

Aus der
Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik
Klinik für Hand-, Plastische, Rekonstruktive und
Verbrennungschirurgie an der Universität Tübingen

**Klinische und radiologische Langzeitergebnisse der
Enchondromtherapie der Hand**

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

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

vorgelegt von

Kefalianakis, Laura

2024

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professor Dr. J. Kolbenschlag
2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. M. Esser

Tag der Disputation: 07.11.2024

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	IX
Formelverzeichnis	XIV
Abkürzungsverzeichnis	XV
1. Einleitung	1
1.1 Definition	1
1.2 Pathogenese	1
1.3 Lokalisation	2
1.4 Symptome	2
1.5 Maligne Entartung (Chondrosarkom)	2
1.6 Multiple Enchondrome (Enchondromatosen)	4
1.7 Diagnostik	6
1.8 Therapie	7
1.8.1 Operationstechniken	7
1.8.2 Zeitpunkt der Operation	8
1.8.3 Augmentation des knöchernen Defekts nach Tumorresektion	10
1.8.4 Therapie bei asymptomatischen Tumoren	13
1.8.5 Nachbehandlung	14
1.8.6 Rezidive	14
1.8.7 Begründung der Forschungsfragen	15
2. Zielsetzung	17
3. Patienten und Methoden	21
3.1 Einschlusskriterien	21
3.2 Studienaufbau	21
3.3 Datenerhebung	23
3.3.1 Retrospektive Datenerhebung	23
3.3.2 Prospektive Datenerhebung mittels Fragebögen	24
3.3.3 Prospektive Datenerhebung mittels physischer Untersuchung	27
3.3.3.1 Messung des Bewegungsumfangs	27
3.3.3.2 Messung der Handkraft	27
3.3.3.3 Messung der Sensibilität	28

3.4	Klinische Scores.....	28
3.5	Anpassung des Studienablaufs an die COVID-19-Pandemielage.....	32
4.	Studienergebnisse	33
4.1	Retrospektive Datenerhebung.....	33
4.1.1	Demographische Daten	35
4.1.2	Lokalisation	36
4.1.3	Mögliche Prädisposition zum Tumoraufreten	38
4.1.4	Gründe für die Erstvorstellung.....	39
4.1.4.1	Auftreten von Bagatelltraumata	40
4.1.5	Tumorgröße	41
4.1.5.1	Tumorausdehnung bei Frakturaufreten	41
4.1.5.2	Tumorausdehnung in Abhängigkeit zur Lokalisation	42
4.1.6	Maligne Entartung von Enchondromen	44
4.1.7	Enchondrome im Jugendalter	45
4.1.8	Ablauf der operativen Therapie	46
4.2	Prospektive Datenerhebung mittels Fragebögen	47
4.2.1	Patientenfragebogen „Operative Enchondrombehandlung“	48
4.2.1.1	Zufriedenheit mit der operativen Therapie und dem Ergebnis.....	48
4.2.1.2	Schmerzen an der Operationslokalisation im Seitenvergleich.....	50
4.2.1.3	Abweichung der Empfindung im Seitenvergleich	50
4.2.1.4	Äußeres Erscheinungsbild im Seitenvergleich	51
4.2.1.5	Einschränkung des Bewegungsumfangs in Eigenmessung	51
4.2.1.6	Einschränkung in der Kraftausübung	51
4.2.1.7	Nachbehandlung	52
4.2.2	Ergebnisse des DASH-Fragebogens	54
4.2.3	Ergebnisse des SF-36 Fragebogens.....	55
4.3	Prospektive Datenerhebung mittels physischer Untersuchung	57
4.3.1	Messung des Bewegungsumfangs	57
4.3.1.1	Messung von FNTA und FKHA	57
4.3.1.2	Ergebnisse der Messung nach der Neutral-Null-Methode.....	58
4.3.1.3	Zusammenfassung Bewegungsumfang	59
4.3.2	Postoperative Messung der Handkraft	59
4.3.2.1	Kraftmessung anhand der Griffkraft	59
4.3.2.2	Handkraft in Abhängigkeit zur Operationslokalisation	61

4.3.2.3	Kraftmessung in Abhängigkeit der Händigkeit.....	61
4.3.3	Sensibilität.....	62
4.4	Klinische Scores.....	62
4.5	Komplikationen der operativen Therapie.....	63
4.6	Betrachtung alternativer Operationstechniken	64
4.6.1	Zusatzfragebogen für Patienten mit Spongiosaentnahme.....	64
4.6.2	Ergebnisse des DASH-Fragebogens	64
4.6.3	Ergebnisse der klinischen Scores	65
4.7	Rezidive	65
4.8	Einfluss von präoperativen Frakturen auf das Ergebnis	66
4.8.1	Ergebnisse des DASH-Fragebogens	66
4.8.2	Ergebnisse des SF-36 Fragebogens.....	67
4.8.3	Ergebnisse der klinischen Scores	67
4.9	Behandlungsverlauf bei pathologischen Frakturen	69
4.9.1	Knöcherner Konsolidierung	69
4.9.2	Symptome an der ehemaligen Frakturlokalisierung	69
4.10	Generalisierte Enchondromatosen.....	70
5.	Diskussion	71
5.1	Retrospektive Datenerhebung.....	71
5.1.1	Demographische Daten	71
5.1.2	Lokalisation	73
5.1.3	Mögliche Prädisposition zum Tumoraufreten	76
5.1.4	Gründe für die Erstvorstellung.....	77
5.1.4.1	Auftreten von Bagatelltraumata	78
5.1.5	Tumorgröße	80
5.1.5.1	Tumorausdehnung bei Frakturaufreten	80
5.1.5.2	Tumorausdehnung in Abhängigkeit zur Lokalisation.....	81
5.1.6	Maligne Entartung von Enchondromen	82
5.1.7	Enchondrome im Jugendalter	83
5.1.8	Ablauf der operativen Therapie	84
5.2	Prospektive Datenerhebung mittels Fragebögen	85
5.2.1	Patientenfragebogen „Operative Enchondrombehandlung“	85
5.2.1.1	Zufriedenheit mit der operativen Therapie und dem Ergebnis.....	85
5.2.1.2	Schmerzen an der Operationslokalisierung im Seitenvergleich.....	86

5.2.1.3	Abweichung der Empfindung im Seitenvergleich	87
5.2.1.4	Äußeres Erscheinungsbild im Seitenvergleich	87
5.2.1.5	Einschränkung des Bewegungsumfangs in Eigenmessung	87
5.2.1.6	Einschränkung in der Kraftausübung	88
5.2.1.7	Nachbehandlung	88
5.2.2	Ergebnisse des DASH-Fragebogens	90
5.2.3	Ergebnisse des SF-36 Fragebogens.....	91
5.3	Prospektive Datenerhebung mittels physischer Untersuchung	92
5.3.1	Messung des Bewegungsumfangs	92
5.3.2	Postoperative Messung der Handkraft	93
5.3.2.1	Kraftmessung anhand der Griffkraft	93
5.3.2.2	Handkraft in Abhängigkeit zur Operationslokalisation	94
5.3.3	Sensibilität.....	95
5.4	Klinische Scores.....	95
5.4.1	Studienvergleich.....	96
5.5	Komplikationen der operativen Therapie.....	99
5.6	Betrachtung alternativer Operationstechniken	100
5.6.1	Zusatzfragebogen für Patienten mit Spongiosaentnahme.....	100
5.6.2	Ergebnisse des DASH-Fragebogens	100
5.6.3	Ergebnisse der klinischen Scores	101
5.7	Rezidive	101
5.8	Einfluss von präoperativen Frakturen auf das Ergebnis.....	103
5.8.1	Ergebnisse des DASH-Fragebogens	103
5.8.2	Ergebnisse des SF-36 Fragebogens.....	103
5.8.3	Ergebnisse der klinischen Scores	104
5.9	Behandlungsverlauf bei pathologischen Frakturen	106
5.9.1	Knöchernerne Konsolidierung	106
5.9.2	Symptome an ehemaliger Frakturlokalisation	106
5.10	Generalisierte Enchondromatosen.....	108
5.11	Limitationen der Studie	109
5.12	Schlussfolgerung.....	111
6.	Zusammenfassung	117
	Literaturverzeichnis	120
	Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift	130

Liste der Veröffentlichungen	132
Anhang 1: Anschreiben und verwendete Fragebögen	A
Anhang 2: Zusätzliche Tabellen und Grafiken	T

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Röntgenübersichtsaufnahme der rechten Hand einer 13-jährigen Studienpatientin mit multiplen Enchondromen im Rahmen der Grunderkrankung Morbus Ollier. Die Tumoren sind im Ringfinger (Grund- und Mittelglied), sowie im Grundglied des Zeigefingers und im zugehörigen Mittelhandknochen lokalisiert.	5
Abbildung 2 - Röntgenbild eines 28-jährigen Studienpatienten mit einem Enchondrom an typischer Lokalisation im Grundglied des linken Ringfingers mit pathologischer Fraktur.....	9
Abbildung 3 - Schema zur Erhebung der Fallzahlen. In neun Fällen wurden Patienten mehrfach erfasst, dabei handelt es sich um einen zweizeitig operierten Fall bei einer generalisierten Enchondromatose und in acht Fällen um Rezidive, die bereits klinikintern erstoperiert wurden. Schema erstellt nach Page et al. [118][119].	34
Abbildung 4 - Geschlechterverteilung innerhalb der zugeteilten Gruppen der 170 untersuchten Patienten mit histologisch bestätigtem Enchondrom.	36
Abbildung 5 - Tumorlokalisation der monostotischen Tumoren (n = 169) innerhalb der Gesamtstudienpopulation. Die Ziffern I-V bezeichnen den jeweiligen Fingerstrahl. Tabellarische Aufschlüsselung siehe Anhang.....	37
Abbildung 6 - Tumorlokalisation der polyostotischen Tumoren der Patienten mit Verdacht auf generalisierte Enchondromatose (n = 16). Die Ziffern I-V bezeichnen den jeweiligen Fingerstrahl. Tabellarische Aufschlüsselung siehe Anhang.	38
Abbildung 7 - Gründe für die Erstvorstellung der Studienpatienten in der BG Klinik Tübingen. Die Gründe lassen sich in die vier Kategorien I) Tumorsymptome, II) Frakturen, III) asymptomatische Nebenbefunde und IV) traumaassoziierte Symptome unterteilen. Tabellarische Aufschlüsselung siehe Anhang.	40
Abbildung 8 - Erhebung der Tumorgroße in proximal-distaler und radial-ulnarer Ausdehnung innerhalb der definierten Gruppen anhand von präoperativen Röntgenbildern in Abhängigkeit zur Lokalisation. In den Gruppen „Konsolidierte Fraktur“ und „Enchondromatosen“ gab es in je einem Fall lediglich eine	

<i>schriftliche Größenangabe ohne vorliegendes Röntgenbild. Da diese zwei Tumoren keinem Fingerknochen eindeutig zugeordnet werden konnten, wurden beide Angaben in dieser Auswertung nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund liegen hierbei 122 Angaben zur TumorgroÙe vor, anstatt 124 Angaben wie in der vorherigen Größerberechnung. MHK= Mittelhandknochen.</i>	43
Abbildung 9 - Zufriedenheit der Probanden der Fragebögen mit der operativen Therapie innerhalb der eingeteilten Gruppen. Es lagen von 60 Probanden vollständige Angaben vor.	49
Abbildung 10 - Zufriedenheit der Probanden der Fragebögen mit dem operativen Therapieergebnis innerhalb der eingeteilten Gruppen. Es lagen von 60 Probanden vollständige Angaben vor.	49
Abbildung 11 - Zeitraum bis zum Erreichen der postoperativen Mobilität der Probanden innerhalb der Datenerhebung mittels Fragebögen. Zur postoperativen Beweglichkeit machten 49 Patienten (80,3 %) vollständige Angaben.	52
Abbildung 12 - Zeitraum bis zum Erreichen der postoperativen Belastungsfähigkeit der Probanden innerhalb der Datenerhebung mittels Fragebögen. 44 Teilnehmer (72,1 %) machten auswertbare Angaben.	53
Abbildung 13 - Auswertung des SF-36 Fragebogens. Normalisierte SF-36-Subskalenwerte der 58 Probanden der Datenerhebung mittels Fragebögen im Vergleich zur Normalbevölkerung. SF-36 Subskalen (SF-36 subscales): PF = Körperliche Funktionsfähigkeit, RP = Körperliche Rollenfunktion, BP = Körperliche Schmerzen, GH = Allgemeiner Gesundheitszustand, VT = Vitalität, SF = Soziale Funktionsfähigkeit, EF = Emotionale Rollenfunktion, MH = Psychisches Wohlbefinden. Summenscores (composite scores): PCS = Physical Composite Scores (PF + RP + BP + GH), MCS = Mental Composite Scores (VT + SF + RE + MH).	55
Abbildung 14 - Einteilung der Griffkraft der männlichen Probanden innerhalb der definierten Gruppen.	60
Abbildung 15 - Einteilung der Griffkraft der weiblichen Probanden innerhalb der definierten Gruppen.	61

Abbildung 16 - Gegenüberstellung der DASH-Punktwerte der 20 Patienten mit Fraktur und der 28 Patienten ohne Fraktur innerhalb der schriftlichen Befragung mittels Box-Plot. 66

Abbildung 17 - Auswertung des SF-36 Fragebogens. Normalisierte SF-36-Subskalenwerte der 28 Probanden mit präoperativen Frakturen in der Datenerhebung mittels Fragebögen im Vergleich zur Normalbevölkerung. SF-36 Subskalen (SF-36 subscales): PF = Körperliche Funktionsfähigkeit, RP = Körperliche Rollenfunktion, BP = Körperliche Schmerzen, GH = Allgemeiner Gesundheitszustand, VT = Vitalität, SF = Soziale Funktionsfähigkeit, EF = Emotionale Rollenfunktion, MH = Psychisches Wohlbefinden. Summenscores (composite scores): PCS = Physical Composite Scores (PF + RP + BP + GH), MCS = Mental Composite Scores (VT + SF + RE + MH).....X

Abbildung 18 - Auswertung des SF-36 Fragebogens. Normalisierte SF-36-Subskalenwerte der 25 Probanden ohne präoperative Frakturen in der Datenerhebung mittels Fragebögen im Vergleich zur Normalbevölkerung. SF-36 Subskalen (SF-36 subscales): PF = Körperliche Funktionsfähigkeit, RP = Körperliche Rollenfunktion, BP = Körperliche Schmerzen, GH = Allgemeiner Gesundheitszustand, VT = Vitalität, SF = Soziale Funktionsfähigkeit, EF = Emotionale Rollenfunktion, MH = Psychisches Wohlbefinden.Y

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Differentialdiagnosen bei radiologisch detektierten knöchernen Läsionen der Hand nach Lubahn et al. [10].....	7
Tabelle 2 - Definition und Einteilung der Probanden in die Hauptgruppen.	22
Tabelle 3 - Definition und Einteilung der Probanden in die Nebengruppen.	22
Tabelle 4 - Alters- und geschlechtsspezifische Normwerte der Handkraft in Kilogramm (kg) nach Massy-Westropp et al. [115].....	28
Tabelle 5 - Beurteilungsschema der radiologischen Nachuntersuchung nach Hasselgren et al. [74].	29
Tabelle 6 - Bewertungskriterien nach Takigawa [16] in Barth [105].	29
Tabelle 7 - Auswertung der Ergebnisse des Beurteilungsschema nach Takigawa [16] in Barth [105].....	29
Tabelle 8 - Münster-Score zur Auswertung des funktionellen Ergebnisses der operativen Therapie nach Kayser [117].....	31
Tabelle 9 - Auswertung der operativen Ergebnisse anhand des Münster-Scores nach Kayser [117] evaluiert nach Krüger [53].....	31
Tabelle 10 - Auswertung der operativen Ergebnisse anhand des Hannover-Scores nach Machens et al. [79].	32
Tabelle 11 - Fallzahlen nach den definierten vergleichbaren Hauptgruppen sowie die im Text verwendete Abkürzung der Gruppen. I) „Präoperative Fraktur“: Patienten mit nachgewiesener Fraktur vor Operation, Ia) „Präoperative konsolidierte Fraktur“: Patienten mit nachgewiesener konsolidierter Fraktur vor Operation, Ib) „Präoperative nicht nachweislich konsolidierte Fraktur“: Patienten mit nicht nachgewiesener konsolidierter Fraktur vor Operation, II) „Kein präoperatives Frakturauftreten“: Patienten ohne präoperative Fraktur.....	33
Tabelle 12 - Fallzahlen nach den definierten vergleichbaren Nebengruppen. .	34
Tabelle 13 - Altersverteilung der 152 Probanden bei der Operation. Unter Ausschluss der Probanden mit Rezidivtumoren oder dem Verdacht einer Enchondromatose.	35
Tabelle 14 - Altersverteilung der fünf Probanden aus der Gruppe „Enchondromatosen“ im Vergleich zu den übrigen Studienpatienten.....	35

Tabelle 15 - Altersverteilung der 13 Patienten mit Rezidivtumoren bei der ersten Operation und bei der Rezidivoperation im Vergleich zur Gesamtgruppe.	35
Tabelle 16 - Lokalisation aller 185 Tumoren der Studienpopulation innerhalb der Hand. Tabelle erstellt nach Riestler et al. [65].	37
Tabelle 17 - Tumorlokalisation innerhalb der einzelnen Fingerstrahlen anhand der definierten Gruppen. Die Ziffern I-V bezeichnen den jeweiligen Fingerstrahl.	37
Tabelle 18 - Erhebung der TumorgroÙe in proximal-distaler und radial-ulnarer Ausdehnung, in Millimetern (mm), innerhalb der definierten Gruppen anhand von präoperativen Röntgenbildern. \bar{x} = Mittelwert, in Klammern Minimum und Maximum der Werte.	41
Tabelle 19 - Erhebung der TumorgroÙe in proximal-distaler und radial-ulnarer Ausdehnung, in Millimetern (mm), innerhalb der definierten Gruppen anhand von präoperativen Röntgenbildern bei präoperativer Fraktur. In der Gruppe „Enchondromatosen“ lag eine pathologische Fraktur in Falle eines Probanden mit vier polyostotischen Tumoren vor, in diesem Fall wurde lediglich der Tumor an der pathologischen Frakturlokalisation in die Auswertung miteinbezogen. \bar{x} = Mittelwert, in Klammern Minimum und Maximum der Werte.	41
Tabelle 20 - Erhebung der TumorgroÙe in proximal-distaler und radial-ulnarer Ausdehnung innerhalb der definierten Gruppen anhand von präoperativen Röntgenbildern in Abhängigkeit zur Lokalisation. In den Gruppen „Konsolidierte Fraktur“ und „Enchondromatosen“ gab es in je einem Fall lediglich eine schriftliche Größenangabe ohne vorliegendes Röntgenbild. Da diese zwei Tumoren keinem Fingerknochen eindeutig zugeordnet werden konnten, wurden beide Angaben in dieser Auswertung nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund liegen hier 122 Angaben zur TumorgroÙe vor, anstatt 124 Angaben wie in der vorherigen Größenberechnung. \bar{x} = Mittelwert, MHK=Mittelhandknochen, in Klammern Minimum und Maximum der Werte.	42
Tabelle 21 - Operationsdauer der Enchondromresektion in Minuten. In der Gruppe „Enchondromatosen“ fand in einem Fall eine zweizeitige Operation	

statt, daher ergeben sich bei den betrachteten 170 Fällen insgesamt 171 Operationen. \bar{x} = Mittelwert, Min. = Minimum, Max. = Maximum.	46
Tabelle 22 - Zeitraum von der Operation bis zum Abschlussdatum in Tagen (Follow-Up) innerhalb der definierten Gruppen.	47
Tabelle 23 - Fallzahlen der Hauptgruppen innerhalb der Datenerhebung mittels Fragebögen.	47
Tabelle 24 - Fallzahlen der Nebengruppen innerhalb der Datenerhebung mittels Fragebögen.	47
Tabelle 25 - Zeitraum bis zum Erreichen der postoperativen Mobilität der Probanden innerhalb der Datenerhebung mittels Fragebögen. Zur postoperativen Beweglichkeit machten 49 Patienten (80,3 %) vollständige Angaben.	52
Tabelle 26 - Zeitraum bis zum Erreichen der postoperativen Belastungsfähigkeit der Probanden innerhalb der Datenerhebung mittels Fragebögen. 44 Teilnehmer (72,1%) machten auswertbare Angaben.	53
Tabelle 27 - Ergebnisse des DASH-Fragebogens innerhalb der definierten Gruppen. Von den eingeschlossenen 61 Teilnehmern lagen bei 60 Teilnehmern vollständige Daten vor. Min. = Minimum, Max. = Maximum, pt. = Punkte.	54
Tabelle 28 - Auswertung der SF-36-Subskalenwerte der 58 Probanden der Datenerhebung mittels Fragebögen im Vergleich zur Normalbevölkerung. SF-36 Subskalen: PF = Körperliche Funktionsfähigkeit, RP = Körperliche Rollenfunktion, BP = Körperliche Schmerzen, GH = Allgemeiner Gesundheitszustand, VT = Vitalität, SF = Soziale Funktionsfähigkeit, EF = Emotionale Rollenfunktion, MH = Psychisches Wohlbefinden.	56
Tabelle 29 - Abweichungen des FKHA (Fingerkuppen-Hohlhand-Abstand) bei einzelnen Probanden der Nachuntersuchung aus den festgelegten Gruppen. Der Vergleich erfolgte zur Gegenseite und zu Normwerten, sowie zu präoperativen Werten.	57
Tabelle 30 - Abweichungen des FNTA (Fingernagel-Tisch-Abstand) bei einzelnen Probanden der Nachuntersuchung aus den festgelegten Gruppen. Der Vergleich erfolgte zur Gegenseite und zu Normwerten, sowie zu präoperativen Werten.	58

Tabelle 31 - Erhebung der Probanden mit einer normgerechten Griffkraft innerhalb der definierten vergleichbaren Gruppen.	60
Tabelle 32 - Zweipunkt-Diskrimination (2PD) der Probanden der Nachuntersuchung nach dem Auswertungsschema nach Bushnell et al.: “excellent: < 6 mm, good: 6-10 mm, fair: 11-15 mm, poor: > 15 mm, failure/anesthetic“ [116]. Da an den operierten Fingern die 2PD der medialen und lateralen Fingerseite untersucht wurde, ergibt sich die Fallzahl aus der doppelten Anzahl der Probanden. Dabei wurden nur ehemalige Tumorlokalisationen an den Fingern berücksichtigt und nicht an den Mittelhandknochen. In der Gruppe „Enchondromatosen“ wurden durch das polyostotische Tumoraufreten insgesamt drei Finger betrachtet. \bar{x} = Mittelwert, in Klammern Minimum und Maximum der Werte.....	62
Tabelle 33 - Zusammenfassung der angewandten klinischen Scores bei der Nachuntersuchung der 47 Probanden.....	63
Tabelle 34 - Auswertung der SF-36-Subskalenwerte der 28 Probanden mit präoperativer Fraktur im Vergleich zur Normalbevölkerung. PCS = Physical Composite Scores, MCS = Mental Composite Scores.	67
Tabelle 35 - Auswertung der SF-36-Subskalenwerte der 25 Probanden ohne präoperative Fraktur im Vergleich zur Normalbevölkerung. PCS = Physical Composite Scores, MCS = Mental Composite Scores.	67
Tabelle 36 - Anteil der Ergebnisse, die anhand der klinischen Scores mindestens als „gut“ gewertet wurden. Ergebnisse der 47 Probanden in der Nachuntersuchung innerhalb der zugeteilten Gruppen.	68
Tabelle 37 - Verwendete ICD-Codes zur Erhebung der Fallzahlen nach dem ICD-10-GM-2020 [106]......	T
Tabelle 38 - Erhebung der klinischen Verdachtsfällen und der histologisch bestätigten Fälle mit zutreffenden Einschlusskriterien anhand der ausgewählten ICD-Codes [106] und der Textsuche „Enchondrom“ in der digitalen Klinikdokumentation und der schriftlichen Dokumentation.	T
Tabelle 39 - Lokalisation der 169 monostotischen Tumoren der Studienpopulation. Tabelle erstellt nach Riester et al. [65]......	U

