sedentary behavior patterns among Japanese children and adolescents: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 15, 1254. doi:10.1186/s12889-015-2607-3
- Jayanthi, N. A., Post, E. G., Laury, T. C., & Fabricant, P. D. (2019). Health Consequences of Youth Sport Specialization. *J Athl Train*, 54(10), 1040-1049. doi:10.4085/1062-6050-380-18
- Kalabiska, I., Zsakai, A., Annar, D., Malina, R. M., & Szabo, T. (2022). Sport Activity Load and Skeletomuscular Robustness in Elite Youth Athletes. *Int J Environ Res Public Health*, 19(9). doi:10.3390/ijerph19095083
- Kamada, M., Abe, T., Kitayuguchi, J., Imamura, F., Lee, I. M., Kadowaki, M., . . . Uchio, Y. (2016). Dose-response relationship between sports activity and musculoskeletal pain in adolescents. *Pain*, 157(6), 1339-1345. doi:10.1097/j.pain.0000000000000529
- Kandola, A., Vancampfort, D., Herring, M., Rebar, A., Hallgren, M., Firth, J., & Stubbs, B. (2018). Moving to Beat Anxiety: Epidemiology and Therapeutic Issues with Physical Activity for Anxiety. *Curr Psychiatry Rep*, 20(8), 63. doi:10.1007/s11920-018-0923-x
- Koltyn, K. F. (2000). Analgesia following exercise: a review. *Sports Med*, 29(2), 85-98. doi:10.2165/00007256-200029020-00002
- Korner, D., Gonser, C. E., Bahrs, C., & Hemmann, P. (2020). Change in paediatric upper extremity fracture incidences in German hospitals from 2002 to 2017: an epidemiological study. *Arch Orthop Trauma Surg*, 140(7), 887-894. doi:10.1007/s00402-019-03321-5
- Lampert, T., Hagen, C., & Brettschneider, A.-K. (2018). "Sozioökonomischer Status und körperlich-sportliche Aktivität bei Kindern und Jugendlichen." *Bundesgesundheitsblatt*
- Lampert, T., Mensink, G. B., Romahn, N., & Woll, A. (2007). [Physical activity among children and adolescents in Germany. Results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS)]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 50(5-6), 634-642. doi:10.1007/s00103-007-0224-8
- Lampinen, E. K., Eloranta, A. M., Haapala, E. A., Lindi, V., Vaisto, J., Lintu, N., . . . Lakka, T. A. (2017). Physical activity, sedentary behaviour, and socioeconomic status among Finnish girls and boys aged 6-8 years. *Eur J Sport Sci*, 17(4), 462-472. doi:10.1080/17461391.2017.1294619
- Landry, B. W., & Driscoll, S. W. (2012). Physical activity in children and adolescents. *PM R*, 4(11), 826-832. doi:10.1016/j.pmrj.2012.09.585