Tabelle 40 - Lokalisation der 16 polyostotischen Tumoren der Studienpopulation. Tabelle erstellt nach Riester et al. [65].	U
Tabelle 41 - Gründe der Studienpatienten für die Erstvorstellung innerhalb der zugeteilten Gruppen. Die Erstsymptome lassen sich in die vier Überbegriffe I) Tumorsymptome, II) Frakturen, III) asymptomatische Nebentbefunde und IV) traumaassoziierte Symptome unterteilen.	V
Tabelle 42 - Auswertung der radiologischen Bildgebung der 47 Probanden der Nachuntersuchung nach Hasselgren et al. [74] innerhalb der definierten Gruppen.	Y
Tabelle 43 - Auswertung der klinischen Therapieergebnisse der 47 Probanden der Nachuntersuchung nach Takigawa [16] innerhalb der definierten Gruppen.	Z
Tabelle 44 - Auswertung der klinischen Therapieergebnisse der 47 Probanden der Nachuntersuchung anhand des Münster-Scores innerhalb der definierten Gruppen.	Z
Tabelle 45 - Auswertung der klinischen Therapieergebnisse der 47 Probanden der Nachuntersuchung anhand des Hannover-Scores innerhalb der definierten Gruppen.	Z

Formelverzeichnis

Formel 1 - Berechnung des DASH-Funktionsfähigkeit-Wert des Teil 1 des DASH-Fragebogens. Dabei entspricht ein Punktwert von null Punkten einer sehr guten Funktion, höhere Werte korrespondieren mit einem höheren Grad an Einschränkung [108].....	24
Formel 2 - Berechnung der DASH-Punktwerte des Teil 2 des DASH-Fragebogens (Freizeitaktivitäten) [108].	25
Formel 3 - Berechnung der DASH-Punktwerte des Teil 3 des DASH-Fragebogens (Freizeitaktivitäten) [108].	25

Abkürzungsverzeichnis

cm	Zentimeter
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V.
Fingerstrahl I	Daumen
Fingerstrahl II	Zeigefinger
Fingerstrahl III	Mittelfinger
Fingerstrahl IV	Ringfinger
Fingerstrahl V	Kleinfinger
kg	Kilogramm
Max.	Maximum
Min.	Minimum
mm	Millimeter
OP	Operation
pt.	points, Punkte
SD	Standardabweichung
vs.	versus, gegenüber
2PD	Zwei-Punkt-Diskrimination

1. Einleitung

1.1 Definition

Enchondrome sind im klinischen Alltag eine weit verbreitete Tumorerkrankung und stellen ca. 3-17 % aller Knochentumoren dar [1][2]. An der Hand treten Enchondrome dabei vermehrt auf und machen hier einen Anteil aller benignen Knochentumoren von bis zu 90 % aus [3]–[7]. Auf alle gutartigen Tumoren (Weichteil- und Knochentumoren) bezogen wird ein Anteil von bis zu 13 % beobachtet [8]. Auch fokussiert auf die Hand stellen Enchondrome die häufigste Entität dar (47,1 %) [9]. Es handelt sich um Tumoren mit langsamem Wachstum ausgehend von Lamellenknocheninseln aus differenziertem hyalinem Knorpel [10][11]–[13]. Symptome können aufgrund des verlangsamten Wachstums erst nach mehreren Jahren bis Jahrzehnten auftreten [14]. Die Altersspanne ist heterogen. Die Tumoren treten zumeist zwischen dem zweiten und vierten Lebensjahrzehnt auf, können sich aber auch schon in der Adoleszenz zeigen [12][15][16]. Eine Geschlechterpräferenz besteht nicht [12].

Die maligne Entartung des Tumors ist unwahrscheinlich, wird jedoch in einzelnen Fällen beschrieben [12][17][18].

1.2 Pathogenese

Die genaue Ursache der Tumorgenese ist nicht vollständig geklärt, aber eine enchondrale Störung der Knochenbildung wird als Auslöser vermutet [19][20]. Dabei wird zumeist die Entwicklung des Tumors aus im Knochenmark verbliebenen Resten der Epiphysenfuge diskutiert [19]–[23].

Enchondrome scheinen direkt aus den proliferierenden Knorpelzellen der Epiphysenfuge zu entstehen. Die Knorpelzellverbände durchlaufen dabei nicht den Weg der primären Knochenbildung, sondern persistieren unterhalb der Epiphysenfuge [22]. Es kommt zu einer Einnistung von Chondrozyten zwischen den Knochenbälkchen aufgrund von angeborenen oder traumatisch entstandenen Defekten in der Knorpelhaut oder der Wachstumsfuge [11].

Die bei Enchondromen und Chondrosarkomen beobachtete Mutation der Isocitrat-Dehydrogenase 1 und 2 zeigt sich bei Tumoren an der Hand deutlich häufiger (91 %) [24]. Diese Mutation findet sich auch bei generalisierten

Enchondromatosen und deutet auf eine mögliche genetische Komponente bei der Tumorentstehung hin [25].

1.3 Lokalisation

Enchondrome treten meistens im Grundglied auf, nachfolgend an den Mittelhandknochen und den Fingermittelgliedern und nur selten in den Handwurzelknochen [12][13][26]. Präferiert werden die distalen Mittelhandknochen und die proximalen Fingerknochen [27]. An den langen Röhrenknochen sind Enchondrome zumeist in der Metaphyse lokalisiert, an den Fingerknochen können sie im gesamten Knochen auftreten oder diesen komplett ausfüllen [10]. Meistens treten Enchondrome in den Fingerknochen jedoch als solitäre Läsionen in der Diaphyse auf [12].

1.4 Symptome

Schmerzen und Schwellungen sind häufige klinische Anzeichen für Enchondrome [10][12][13]. Pathologische Frakturen können ebenfalls zur Erstdiagnose führen [28]. Sie machen ca. 40-60 % der Erstsymptome aus [23][29][30] und werden durch die ausgedehnten Umbauprozesse des Tumors verursacht [12].

Enchondrome können sich auch völlig asymptomatisch zeigen und als radiologischer Neben- bzw. Zufallsbefund erkannt werden [12][26]. Üblicherweise werden Enchondrome nach vorausgegangenen Traumen diagnostiziert [31]. Die Symptome können dabei durch eine Fraktur ausgelöst werden [10][12][13]. Ursächlich sind Erosionen der Kortikalis, nach einer asymptomatischen Phase mit langsamen Tumorwachstum [21]. Insgesamt sind die Erstsymptome jedoch unspezifisch [10].

1.5 Maligne Entartung (Chondrosarkom)

Chondrosarkome können als sekundäre Tumoren aus Enchondromen entstehen, beispielsweise infolge einer malignen Transformation [12][32]. Sie gehören zu den häufigsten malignen Knochentumoren [33]. An der Hand ist die Inzidenz

jedoch niedrig (1,5 %) [34]. Die Diagnose wird hier oft verzögert oder fehlerhaft gestellt [35].

Chondrosarkome werden meist zwischen dem vierten und sechsten Lebensjahrzehnt diagnostiziert. Die Erstsymptome ähneln den Symptomen von Enchondromen [12], wie beispielsweise Schmerzen oder eine progrediente Schwellung [10][36]. Pathologische Frakturen treten gehäuft auf [36]. Das Grundglied ist, wie bei Enchondromen, am häufigsten betroffen [37][38].

Wenn zuvor asymptomatische Enchondrome Schmerzen auslösen und bestehende Schmerzen oder das Tumorwachstum zunehmen, kann eine maligne Transformation vermutet werden [39]. Daneben ist ein fortgeschrittenes Alter der Patienten¹ sowie eine Destruktion der Kortikalis [38] bzw. eine Periostreaktion verdächtig [17]. Auch die Einbeziehung der umgebenden Weichteile [26][38], eine zunehmende Knochenproliferation und der Umbau kalzifizierter Tumoranteile sind mögliche maligne Eigenschaften [12].

Chondrosarkome werden mittels ausgedehnter En-bloc-Exzision therapiert, am häufigsten durch eine Strahlenresektion oder eine Amputation [12][40]. Bei der Therapie mittels Bestrahlung oder Chemotherapie zeigen sich keine Behandlungserfolge [35].

Der Großteil der Chondrosarkomen (90 %) zeigt einen niedrigen Malignitätsgrad (Grad 1-2) [41]. Bei Chondrosarkomen von Grad 1 wird selten eine Metastasierung beobachtet [42]–[44]. Tumoren mit einem höheren Malignitätsgrad sind seltener, zeichnen sich jedoch durch ein höheres Metastasierungspotenzial aus [45].

Das Risiko der malignen Transformation ist bei proximal lokalisierten Enchondromen höher [13]. An der Hand wird das Risiko übereinstimmend als gering eingeschätzt [12][14][23][46][47].

Patienten mit multiplen Enchondromen haben dagegen ein höheres Risiko für eine maligne Entartung [10][12][13]. Die Wahrscheinlichkeit kann auf bis zu 30 % geschätzt werden, dabei kann sich neben dem Chondrosarkom seltener ein Osteosarkom entwickeln [48][49]. Bei Patienten mit Morbus Ollier wird die

¹ Im Text wird ausschließlich das generische Maskulinum verwendet, um die Lesbarkeit zu verbessern. Es bezieht sich dabei jedoch immer auf die Personen aller Geschlechter.

Häufigkeit eines sekundären Chondrosarkoms bis zum 40. Lebensjahr auf bis zu 25 % geschätzt [39]. Beim Maffucci-Syndrom ist das Risiko einer malignen Entartung noch höher [19][39], die maligne Transformation tritt bei diesem Krankheitsbild nahezu immer ein [39].

1.6 Multiple Enchondrome (Enchondromatosen)

Bei Enchondromatosen handelt es sich um äußerst seltene Skeletterkrankungen, mit multiplen Enchondromen [50]. Die häufigsten Krankheitsbilder sind das Maffucci-Syndrom und das Ollier-Syndrom [10][12]. In der Literatur gibt es keine einheitlichen Angaben zur Altersverteilung oder zur Tumorlokalisation und -ausdehnung [39][51][52]. Beim Maffucci-Syndrom treten neben den multiplen Enchondromen auch häufig viszerale oder kutane Hämangiome auf [10], es zeigen sich auch maligne abdominale und zerebrale Tumoren [39].

Bei beiden Krankheitsbildern ist keine erbliche Komponente bekannt [10][13]. Die Tumoren treten häufig verstärkt in einer Körperhälfte auf [10][12][13], auch eine diffuse Verteilung der Tumoren im gesamten Knochenskelett ist möglich [17].

Im Krankheitsverlauf treten häufig Knochendeformitäten auf [12]. Daher wird bei polyostotischen Tumoren, insbesondere im Jugendalter, eine frühzeitige Therapie empfohlen um Fehlbildungen zu vermeiden [53].

Das Behandlungsergebnis hängt vor allem von der Tumorlokalisation ab. Eine Entfernung des Tumors vor dem Befall der Epiphysenfuge kann für das Längenwachstum vorteilhaft sein [54].



Abbildung 1 - Röntgenübersichtsaufnahme der rechten Hand einer 13-jährigen Studienpatientin mit multiplen Enchondromen im Rahmen der Grunderkrankung Morbus Ollier. Die Tumoren sind im Ringfinger (Grund- und Mittelglied), sowie im Grundglied des Zeigefingers und im zugehörigen Mittelhandknochen lokalisiert.

1.7 Diagnostik

Als diagnostisches Verfahren der Wahl gilt die Röntgenbildgebung [12][26][28]. In Kombination mit der klinischen Symptomatik kann die Diagnose „Enchondrom“ gestellt werden [27][53], sofern sich keine Anzeichen für eine Malignität oder atypische Merkmale zeigen [17]. Die histologische Untersuchung bestätigt den Tumornachweis. Aufgrund der möglichen Malignität ist dieser Nachweis zwingend erforderlich [27][28]. Erweiternde Untersuchungen mittels Kontrastmittel-MRT und CT oder bei der Differentialdiagnose einer Infektion mittels Leukozytenszintigraphie sind möglich [10], spielen jedoch eine untergeordnete Rolle [12][26][28].

Der typische radiologische Befund stellt sich als kleine, maximal 3-5 cm messende Läsion in der Metaphyse dar [2] und zeigt sich als gut abgrenzbare, zentrale Aufhellung im Knochen [12][26]. Die Tumoren können einen lobulierten Aufbau [12][13][26] und eine Kalzifizierung der Knorpelmatrix aufweisen [12][26][2]. Beim Tumorwachstum kommt es zu einer Ausdünnung der umgebenden Kortikalis [12][28].

Von Probenentnahmen mittels Nadelbiopsie wird abgeraten, da eine Abgrenzung der Dignität nicht möglich ist [55] und bei der als etabliert geltenden Therapiemethode mittels Kürettage keine Notwendigkeit einer vorherigen Materialgewinnung besteht [17].

Radiologisch können Enchondrome ein variables Erscheinungsbild zeigen, daher sollte auch an andere Diagnosen gedacht werden [10]. Die Abgrenzung zum Chondrosarkom ist besonders relevant [17][10][56], jedoch ist sie aufgrund der heterogenen und überschneidenden Morphologie anspruchsvoll [10]. Auch die fibröse Dysplasie, das nichtossifizierende Fibrom und das Chondromyxoidfibrom sind differentialdiagnostisch relevant [12] sowie an den Röhrenknochen die Osteonekrose [17].

Differentialdiagnosen nach Lubahn et al.	
Benigne Tumoren	<ul style="list-style-type: none"> - Riesenzelltumor - Osteoblastom - Chondroblastom - Hämangiom
Maligne Tumoren	<ul style="list-style-type: none"> - Ewing-Sarkom - Lymphom - Chondrosarkom - Osteosarkom - Akrometastasen
Tumorähnliche Knochenläsionen	<ul style="list-style-type: none"> - Knochenzyste - Reparatives Riesenzellgranulom
Infektionen	<ul style="list-style-type: none"> - Kokzidioidmykose - Pyogene Osteomyelitis - Zystische Tuberkulose

Tabelle 1 - Differentialdiagnosen bei radiologisch detektierten knöchernen Läsionen der Hand nach Lubahn et al. [10].

1.8 Therapie

Obwohl Enchondrome häufig auftreten, gibt es kein standardisiertes Therapiekonzept [23]. Das therapeutische Vorgehen richtet sich bei solitären Tumoren nach dem Frakturrisiko und den individuellen Symptomen der Patienten [12]. Die wichtigsten Behandlungsoptionen stellen die Tumorexzision mittels Kürettage sowie die konservative Therapie in Form der Überwachung des Tumorwachstums dar [57].

Bei asymptomatischen oder kleinen Tumoren mit einem typischen radiologischen Befund kann der Krankheitsverlauf vorerst beobachtet werden [14]. Wenn der Tumor ausgeprägter oder symptomatisch ist und eine Gefährdung der knöchernen Stabilität besteht, sollte eine Resektion erfolgen [10][12][23][28]. Wenn die radiologische Bildgebung Abweichungen zeigt [26] und der Verdacht einer malignen Transformation besteht [23], sollte ebenfalls eine Tumorexzision erfolgen.

1.8.1 Operationstechniken

In erster Linie stellt die vollständige Tumorentfernung mittels Kürettage die Methode der Wahl dar [13]. Dabei kann zur Sicherstellung einer vollständigen Tumorsektion eine intraoperative, radiologische Bildgebung erfolgen [26][28].

Beim operativen Zugang stellt sich die laterale Schnittführung aufgrund der Schonung der Strecksehnen als vorteilhaft dar. Alternativ kann der Zugangsweg auch von dorsal erfolgen [10][28]. Bei den selten auftretenden Enchondromen im Endglied wird zum Schutz der Nagelstruktur bevorzugt der volare Schnitt gewählt [12][58]. Nach Freilegung und Anhebung des Periosts wird durch eine Fensterung der Kortikalis der Zugang zur Enchondromhöhle ermöglicht und die Kürettage des Tumorgewebes unter Schonung und Berücksichtigung der verdünnten Kortikalis durchgeführt [10][57]. Danach können adjuvante Behandlungen der Knochenhöhle oder eine Defektfüllung erfolgen [57].

1.8.2 Zeitpunkt der Operation

Beim Auftreten von pathologischen Frakturen infolge eines Enchondroms kann die operative Therapie direkt oder nach knöcherner Konsolidierung der Fraktur erfolgen [26]. Frakturen mit geringer Dislokation können nach erfolgter Konsolidierung operiert werden, bei einer stärker dislozierten Fraktur kann die Kürettage in Kombination mit einer osteosynthetischen Versorgung angewandt werden [13].

Bei den häufig auftretenden pathologischen Frakturen ist der optimale Operationszeitpunkt umstritten [10][59][60], auch mangelt es an Studien zum Therapieergebnis in Bezug auf diesen Aspekt [59] und die Art der Studien weist eine unbefriedigende Evidenz auf. In diesem Zusammenhang können weitere Untersuchungen vorteilhaft sein.



Da pathologische Frakturen oftmals infolge von Bagatelltraumata oder aufgrund von Traumata mit geringer Energie entstehen, führen sie oft zu nicht- bzw. nur zu leicht dislozierten Frakturen.

Für deren Therapie können beide Konzepte sinnhaft sein [10]. Die sofortige Kürettage und die Tumorresektion nach knöcherner Konsolidierung führt nach einigen Studien zu vergleichbaren Resultaten [23][59] es mangelt jedoch an Langzeitergebnissen.

Es sind weitere Untersuchungen mit größerer Patientenzahl zum bestmöglichen Therapiezeitpunkt bei Frakturen notwendig. Insbesondere da pathologische Frakturen bei Enchondromen häufig beobachtet werden und oftmals den Grund für die Erstvorstellung und den Beginn der therapeutischen Behandlung darstellen.

Abbildung 2 - Röntgenbild eines 28-jährigen Studienpatienten mit einem Enchondrom an typischer Lokalisation im Grundglied des linken Ringfingers mit pathologischer Fraktur.

I. Einzeitige Therapie

In einigen Untersuchungen wird das Konzept der direkten Tumorresektion bei Frakturaufreten angeführt [14][23][40][61] und durch zufriedenstellende therapeutische Ergebnisse belegt [40]. Bei der einzeitigen Versorgung erfolgen dabei die Tumorentfernung und die Frakturversorgung zusammen in einem therapeutischen Eingriff. Die vorherige Konsolidierung des Knochens wird dabei nicht angestrebt, da die Regenerationsfähigkeit durch den Tumorbefall eingeschränkt sein kann [14][53]. Auch bei radiologischen Befunden unklarer Dignität kann eine zeitnahe operative Therapie zur Sicherung der Diagnose vorteilhaft sein [53].

Eine vorherige Konsolidierung pathologischer Frakturen zeige nach einigen Untersuchungen keine Vorteile [62]. Es bestünden im Gegenteil Nachteile durch

die längere Zeit der Immobilität [27][57] und der Verzögerung der histologischen Diagnostik [27][57]. Bei der direkten operativen Therapie kann dagegen eine frühzeitige Mobilisation erreicht werden [40].

II. Zweizeitige Therapie

In anderen Studien wird die Tumorresektion nach abgeschlossener Frakturheilung als gängige Therapie angeführt [12][35][57][61][63][64], insbesondere bei nur gering dislozierten Frakturen [10]. Bei dieser zweizeitigen Versorgung erfolgt die Tumorentfernung und die Frakturversorgung in zeitlich aufeinanderfolgenden Therapieschritten. Dadurch wäre eine ausreichende mechanischen Stabilität für die anschließende Kürettage gewährleistet [57]. Eine sofortige operative Therapie könnte zu einer Verschlechterung von Fehlstellungen führen [60]. Außerdem stellt die direkte operative Therapie eine technisch anspruchsvollere Methode dar, da die Frakturstelle vor allem in Gelenknähe instabil sein kann [57]. Die Entfernung des Tumors mit gleichzeitiger Verbesserung der Frakturstabilität erschwert den Eingriff [61][65], die Tumorresektion nach erfolgter Frakturheilung ist besser umsetzbar.

Des Weiteren ist nach einigen Studien bei der einzeitigen Therapie das Risiko für Tumorrezidive, die Entstehung chronischer Schmerzen, postoperativer Bewegungseinschränkungen und verstärkter Narbenbildung erhöht [66].

Im Vergleich zur sofortigen Therapie wurde bei der vorherigen Frakturkonsolidierung eine niedrigere Komplikationsrate festgestellt [60][67].

1.8.3 Augmentation des knöchernen Defekts nach Tumorresektion

Nach der Tumorentfernung kann die knöchernen Läsion ohne Defektfüllung belassen werden oder mittels autologer oder allogener Transplantation gefüllt werden [29][57][68].

Die Auffüllung des operativen Defekts kann dabei durch Spongiosa aus dem Beckenkamm oder dem distalen Radius erfolgen [28]. Die Verwendung von Spongiosa in Form von Allotransplantaten passender Spender ist seltener [57]. Die allogene Defektfüllung wird unter anderem mit Polymethylmethacrylat (PMMA) oder Gips durchgeführt [57]. Der Defekt kann auch mit

Kalziumphosphat-Zement (CPC) [27][57] oder Hydroxylapatit aufgefüllt werden [6][57]. In Einzelfällen werden Augmentationen mit knochenmorphogenetischen Proteinen (bone morphogenetic protein) [69] oder mittels drahtverstärktem Methylmethacrylat beschrieben [70].

Durch ergänzende Behandlungen des Knochendefekts wird versucht die Rezidivrate zu verringern. Neben der Behandlung mittels Alkoholinstallation oder Hochgeschwindigkeitsfräser kann die Knochenhöhle auch durch einen CO²-Laser bestrahlt werden [57]. Auch die chemische Behandlung mit antibiotisch angereichertem Calciumsulfat [71] und mit Phenol wird beschrieben [72].

I. Alleinige Kürettage

Zahlreiche Studien beschreiben, dass eine Defektfüllung nach der Kürettage generell nicht notwendig ist [13][16][29][73]–[77]. Die alleinige Kürettage zeigt gute therapeutische Ergebnisse [48][73] und die Rezidivwahrscheinlichkeit erscheint durch eine Defektfüllung nicht verringert [78].

Wobei manche Studien sich lediglich auf kleine Defekte beschränken [62][73][79][80]. Hierbei wird insbesondere für peripher liegende kleine Defekte die alleinige Kürettage empfohlen [16][75]. Auch bei Minderjährigen besteht diese Empfehlung aufgrund der ausgeprägten Regenerationsfähigkeit in dieser Altersgruppe [14].

Der größtmögliche Erhalt der Kortikalis wird für die knöchernen Stabilität als wichtiger angesehen, als das Vorhandensein der knöchernen Spongiosa [48][80][81].

Durch den Verzicht auf die Spongiosaplastik wird eine verkürzte Behandlungszeit erreicht und das Risiko von Sekundärerkrankungen wird verringert [10][14][74]. Der operative Aufwand und die Patientenbelastung sind ebenfalls geringer [10], und die kürzere Operationszeit bietet einen ökonomischen Vorteil [10][74].