- Lane, N. E. (2006). Epidemiology, etiology, and diagnosis of osteoporosis. *Am J Obstet Gynecol*, 194(2 Suppl), S3-11. doi:10.1016/j.ajog.2005.08.047
- Larsen, A. V., Mundbjerg, E., Lauritsen, J. M., & Faergemann, C. (2020). Development of the annual incidence rate of fracture in children 1980-2018: a population-based study of 32,375 fractures. *Acta Orthop*, 91(5), 593-597. doi:10.1080/17453674.2020.1772555
- Lee, S. K., Kim, K. J., Cha, Y. H., & Choy, W. S. (2016). Conservative Treatment Is Sufficient for Acute Distal Radioulnar Joint Instability With Distal Radius Fracture. *Ann Plast Surg*, 77(3), 297-304. doi:10.1097/SAP.0000000000000663
- Lees, C., & Hopkins, J. (2013). Effect of aerobic exercise on cognition, academic achievement, and psychosocial function in children: a systematic review of randomized control trials. *Prev Chronic Dis*, 10, E174. doi:10.5888/pcd10.130010
- Lissak, G. (2018). Adverse physiological and psychological effects of screen time on children and adolescents: Literature review and case study. *Environ Res*, 164, 149-157. doi:10.1016/j.envres.2018.01.015
- MacIntyre, N. J., & Dewan, N. (2016). Epidemiology of distal radius fractures and factors predicting risk and prognosis. *J Hand Ther*, 29(2), 136-145. doi:10.1016/j.jht.2016.03.003
- Malambo, C., Nova, A., Clark, C., & Musalek, M. (2022). Associations between Fundamental Movement Skills, Physical Fitness, Motor Competency, Physical Activity, and Executive Functions in Pre-School Age Children: A Systematic Review. *Children (Basel)*, 9(7). doi:10.3390/children9071059
- Malmborg, J. S., Olsson, M. C., Bergman, S., & Bremander, A. (2018). Musculoskeletal pain and its association with maturity and sports performance in 14-year-old sport school students. *BMJ Open Sport Exerc Med*, 4(1), e000395. doi:10.1136/bmjsem-2018-000395
- Manworren, R. C., & Stinson, J. (2016). Pediatric Pain Measurement, Assessment, and Evaluation. *Semin Pediatr Neurol*, 23(3), 189-200. doi:10.1016/j.spn.2016.10.001
- Manz, K., Schlack, R., Poethko-Muller, C., Mensink, G., Finger, J., Lampert, T., & Ki, G. G. S. S. G. (2014). [Physical activity and electronic media use in children and adolescents: results of the KiGGS study: first follow-up (KiGGS wave 1)]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitschutz*, 57(7), 840-848. doi:10.1007/s00103-014-1986-4
- Matton, L., Thomis, M., Wijndaele, K., et al. (2006). "Tracking of physical fitness and physical activity from youth to adulthood." *Medicine & Science in Sports & Exercise*
- Mehta, S. P., MacDermid, J. C., Richardson, J., MacIntyre, N. J., & Grewal, R. (2015). Baseline pain intensity is a predictor of chronic pain in individuals with distal radius fracture. *J Orthop Sports Phys Ther*, 45(2), 119-127. doi:10.2519/jospt.2015.5129
- Merckaert, S., Chaibi, E., Meriem, S., Kwiatkowski, B., Divjak, N., & Zambelli, P. Y. (2021). Epidemiology of Pediatric Upper Extremity Fractures in a Tertiary Care Center in Switzerland. *Pediatr Emerg Care*, 37(12), e825-e835. doi:10.1097/PEC.0000000000002047
- Moore, C. M., & Leonardi-Bee, J. (2008). The prevalence of pain and disability one year post fracture of the distal radius in a UK population: a cross sectional survey. *BMC Musculoskelet Disord*, 9, 129. doi:10.1186/1471-2474-9-129
- Müller, K., Meier, B., & Schulze, L. (2018). Effects of pre-injury physical activity on recovery outcomes in pediatric patients. *Pediatric Sports Medicine*
- Myer, G. D., Jayanthi, N., Difiori, J. P., Faigenbaum, A. D., Kiefer, A. W., Logerstedt, D., & Micheli, L. J. (2015). Sport Specialization, Part I: Does Early Sports Specialization Increase Negative Outcomes and Reduce the Opportunity for Success in Young Athletes? *Sports Health*, 7(5), 437-442. doi:10.1177/1941738115598747
- Naranje, S. M., Erali, R. A., Warner, W. C., Jr., Sawyer, J. R., & Kelly, D. M. (2016). Epidemiology of Pediatric Fractures Presenting to Emergency Departments in the United States. *J Pediatr Orthop*, 36(4), e45-48. doi:10.1097/BPO.0000000000000595
- Nhan, D. T., Leet, A. I., & Lee, R. J. (2021). Associations of childhood overweight and obesity with upper-extremity fracture characteristics. *Medicine (Baltimore)*, 100(18), e25302. doi:10.1097/MD.00000000000025302
- O'Connor, P. J., & Cook, D. B. (1999). Exercise and pain: the neurobiology, measurement, and laboratory study of pain in relation to exercise in humans. *Exerc Sport Sci Rev*, 27, 119-166.
- Omeroglu, H. (2018). Basic principles of fracture treatment in children. *Ekleml Hastalik Cerrahisi*, 29(1), 52-57. doi:10.5606/ehc.2018.58165
- Ord, P., & Gijssbers, K. (2003). Pain thresholds and tolerances of competitive rowers and their use of spontaneous self-generated pain-coping strategies. *Percept Mot Skills*, 97(3 Pt 2), 1219-1222. doi:10.2466/pms.2003.97.3f.1219
- Pasulka, J., Jayanthi, N., McCann, A., Dugas, L. R., & LaBella, C. (2017). Specialization patterns across various youth sports and relationship to injury risk. *Phys Sportsmed*, 45(3), 344-352. doi:10.1080/00913847.2017.1313077
- Peters, M. L. (2015). Emotional and Cognitive Influences on Pain Experience. *Mod Trends Pharmacopsychiatry*, 30, 138-152. doi:10.1159/000435938