Durch die Spongiosaplastik wird nach einigen Studien keine Verbesserung der Knochendichte, der postoperativen Funktionalität [82] und der Stabilität erreicht [83]. Dabei ist die Bevorzugung der alleinigen Kürettage unabhängig von der Tumorgröße und dem Grad der Kortikalisausdünnung [10].

Die knöcherne Konsolidierung des Defekts setzt nach einigen Erhebungen auch ohne Defektfüllung ein [84] und es wird eine für die Aktivitäten des täglichen Lebens ausreichende Knochenstärke erreicht [85].

II. Spongiosaplastik

In anderen Studien wird die Defektfüllung mittels Spongiosaplastik nach der Kürettage als therapeutischer Standard beschrieben [6][16][62][79][86][87]. Auch hier würden sich ausgezeichnete Ergebnisse zeigen [53].

Zwar stellt die alleinige Kürettage eine erfolgsversprechende Methode dar, in der frühen postoperativen Heilungsphase wurde in einzelnen Studien jedoch ein Frakturrisiko vermutet [68]. Daher ist das Hauptargument für die Spongiosaplastik die Sicherung der Stabilität [35][57]. Durch die Defektfüllung würde die Regeneration des Knochengewebes gefördert und eine frühere Belastbarkeit erreicht [10][57][62], Außerdem würde das Fraktur- und Rezidivrisiko verringert [10]. Insbesondere bei größeren Tumoren mit zentraler Lokalisation oder mehreren Zentren kann die Spongiosaplastik indiziert sein [16][75].

Bei der Spongiosaplastik werden jedoch durch die Materialentnahme operationstypische Komplikationen beschrieben [57]. Es besteht das Risiko einer mögliche Verunreinigung der Entnahmestelle mit Tumorzellen [28], sowie das Risiko einer Fistelbildung [79][88]. Die häufigste Komplikation an der Entnahmestelle sind Schmerzen, seltener können sich Hämatome, Nervenschädigungen, Frakturen und Infektionen zeigen [89].

In einzelnen Studien wird daher von einer Spongiosaplastik abgeraten und der Verzicht auf die Defektfüllung empfohlen [23].

III. Allografts und adjuvante Therapien

Die Verwendung von Allografts zeigt in einzelnen Studien gute Resultate [87], auch die sofortige mechanische Stabilität ist von Vorteil [57].

Jedoch scheint es keinen Unterschied zu den therapeutischen Ergebnissen von autologer Spongiosa zu geben [57][68][76][90] und auch gegenüber der alleinigen Kürettage zeigt sich keine Verbesserung [85].

Zudem zeigen sich bei Allografts verschiedene materialspezifische Nachteile [85], so kann die Therapie einer Pseudarthrose nach einer Zementfüllung erschwert sein [57].

Obwohl einzelne Studien gute Therapieergebnisse bei adjuvanten Behandlungen der Knochenhöhle zeigen [91], wird in anderen Erhebungen von diesen Verfahren abgeraten. Im Studienvergleich wurde keine Verbesserung der Therapieergebnisse bewirkt und es mangelt an Belegen für deren Notwendigkeit. Darüber hinaus besteht das Risiko einer Schädigung des angrenzenden Knochens durch die adjuvante Behandlung des knöchernen Defekts [57].

1.8.4 Therapie bei asymptomatischen Tumoren

Auch zur Therapie asymptomatischer Tumoren gibt es im Studienvergleich Kontroversen [69][92][73][88].

Nach einigen Studien ist hier die Tumorentfernung generell nicht notwendig [15][93][94], insbesondere wenn die Diagnose sehr wahrscheinlich ist [10][31][95][96]. Die konservative Therapie stellt in diesen Fällen eine Behandlungsoption dar [31][95][96]. In einzelnen Fällen wird sogar von Spontanremissionen berichtet [16][93].

Die empfohlenen Intervalle der Nachuntersuchung variieren hierbei [12][53][57]. In einzelnen Studien werden Nachkontrollen bei asymptomatischen Patienten ohne Prädisposition sogar als gänzlich obsolet bezeichnet [10].

Die Komplikationsrate der operativen Therapie wird in einigen Studien als Argument für die konservative Behandlung angeführt [97]. Postoperativ können unter anderem Bewegungseinschränkungen auftreten [57]. Auch ein höheres Lebensalter sowie eine eingeschränkte Immunfunktion können gegen eine operative Therapie sprechen [97]. Asymptomatische Enchondrome haben einzelnen Studien zufolge nur ein geringes Risiko für pathologische Frakturen [98][99] und demnach nur ein geringen Therapiebedarf [100][99].

Andere Studien widersprechen dieser Vermutung und sehen eine Frakturgefahr des geschwächten Knochens durch den Tumor [57], was zu Verletzungen von Bändern, Sehnen, Gelenken, Gefäßen und Nerven der Hand führen kann [100].

Durch die operative Therapie würde die mechanische Stabilität gewährleistet [62] und die histologische Diagnose gesichert werden [27][62].

Es fehlen eindeutige Leitlinien für diese Fälle [12] und es mangelt an Langzeitstudien zum Verlauf des Enchondromwachstums [57].

1.8.5 Nachbehandlung

Die Notwendigkeit von postoperativen Nachuntersuchungen wird diskutiert, der Zeitabstand ist dabei umstritten. Zusätzlich zur klinischen Untersuchung werden radiologische Nachkontrollen empfohlen, um Rezidive frühzeitig zu erkennen [21][53]. In Einzelfällen werden bereits frühe Nachkontrollen in den ersten postoperativen Monaten empfohlen [10]. In anderen Studien wird ein größerer Abstand von zwei bis fünf Jahren vorgeschlagen [21]. Nach anderen Empfehlungen können bei asymptomatischen, unbehandelten Tumoren jährliche Nachkontrollen in den ersten zwei Jahre sowie beim Auftreten von Symptomen erfolgen und nach Kürettage mit Augmentation nach sechs Monaten, sowie nach einem und zwei Jahren durchgeführt werden [12]. In anderen Studien wird lediglich ein Jahr nach dem Eingriff und bei erneuter Symptomatik eine Nachkontrolle empfohlen [27][78].

Bei der aktuellen Studienlage mangelt es jedoch an vergleichbaren Rehabilitationsschemata [10].

1.8.6 Rezidive

Im Studienvergleich variieren die Rezidivraten [35][57]. Es werden Raten zwischen 4,3 - 7 % angegeben [14][23][26]. Andere Erhebungen zeigen deutlicher abweichende Rezidivraten, zwischen 2 - 15 % [101] bzw. 0 - 13,3 % [102]. Vergleichbar werden Häufigkeiten bis 14 % beobachtet [21][47]. Höhere Werte finden sich nur in einzelnen Arbeiten (29 %) [103].

Bei Enchondromatosen wird ein höheres Rezidivrisiko beschrieben [39][51][52]. Eine genaue Schätzung der Rezidivrate ist durch das Fehlen von Langzeitstudien sowie dem möglichen asymptomatischen Auftreten der Tumoren erschwert. Eine hohe Dunkelziffer kann vermutet werden [21][28].

Die Rezidivrate ist auch von der Zeit der Nacherhebung abhängig [78], was die Einschätzung im Studienvergleich ebenfalls erschwert. Durch das langsame Tumorwachstum können Rezidive erst nach einer langen Zeitspanne auftreten [78]. Im Studienvergleich werden Rezidivtumoren bis zu 16 Jahre postoperativ beobachtet [21].

Die sorgfältige Durchführung operativen Versorgung ist für das Rezidivrisiko entscheidend, da als Grund für das erneute Tumorwachstum übergreifend eine unzureichende Kürettage vermutet wird [13][16][21][47][74][75][77][78][101]. Eine Defektfüllung scheint hingegen keinen Einfluss auf die Rezidivrate zu haben [23][78]. Die Rezidivwahrscheinlichkeit scheint ebenfalls unabhängig von demographischen Faktoren, der Tumorlokalisierung [23] oder generell der Wahl der Therapiemethode zu sein [14].

Therapeutisch ist die Rezidivbildung relevant. Bei der Behandlung von Rezidivtumoren besteht ein höheres Komplikationsrisiko [23] und es wird eine erneute Abklärung der Tumordignität empfohlen, um ein Chondrosarkom sicher auszuschließen [35].

1.8.7 Begründung der Forschungsfragen

Die Therapie von Enchondromen wird im gesamten Forschungszeitraum kontrovers diskutiert. Es gibt keine einheitliche Vorgehensweise bei der Behandlung [57][59]. Dabei steht das Fehlen eines übergreifenden Standards im Missverhältnis zum häufigen Auftreten des Tumors [78].

Insbesondere bei Tumoren an der Hand gibt es kein standardisiertes Therapieschema, obwohl Enchondrome dort die häufigsten primären Knochentumoren darstellen [23]. Bei den häufig mit dem Tumor einhergehenden pathologischen Frakturen gibt es ebenfalls Kontroversen zur Behandlungsmethode und dem optimalen Therapiezeitpunkt [61].

Verschiedene chirurgische Therapiekonzepte zeigen bei der Therapie solitärer Läsionen vorteilhafte Ergebnisse und niedrige Raten an Komplikationen und Rezidiven [10]. Die meisten Studien haben jedoch nur eine kurze Nachbeobachtungszeit. Dadurch kann die Rezidivrate nicht adäquat eingeschätzt werden. Zudem wird oft nur eine geringe Patientenzahl untersucht,

was die Aussagekraft der Studien beeinträchtigt [57]. Für eine einzelne Einrichtung gestaltet sich die Umsetzung aussagekräftiger randomisierter kontrollierter Studien zudem schwierig [10].

Insgesamt werden verschiedene erfolgreiche Konzepte beschrieben, jedoch zeigen sich auch zahlreiche Kontroversen. Diese reichen von der generellen Vorteilhaftigkeit der chirurgischen Therapie, über die Notwendigkeit und die Art der Defektfüllung bis hin zum optimalen Zeitpunkt für den Eingriff.

Weitere Langzeitstudien sind erforderlich, um diese Kontroversen zu klären. Es mangelt an Studien mit großer Patientenzahl, um die Ergebnisse der alleinigen Kürettage weiter zu unterstützen. Zusätzlich werden weitere Untersuchungen benötigt, um den optimalen Zeitpunkt für den Eingriff bei den häufig beobachteten pathologischen Frakturen zu bestimmen.

2. Zielsetzung

Zusammenfassend wurden in der Studie folgende Fragestellungen betrachtet.

I) Tumoreigenschaften von Enchondromen und Wahrscheinlichkeit der malignen Transformation

Innerhalb der Studienpopulation sollen die Charakteristika, mögliche Risikofaktoren und präferierte Lokalisationen der Tumorentstehung erhoben werden, um eine frühzeitige Tumordiagnose zu begünstigen. Zudem soll ermittelt werden, ob die Tumorausdehnung mit bestimmten Krankheitsverläufen und Tumoreigenschaften assoziiert ist.

Da bei der Rezidiventstehung eine unvollständige Tumorentfernung vermutet wird [78], soll die Rezidivwahrscheinlichkeit der Studienpopulation erhoben werden, um die Qualität der Operationstechnik zu beurteilen.

- a) „Gibt es identifizierbare demographische Faktoren oder Lokalisationen, bei denen das Auftreten eines Enchondroms wahrscheinlicher ist und kann in der prospektiven Erhebung eine Prädisposition beobachtet werden?“
- b) „Gibt es präoperativ eindeutige Symptome, welche diagnostisch auf ein Enchondrom verweisen können und welche therapeutischen Konsequenzen können sich daraus ergeben?“
- c) „Besteht ein Zusammenhang zwischen der Tumorgöße und Rezidivaufreten, Frakturen oder der Tumorlokalisation?“
- d) „Besteht bei Tumoraufreten eine relevante Gefährdung durch eine maligne Transformation und damit ein Risiko beim Ausbleiben der operativen Therapie?“
- e) „Gibt es Abweichungen im Krankheitsverlauf bei Patienten mit Enchondromen im Jugendalter?“

II) Bewertung der operativen Ergebnisse der alleinigen Kürettage

Es gibt zahlreiche Kontroversen bezüglich der Auffüllung der Exstirpationshöhle [27], auch wird der Verzicht auf eine Defektfüllung diskutiert [92][73]. Dabei ist umstritten, inwiefern Heilungsprozess, Komplikations- und Rezidivrate von der Art des Transplantats beeinflusst werden [29][74] und ob ein Einfluss auf die postoperative Mobilität besteht [23].

Die Fragestellung „Führt die alleinige Kürettage zu zufriedenstellenden Ergebnissen in der Enchondromtherapie?“ stellt den Fokus der Arbeit dar. Momentan ist zur Enchondromtherapie kein übergreifender Standard bekannt [23][57][78]. Ziel ist es daher die klinikintern bevorzugt durchgeführte alleinige Kürettage anhand der operativen Ergebnisse zu evaluieren [78].

Es soll betrachtet werden, ob diese Operationstechnik zufriedenstellende operative Langzeitergebnisse zeigt, da es an Langzeitstudien zur alleinigen Kürettage mangelt [53].

Im Studienvergleich werden sowohl für die alleinige Kürettage als auch für die Defektfüllung mittels Spongiosaplastik gute Ergebnisse beschrieben [30][53]. Durch die Anwendung der Spongiosaplastik treten jedoch spezifische Komplikationen auf, weswegen die Verwendung hinterfragt werden kann.

Nach der klinikinternen Vorgängerstudie zeigt sich kein Vorteil der therapeutischen Ergebnisse durch die Spongiosaplastik [105]. Und es findet sich auch keine erhöhte Rezidivrate bei alleiniger Kürettage [78]. Daher hat sich an der BG Klinik Tübingen die Kürettage ohne Defektfüllung als Therapiemethode etabliert [78]. Auch im Studienvergleich zeigen sich deutliche Empfehlungen zur alleinigen Kürettage [57] dennoch mangelt es an Langzeitergebnisse für einen abschließenden Vergleich [53]. Somit besteht die Notwendigkeit weiterer Langzeitstudien zu den therapeutischen Resultaten der alleinigen Kürettage.

- a) „Ist die operative Therapie mittels alleiniger Kürettage zeitgerecht umsetzbar und führt die alleinige Kürettage zu zufriedenstellenden Ergebnissen in den subjektiven Angaben der Patienten und der klinischen und radiologischen Nachuntersuchung?“

- b) „Stellt die alleinige Kürettage eine komplikationsarme Therapiemethode dar?“
- c) „Ist in der Studienuntersuchung eine Bewertung anderer Operationstechniken möglich bzw. ist ein Vergleich zwischen den Patienten mit alleiniger Kürettage und den Patienten mit zusätzlicher Defektfüllung mittels Spongiosaplastik möglich?“
- d) „In welcher Häufigkeit treten Rezidive auf und besteht in Hinblick auf die Rezidivquote die Notwendigkeit weiterer Nachkontrollen nach Behandlungsabschluss?“

III) Operationsindikation und Einfluss der präoperativen Fraktur auf das Therapieergebnis

Zur Operationsindikation und zum bestmöglichen Zeitpunkt des Eingriffs bestehen Unklarheiten. Bei asymptomatischen Tumoren wird die Notwendigkeit einer operativen Entfernung zur Vermeidung von Komplikationen angezweifelt [10][15][93][94]. Bei den häufig auftretenden pathologischen Frakturen bestehen Kontroversen zum optimalen Operationszeitpunkt und der Therapiemethode [10][59][60][61]. Auch mangelt es an Studien zum Therapieergebnis in diesen Fällen [59].

Es soll daher beobachtet werden, ob die Resektion von Enchondromen vor Frakturreintreten bessere operative Ergebnisse zeigt als nach Auftreten einer pathologischen Fraktur und ob die Behandlung von asymptomatischen Enchondrome einen Vorteil darstellen könnte. Zudem soll untersucht werden, ob es Faktoren gibt, die eine pathologische Fraktur begünstigen bzw. diese Gefahr erkennen lassen und ob diese Komplikation bei Enchondromen häufig ist.

Auch das Konzept der vorherigen konservativen Konsolidierung präoperativer Frakturen vor Tumorresektion soll weitergehend betrachtet werden.

Ziel ist es eine Abschätzung über die zu erwartenden operativen Resultate in Abhängigkeit zur Ausgangslage des Patienten treffen zu können.

- a) „Führt die operative Therapie von Enchondromen vor dem Auftreten von Frakturen zu besseren therapeutischen Ergebnissen und ist daher eine frühzeitige Tumorresektion vorteilhaft?“
- b) „Führt das Konzept der konservativen Konsolidierung pathologischer Frakturen vor Tumorresektion zu zufriedenstellenden Ergebnissen?“

IV) Auftreten von generalisierten Enchondromatosen

Bei Enchondromatosen handelt es sich um eine seltene Erkrankung [26], daher soll bei der Untersuchung der verhältnismäßig großen Patientenanzahl betrachtet werden, ob die alleinige Kürettage bei diesen Rahmenbedingungen auch zu zufriedenstellenden Ergebnissen führt, und ob sich spezifische Tumorcharakteristika zeigen.

- a) „Gibt es bevorzugte Lokalisationen oder demographische Faktoren bei Patienten mit polyostotischen Tumoren und dem Verdacht auf eine Enchondromatose und unterscheiden sich diese von monostotischen Enchondromen?“
- b) „Führt die alleinige Kürettage auch bei Patienten mit dem Verdacht auf eine generalisierte Enchondromatose zu zufriedenstellenden Ergebnissen?“

3. Patienten und Methoden

Die Studie wurde am 16.01.2020 mit der Projekt-Nummer 865/2019BO2 bewilligt. Die vorliegende Dissertation wurde unter Einhaltung der ethischen Prinzipien und Richtlinien der Deklaration von Helsinki durchgeführt. Den Patienten wurden im Anschreiben allgemeine Informationen zum Inhalt und Ziel der Studie und zum Aufbau und Zweck der Fragebögen vermittelt. Zudem wurden vereinfachte Erläuterungen zur Bearbeitung der Fragebögen und zur anschließenden Nachuntersuchung und zum Datenschutz angeführt (siehe Anhang).

3.1 Einschlusskriterien

Für den Einschluss der Patienten in die Studie galten folgende Kriterien:

- Operative Behandlung in der Klinik für Hand-, Plastische, Rekonstruktive und Verbrennungschirurgie der BG Klinik Tübingen
- Operationszeitraum: 01.01.2000 - 31.12.2019
- Präoperative klinische Diagnose „Enchondrom“ oder Erfassung innerhalb definierter ICD-Codes [106] (siehe Anhang).
- Tumorlokalisierung an der Hand

Der endgültige Einschluss erfolgte nach der histologischen Befundung „Enchondrom“ durch das Medizinisches Versorgungszentrum "Pathologie und Neuropathologie" (MVZ) des Universitätsklinikums Tübingen.

Der Nachuntersuchung lag zusätzlich eine schriftliche Einwilligung zur Studienteilnahme und die Datenschutzerklärung zugrunde sowie die Teilnahme am COVID-19-Screening und die Einhaltung der entsprechenden Schutzmaßnahmen.

3.2 Studienaufbau

Als Ausgangslage wurden die Patienten anhand einer retrospektiven Datenerhebung identifiziert und Tumorcharakteristika und der Behandlungsverlauf erhoben. Ausgehend von dieser Grundlage erfolgte eine prospektive Erhebung mit Wiedervorstellung der Patienten und Evaluierung der operativen Langzeitergebnisse. Das therapeutische Ergebnis, die Funktionalität

der Hand im Alltag und der momentane Gesundheitszustand wurden durch Fragebögen ermittelt. Im Rahmen einer klinischen Nachuntersuchung wurde die Handfunktion der Probanden erhoben, zur Beurteilung der Knochenregeneration und der Einschätzung einer möglichen Rezidivbildung erfolgte eine Untersuchung mittels radiologischer Bildgebung.

Die Patienten wurden in Studiengruppen anhand des klinischen Ausgangsbefunds eingeteilt. Die Gruppierung erfolgte anhand des Merkmals „präoperative Fraktur vor Enchondromresektion“. Dabei wurden folgende Gruppen gebildet.

Hauptgruppen	Definition
I) „Präoperative Fraktur“	Bei Erstvorstellung radiologischer Fraktur nachweis an der Lokalisation des Enchondroms
	la) „Präoperativ konsolidierte Fraktur“
	lb) „Präoperativ nicht nachweislich konsolidierte Fraktur“
II) „Kein präoperatives Frakturauftreten“	Bei Erstvorstellung keine präoperative Fraktur

Tabelle 2 - Definition und Einteilung der Probanden in die Hauptgruppen.

Nebengruppen	Definition
III) „Multiple Enchondrome bei Verdacht auf zugrundeliegende systemische Grunderkrankung (Enchondromatosen)“	Verdacht auf eine systemische Enchondromerkrankung, oder deren histologische Bestätigung oder der Nachweis einer entsprechenden zugrundeliegenden Genmutation
IV) „Rezidivtumoren“	An identischer Lokalisation mit histologischer Diagnose „Enchondrom“ voroperierte Patienten, mit histologisch bestätigtem Wiederauftreten des Tumors
VI) „Unklare Zuordnung“	Zutreffende Einschlusskriterien jedoch aufgrund fehlender Daten keine Gruppenzuteilung möglich

Tabelle 3 - Definition und Einteilung der Probanden in die Nebengruppen.

Nachgeordnet erfolgte eine Betrachtung der Ergebnisse der Studienpatienten anhand der folgenden angewendeten Operationstechniken:

- I) Alleinige Kürettage
- II) Kürettage mit autologer Spongiosaplastik
- III) Kürettage mit Osteosynthese
- IV) Kürettage mit Osteosynthese und autologer Spongiosaplastik

3.3 Datenerhebung

3.3.1 Retrospektive Datenerhebung

Über die ICD-10-Codes möglicher Enchondrom-Patienten [106] wurde im Zeitraum 01.01.2000 bis 31.12.2019 über das Krankenhausinformationssystem eine Abfrage nach übereinstimmenden operativen Diagnosen durchgeführt. Nach Einschluss erfolgte die beschriebene Gruppeneinteilung.

Anhand der klinikinternen Dokumentation wurden retrospektiv Eigenschaften der Studienpopulation, Tumorcharakteristika und der Behandlungsverlauf der Patienten erhoben. Zudem wurde anhand der präoperativen Röntgenbilder der radial-ulnare und der proximal-distale Durchmesser der Tumoren erhoben und analysiert. Des Weiteren wurde anhand der Berechnung der Flächenausdehnung neben der gesamten Studienpopulation ermittelt, ob es einen Unterschied in der Tumorausdehnung zwischen Patienten mit Fraktur und Patienten ohne Fraktur gibt. Die statistische Auswertung erfolgte dabei mittels der Statistiksoftware R Studio 2022.02.2 (Boston, MA). Nach Überprüfung der Werte auf Normalverteilung wurde mittels Mann-Whitney-U Test untersucht, ob es zwischen diesen beiden unabhängigen Gruppen einen signifikanten Unterschied in der Tumorausdehnung gibt.

In den Jahren 2007 bis 2019 konnten die Daten digital erhoben und durch schriftlichen Patientenakten ergänzt werden. Patienten mit der operativen Diagnose „Enchondrom“ vor 2007 wurden anhand der schriftlichen Operationsdokumentation erhoben. Ausgehend von den Operationsberichten wurden die entsprechenden Akten im Archiv ermittelt und digital ergänzende Daten erhoben. Auf die schriftliche Operationsdokumentation von 2004 bis 2006 war im Rahmen der Studie kein Datenzugriff möglich, auch die schriftliche Dokumentation war im klinikinternen Archiv nicht zugänglich. In der elektronischen Datenbank war dieser Zeitraum nicht abrufbar.