- Plachta-Danielzik, S., Gehrke, M. I., Kehden, B., Kromeyer-Hauschild, K., Grillenberger, M., Willhoft, C., . . . Muller, M. J. (2012). Body fat percentiles for German children and adolescents. *Obes Facts*, *5*(1), 77-90. doi:10.1159/000336780
- Post, G. B., & Kemper, H. C. (1993). Nutrient intake and biological maturation during adolescence. The Amsterdam growth and health longitudinal study. *Eur J Clin Nutr*, *47*(6), 400-408.
- Pulgaron, E. R., & Delamater, A. M. (2014). Obesity and type 2 diabetes in children: epidemiology and treatment. *Curr Diab Rep*, *14*(8), 508. doi:10.1007/s11892-014-0508-y
- Qiu, X., Deng, H., Su, Q., Zeng, S., Han, S., Li, S., . . . Tang, S. (2022). Epidemiology and management of 10,486 pediatric fractures in Shenzhen: experience and lessons to be learnt. *BMC Pediatr*, *22*(1), 161. doi:10.1186/s12887-022-03199-0
- Randsborg, P. H., & Rotterud, J. H. (2017). No difference in the level of physical activity between children who have or have never sustained a fracture. *Scand J Med Sci Sports*, *27*(12), 1801-1805. doi:10.1111/sms.12787
- Reinberg, O., Frey, P., & Meyrat, B. J. (1994). [Treatment of pediatric fractures by intramedullary stable elastic pinning]. *Z Unfallchir Versicherungsmed*, *87*(2), 110-118; discussion 118-119.
- Rennie, L., Court-Brown, C. M., Mok, J. Y., & Beattie, T. F. (2007). The epidemiology of fractures in children. *Injury*, *38*(8), 913-922. doi:10.1016/j.injury.2007.01.036
- Rey-Lopez, J. P., Vicente-Rodriguez, G., Biosca, M., & Moreno, L. A. (2008). Sedentary behaviour and obesity development in children and adolescents. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, *18*(3), 242-251. doi:10.1016/j.numecd.2007.07.008
- Rowlands, A. V. (2015). Physical activity, inactivity, and health. *Pediatr Exerc Sci*, *27*(1), 21-25. doi:10.1123/pes.2015-0030
- Rütten, A., Pfeifer, K., & Prott, A. (2017). Sport und Gesundheit: Eine Einführung in Theorie und Praxis der Bewegungsförderung
- Saggese, G., Baroncelli, G. I., & Bertelloni, S. (2001). Osteoporosis in children and adolescents: diagnosis, risk factors, and prevention. *J Pediatr Endocrinol Metab*, *14*(7), 833-859. doi:10.1515/jpem.2001.14.7.833
- Sallis, J. F., Prochaska, J. J., & Taylor, W. C. (2000). "A review of correlates of physical activity of children and adolescents." *Medicine & Science in Sports & Exercise*
- Sass, A. C., Poethko-Muller, C., Rommel, A., & Ki, G. G. S. S. G. (2014). [Unintentional injuries in childhood and adolescence: current prevalence, determinants, and trends: results of the KiGGS study: first follow-up (KiGGS Wave 1)]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, *57*(7), 789-797. doi:10.1007/s00103-014-1977-5
- Schalamon, J., Dampf, S., Singer, G., Ainoedhofer, H., Petnehazy, T., Hoellwarth, M. E., & Saxena, A. K. (2011). Evaluation of fractures in children and adolescents in a Level I Trauma Center in Austria. *J Trauma*, *71*(2), E19-25. doi:10.1097/TA.0b013e3181f8a903
- Schneidmueller, D., Kertai, M., Bühren, V., & von Ruden, C. (2018). [Kirschner wire osteosynthesis for fractures in childhood: bury wires or not? : Results of a survey on care reality in Germany]. *Unfallchirurg*, *121*(10), 817-824. doi:10.1007/s00113-018-0465-z
- Schwebel, D. C., Binder, S. C., Sales, J. M., & Plumert, J. M. (2003). Is there a link between children's motor abilities and unintentional injuries? *J Safety Res*, *34*(2), 135-141. doi:10.1016/s0022-4375(02)00073-7
- Shepherd, F., & Taylor, G. (2019). Resilience in young athletes: The role of sport in psychological recovery post-injury. *Sports Psychology Quarterly*
- Siebert, L., & König, A. (2021). Benefits of early school sports participation post-injury: A review. *Educational and Developmental Rehabilitation*
- Skaggs, D. L., Loro, M. L., Pitukcheewanont, P., Tolo, V., & Gilsanz, V. (2001). Increased body weight and decreased radial cross-sectional dimensions in girls with forearm fractures. *J Bone Miner Res*, *16*(7), 1337-1342. doi:10.1359/jbmr.2001.16.7.1337
- Smith, A., Brown, P., & Clark, R. (2017). The impact of early return to physical education on social reintegration in injured children. *Child and Adolescent Sports Studies*
- Snyder, A. R., Martinez, J. C., Bay, R. C., Parsons, J. T., Sauers, E. L., & Valovich McLeod, T. C. (2010). Health-related quality of life differs between adolescent athletes and adolescent nonathletes. *J Sport Rehabil*, *19*(3), 237-248. doi:10.1123/jsr.19.3.237
- Stahl, T., Rutten, A., Nutbeam, D., et al. (2003). "The importance of the social environment for physically active lifestyle – Results from an international study." *Social Science & Medicine*
- Stodden, D. F., Goodway, J. D., Langendorfer, S. J., Roberton, M. A., Rudisill, M. E., Garcia, C., & Garcia, L. E. (2008). A Developmental Perspective on the Role of Motor Skill Competence in Physical Activity: An Emergent Relationship. *Quest*, *60*(2), 290-306. doi:10.1080/00336297.2008.10483582
- Stracciolini, A., Sugimoto, D., & Howell, D. R. (2017). Injury Prevention in Youth Sports. *Pediatr Ann*, *46*(3), e99-e105. doi:10.3928/19382359-20170223-01
- Strong, W. B., Malina, R. M., Blimkie, C. J., Daniels, S. R., Dishman, R. K., Gutin, B., . . . Trudeau, F. (2005). Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr*, *146*(6), 732-737. doi:10.1016/j.jpeds.2005.01.055