3.3.2 Prospektive Datenerhebung mittels Fragebögen

a) Patientenfragebogen: Operative Enchondrombehandlung

Hier wurden Beschwerden nach der Operation, die Zufriedenheit mit der Therapie sowie die momentane Handbeweglichkeit erfragt. Zudem wurden prädisponierende Faktoren und die Bereitschaft zur Teilnahme an der klinischen und radiologischen Nachuntersuchung erhoben (siehe Anhang).

b) Zusatzfragebogen für Patienten mit Spongiosaentnahme

Bei Probanden mit Spongiosaplastik wurde eine zusätzliche Abfrage der Beschwerden an der Lokalisation der Spongiosaentnahme durchgeführt (siehe Anhang).

c) DASH-Fragebogen

Es wurde die deutsche Übersetzung des DASH-Fragebogen des "Institute for Work and Health" (IWH) verwendet [107]. Dieser standardisierten Fragebogen umfasst 30 Fragen und dient der Einschätzung des funktionellen Einsatzes der Hand im Alltag und der körperlichen Funktionalität speziell bei Erkrankungen der oberen Extremität [108].

Die Auswertung des Fragebogens erfolgt nach der vorgegebenen Berechnung.

$$\frac{(\text{Rohwert} - 30)}{1,2} = \text{DASH - Wert (0 - 100)}$$

Formel 1 - Berechnung des DASH-Funktionsfähigkeit-Wert des Teil 1 des DASH-Fragebogens. Dabei entspricht ein Punktwert von null Punkten einer sehr guten Funktion, höhere Werte korrespondieren mit einem höheren Grad an Einschränkung [108].

Zusätzlich beinhaltet der DASH-Fragebogen zwei optionale Module aus jeweils vier Fragen. Dabei wird die Funktionalität der oberen Extremität speziell bei sportlichen und musischen Aktivitäten, sowie bei der Arbeitsausführung erhoben. Dadurch können Einschränkungen bei diesen spezifischen Anforderungen gesondert erfasst werden [109].

Es ergeben sich die folgenden vorgegebenen Berechnungen.

$$\frac{(\text{Rohwert} - 4)}{0,16} = \text{DASH} - \text{Sport} (0 - 100)$$

Formel 2 - Berechnung der DASH-Punktwerte des Teil 2 des DASH-Fragebogens (Freizeitaktivitäten) [108].

$$\frac{(\text{Rohwert} - 4)}{0,16} = \text{DASH} - \text{Arbeit} (0 - 100)$$

Formel 3 - Berechnung der DASH-Punktwerte des Teil 3 des DASH-Fragebogens (Freizeitaktivitäten) [108].

Die Punktwerte wurden nach dem Schema von Patil et al. ausgewertet: „excellent: 0-55 points, good: 56-70 points, fair: 71-85 points, poor: 86-100 points“ [110]. Insgesamt korrespondiert ein höherer DASH-Punktwert mit einem höheren Grad an subjektiver Einschränkung. Bei einem Wert von null Punkten liegt keine Einschränkung und demnach eine sehr gute Funktionalität der oberen Extremität vor. Demgegenüber steht der Maximalwert von 100 Punkten, welcher ein hohes Maß an Beeinträchtigung widerspiegelt [108].

Neben der Betrachtung der gesamten Studienpopulation wurden die Ergebnisse des DASH-Fragebogens weiterführend anhand der Ausgangslage untersucht. Dabei wurden die Resultate der Patienten mit präoperativer Fraktur und der Patienten ohne Fraktur miteinander verglichen.

Die statistische Auswertung erfolgte dabei mittels der Statistiksoftware R Studio 2022.02.2 (Boston, MA), die grafische Darstellung wurde mittels Box-Plot in Excel durchgeführt.

Nachdem die Normalverteilung der Daten überprüft wurde, erfolgte ein Abgleich der statistischen Unterschiede zwischen den Patienten mit präoperativen Frakturen und denen ohne Frakturen mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests.

d) SF-36 Fragebogen

Der SF-36 Fragebogen dient der Erhebung der subjektiven Lebensqualität und der Einschätzung des eigenen Gesundheitszustands. Dabei werden 36 Fragen aus 8 definierten Teilbereichen (Subskalen) erhoben. Sie umfassen die Bereiche „Körperliche Funktionsfähigkeit (PF)“, „Körperliche Rollenfunktion (RP)“,

„Körperliche Schmerzen (BP)“, „Allgemeiner Gesundheitszustand (GH)“, „Vitalität (VT)“, „Soziale Funktionsfähigkeit (SF)“, „Emotionale Rollenfunktion (RE)“ und „Psychisches Wohlbefinden (MH)“ [111].

Die acht Dimensionen des SF-36 Fragebogens werden in zwei Summenscores zusammengefasst. Dabei wird der körperliche Gesundheitszustand von dem Summenscore „physical health component summary score“ (PCS) dargestellt, der psychische Gesundheitszustand wird im Summenscore „mental health component summary score“ wiedergegeben [112].

Dieser Studie lag die deutsche Version des SF-36 Fragebogens zugrunde [113]. Die Skalen des SF-36 wurden normalisiert und diese mit den Normwerten einer gesunden Vergleichspopulation der deutschen Bevölkerung gegenübergestellt. Anschließend wurden die Ergebnisse des SF-36 Fragebogens der Probanden mit präoperativen Frakturen und der Patienten ohne Frakturen verglichen, um einen etwaigen Einfluss der präoperativen Ausgangssituation auf den subjektiven Gesundheitszustand zu ermitteln.

Die statistische Auswertung erfolgte dabei mittels der Statistiksoftware R Studio 2022.02.2 (Boston, MA). Nach Überprüfung der Werte auf Normalverteilung erfolgte ein Abgleich auf statistische Unterschiede innerhalb der Mittelwerte der Studienpopulation und Werten der deutschen Bevölkerung mittels Mann-Whitney-U Test. Anschließend wurde dieser Abgleich anhand der Probanden mit präoperativen Frakturen und der Patienten ohne Frakturen erhoben.

Die grafische Darstellung wurde ebenfalls mit R Studio durchgeführt.

e) Datenschutzbestimmung und Datenschutzrechtliche Einwilligung

In diesem Formular waren die Aufklärung und Einwilligung über die Verarbeitung, Anonymisierung, Speicherung der Daten und die Möglichkeit der Auskunft und Löschung der gespeicherten Daten enthalten (siehe Anhang).

f) Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie

Nach schriftlicher Information über die Studieninhalte bestätigten die Teilnehmer, dass sie über Ziele, Dauer und Ablauf, sowie Nutzen und Risiken der Studienteilnahme informiert wurden (siehe Anhang).

3.3.3 Prospektive Datenerhebung mittels physischer Untersuchung

Die Nachuntersuchungen fanden vom 10.06.2020 bis zum 10.11.2020, in der Klinik für Hand-, Plastische, Rekonstruktive und Verbrennungschirurgie der BG Klinik Tübingen, statt. Die erhobenen Kriterien finden sich im Anhang. Es wurden folgende Materialien verwendet:

- Digitales Hand Dynamometer („SportTec“©)
- Zwei Goniometer in den Größen 10 cm und 20 cm
- Zweipunkt-Diskriminator („Greulich-Stern“)
- Maßband

Vor der Untersuchung wurde telefonisch eine erste Anamnese erhoben und aktuelle Beschwerden erfasst. Dabei wurden ein erster Rezidivverdacht sowie die Notwendigkeit zusätzlicher radiologischer Untersuchungen bzw. einer regulären ambulanten Vorstellung ermittelt.

3.3.3.1 Messung des Bewegungsumfangs

Die Beweglichkeit des operierten Fingers wurde anhand der Messung des Fingernagel-Tisch-Abstand (FN TA) und Fingerkuppen-Hohlhand-Abstand (FKHA) im Seitenvergleich, im Vergleich zu Normwerten und zu vorhandenen präoperativen Werten betrachtet.

Die Beweglichkeit des operierten Fingers wurde zusätzlich nach der Neutral-Null-Methode erhoben. Dabei erfolgte die Bewertung der Beweglichkeit im Seitenvergleich und anhand von Normwerten der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e.V. (DGUV). Zugrunde liegt dabei das „Messblatt Finger“ für die Beweglichkeit der Langfinger in Extension und Flexion [114].

3.3.3.2 Messung der Handkraft

Die Handkraft der operierten Hand wurden alters- und geschlechtsspezifischen Werten gegenübergestellt. Zugrunde lagen die erhobenen Werte nach Massy-Westropp et al. [115].

Lebensalter (in Jahren)	Handkraft männlicher Probanden (kg)		Handkraft weiblicher Probanden (kg)	
	rechte Hand	linke Hand	rechte Hand	linke Hand
20 - 29	47	45	30	28
30 - 39	47	47	31	29
40 - 49	47	45	29	28
50 - 59	45	43	28	26
60 - 69	40	38	24	23
≥ 70	33	32	20	19

Tabelle 4 - Alters- und geschlechtsspezifische Normwerte der Handkraft in Kilogramm (kg) nach Massy-Westropp et al. [115].

3.3.3.3 Messung der Sensibilität

Die Sensibilität des operierten Fingers wurde subjektiv mit der nicht operierten Gegenseite verglichen. Zudem erfolgte eine Erhebung der Zwei-Punkt-Diskrimination (2PD) und ein Vergleich mit der Gegenseite und mit Normwerten. Dabei wurden die Richtwerte der „American Society for Surgery of the Hand (ASSH)“ verwendet, mit dem modifizierten Bewertungsschema der 2PD: „excellent: < 6 mm, good: 6-10 mm, fair: 11-15 mm, poor: > 15 mm, failure/anesthetic“ nach Bushnell et al. [116].

3.4 Klinische Scores

Zur Beurteilung des operativen Ergebnisses erfolgte eine Röntgenaufnahme des operierten Fingers in zwei Ebenen. Bei ehemaliger Tumorlokalisierung in der Mittelhand erfolgte die radiologische Aufnahme in drei Ebenen, wie auch von Lubahn et al. empfohlen [10]. Die Röntgenbilder wurden nach einem festgelegten Protokoll (siehe Anhang) und den entsprechenden Scores ausgewertet und mit den vorhandenen prä- und postoperativen Bildern der Patienten abgeglichen. Nach fachärztlicher Kontrolle der Auswertung erfolgte die abschließende telefonische Ergebnismitteilung an die Studienpatienten. Beurteilt wurde die Ausheilung des operativen Defekts, das Vorliegen einer Fraktur, Anzeichen eines Rezidivs sowie sonstige radiologische Auffälligkeiten.

Anschließend fand eine Auswertung anhand der definierten Scores statt.

I. Auswertung nach Hasselgren et al.

Das Röntgenschema nach Hasselgren et al. [74] bezieht sich bei der Beurteilung des operativen Ergebnisses auf die Knochenneubildung an der Operationslokalisation.

Grad	Radiologischer Befund
I	exzellente Knochenneubildung in der Knochenhöhle und normale Kortikalisdicke
II	gute Knochenneubildung in der Knochenhöhle und/oder Zysten < 3 mm
III	spärliche Knochenneubildung in der Knochenhöhle und/oder Zysten > 3 mm
IV	keine Knochenneubildung in der Knochenhöhle

Tabelle 5 - Beurteilungsschema der radiologischen Nachuntersuchung nach Hasselgren et al. [74].

II. Auswertung nach Takigawa

Das Schema nach Takigawa [16] beurteilt das operative Ergebnis anhand folgender Faktoren.

Kriterien	Definition Kriterium erfüllt
äußeres Aussehen	akzeptabel
Ausmaß der aktiven Beweglichkeit	≥ 80 % im Seitenvergleich
Griff und Druck	≥ 80 % im Seitenvergleich
radiologisch nachgewiesene Heilung	keine Deformität, Verkürzung oder Rezidiv

Tabelle 6 - Bewertungskriterien nach Takigawa [16] in Barth [105].

Die endgültige Bewertung erfolgte anhand der erfüllten Kriterien.

Bewertung	Anzahl erfüllte Kriterien
ausgezeichnetes Ergebnis	4
gutes Ergebnis	3
ausreichendes Ergebnis	2
schlechtes Ergebnis	1

Tabelle 7 - Auswertung der Ergebnisse des Beurteilungsschema nach Takigawa [16] in Barth [105].

Die Erfüllung der Kriterien wurde evaluiert und an die Datenerhebung angepasst, dabei galten folgende Bewertungskriterien.

„Äußeres Aussehen akzeptabel“: Wenn mindestens drei Abweichungen bei der Inspektion vorliegen, oder die Abweichungen bei zwei erfüllten Kriterien als subjektiv störend empfunden wird, galt das Kriterium als negativ.

Ausmaß der aktiven Beweglichkeit“: Eine Fingerbeweglichkeit von mindestens 80 % im Seitenvergleich wurde als positives Ergebnis gewertet.

An den Langfingern wurden das Metacarpophalangealgelenk (MCP), Proximales- (PIP) und das Distale Interphalangealgelenk (DIP) vermessen, am Daumen das MCP und das Interphalangealgelenk (IP). Daher gab es an den drei bzw. zwei Fingergelenken entsprechend viele Messungen der Extension und der Flexion. Somit wurden insgesamt sechs bzw. vier Bewegungsrichtungen betrachtet. Das Kriterium wurde bei einer Beweglichkeit von mindestens 80 % im Vergleich zur Gegenseite, somit an fünf der sechs bzw. an drei der vier Messungen, als positiv gewertet.

„Griff und Druck“: Wenn die gemessene Handkraft der operierten Hand mindestens 80 % im Vergleich zur gesunden Gegenseite beträgt, wurde das Kriterium als positiv gewertet.

„Radiologisch nachgewiesene Heilung“: Wenn die Ausheilung radiologisch bestätigt wird, kein Rezidivaufreten, keine Deformität oder Verkürzung vorliegen, wurde das Kriterium als positiv gewertet.

III. Münster-Score

Das von Kayser etablierte Wertungsschema betrachtet die vier Aspekte „Schmerzen, Schwellung, Kraftminderung und Bewegungseinschränkung“ und vergibt anhand von festgelegten Kriterien einen Punktwert [117].

Kriterium	Punktzahl	Definition
Schmerzen	0	keine Schmerzen
	1	belastungsabhängige Schmerzen und Wetterfühligkeit
	2	belastungsabhängige starke und/oder ausstrahlende Schmerzen
	3	belastungsabhängige Schmerzen und/oder Sensibilitätsstörungen
Schwellung	0	keine erkennbare Schwellung
	1	leichte Schwellung
	2	deutliche Schwellung
	3	deutliche Schwellung mit Veränderung der bedeckten Haut oder einer Funktionsbeeinträchtigung
Kraftminderung	0	keine Kraftminderung
	1	< 20 % Kraftminderung
	2	20-30 % Kraftminderung
	3	> 30 % Kraftminderung
Bewegungs- einschränkung	0	volle Beweglichkeit
	1	Bewegungseinschränkung < 20 %
	2	20-30 % Bewegungseinschränkung
	3	> 30 % oder schmerzhafte Bewegungseinschränkung

Tabelle 8 - Münster-Score zur Auswertung des funktionellen Ergebnisses der operativen Therapie nach Kayser [117].

Dabei werden die Kriterien von Kayser einzeln benotet. Ein Wert von null Punkten entspricht der Note „sehr gut“, ein Punkt der Bewertung „gut“, zwei Punkte der Wertung „ausreichend“ und drei Punkte der Wertung „nicht befriedigend“ [117]. Für die zusammenfassende Auswertung wurde die Evaluation nach Krüger übernommen. Die betrachteten vier Kriterien „Schmerzen, Schwellung, Kraftminderung und Bewegungseinschränkung“ (s. Tabelle 8) werden als positiv gewertet, wenn die Noten „sehr gut“ oder „gut“ vergeben wurden. Daraus ergibt sich nach Krüger folgende zusammenfassende Benotung [53].

Anzahl positive Kriterien	Bewertung des Operationsergebnis
4	sehr gut
3	gut
2	ausreichend
0 oder 1	nicht befriedigend

Tabelle 9 - Auswertung der operativen Ergebnisse anhand des Münster-Scores nach Kayser [117] evaluiert nach Krüger [53].

IV. Hannover-Score

Das Auswertungsschema nach Machens et al. [79] bezieht sich auf die Aspekte Bewegungseinschränkungen und Schmerzen, jedoch in differenzierterer Abstufung. Vergleichbar mit dem Schema nach Takigawa wird das äußere Aussehen der operierten Hand bewertet. Zusätzlich werden Sensibilitätsstörungen und der Ausgangsbefund miteinbezogen.

Benotung	Grad	Beschreibung	Kriterien
sehr gut	Ia	„keine Einschränkungen“	keine Schmerzen keine Bewegungseinschränkungen keine Sensibilitätsstörungen keine kosmetischen Mängel
sehr gut bei ungünstigem Ausgangsbefund	Ib	„sehr gut bezüglich eines ungünstigen Ausgangsbefundes, das Operationsziel ist erreicht“	Arthrodese / Amputation notwendig oder Funktionseinschränkungen durch andere Erkrankung aber keine Beschwerden aufgrund der Enchondrom-Operation
gut	II	„leichtere Einschränkungen“	Bewegungseinschränkung $\leq 20\%$ im Seitenvergleich oder Schmerzen bei Belastung „leichte kosmetische Mängel“ Sensibilitätsstörungen
ausreichend	III	„schwerere Einschränkungen“	Bewegungseinschränkung $\geq 20\%$ im Seitenvergleich oder persistierende Schmerzen in Ruhe oder „gravierende kosmetische Mängel“

Tabelle 10 - Auswertung der operativen Ergebnisse anhand des Hannover-Scores nach Machens et al. [79].

3.5 Anpassung des Studienablaufs an die COVID-19-Pandemielage

Aufgrund der eingetretenen Pandemielage im Frühjahr 2020 wurde die Versendung der Fragebögen und die Nachuntersuchungen verschoben, um ein patientensicheres Konzept zu entwickeln. Vor Betreten der Klinik fand ein Screening mit Symptomabfrage und Temperaturmessung statt. Die klinischen Nachuntersuchungen fanden außerhalb der regulären Sprechzeiten statt, und durch eine Terminabsprache mit der radiologischen Abteilung wurde ein kontaktarmer Ablauf ohne Wartezeit gewährleistet. Auf diese Weise konnte die Studie trotz der eingetretenen Pandemie vollumfänglich ohne Einschränkungen durchgeführt werden.

4. Studienergebnisse

Aufgeschlüsselt anhand der Fragestellungen aus der Zielsetzung (siehe Kapitel 2) zeigten sich folgende Ergebnisse in der Studierhebung.

I) Tumoreigenschaften von Enchondromen und Wahrscheinlichkeit der malignen Transformation

1a) „Gibt es identifizierbare demographische Faktoren oder Lokalisationen, bei denen das Auftreten eines Enchondroms wahrscheinlicher ist und kann in der prospektiven Datenerhebung eine Prädisposition beobachtet werden?“

4.1 Retrospektive Datenerhebung

Im Studienzeitraum 01.01.2000 bis 31.12.2019 wurden 170 Fälle mit zutreffenden Einschlusskriterien ermittelt.

Insgesamt lagen 185 Tumoren vor, davon waren 163 monostotische. In sieben Fällen lagen 22 polyostotische Tumoren vor. In fünf Fällen lag der Verdacht auf eine generalisierte Enchondromatose vor. 153 Patienten wurden erstoperiert. 13 Patienten wurden im Rahmen eines Rezidivs und vier Patienten aufgrund einer generalisierten Enchondromatose erneut operiert.

Bei 90,1 % der Fälle wurde die alleinige Kürettage angewandt, die Kürettage mit Spongiosaplastik wurde in acht Fällen angewandt (4,7 %).

Die eingeschlossenen Fälle wurden den definierten Gruppen zugeordnet.

Dabei lag der Fokus der Arbeit auf der Betrachtung der Hauptgruppen mit der Einteilung anhand des Merkmals „präoperative Fraktur“

Hauptgruppen	Anzahl	Gruppenabkürzung im Text
I) „Präoperative Fraktur“	80	„Fraktur“
<i>1a) „Präoperative konsolidierte Fraktur“</i>	60	„Konsolidierte Fraktur“
<i>1b) „Präoperative nicht nachweislich konsolidierte Fraktur“</i>	20	„Nicht konsolidierte Fraktur“
II) „Kein präoperatives Frakturauftreten“	69	„Keine Fraktur“

Table 11 - Fallzahlen nach den definierten vergleichbaren Hauptgruppen sowie die im Text verwendete Abkürzung der Gruppen. I) „Präoperative Fraktur“: Patienten mit nachgewiesener Fraktur vor Operation, 1a) „Präoperative konsolidierte Fraktur“: Patienten mit nachgewiesener konsolidierter Fraktur vor Operation, 1b) „Präoperative nicht nachweislich konsolidierte Fraktur“: Patienten mit nicht nachgewiesener konsolidierter Fraktur vor Operation, II) „Kein präoperatives Frakturauftreten“: Patienten ohne präoperative Fraktur.

Die übrigen Studienpatienten wurden anhand der Charakteristik des Tumorauftritts in Nebengruppen eingeteilt.

Nebengruppen	Anzahl	Gruppenabkürzung
III) „Multiple Enchondrome bei Verdacht auf zugrundeliegende systemische Grunderkrankung (Enchondromatosen)“	5	„Enchondromatosen“
IV) „Rezidivtumoren“	13	„Rezidive“
V) „Unklare Zuordnung“	3	„Unklare Zuordnung“

Tabelle 12 - Fallzahlen nach den definierten vergleichbaren Nebengruppen.

III) „Multiple Enchondrome bei Verdacht auf zugrundeliegende systemische Grunderkrankung (Enchondromatosen)“: Enchondrome im Rahmen einer Diagnose oder des Verdachts auf eine generalisierte Enchondromatose, IV) „Rezidivtumoren“: Auftreten eines Enchondroms nach histologisch bestätigtem operiertem Ersttumor, V) „Unklare Zuordnung“: Fälle mit zutreffenden Einschlusskriterien aber unzureichender Datenlage für die Gruppenzuteilung.

Identifikation der Fälle mit zutreffenden Einschlusskriterien

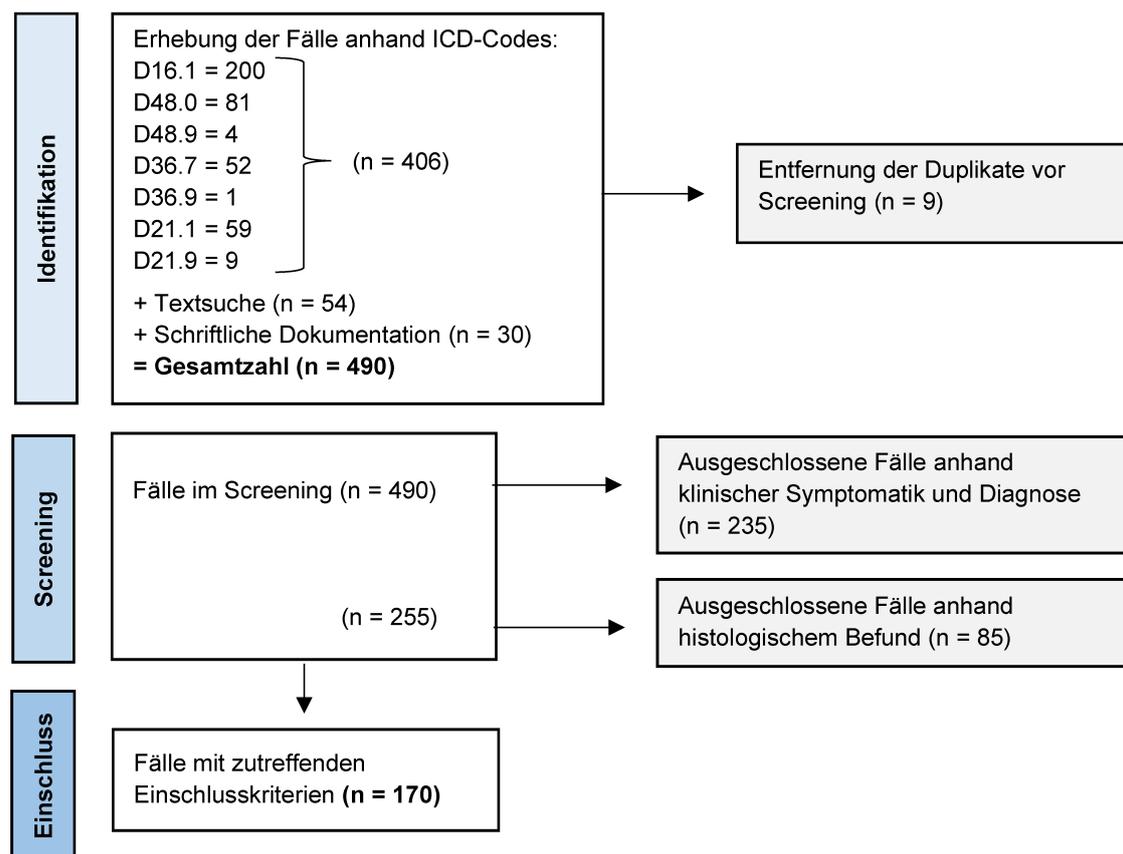


Abbildung 3 - Schema zur Erhebung der Fallzahlen. In neun Fällen wurden Patienten mehrfach erfasst, dabei handelt es sich um einen zweizeitig operierten Fall bei einer generalisierten Enchondromatose und in acht Fällen um Rezidive, die bereits klinikintern erstoperiert wurden. Schema erstellt nach Page et al. [118][119].

4.1.1 Demographische Daten

Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Operation lag bei 38,4 Jahren (5-87 Jahre). Probanden mit Rezidivtumoren und mit multiplen Enchondrome aus der Gruppe „Enchondromatosen“ wurden gesondert erfasst.

Alter bei Operation (in Jahren)	Mittelwert	Maximum	Minimum	Gesamtanzahl
„Keine Fraktur“	40,8	75	5	69
„Konsolidierte Fraktur“	34,6	61	10	60
„Nicht konsolidierte Fraktur“	40,2	61	16	20
„Unklare Zuordnung“	46	87	25	3
Gesamtwert	38,4	87	5	152

Table 13 - Altersverteilung der 152 Probanden bei der Operation. Unter Ausschluss der Probanden mit Rezidivtumoren oder dem Verdacht einer Enchondromatose.

Bei Probanden mit Enchondromatosen lag das Durchschnittsalter bei der Operation bei 30 Jahren (14-62 Jahre).

Alter bei Operation (in Jahren)	Mittelwert	Maximum	Minimum	Gesamtanzahl
„Enchondromatosen“	29,6	62	14	5
Gesamtstudienpopulation	38,4	87	5	152
Gesamtwert	38,1	87	5	157

Table 14 - Altersverteilung der fünf Probanden aus der Gruppe „Enchondromatosen“ im Vergleich zu den übrigen Studienpatienten.

Bei Probanden mit Rezidivtumoren lag das Durchschnittsalter bei der ersten Operation bei 29 Jahren (5-74 Jahre) und beim Rezidiveingriff bei 35 Jahren (10-80 Jahre).

Alter bei Operation (in Jahren)	Gesamtwert Rezidive		Gesamtgruppe
	Ersteingriff	Rezidivoperation	
Mittelwert	28,9	34,6	38,4
Maximum	74	80	87
Minimum	5	10	5
Anzahl Probanden	13		152

Table 15 - Altersverteilung der 13 Patienten mit Rezidivtumoren bei der ersten Operation und bei der Rezidivoperation im Vergleich zur Gesamtgruppe.

Es wurden 91 weibliche (58,3 %) und 66 männliche Patienten (41,8 %) operiert.

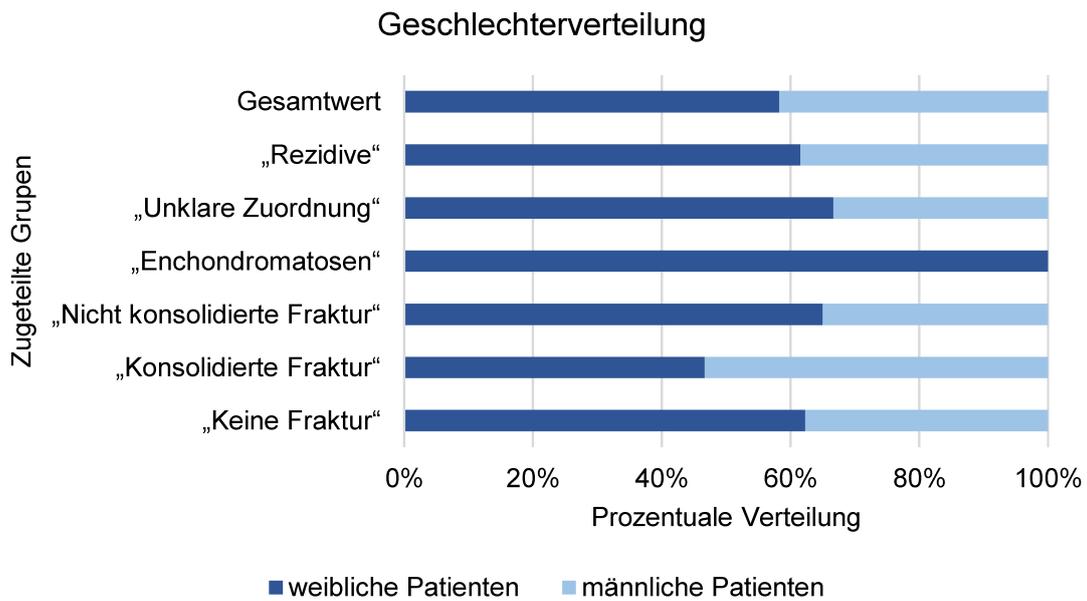


Abbildung 4 - Geschlechterverteilung innerhalb der zugeteilten Gruppen der 170 untersuchten Patienten mit histologisch bestätigtem Enchondrom.

4.1.2 Lokalisation

Die rechte Hand war zu 51,4 % betroffen. Polyostotische Tumoren traten nur unilateral und zu 54,6 % an der linken Hand auf.

Monostotische Tumoren traten zu 64,5 % in den Fingerstrahlen IV und V auf, dabei am häufigsten im Grundglied (43,8 %) und am seltensten in den Mittelhandknochen (13,6 %).

Polyostotische Tumoren traten zu je 37,5 % im zweiten und dritten Fingerstrahl auf. Zu 50 % war das Grundglied betroffen, zu 31,3 % die Mittelhand.

Die Tumoren fanden sich 69,2 % im zweiten Fingerstrahl, und zu 38,5 % in den Mittelhandknochen.

Monostotische Tumoren waren am häufigsten in der Basis (48,7 %) und polyostotische Tumoren waren zumeist im Caput phalangis (31,3 %) lokalisiert.

Tumorlokalisation	Mittelhand	Grundglied	Mittelglied	Endglied	Gesamtzahl
D I	4	8	-	4	16
D II	4	11	15	1	31
D III	4	13	7	2	26
D IV	6	23	10	11	50
D V	10	27	16	9	62
Gesamtzahl	28	82	48	27	185

Table 16 - Lokalisation aller 185 Tumoren der Studienpopulation innerhalb der Hand. Tabelle erstellt nach Riester et al. [65].

Tumorlokalisation im Fingerstrahl	I	II	III	IV	V	Gesamtzahl
„Keine Fraktur“	7	15	10	22	15	69
„Konsolidierte Fraktur“	6	4	9	13	30	62
„Nicht konsolidierte Fraktur“	0	2	0	10	8	20
„Rezidive“	2	3	0	4	6	15
„Enchondromatosen“	1	6	6	1	2	16
„Unklare Zuordnung“	0	1	1	0	1	3
Gesamtzahl	16	31	26	50	62	185

Table 17 - Tumorlokalisation innerhalb der einzelnen Fingerstrahlen anhand der definierten Gruppen. Die Ziffern I-V bezeichnen den jeweiligen Fingerstrahl.

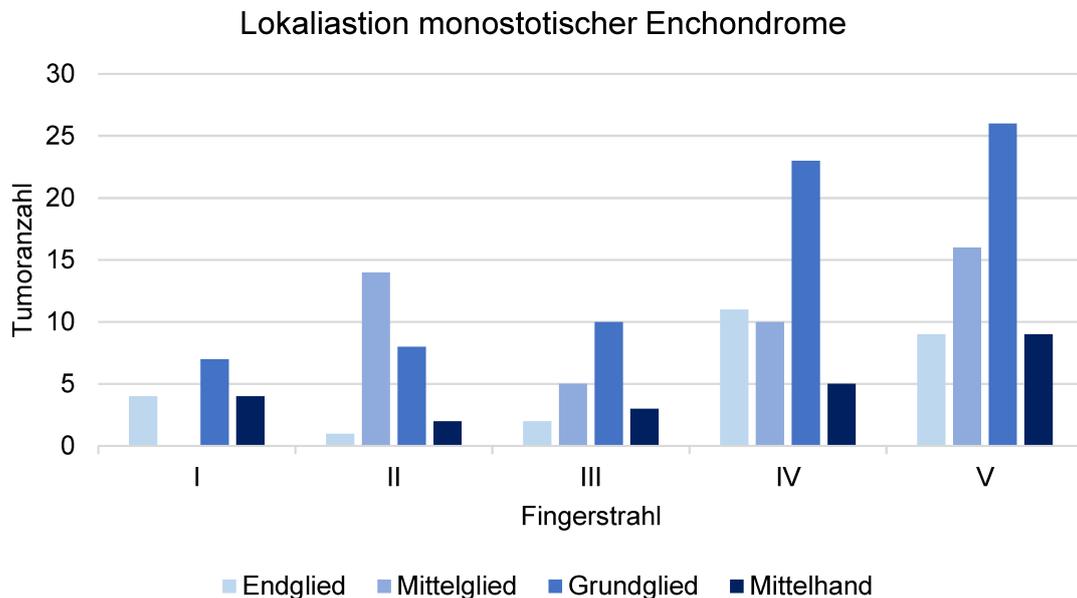


Abbildung 5 - Tumorlokalisation der monostotischen Tumoren (n = 169) innerhalb der Gesamtstudienpopulation. Die Ziffern I-V bezeichnen den jeweiligen Fingerstrahl. Tabellarische Aufschlüsselung siehe Anhang.

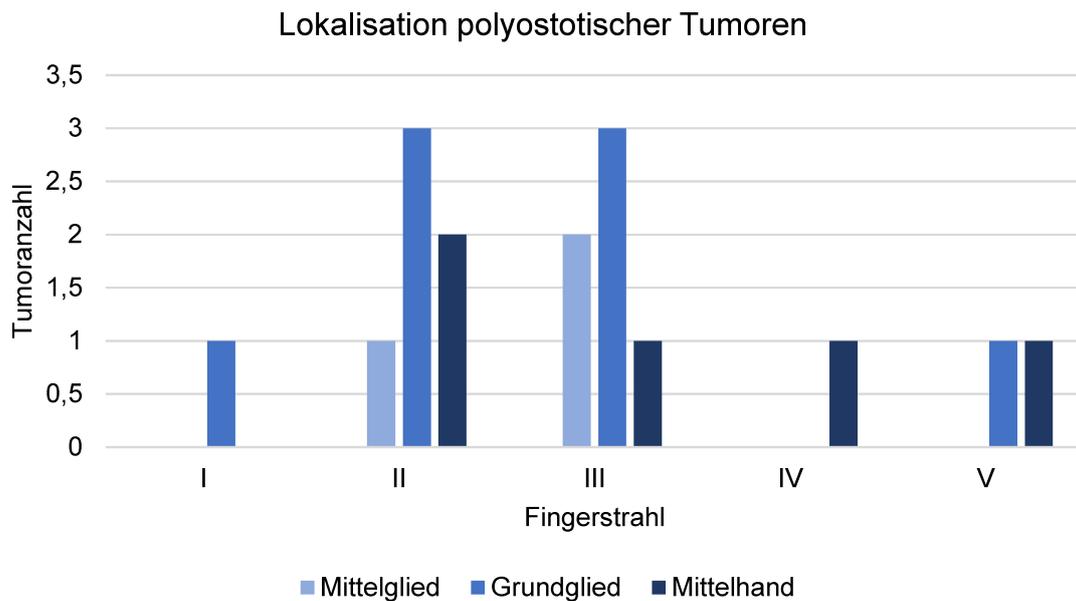


Abbildung 6 - Tumorlokalisation der polyostotischen Tumoren der Patienten mit Verdacht auf generalisierte Enchondromatose ($n = 16$). Die Ziffern I-V bezeichnen den jeweiligen Fingerstrahl. Tabellarische Aufschlüsselung siehe Anhang.

4.1.3 Mögliche Prädisposition zum Tumoraufreten

In der prospektiven Datenerhebung mittels Fragebögen wurde das familiäre Auftreten eines Enchondroms von einem Teilnehmer (1,6 %) aus der Gruppe „Nicht konsolidierte Fraktur“ angegeben. Dabei lag der klinische Verdacht auf ein Enchondrom bei einem Verwandten ersten Grades vor. Nikotinkonsum wurde von 13 Teilnehmern zum Operationszeitpunkt angegeben (21,3 %). Tumor- und Skeletterkrankungen lagen bei elf Teilnehmern vor (18 %).

lb) „Gibt es präoperativ eindeutige Symptome, welche diagnostisch auf ein Enchondrom verweisen können und welche therapeutischen Konsequenzen können sich daraus ergeben?“

4.1.4 Gründe für die Erstvorstellung

Die Gründe für die klinischen Erstvorstellung lassen sich orientierend nach Barth [105] in vier Kategorien einteilen.

I) „Tumorsymptome“: 44 Probanden wurden aufgrund einer vom Tumor ausgelösten Symptomatik vorstellig. Dabei lag keine Fraktur vor und es bestand kein Zusammenhang zu einem Trauma.

II) „Frakturen“: 83 Patienten wurden mit einer Fraktur und entsprechender Begleitsymptomatik vorstellig, davon waren 75 Frakturen pathologisch durch ein Bagateltrauma ausgelöst.

III) „asymptomatischer Nebenbefund“: Bei 15 Patienten wurde der Tumor in asymptomatischem Zustand detektiert.

IV) „traumaassoziierte Symptome“: 23 Patienten entwickelten erst nach einem Trauma Symptome an der Tumorlokalisierung.

Die häufigsten Gründe für die Erstvorstellung in der BG Klinik Tübingen waren pathologische Frakturen infolge von Bagateltraumata (44,1 %), alle Frakturen eingeschlossen stellten sie 48,8 % der Gründe für die Erstvorstellung dar.

Bei 25,9 % der Patienten lagen tumorassoziierte Symptome wie Schwellungen und Schmerzen bei Erstvorstellung vor, bei 13,5 % traten erst nach einem Trauma Symptome auf, am häufigsten eine schmerzhaftige Schwellung. Diese Symptome lagen einzeln oder in Kombination bei allen symptomatischen Patienten ohne Fraktur vor.

Bei 8,8 % der Fälle wurde der Tumor in asymptomatischem Zustand diagnostiziert.

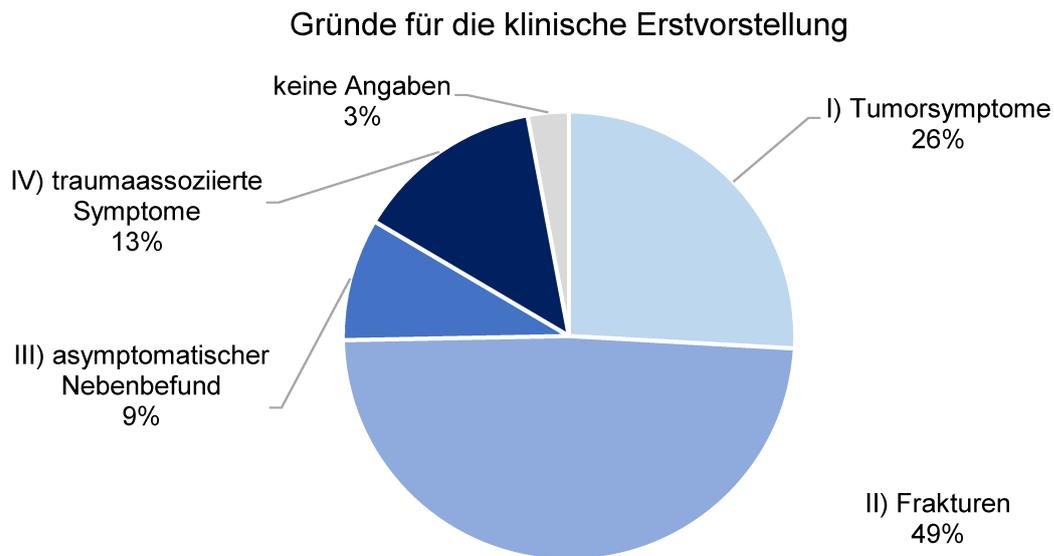


Abbildung 7 - Gründe für die Erstvorstellung der Studienpatienten in der BG Klinik Tübingen. Die Gründe lassen sich in die vier Kategorien I) Tumorsymptome, II) Frakturen, III) asymptomatische Nebenbefunde und IV) traumaassoziierte Symptome unterteilen. Tabellarische Aufschlüsselung siehe Anhang.

4.1.4.1 Auftreten von Bagateltraumata

Insgesamt führte in 106 Fällen ein Trauma zur Erstvorstellung. Darin enthalten sind Fälle mit Frakturen und Fälle mit traumaassoziierten Symptomen. Davon waren vier Fälle adäquate Traumen, fünf Fälle ohne nähere Angaben und 97 Bagateltraumen. Somit waren mit 57,1 % der Fälle Bagateltraumen der häufigste Grund für die Entstehung von Symptomen, die zur klinischen Vorstellung führten.

Bei 75 der 97 Bagateltraumen resultierte daraus eine pathologische Fraktur. Bei den Probanden der Kategorie „traumaassoziierte Symptome“ traten bei 22 von 23 Fällen erst nach einem Bagateltrauma Symptome auf.

lc) „Besteht ein Zusammenhang zwischen der Tumorgröße und Rezidivaufreten, Frakturen oder der Tumorlokalisation?“

4.1.5 Tumorgröße

Die durchschnittliche Tumorgröße lag bei 14,9 mm in proximal-distaler Ausrichtung und 9,5 mm in radial-ulnarer Ausrichtung.

Tumorgröße (mm)	proximal-distal (\bar{x})	radial-ulnar (\bar{x})	Anzahl Angaben	keine Angaben	Gesamtzahl
„Konsolidierte Fraktur“	13,1 (4-35)	9 (4-20)	44	18	62
„Nicht konsolidierte Fraktur“	17 (11-28)	9,3 (6-13)	14	6	20
„Keine Fraktur“	14,1 (5-31)	9,5 (3-16)	46	23	69
„Enchondromatosen“	26 (11-40)	13,9 (7-30)	8	8	16
„Rezidive“	15,3 (7-24)	8,3 (4-13)	9	6	15
„Unklare Zuordnung“	15 (12-18)	8 (6-11)	3	0	3
Gesamtwert	14,9 (4-40)	9,5 (3-30)	124	61	185

Tabelle 18 - Erhebung der Tumorgröße in proximal-distaler und radial-ulnarer Ausdehnung, in Millimetern (mm), innerhalb der definierten Gruppen anhand von präoperativen Röntgenbildern. \bar{x} = Mittelwert, in Klammern Minimum und Maximum der Werte.

4.1.5.1 Tumorausdehnung bei Frakturaufreten

Bei Probanden mit präoperativer Fraktur lag die durchschnittliche Tumorgröße bei 14,5 mm in proximal-distaler Ausrichtung und 8,9 mm in radial-ulnarer Ausrichtung.

Tumorgröße (mm)	proximal-distal (\bar{x})	radial-ulnar (\bar{x})	Anzahl Angaben	keine Angaben	Gesamtzahl
„Konsolidierte Fraktur“	13,6 (4-35)	8,7 (4-14)	41	14	55
„Nicht konsolidierte Fraktur“	17 (11-28)	9,2 (6-13)	13	4	16
„Enchondromatosen“	13	13	1	0	1
„Rezidive“	19 (14-24)	9,5 (8-11)	2	0	2
Gesamtwert	14,5 (4-35)	8,9 (4-14)	57	18	75

Tabelle 19 - Erhebung der Tumorgröße in proximal-distaler und radial-ulnarer Ausdehnung, in Millimetern (mm), innerhalb der definierten Gruppen anhand von präoperativen Röntgenbildern bei präoperativer Fraktur. In der Gruppe „Enchondromatosen“ lag eine pathologische Fraktur in Falle eines Probanden mit vier polyostotischen Tumoren vor, in diesem Fall wurde lediglich der Tumor an der pathologischen Frakturlokalisation in die Auswertung miteinbezogen. \bar{x} = Mittelwert, in Klammern Minimum und Maximum der Werte.

Neben der Betrachtung der Tumorausdehnung der gesamten Studienpopulation wurden innerhalb der Datenerhebung mittels Fragebögen 20 Patienten mit Fraktur und 28 Patienten ohne Fraktur verglichen. Dabei wurde in einer

statistischen Gegenüberstellung die Tumorgöße betrachtet. Es konnte zwischen den beiden Gruppen kein signifikanter p-Wert Unterschied in der Tumorausdehnung festgestellt werden.

4.1.5.2 Tumorausdehnung in Abhängigkeit zur Lokalisation

In Abhängigkeit der Lokalisation an der Hand war die Tumorausdehnung proximal größer als distal.

Tumorgöße (mm)	proximal-distal (\bar{x})	radial-ulnar (\bar{x})	Anzahl Angaben	keine Angaben	Gesamtzahl
Endglied	10,9 (4-17)	8,1 (4-13)	17	10	27
Mittelglied	10,6 (5-15)	8,4 (3-20)	32	16	48
Grundglied	16,8 (8-31)	9,7 (5-14)	55	27	82
MHK	19,2 (7-38)	10,8 (5-16)	18	10	28
Gesamtwert	15,1 (4-38)	9,3 (3-20)	122	63	185

Tabelle 20 - Erhebung der Tumorgöße in proximal-distaler und radial-ulnarer Ausdehnung innerhalb der definierten Gruppen anhand von präoperativen Röntgenbildern in Abhängigkeit zur Lokalisation. In den Gruppen „Konsolidierte Fraktur“ und „Enchondromatosen“ gab es in je einem Fall lediglich eine schriftliche Größenangabe ohne vorliegendes Röntgenbild. Da diese zwei Tumoren keinem Fingerknochen eindeutig zugeordnet werden konnten, wurden beide Angaben in dieser Auswertung nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund liegen hier 122 Angaben zur Tumorgöße vor, anstatt 124 Angaben wie in der vorherigen Größenberechnung. \bar{x} = Mittelwert, MHK=Mittelhandknochen, in Klammern Minimum und Maximum der Werte.