- Swart, E., Nellans, K., & Rosenwasser, M. (2012). The effects of pain, supination, and grip strength on patient-rated disability after operatively treated distal radius fractures. *J Hand Surg Am*, *37*(5), 957-962. doi:10.1016/j.jhssa.2012.01.028
- Tamaki, J., Ikeda, Y., Morita, A., Sato, Y., Naka, H., & Iki, M. (2008). Which element of physical activity is more important for determining bone growth in Japanese children and adolescents: the degree of impact, the period, the frequency, or the daily duration of physical activity? *J Bone Miner Metab*, *26*(4), 366-372. doi:10.1007/s00774-007-0839-8
- Telama, R., Yang, X., Viikari, J., Välimäki, I., Wanne, O., & Raitakari, O. (2005). Physical Activity from Childhood to Adulthood: A 21-Year Tracking Study. *American Journal of Preventive Medicine* <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2004.12.003>
- Tesarz, J., Schuster, A. K., Hartmann, M., Gerhardt, A., & Eich, W. (2012). Pain perception in athletes compared to normally active controls: a systematic review with meta-analysis. *Pain*, *153*(6), 1253-1262. doi:10.1016/j.pain.2012.03.005
- von Baeyer, C. L., & Spagrud, L. J. (2007). Systematic review of observational (behavioral) measures of pain for children and adolescents aged 3 to 18 years. *Pain*, *127*(1-2), 140-150. doi:10.1016/j.pain.2006.08.014
- Zacay, G., Dubnov-Raz, G., Modan-Moses, D., Tripto-Shkolnik, L., & Levy-Shraga, Y. (2022). Epidemiology of childhood fractures in Israel during 2000-2019. *Bone*, *154*, 116174. doi:10.1016/j.bone.2021.116174
- Zech, A., Hollander, K., Junge, A., Steib, S., Groll, A., Heiner, J., . . . Rahlf, A. L. (2022). Sex differences in injury rates in team-sport athletes: A systematic review and meta-regression analysis. *J Sport Health Sci*, *11*(1), 104-114. doi:10.1016/j.jshs.2021.04.003

KiGGS Fragebögen URL:

https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Studien/Kiggs/kiggs_start_inhalt.html?nn=2377388#b

9 Danksagung

Mit der Fertigstellung dieser Doktorarbeit geht ein langer und intensiver Lebensabschnitt zu Ende, der ohne die Unterstützung zahlreicher Personen nicht möglich gewesen wäre.

Zunächst möchte ich meiner Betreuerin, PD Dr. med. Tatjana König, meinen tiefen Dank aussprechen. Durch deine wissenschaftliche Expertise, deine konstruktiven Anregungen und deine Geduld hast du mich auf diesem Weg begleitet und stets unterstützt. Deine kritischen Fragen und ermutigenden Worte haben diese Arbeit in vielerlei Hinsicht bereichert.

Mein besonderer Dank gilt auch dem Team der kinderchirurgischen Station der Universitätsmedizin Mainz, das durch sein Engagement maßgeblich zur Rekrutierung der Teilnehmer für diese Studie beigetragen hat.

Ein großes Dankeschön geht auch an meine Partnerin und meine Familie, die mich in dieser intensiven Zeit stets unterstützt haben. Eure Geduld, euer Zuspruch und euer Verständnis haben mir die Kraft gegeben, auch in schwierigen Phasen weiterzumachen.

Diese Arbeit ist nicht nur ein Ergebnis wissenschaftlicher Bemühungen, sondern auch ein Beweis dafür, wie wichtig Zusammenarbeit, Vertrauen und gegenseitige Unterstützung sind. Für all das bin ich zutiefst dankbar.