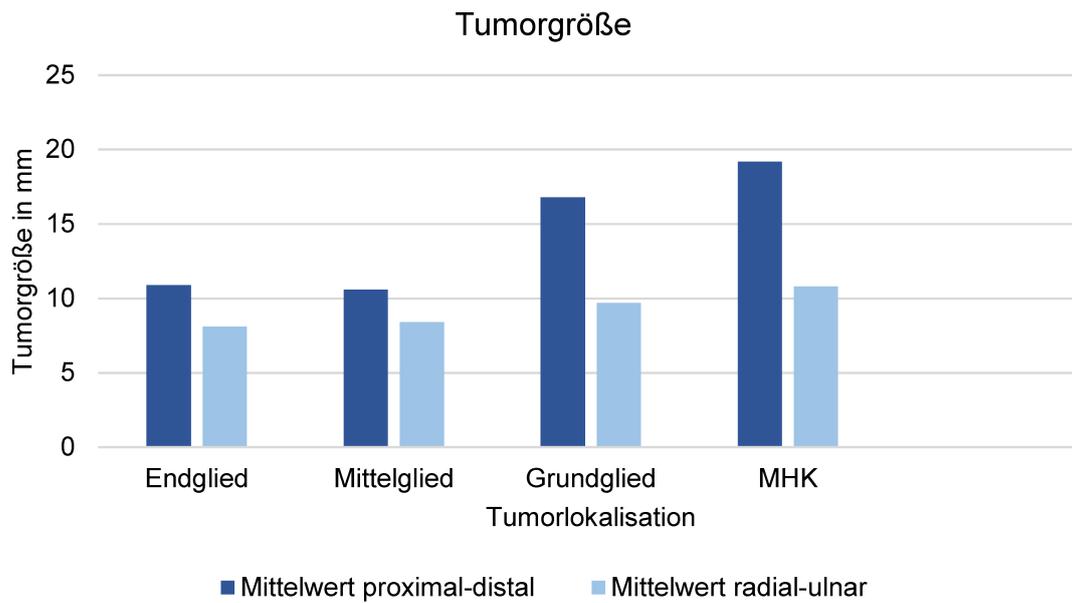


Abbildung 8 - Erhebung der Tumorgröße in proximal-distaler und radial-ulnarer Ausdehnung innerhalb der definierten Gruppen anhand von präoperativen Röntgenbildern in Abhängigkeit zur Lokalisation. In den Gruppen „Konsolidierte Fraktur“ und „Enchondromatosen“ gab es in je einem Fall lediglich eine schriftliche Größenangabe ohne vorliegendes Röntgenbild. Da diese zwei Tumoren keinem Fingerknochen eindeutig zugeordnet werden konnten, wurden beide Angaben in dieser Auswertung nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund liegen hierbei 122 Angaben zur Tumorgröße vor, anstatt 124 Angaben wie in der vorherigen Größenberechnung. MHK= Mittelhandknochen.

Id) „Besteht bei Tumoraufreten eine relevante Gefährdung durch eine maligne Transformation und damit ein Risiko beim Ausbleiben der operativen Therapie?“

4.1.6 Maligne Entartung von Enchondromen

In einem Fall (0,6 %) lag der hochgradige Verdacht einer malignen Entartung vor (62 Jahre, weiblich). Dabei erstreckte sich der Tumor im fünften Fingerstrahl vom Mittelhandknochen bis zum Grundglied (40x30 mm).

Bei der Patientin lag bei rezidivierenden Enchondromen der Verdacht auf eine zugrundeliegende systemische Grunderkrankung (Enchondromatose) vor, mit 53 und mit 59 Jahren war ein Enchondrom am Grundglied desselben Fingers aufgetreten und operativ entfernt worden. Bei erneuter Vorstellung aufgrund von Schmerzen und einer Volumenzunahme des Tumors an identischer Lokalisation wurde die Diagnose „Enchondromrezidiv“ gestellt und es erfolgte die Tumorresektion mittels Kürettage.

Intraoperativ entstand der Eindruck eines destruierenden Tumors der makroskopisch nicht einem Enchondrom entsprach. Die Operation erfolgte ohne Komplikationen, auf eine Spongiosaplastik wurde aufgrund der unklaren Dignität verzichtet. Laut dem Knochentumor-Register Hamburg zeigte sich histologisch ein hochdifferenziertes Chondrosarkom. Bei vermuteter generalisierter Enchondromatose war jedoch eine endgültige histologische Abgrenzung dieser Krankheitsbilder nicht möglich. Abschließend erfolgte bei der Patientin eine Resektion des fünften Fingerstrahls mit regelrechtem Heilungsverlauf.

le) „Gibt es Abweichungen im Krankheitsverlauf bei Patienten mit Enchondromen im Jugendalter?“

4.1.7 Enchondrome im Jugendalter

Innerhalb der Studienpopulation waren 17 Patienten bei der Operation minderjährig (10 %). Dabei lagen 25 Tumoren vor, 16 monostotische und bei drei Patienten neun polyostotische Tumoren. Die Probanden waren im Schnitt 13,3 Jahre alt (5-17 Jahre). Elf Probanden waren weiblich (64,7 %) und sechs männlich.

In sechs Fällen befand sich der Tumor in der linken und in elf Fällen in der rechten Hand. Am häufigsten im vierten und fünften Fingerstrahl (je 32 %, n = 8). Innerhalb der Finger waren die meisten Tumoren im Grundglied lokalisiert (72 %, n = 18).

Die Tumorgröße lag im Schnitt bei 10 mm (5-13 mm) in radio-ulnarer Ausdehnung und bei 21 mm (8-31 mm) nach proximal-distal.

In zwei Fällen zeigten sich bereits im Jugendalter mit zehn und zwölf Jahren Rezidive. Damit lag die Rezidivquote im Jugendalter bei intern voroperierten Patienten bei 11,8 % (n = 2).

In einem weiteren Fall lagen bei histologisch bestätigtem Morbus Ollier im Alter von 14 Jahren vier Rezidivtumoren vor, hierbei waren drei Voroperationen extern durchgeführt worden.

II) **Bewertung der operativen Ergebnisse der alleinigen Kürettage**

IIa) „Ist die operative Therapie mittels alleiniger Kürettage zeitgerecht umsetzbar und führt die alleinige Kürettage zu zufriedenstellenden Ergebnissen in den subjektiven Angaben der Patienten und der klinischen und radiologischen Nachuntersuchung?“

4.1.8 Ablauf der operativen Therapie

In 154 Fällen wurde die alleinige Kürettage angewandt und in 17 Fällen alternative Operationstechniken in Form einer Spongiosaplastik oder mittels osteosynthetischer Versorgung. Aufgrund eines zweizeitigen Eingriffs bei multiplen Tumoren ergeben sich daraus 171 Eingriffe bei 170 Patienten. Bei der Anwendung der Spongiosaplastik (n = 13) erfolgte die Entnahme in sechs Fällen aus dem linken, in vier Fällen aus dem rechten Beckenkamm und in drei Fällen aus dem rechten Radius.

In neun Fällen war die Durchführung einer Osteosynthese erforderlich, dabei wurde in fünf Fällen eine kombinierte Spongiosaplastik durchgeführt.

In insgesamt sieben Fällen fand eine Metallentfernung statt. Die Entfernung erfolgte durchschnittlich nach 58,5 Tagen (30-95 Tage).

Im Schnitt betrug die Operationszeit 35,7 Minuten (10-187 min.).

Operationsdauer (in Minuten)	\bar{x}	Min.	Max.	Anzahl	Keine Angaben	Gesamtzahl operierte Fälle
„Konsolidierte Fraktur“	35,5	12	187	58	2	60
„Nicht konsolidierte Fraktur“	41,89	16	107	18	2	20
„Keine Fraktur“	31,65	10	72	66	3	69
„Enchondromatose“	52,33	18	70	6	0	6
„Rezidive“	41,75	19	92	12	1	13
„Unklare Zuordnung“	33	26	42	3	0	3
Gesamtwert	35,68	10	187	163	8	171

Tabelle 21 - Operationsdauer der Enchondromresektion in Minuten. In der Gruppe „Enchondromatosen“ fand in einem Fall eine zweizeitige Operation statt, daher ergeben sich bei den betrachteten 170 Fällen insgesamt 171 Operationen. \bar{x} = Mittelwert, Min. = Minimum, Max. = Maximum.

Die Operation erfolgte im Durchschnitt 55,6 Tage (2-459 Tage) nach der Erstvorstellung. Der Zeitraum bis zur Ergebnismitteilung der histopathologischen

Aufarbeitung betrug durchschnittlich 5,3 Tage (0-96 Tage), bei Rezidivtumoren 3,9 Tage und bei dem Verdacht auf eine generalisierte Enchondromatose 3,5 Tage.

131 der 171 Operationen wurden ambulant durchgeführt. Bei den stationär versorgten Patienten lag der durchschnittliche Krankenhausaufenthalt bei fünf Tagen.

Der Zeitraum der Nachuntersuchung lag im Schnitt bei 191,5 Tagen.

Zeitraum Operation bis Abschlussdatum	Mittelwert (Tage)	Anzahl Auswertungen	Patienten ohne Wiedervorstellung	Anzahl Operationen
„Konsolidierte Fraktur“	208,2	38	22	60
„Nicht konsolidierte Fraktur“	103,7	16	4	20
„Keine Fraktur“	158,6	38	31	69
„Enchondromatosen“	125,2	5	1	6
„Rezidive“	426,6	10	3	13
„Unklare Zuordnung“	-	0	3	3
Gesamtzahl	191,5	107	64	171

Tabelle 22 - Zeitraum von der Operation bis zum Abschlussdatum in Tagen (Follow-Up) innerhalb der definierten Gruppen.

4.2 Prospektive Datenerhebung mittels Fragebögen

61 Probanden nahmen an der schriftlichen Befragung teil (37,7 %). Dabei ergab sich folgende Aufteilung innerhalb der festgelegten Gruppen:

Hauptgruppen	Anzahl	Anteil (in %)	Anteil in Gesamtpopulation (in %)
Ia) „Präoperative konsolidierte Fraktur“	22	36,2	35,3
Ib) „Präoperative nicht nachweislich konsolidierte Fraktur“	8	13,1	11,8
II) „Kein präoperatives Frakturauftreten“	26	42,6	40,6

Tabelle 23 - Fallzahlen der Hauptgruppen innerhalb der Datenerhebung mittels Fragebögen.

Nebengruppen	Anzahl	Anteil (in %)	Anteil in Gesamtpopulation (in %)
III) „Syndrome mit multiplen Enchondromen (Enchondromatosen)“	2	2,9	3,3
IV) „Rezidive“	3	7,7	4,9
V) „Unklare Zuordnung“	0	0	1,8

Tabelle 24 - Fallzahlen der Nebengruppen innerhalb der Datenerhebung mittels Fragebögen.

Insgesamt wurde die alleinige Kürettage bei 90,2 % der Probanden der Fragebögen angewandt. Die Fragebögen wurden im Durchschnitt 2817 Tagen (92-6926 Tage) nach der Operation bearbeitet. 35 Probanden waren weiblich (57,4 %) und 26 Probanden männlich (42,6 %). Das Durchschnittsalter lag bei 47 Jahren (20-81 Jahre).

4.2.1 Patientenfragebogen „Operative Enchondrombehandlung“

4.2.1.1 Zufriedenheit mit der operativen Therapie und dem Ergebnis

Bei 60 von 61 Patienten lagen vollständige Angaben vor. 52 Patienten waren mit der operativen Therapie sehr zufrieden (86,7 %). Sämtliche Probanden der Gruppe „Rezidive“ waren sehr zufrieden, gefolgt von den Gruppen „Keine Fraktur“ (88,5 %), „Konsolidierte Fraktur“ (86,4 %), „Nicht konsolidierte Fraktur“ (75 %) und „Enchondromatosen“ (50 %).

48 Teilnehmer waren mit dem Ergebnis der Therapie sehr zufrieden (78,7 %), elf nur mittelmäßig zufrieden und ein Proband unzufrieden. In der Gruppe „Keine Fraktur“ war ein Anteil von 88,5 % sehr zufrieden, nachfolgend in den Gruppen „Konsolidierte Fraktur“ (81,8 %), „Nicht konsolidierte Fraktur“ (62,5 %) und „Rezidive“ (66,7 %). In der Gruppe „Enchondromatosen“ zeigte keiner der Patienten eine hohe Zufriedenheit mit dem Therapieergebnis.

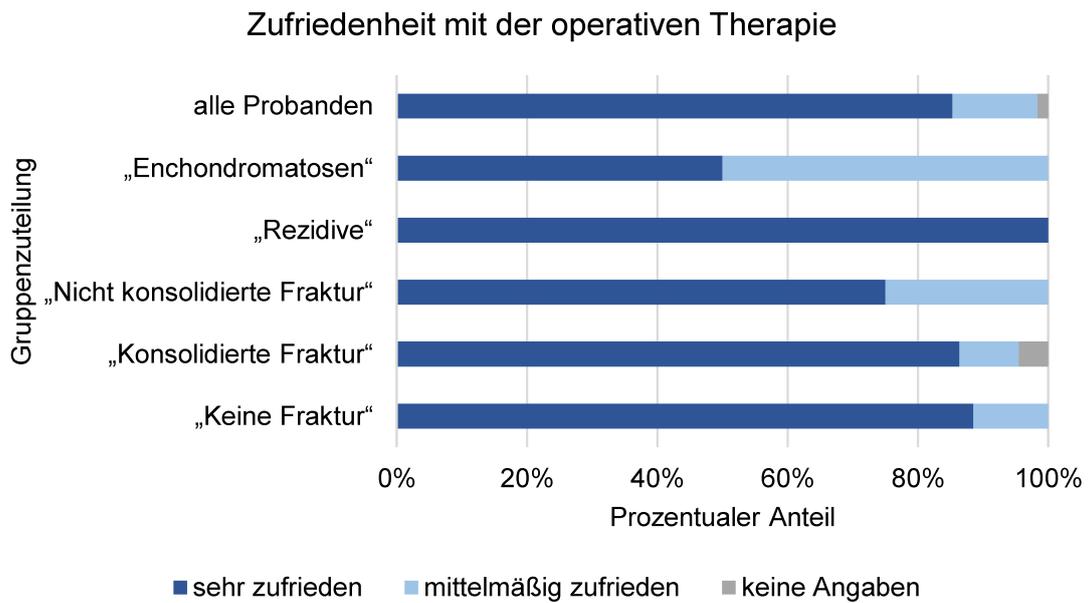


Abbildung 9 - Zufriedenheit der Probanden der Fragebögen mit der operativen Therapie innerhalb der eingeteilten Gruppen. Es lagen von 60 Probanden vollständige Angaben vor.

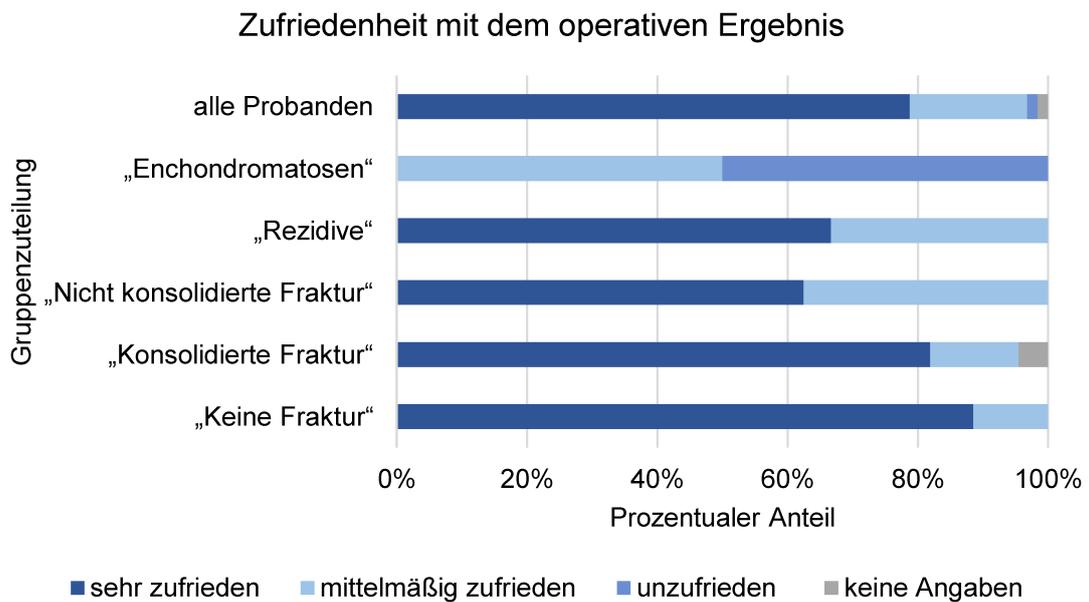


Abbildung 10 - Zufriedenheit der Probanden der Fragebögen mit dem operativen Therapieergebnis innerhalb der eingeteilten Gruppen. Es lagen von 60 Probanden vollständige Angaben vor.

4.2.1.2 Schmerzen an der Operationslokalisation im Seitenvergleich

Zum Erhebungszeitpunkt gaben 16 Teilnehmer am operierten Finger Schmerzen an (26,2 %). 45 Teilnehmer waren an der Operationslokalisation vollständig schmerzfrei (73,8 %). In der Gruppe „Enchondromatosen“ und „Rezidive“ hatten alle Probanden zum Erhebungszeitpunkt Schmerzen. In der Gruppe „Nicht konsolidierte Fraktur“ (37,5 %), „Keine Fraktur“ (23,1 %), und „Konsolidierte Fraktur“ (9,1 %) hatten weniger Probanden Schmerzen.

Zwölf Teilnehmer hatten Schmerzen von geringer Stärke (76,5 %). Die übrigen vier Angaben waren von mittlerer Schmerzstärke. Starke Schmerzen wurden von keinem Teilnehmer genannt.

In den Gruppen „Rezidive“ und „Nicht konsolidierte Fraktur“ hatten sämtliche Teilnehmer mit momentanen Schmerzen nur eine leichte Schmerzintensität. In den Gruppen „Keine Fraktur (57,1 %), „Enchondromatosen“ und „Konsolidierte Fraktur“ (50 %) war dieser Anteil geringer.

Die Schmerzangaben traten zu 52,6 % in Situationen mit starker Kraftbelastung auf. In der Gruppe „Enchondromatosen“ traten Schmerzen ausschließlich bereits bei geringer Kraftbelastung auf. In den Gruppen „Konsolidierte Fraktur“, „Rezidive“ (je 50 %), „Keine Fraktur“ (44,4 %) und „Nicht konsolidierte Fraktur“ (25 %) traten bei einem kleineren Anteil der Probanden Schmerzen bei geringer Kraftbelastung auf.

4.2.1.3 Abweichung der Empfindung im Seitenvergleich

17 Teilnehmer (27,9 %) gaben eine Veränderung der Empfindung am operierten Finger an. Am häufigsten wurde hier eine verminderte Sensibilität (43,5 %) angegeben, gefolgt von einer erhöhten Empfindlichkeit auf Kälte (21,7 %).

In der Gruppe „Enchondromatosen“ gab die Hälfte der Probanden eine Abweichung der Sensibilität im Seitenvergleich an, in den Gruppen „Rezidive“ (33,3 %), „Konsolidierte Fraktur“ (27,3 %), „Keine Fraktur“ (26,9 %) und „Nicht konsolidierte Fraktur“ (25 %) war dieser Anteil geringer.

4.2.1.4 Äußeres Erscheinungsbild im Seitenvergleich

18 Probanden (29,5 %) gaben eine äußerliche Veränderung an der Operationslokalisation im Seitenvergleich an.

In der Gruppe „Enchondromatosen“ gaben alle Patienten eine Veränderung an. In den Gruppen „Rezidive“ (66,7 %), „Konsolidierte Fraktur“ (41 %), „Nicht konsolidierte Fraktur“ (25 %) und „Keine Fraktur“ (11,5 %) wurde seltener eine Abweichung beschrieben.

Als häufigste Veränderung wurden Schwellung und Achsenabweichung (26,3 %) genannt, nachfolgend eine abweichende Fingerhaltung (21,1 %) und eine verstärkte Narbenbildung (15,8 %).

4.2.1.5 Einschränkung des Bewegungsumfangs in Eigenmessung

In vier Fällen war die Flexion des operierten Fingers eingeschränkt, am stärksten bei einem Probanden aus der Gruppe „Enchondromatosen“. Dabei lag die Abweichung des FKHA bei 4 cm. Die übrigen drei Teilnehmer hatten Abweichungen unter 2,5 cm zur Gegenseite sowie zum Normalbefund. Dabei handelt es sich in zwei Fällen um Patienten mit konsolidierter Fraktur und in einem Fall um einen Patienten ohne Fraktur. Im Schnitt betrug die Abweichung zu den Normwerten 2,2 cm.

Neun Probanden gaben eine Einschränkung bei der Extension des operierten Fingers an. In allen Fällen betrug die Abweichungen zur Gegenseite weniger als 1,5 cm, im Schnitt 0,9 cm.

Verglichen mit Normwerten betrug die Abweichung in acht Fällen im Schnitt 1,5 cm. Bei einem Patienten lag die Abweichung zu den Normwerten bei 5 cm, wobei sich zur Gegenseite in diesem Fall kein Unterschied fand. Hier lagen zudem in sämtlichen Fingern beidseits Streckdefizite vor, weswegen ein generelles Streckdefizit der Finger unabhängig vom operativen Eingriff vermutet werden kann.

4.2.1.6 Einschränkung in der Kraftausübung

17 Teilnehmer (17,9 %) äußerten eine Einschränkung der operierten Hand in der Kraftausübung im Seitenvergleich. In der Gruppe „Rezidive“ gaben 66,7 % eine

geringere Kraft im Seitenvergleich an. Bei den Probanden mit Enchondromatosen waren es 50 %. In den Gruppen „Keine Fraktur“ (26,9 %), „Nicht konsolidierte Fraktur“ (25 %) und „Konsolidierte Fraktur“ (22,7 %) waren weniger Probanden eingeschränkt.

4.2.1.7 Nachbehandlung

Bei 24 Teilnehmern konnte die postoperative Mobilität direkt nach der Operation erfolgen. Im Durchschnitt nach 1,7 Wochen.

Postoperative Mobilität	Durchschnitt (Wochen)	Maximum (Wochen)	keine Angaben	Angaben	Gesamtzahl Probanden
„Keine Fraktur“	1,1	6	3	23	26
„Konsolidierte Fraktur“	2,9	12	5	17	22
„Nicht konsolidierte Fraktur“	0,5	2	4	4	8
„Enchondromatosen“	0,5	1	0	2	2
„Rezidive“	1,3	2	0	3	3
Gesamtwert	1,7	12	12	49	61

Tabelle 25 - Zeitraum bis zum Erreichen der postoperativen Mobilität der Probanden innerhalb der Datenerhebung mittels Fragebögen. Zur postoperativen Beweglichkeit machten 49 Patienten (80,3 %) vollständige Angaben.

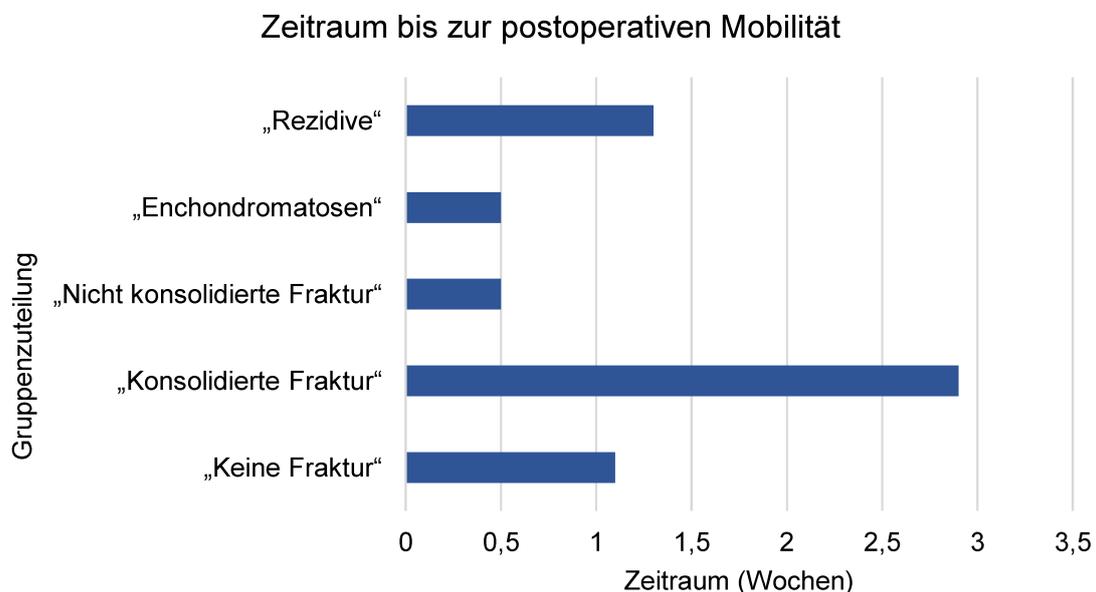


Abbildung 11 - Zeitraum bis zum Erreichen der postoperativen Mobilität der Probanden innerhalb der Datenerhebung mittels Fragebögen. Zur postoperativen Beweglichkeit machten 49 Patienten (80,3 %) vollständige Angaben.

Zehn Teilnehmer konnten die Hand postoperativ sofort belasten, insgesamt wurde die Belastungsfähigkeit im Durchschnitt nach 5,2 Wochen erreicht.

Postoperative Belastungsfähigkeit	Durchschnitt (Wochen)	Maximum (Wochen)	keine Angaben	Angaben	Gesamtzahl Probanden
„Keine Fraktur“	3,2	8	7	19	26
„Konsolidierte Fraktur“	8,3	52	6	16	22
„Nicht konsolidierte Fraktur“	4,3	8	2	6	8
„Enchondromatosen“	4	4	1	1	2
„Rezidive“	3	4	1	2	3
Gesamtwert	5,2	52	17	44	61

Tabelle 26 - Zeitraum bis zum Erreichen der postoperativen Belastungsfähigkeit der Probanden innerhalb der Datenerhebung mittels Fragebögen. 44 Teilnehmer (72,1%) machten auswertbare Angaben.

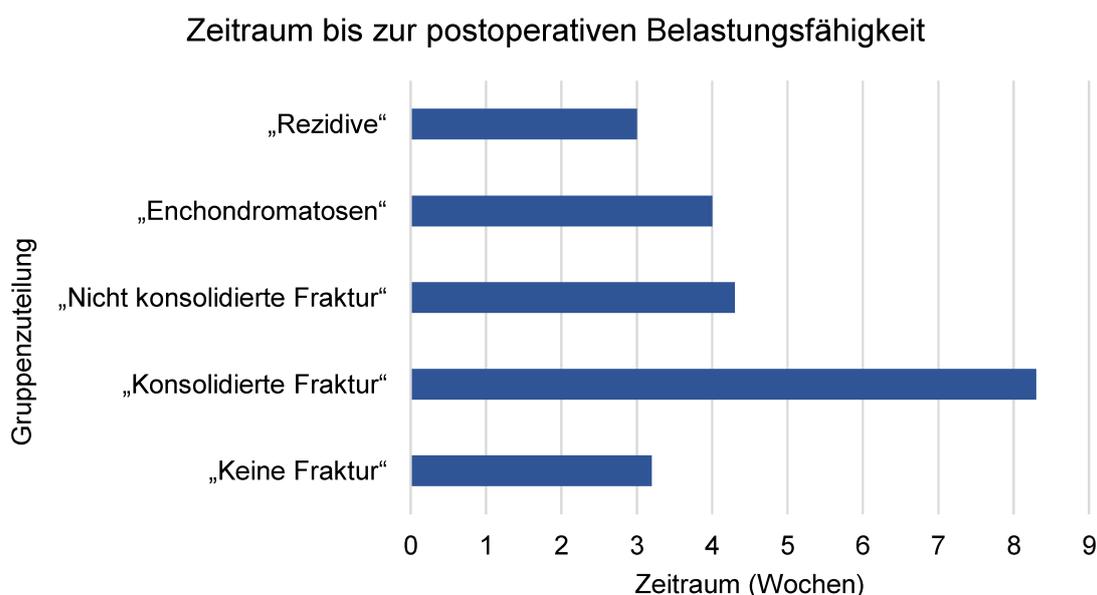


Abbildung 12 - Zeitraum bis zum Erreichen der postoperativen Belastungsfähigkeit der Probanden innerhalb der Datenerhebung mittels Fragebögen. 44 Teilnehmer (72,1 %) machten auswertbare Angaben.

Die postoperative Nachuntersuchung fand in 15 Fällen in der BG Klinik Tübingen statt und in acht Fällen extern. 38 Patienten hatten nach eigenen Angaben nach der Operation keine weiteren Nachuntersuchungen.

4.2.2 Ergebnisse des DASH-Fragebogens

Bei 35% der Angaben lag ein Bestwert von null Punkten vor. Der Maximalwert lag bei 34 Punkten, bei einem Probanden mit Verdacht auf eine generalisierte Enchondromatose. Die Auswertung der zusätzlichen Module finden sich im Anhang.

Ergebnisse des DASH-Fragebogens	Mittelwert	Min.	Max.	Probanden mit Bestwert (0 pt.)	Anzahl Angaben	Gesamtzahl Probanden
„Keine Fraktur“	5	0	34	9	26	26
„Konsolidierte Fraktur“	3	0	16	8	21	22
„Nicht konsolidierte Fraktur“	5	0	24	4	9	9
„Rezidive“	8	3	13	0	2	2
„Enchondromatosen“	4	3	4	0	2	2
Gesamtwert	4	0	34	21	60	61

Table 27 - Ergebnisse des DASH-Fragebogens innerhalb der definierten Gruppen. Von den eingeschlossenen 61 Teilnehmern lagen bei 60 Teilnehmern vollständige Daten vor. Min. = Minimum, Max. = Maximum, pt. = Punkte.

4.2.3 Ergebnisse des SF-36 Fragebogens

Der SF-36 Fragebogen wurde von 58 Probanden vollständig ausgefüllt, dabei zeigten sich folgende Ergebnisse.

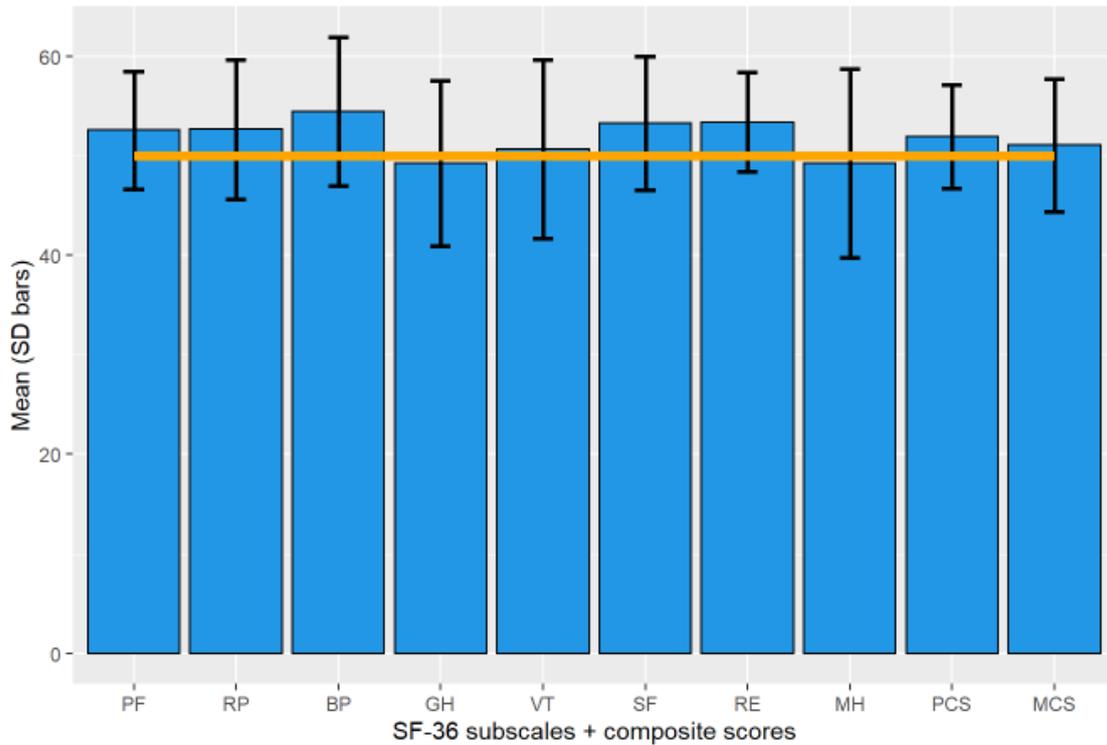


Abbildung 13 - Auswertung des SF-36 Fragebogens. Normalisierte SF-36-Subskalenwerte der 58 Probanden der Datenerhebung mittels Fragebögen im Vergleich zur Normalbevölkerung. SF-36 Subskalen (SF-36 subscales): PF = Körperliche Funktionsfähigkeit, RP = Körperliche Rollenfunktion, BP = Körperliche Schmerzen, GH = Allgemeiner Gesundheitszustand, VT = Vitalität, SF = Soziale Funktionsfähigkeit, EF = Emotionale Rollenfunktion, MH = Psychisches Wohlbefinden. Summencscores (composite scores): PCS = Physical Composite Scores (PF + RP + BP + GH), MCS = Mental Composite Scores (VT + SF + RE + MH).

Die Subskalen „Körperliche Funktionsfähigkeit“, „Körperliche Rollenfunktion“, „Körperliche Schmerzen“, „Soziale Funktionsfähigkeit“ und „Emotionale Rollenfunktion“ der Enchondrompatienten zeigten signifikant bessere Ergebnisse im Vergleich zur Normalbevölkerung. Bei den Skalen „Allgemeiner Gesundheitszustand“, „Vitalität“ und psychisches Wohlbefinden zeigte sich kein signifikanter Unterschied zur Normalbevölkerung.

Bei den Summenscores lagen in der Zusammenfassung der körperlichen Gesundheit („physical health component summary score“, PCS) signifikant bessere Ergebnisse der Studienpatienten im Vergleich zur Normalbevölkerung vor. In der Darstellung des psychischen Gesundheitszustands („mental health component summary score“, MCS) hatten die Enchondrompatienten vergleichbare Ergebnisse und es wurde kein signifikanter Unterschied festgestellt.

Ergebnisse der SF-36 Subskalen	Abkürzung	p-Wert	H1 zutreffend (p < 0,05)
Körperliche Funktionsfähigkeit	PF	< 0,01	ja
Körperliche Rollenfunktion	RP	< 0,01	ja
Körperliche Schmerzen	BP	< 0,01	ja
Allgemeiner Gesundheitszustand	GH	> 0,05	nein
Vitalität	VT	> 0,05	nein
Soziale Funktionsfähigkeit	SF	< 0,01	ja
Emotionale Rollenfunktion	RE	< 0,01	ja
Psychisches Wohlbefinden	MH	> 0,05	nein
Körperliche Gesundheit („physical health component summary score“)	PCS	< 0,01	ja
Psychische Gesundheit („mental health component summary score“)	MCS	> 0,05	nein

Tabelle 28 - Auswertung der SF-36-Subskalenwerte der 58 Probanden der Datenerhebung mittels Fragebögen im Vergleich zur Normalbevölkerung. SF-36 Subskalen: PF = Körperliche Funktionsfähigkeit, RP = Körperliche Rollenfunktion, BP = Körperliche Schmerzen, GH = Allgemeiner Gesundheitszustand, VT = Vitalität, SF = Soziale Funktionsfähigkeit, EF = Emotionale Rollenfunktion, MH = Psychisches Wohlbefinden. Summenscores: PCS = Physical Composite Scores (PF + RP + BP + GH), MCS = Mental Composite Scores (VT + SF + RE + MH).

4.3 Prospektive Datenerhebung mittels physischer Untersuchung

53 Probanden gaben eine Bereitschaft zur Nachuntersuchung an (86,9 %), davon konnten 47 Teilnehmer untersucht werden. Von diesen wurde bei 42 Probanden die alleinige Kürettage angewandt (89,4 %). Bei zwei Patienten erfolgte eine Defektfüllung mittels Spongiosaplastik, bei einem Patienten wurde eine zusätzliche osteosynthetische Versorgung angewandt und bei zwei Patienten wurde eine Spongiosaplastik mit zusätzlicher Osteosynthese durchgeführt. Die Verteilung der Tumoren war vergleichbar mit der retrospektiven Erhebung (siehe Anhang).

Das Durchschnittsalter lag bei 46 Jahren (20-76 Jahre). An der Nachuntersuchung nahmen 26 weibliche Probanden (55,3 %) und 21 männliche Probanden teil (44,7 %).

Im Durchschnitt fand die Nachuntersuchung sieben Jahre (2551 Tage) nach der Operation statt (171-6892 Tage).

4.3.1 Messung des Bewegungsumfangs

4.3.1.1 Messung von FNTA und FKHA

In vier Fällen gab es eine Abweichung des FKHA des operierten Fingers zum Normbefund und zur Gegenseite. Im Schnitt betrug die Abweichung 1,4 cm. Bei zwei Probanden hatte sich die Beweglichkeit verbessert, um durchschnittlich 3,4 cm. In einem Fall war die Einschränkung nach der Operation verstärkt.

Abweichung FKHA (cm) im Vergleich	zur Gegenseite	zu Normwerten	zum präoperativen Befund
„Nicht konsolidierte Fraktur“	+2	+2	schmerzbedingt eingeschränkt
„Konsolidierte Fraktur“	+0,7	+0,7	-2,3
„Enchondromatosen“	1,5	+1,5	-4,5
„Enchondromatosen“	+1,5	+1,5	+1,5

Tabelle 29 - Abweichungen des FKHA (Fingerkuppen-Hohlhand-Abstand) bei einzelnen Probanden der Nachuntersuchung aus den festgelegten Gruppen. Der Vergleich erfolgte zur Gegenseite und zu Normwerten, sowie zu präoperativen Werten.

Abweichung FNTA (cm) im Vergleich	zur Gegenseite	zu Normwerten	zum präoperativen Befund
„Keine Fraktur“	+1	+1	keine Angaben
„Konsolidierte Fraktur“	+1	+1	0

Table 30 - Abweichungen des FNTA (Fingernagel-Tisch-Abstand) bei einzelnen Probanden der Nachuntersuchung aus den festgelegten Gruppen. Der Vergleich erfolgte zur Gegenseite und zu Normwerten, sowie zu präoperativen Werten.

Insgesamt lagen bei 42 von 48 operierten Fingern Normbefunde vor (87,6 %). Am häufigsten lagen Normbefunde bei Probanden ohne Fraktur vor (95,8 %), gefolgt von den Gruppen „Konsolidierte Fraktur“ (87,5 %), „Nicht konsolidierte Fraktur“ (75 %) und „Enchondromatosen“ (33,3 %).

Bei den sechs in der Beweglichkeit eingeschränkten Fingerstrahlen lagen acht Tumoren vor. Bei einem Anteil von 75 % (n = 6) waren am Grundglied operierte Finger eingeschränkt. Bei einem Anteil von 25 % (n = 2) lag eine Bewegungseinschränkung nach einer Tumorlokalisationen am Mittelglied vor. Probanden, die am Endglied operiert wurden, wiesen keine Bewegungseinschränkung auf.

Im Schnitt lag die Abweichung des FKHA bei 1,5 cm, und die Abweichung des FNTA bei 1 cm. Wird die Gruppe „Enchondromatosen“ ausgeschlossen beträgt die durchschnittliche Abweichung 1,4 cm (n = 4, Anteil = 8,5 %).

4.3.1.2 Ergebnisse der Messung nach der Neutral-Null-Methode

Aufgrund der polyostotischen Tumoren und der Lokalisationen an der Mittelhand wurden 48 Finger betrachtet. An 39 operierten Fingerstrahlen lag ein Normbefund vor (81,3 %), und an vier Fingern (8,3 %) eine Abweichung ohne Zusammenhang zur Tumorlokalisation. Insgesamt hatten 89,6% der Probanden Normbefunde oder Abweichungen ohne Tumorbezug. An fünf Fingerstrahlen gab es relevante Abweichungen an der ehemaligen Tumorlokalisation.

In der Gruppe „Enchondromatosen“ lag bei 33,3 % der operierten Finger eine Einschränkung an der ehemaligen Tumorlokalisation vor. In der Gruppe „Konsolidierte Fraktur“ lagen bei 18,8 % Abweichungen vor. Die Probanden waren stärker betroffen und hatten ausgeprägtere Einschränkungen in den meisten Gelenken (50 %) und Bewegungsrichtungen (57,1 %).

Bei den anderen Gruppen war bei allen Teilnehmern nur eine Bewegungsrichtung am operierten Finger betroffen. In der Gruppe „Keine Fraktur“ war ein Anteil von 8,3 % der operierten Finger an der ehemaligen Tumorlokalisierung in der Beweglichkeit eingeschränkt.

4.3.1.3 Zusammenfassung Bewegungsumfang

Nach der Messung von FNTA und FKHA lagen an 42 operierten Fingern seitengleiche Normbefunde oder operationsunabhängige Einschränkungen vor (87,6 %), nach der Neutral-Null-Messung an 43 operierten Fingern (89,6 %).

4.3.2 Postoperative Messung der Handkraft

4.3.2.1 Kraftmessung anhand der Griffkraft

Bei 72,3 % der Probanden lag eine normgerechte Griffkraft vor. Bei den männlichen Probanden lag die Handkraft bei 81% der Probanden im Normbereich. In der Gruppe „Keine Fraktur“ hatten die meisten Probanden eine normgerechte Griffkraft (88,9 %). In den Gruppen „Konsolidierte Fraktur“ (77,8 %) und „Nicht konsolidierte Fraktur“ (50 %) war es ein geringerer Anteil.

Bei den weiblichen Probanden war die Handkraft bei 65,4 % der Probanden im Normbereich. In der Gruppe „Konsolidierte Fraktur“ hatten die meisten Probanden physiologische Werte (71,4 %).

Zusammengefasst hatten die Hauptgruppen „Keine Fraktur“, „Konsolidierte Fraktur“ und „Nicht konsolidierte Fraktur“ insgesamt geschlechterübergreifend einen Anteil von 75 % an Probanden mit einer normgerechten Griffkraft.

Probanden mit Griffkraft im Normbereich	Geschlecht	Anzahl	Anteil (in %)	Gesamtzahl
„Keine Fraktur“	männlich	8	88,89	9
	weiblich	10	66,7	15
	Gesamtwert	18	75	24
„Konsolidierte Fraktur“	männlich	7	77,8	9
	weiblich	5	71,4	7
	Gesamtwert	12	75	16
„Nicht konsolidierte Fraktur“	männlich	1	50	2
	weiblich	2	100	2
	Gesamtwert	3	75	4
„Enchondromatosen“	männlich	0	-	0
	weiblich	0	0	2
	Gesamtwert	0	0	2
„Rezidive“	männlich	1	100	1
	weiblich	0	-	0
	Gesamtwert	1	100	1
Gesamtwert männliche Probanden		17	81	21
Gesamtwert weibliche Probanden		17	65,4	26
Gesamtwert aller Teilnehmer		34	72,3	47

Table 31 - Erhebung der Probanden mit einer normgerechten Griffkraft innerhalb der definierten vergleichbaren Gruppen.

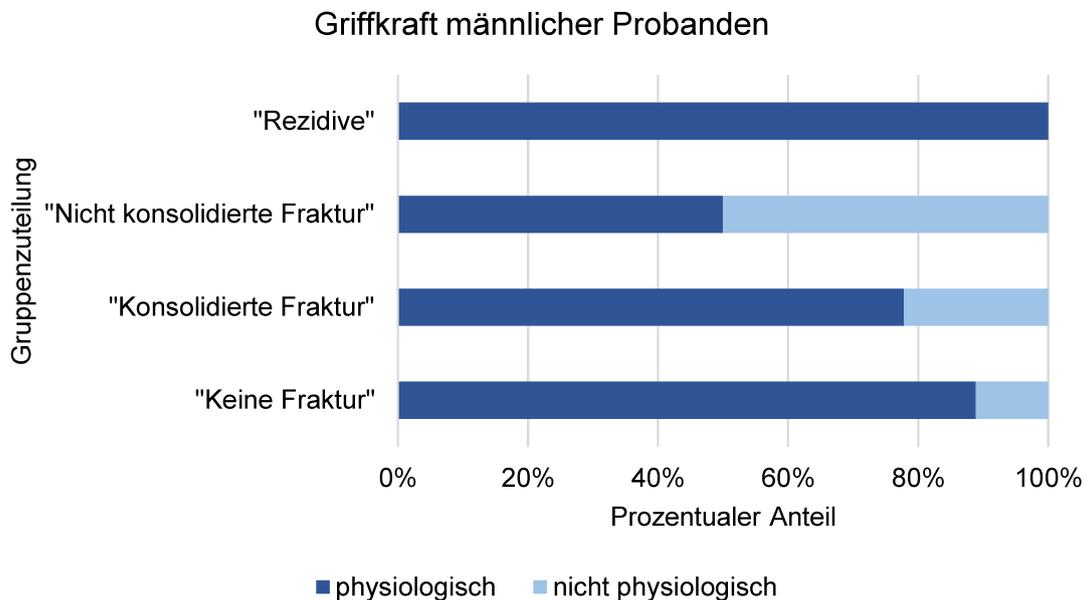


Abbildung 14 - Einteilung der Griffkraft der männlichen Probanden innerhalb der definierten Gruppen.

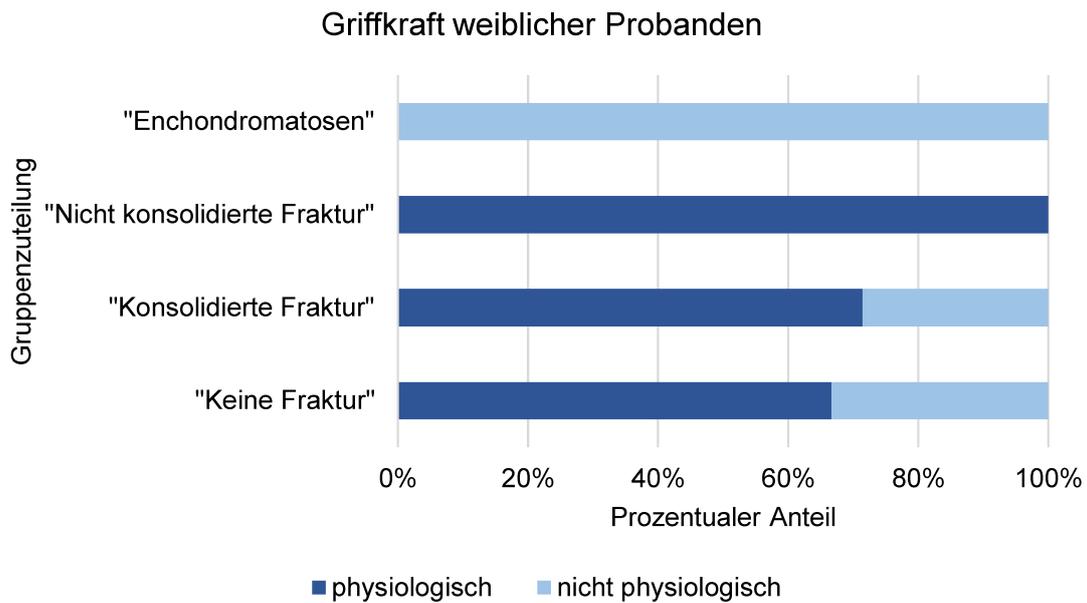


Abbildung 15 - Einteilung der Griffkraft der weiblichen Probanden innerhalb der definierten Gruppen.

4.3.2.2 Handkraft in Abhängigkeit zur Operationslokalisation

Bei den 52 ehemaligen Tumorlokalisationen der Nachuntersuchung lag nach der Operation am Mittelhandknochen (n = 10) in 50 % der Fälle eine normgerechte Griffkraft vor. Bei Eingriffen am Grundglied (n = 21) wurden in 42,9 % (n = 9) der Fälle physiologische Werte gemessen, bei Eingriffen am Mittelglied (n = 13) lag der Anteil bei 84,6 % (n = 11). Nach Operationen am Endglied (n = 8) wurde in allen Fällen eine normgerechte Griffkraft gemessen.

4.3.2.3 Kraftmessung in Abhängigkeit der Händigkeit

Bei den männlichen Probanden war die Handkraft an der dominanten Hand bei einem Anteil von 72,7 % größer als auf der Gegenseite, bei den weiblichen Probanden war dies bei einem Anteil von 75 % der Fall. Insgesamt war bei einem Anteil von 74,1 % aller an der dominanten Hand operierten Probanden die Griffkraft größer als auf der Gegenseite.

4.3.3 Sensibilität

In der klinischen Nachuntersuchung lag die 2PD im Durchschnitt bei 4,6 mm (2-15 mm). Bei 80 % der Fälle lag die 2PD im Bereich der Normwerte, was nach dem Auswertungsschema nach Bushnell et al. [116] einer ausgezeichneten Bewertung entspricht.

Auswertungsschema der 2PD	excellent	good	fair	poor	failure/anesthetic	Anzahl Fälle	\bar{x} (in mm)
„Keine Fraktur“	30	6	0	0	0	36	4,3 (2-8)
„Konsolidierte Fraktur“	22	6	2	0	0	30	5,3 (2-15)
„Nicht konsolidierte Fraktur“	5	1	0	0	0	6	4,2 (3-6)
„Enchondromatosen“	6	0	0	0	0	6	3,3 (3-4)
„Rezidive“	1	1	0	0	0	2	5,5 (5-6)
Gesamtzahl	64	14	2	0	0	80	4,6 (2-15)

Table 32 - Zweipunkt-Diskrimination (2PD) der Probanden der Nachuntersuchung nach dem Auswertungsschema nach Bushnell et al.: „excellent: < 6 mm, good: 6-10 mm, fair: 11-15 mm, poor: > 15 mm, failure/anesthetic“ [116]. Da an den operierten Fingern die 2PD der medialen und lateralen Fingerseite untersucht wurde, ergibt sich die Fallzahl aus der doppelten Anzahl der Probanden. Dabei wurden nur ehemalige Tumorlokalisationen an den Fingern berücksichtigt und nicht an den Mittelhandknochen. In der Gruppe „Enchondromatosen“ wurden durch das polyostotische Tumoraufreten insgesamt drei Finger betrachtet. \bar{x} = Mittelwert, in Klammern Minimum und Maximum der Werte.

4.4 Klinische Scores

Der operative Defekt war bei 97,9 % (n = 46) der Teilnehmer ausgeheilt, in keinem Fall wurde ein Rezidiv- oder Frakturaufreten beobachtet. Anhand der Klinischen Scores hatte ein Anteil von 82 % der Probanden mindestens eine gute Bewertung.

Bewertung der Klinischen Scores	sehr gut	gut	ausreichend	ungenügend	Gesamtzahl
Auswertung nach Hasselgren	Grad I	Grad II	Grad III	Grad IV	
Anzahl	27	14	6	0	47
Anteil (in %)	57,5	29,8	12,8	0	
	87,2		12,8		
Auswertung nach Takigawa	ausgezeichnet	gut	ausreichend	schlecht	
Anzahl	26	18	3	0	47
Anteil (in %)	55,3	38,3	6,4	0	
	93,6		6,4		
Münster- Score	sehr gut	gut	ausreichend	nicht befriedigend	
Anzahl	19	15	12	1	47
Anteil (in %)	40,4	31,9	25,5	2,1	
	72,3		27,7		
Hannover-Score	Grad Ia (sehr gut)	Grad II (gut)	Grad III (ausreichend)	-	
Anzahl	15	20	12	-	47
Anteil (in %)	31,9	42,6	25,5	-	
	74,5		25,5		
Gesamtanzahl	87	67	33	1	188
Gesamtanteil (in %)	46,3	35,6	17,6	0,5	
	81,9		17,6		

Tabelle 33 - Zusammenfassung der angewandten klinischen Scores bei der Nachuntersuchung der 47 Probanden.

IIb) „Stellt die alleinige Kürettage eine komplikationsarme Therapiemethode dar?“

4.5 Komplikationen der operativen Therapie

In zwei Fällen (1,2 %) traten postoperativ Infektionen auf. In der Gruppe „Nicht konsolidierte Fraktur“ war ein Patient bei einer Kürettage mit Osteosynthese betroffen und in der Gruppe „Enchondromatosen“ ein Patient mit einer alleinigen Kürettage.

IIc) „Ist ein der Studienuntersuchung eine Bewertung anderer Operationstechniken möglich bzw. ist ein Vergleich zwischen den Patienten mit alleiniger Kürettage und den Patienten mit zusätzlicher Defektfüllung mittels Spongiosaplastik möglich?“

4.6 Betrachtung alternativer Operationstechniken

4.6.1 Zusatzfragebogen für Patienten mit Spongiosaentnahme

Die vier Patienten mit durchgeführter Spongiosaplastik in der schriftlichen Befragung nahmen auch an der zusätzlichen Befragung teil. Drei Probanden waren männlich, das Alter zum Erhebungszeitpunkt lag im Durchschnitt bei 52,8 Jahren (37-62 Jahre). Im Durchschnitt wurden die Fragebögen 6,8 Jahre (2463 Tage) nach der Operation beantwortet, durchschnittlich 29,8 Tage nach Versendung. Sämtliche Probanden waren sowohl an der Entnahmestelle als auch an der Operationslokalisation schmerzfrei. Direkt nach der Operation hatten zwei Teilnehmer postoperativ Schmerzen an der Entnahmestelle, jeweils für drei beziehungsweise für acht Wochen. In allen Fällen kam es zu einer Besserung der Symptomatik. Die zusätzlich erfragten negativen Kriterien an der Entnahmestelle wurden von allen Teilnehmern verneint. Am operierten Finger gaben drei Probanden eine vollständige Beschwerdefreiheit an. Ein Teilnehmer äußerte eine störende Narbenbildung sowie Achsenabweichung und Bewegungseinschränkung. Ein Kraftdefizit im Seitenvergleich lag bei zwei Probanden vor. Mit der Behandlung waren drei der vier Teilnehmer sehr zufrieden, mit dem Ergebnis zwei. Die Bewegung der operierten Hand erfolgte im Durchschnitt nach 2,5 Wochen, die vollständige Belastung nach 4,9 Wochen.

4.6.2 Ergebnisse des DASH-Fragebogens

In fünf Fällen wurden alternative Operationstechniken in Form einer Spongiosaplastik oder einer osteosynthetischen Versorgung angewandt. Probanden mit Kürettage und Spongiosaplastik hatte bei der Auswertung des DASH-Fragebogens durchschnittlich 2,5 Punkte, Probanden mit zusätzlicher Osteosynthese hatten einen durchschnittlichen Punktwert von 4,5 Punkten. Die Kürettage mit Osteosynthese führte zu einem Mittelwert von 0 Punkten.

4.6.3 Ergebnisse der klinischen Scores

Bei fünf Patienten gab es alternative Operationsabläufe zur alleinigen Kürettage in Form einer Spongiosaplastik oder einer osteosynthetischen Versorgung. Dabei lag zu 75 % mindestens eine gute Bewertung anhand der klinischen Scores vor.

IIId) „In welcher Häufigkeit treten Rezidive auf und besteht in Hinblick auf die Rezidivquote die Notwendigkeit weiterer Nachkontrollen nach Behandlungsabschluss?“

4.7 Rezidive

Bei 13 Patienten traten Rezidive auf, davon wurden zwölf monostotische und drei polyostotische Rezidivtumoren nachgewiesen. Acht Patienten waren intern erstoperiert worden, die klinikinterne Rezidivrate lag damit bei 4,7 %. In sieben Fällen war die Erstoperation eine alleinige Kürettage, einmal mit zusätzlicher Osteosynthese bei nicht konsolidierter Fraktur.

Innerhalb der Patientengruppe mit Verdacht auf eine generalisierte Enchondromatose (n = 5) traten bei vier Patienten Rezidive auf (80 %).

III) Operationsindikation und Einfluss der präoperativen Fraktur auf das Therapieergebnis

IIIa) „Führt die operative Therapie von Enchondromen vor dem Auftreten von Frakturen zu besseren therapeutischen Ergebnissen und ist daher eine frühzeitige Tumorresektion vorteilhaft?“

4.8 Einfluss von präoperativen Frakturen auf das Ergebnis

4.8.1 Ergebnisse des DASH-Fragebogens

Die DASH-Punktwerte wurden weitergehend bezüglich des Vorhandenseins einer präoperativen Fraktur gegenübergestellt. Dabei wurden die Ergebnisse von 48 Patienten anhand des Merkmals „Fraktur“ untersucht, 20 Patienten hatten eine präoperative Fraktur und 28 Patienten hatten keine Fraktur. Diese beiden Gruppen wurden statistisch miteinander verglichen, es ergab sich ein p-Wert von 0,58 und damit kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Die mittels DASH-Fragebogen erhobene subjektive Handfunktion zeigte zwischen Patienten mit Fraktur und Patienten ohne Fraktur keine signifikanten Unterschiede. Beide Gruppen wiesen niedrige DASH-Punktwerte auf und hatten damit laut dem DASH-Testscore zufriedenstellende Ergebnisse.

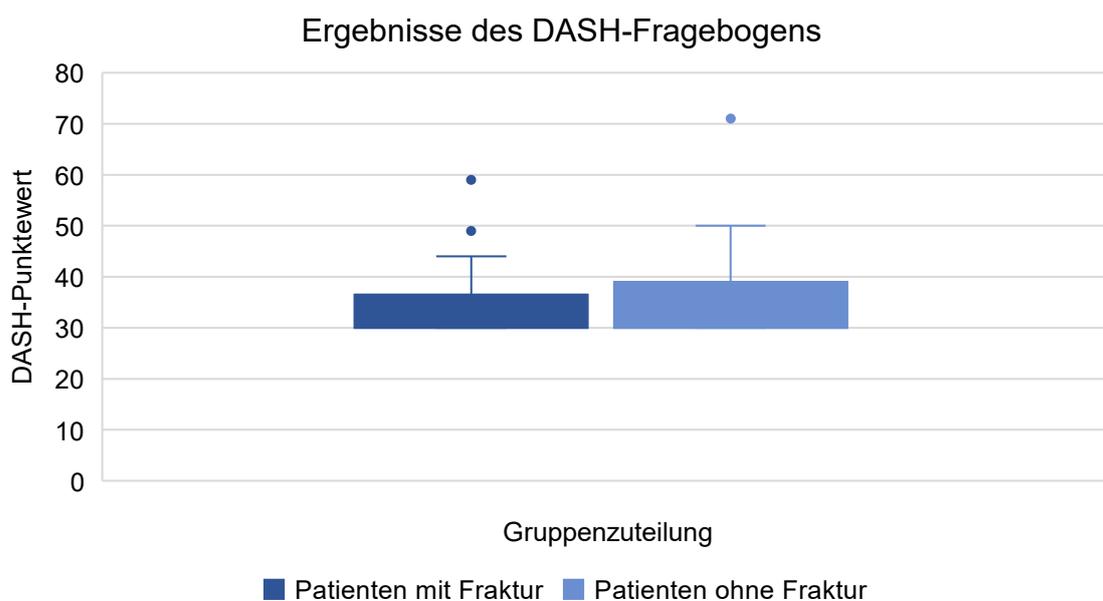


Abbildung 16 - Gegenüberstellung der DASH-Punktwerte der 20 Patienten mit Fraktur und der 28 Patienten ohne Fraktur innerhalb der schriftlichen Befragung mittels Box-Plot.

4.8.2 Ergebnisse des SF-36 Fragebogens

Der SF-36 Fragebogen wurde von 28 Probanden mit präoperativen Frakturen und von 25 Patienten ohne Fraktur vollständig ausgefüllt, dabei zeigten sich folgende Ergebnisse. Die grafischen Darstellungen finden sich im Anhang.

SF-36 Summenscores der Probanden mit präoperativer Fraktur	Abkürzung	p-Wert	H1 zutreffend (p < 0,05)
Körperliche Gesundheit („physical health component summary score“)	PCS	< 0,05	ja
Psychische Gesundheit („mental health component summary score“)	MCS	> 0,05	nein

Tabelle 34 - Auswertung der SF-36-Subskalenwerte der 28 Probanden mit präoperativer Fraktur im Vergleich zur Normalbevölkerung. PCS = Physical Composite Scores, MCS = Mental Composite Scores.

SF-36 Summenscores der Probanden ohne präoperative Fraktur	Abkürzung	p-Wert	H1 zutreffend (p < 0,05)
Körperliche Gesundheit („physical health component summary score“)	PCS	< 0,05	ja
Psychische Gesundheit („mental health component summary score“)	MCS	> 0,05	ja

Tabelle 35 - Auswertung der SF-36-Subskalenwerte der 25 Probanden ohne präoperative Fraktur im Vergleich zur Normalbevölkerung. PCS = Physical Composite Scores, MCS = Mental Composite Scores.

4.8.3 Ergebnisse der klinischen Scores

Probanden ohne Frakturen hatten am häufigsten ein mindestens als gut bewertetes Ergebnis (86,5 %). Probanden der Gruppen „Konsolidierte Fraktur“ (85,9 %), „Nicht konsolidierte Fraktur“ (68,8 %), „Rezidive“ (50 %) und „Enchondromatosen“ (37,5 %) hatten in absteigender Reihenfolge einen geringeren Anteil an als gut bewertete Ergebnisse. Bei Probanden mit Enchondromatosen lag nach dem Münster- und Hannover-Score maximal eine ausreichende Bewertung vor. Die genaue tabellarische Aufteilung findet sich im Anhang.

Anteil der Bewertung „gut“ innerhalb der klinischen Scores (in %)	Auswertung nach Hasselgren	Auswertung nach Takigawa	Münster-Score	Hannover-Score	Gesamtwert
„Keine Fraktur“	91,7	95,8	83,3	75	86,5
„Konsolidierte Fraktur“	93,8	93,8	75	81,3	85,9
„Nicht konsolidierte Fraktur“	75	75	50	75	68,8
„Enchondromatosen“	50	100	0	0	37,5
„Rezidive“	0	100	0	100	50
Gesamtwert	87,2	93,6	72,3	74,5	81,9

Table 36 - Anteil der Ergebnisse, die anhand der klinischen Scores mindestens als „gut“ gewertet wurden. Ergebnisse der 47 Probanden in der Nachuntersuchung innerhalb der zugeteilten Gruppen.

IIIb) „Führt das Konzept der konservativen Konsolidierung pathologischer Frakturen vor Tumorresektion zu zufriedenstellenden Ergebnissen?“

4.9 Behandlungsverlauf bei pathologischen Frakturen

4.9.1 Knöcherner Konsolidierung

Im Durchschnitt wurde die knöcherner Konsolidierung nach 76 Tagen nachgewiesen. In der Gruppe „Konsolidierte Fraktur“ im Durchschnitt nach 77 Tagen und in den Gruppen „Rezidive“ und „Enchondromatosen“ nach 43 Tagen.

Insgesamt waren 75 von 83 Frakturen pathologisch, dabei wurde bei der Gruppe „Konsolidierte Fraktur“ definitionsgemäß bei allen Frakturen eine Konsolidierung vor der Operation beobachtet. In den Gruppen „Rezidive“ war eine der beiden Frakturen vor dem Eingriff ausgeheilt, in der Gruppe „Enchondromatosen“ lag ebenfalls eine Ausheilung der einen aufgetretenen Fraktur vor.

4.9.2 Symptome an der ehemaligen Frakturlokalisierung

Bei 21 Patienten lag eine präoperative Fraktur vor. Dabei gaben drei Probanden Druckschmerzen an (14,3 %), in einem Fall wurden zusätzliche Bewegungsschmerzen genannt. In keinem Fall gab es nach dem Eingriff eine erneute Fraktur.

Weitere Ergebnisse der retro- und prospektiven Datenerhebung von Patienten mit präoperativen Frakturen finden sich in der Gegenüberstellung mit den anderen Gruppen in den jeweiligen Abschnitten der Kapitel 4.1 - 4.5 und 4.8.3

IV) Auftreten von generalisierten Enchondromatosen

IVa) „Gibt es bevorzugte Lokalisationen oder demographische Faktoren bei Patienten mit polyostotischen Tumoren und dem Verdacht auf eine Enchondromatose und unterscheiden sich diese von monostotischen Enchondromen?“

4.10 Generalisierte Enchondromatosen

Bei fünf Patienten bestand der Verdacht einer generalisierten Enchondromatose. Die Verdachtsdiagnose Morbus Ollier wurde in zwei von vier Fällen bestätigt. In allen Fällen wurde die alleinige Kürettage durchgeführt.

Sämtliche Probanden waren weiblich, das Durchschnittsalter bei Operation lag bei 29,5 Jahren (13-62 Jahre). Die Tumoren traten unilateral bevorzugt an der linken Hand auf (54,6 %) und am häufigsten im Grundglied des zweiten und dritten Fingerstrahls.

IVb) „Führt die alleinige Kürettage auch bei Patienten mit dem Verdacht auf eine generalisierte Enchondromatose zu zufriedenstellenden Ergebnissen?“

Die therapeutischen Ergebnisse der retro- und prospektiven Datenerhebung dieser Gruppe finden sich in Gegenüberstellung mit den anderen Gruppen in den jeweiligen Abschnitten der Kapitel 4.1 - 4.5, 4.7 und 4.8.3.

5. Diskussion

Aufgeschlüsselt anhand der Fragestellungen aus der Zielsetzung (siehe Kapitel 2) wurden folgende Ergebnisse diskutiert.

l) Tumoreigenschaften von Enchondromen und Wahrscheinlichkeit der malignen Transformation

la) „Gibt es identifizierbare demographische Faktoren oder Lokalisationen, bei denen das Auftreten eines Enchondroms wahrscheinlicher ist und kann in der prospektiven Erhebung eine Prädisposition beobachtet werden?“

5.1 Retrospektive Datenerhebung

Probanden mit präoperativen Frakturen (47 %) und Probanden ohne Frakturen (41 %) zeigten eine ähnliche Gruppengröße in der Studienpopulation und ermöglichten dadurch eine vergleichende Betrachtung. Hauptsächlich wurde die alleinige Kürettage angewandt (90 %), da sich diese Behandlungsmethode klinikintern etabliert hatte [78][105].

5.1.1 Demographische Daten

Das durchschnittliche Alter zum Operationszeitpunkt war mit 38,4 Jahren (SD = 14,4) mit anderen Studien vergleichbar. So findet nach Figl et al. die Operation gehäuft im dritten und vierten Lebensjahrzehnt statt, durchschnittlich mit 36 Jahren (16-66 Jahre) [27], nach Gaulke et al. mit 39 Jahren (16-69 Jahre) [21].

Die Probanden waren im Vergleich zu Werdin et al. (32,3 Jahre (10-71 Jahre)) [78] und Löhner et al. (33 Jahre) [14] jedoch etwas älter. Sie waren auch im klinikinternen Vergleich etwas älter als in der Vorgängerstudie nach Barth (35 Jahre) [105]. Das Durchschnittsalter war damit im Vergleich zum Voruntersuchungszeitraum leicht angestiegen.

Patienten mit Frakturen wurden in jüngerem Alter operiert (36,6 Jahre, SD = 12,2) als Patienten ohne Fraktur (40,8 Jahre, SD = 15,3), daher schien ein

zunehmendes Alter die Frakturentstehung bei Enchondromen nicht zu begünstigen.

Auch Riester et al. zeigten in ihrer Studie, dass jüngere Patienten häufiger pathologische Frakturen aufweisen. Das Alter der Patienten mit Frakturen lag vergleichbar mit unserer Studie im Durchschnitt bei 36,6 Jahren. Patienten ohne Frakturen waren durchschnittlich 45,6 Jahre alt. Einschränkend im Vergleich war die geringe Gruppengröße der Studie von Riester et al. (n = 54) und der Ausschluss der tendenziell jüngeren Patienten mit generalisierter Enchondromatose. Riester et al. vermuten, dass sich asymptomatische Läsionen bei älteren Patienten häufiger im Rahmen anderer klinischer Untersuchungen als Zufallsbefund zeigen. Auch kann nach dieser Studie bei den über einen längeren Zeitraum entstandenen Enchondromen älterer Patienten ein geringeres Frakturrisiko bestehen. Als weiteren Grund wird das unterschiedliche Aktivitätsniveau der Altersgruppen angeführt, da jüngere Patienten tendenziell aktiver sind scheint auch das Frakturrisiko bei bestehendem Enchondrom erhöht [65]. Sollaci et al. sehen hingegen keinen Zusammenhang zwischen Patientenalter und Frakturaufreten [120].

Im Rahmen einer generalisierten Enchondromatose kann ein früheres Tumoraufreten erwartet werden [121], daher erfolgte die operative Therapie erwartungsgemäß in deutlich jüngerem Lebensalter (29,6 Jahre) als in der Gesamtgruppe. Auch Krüger beschreibt das Auftreten polyostotischer Tumoren bereits in jungen Jahren, maximal im Alter von 20 Jahren [53]. Bei Beilöb traten multiple Tumoren noch früher auf, durchschnittlich mit zehn Jahren [122].

Probanden mit Rezidivtumoren waren bei der Erstoperation insgesamt am jüngsten (28,9 Jahre). Es lässt sich die Vermutung eines früheren Auftretens der Ersttumoren bei einer anschließenden Rezidivbildung aufstellen.

Fraglich ist, ob bei jüngeren Patienten der Bedarf einer engmaschigeren, frühzeitigen Nachkontrolle besteht, da sich sowohl höhere Rezidivraten als auch ein höherer Anteil an Patienten mit dem Verdacht auf eine generalisierte Enchondromatose fanden. Hier könnte ein Nachsorgeschema mit kürzeren

Kontrollabständen sinnvoll sein. Ebenso gilt dies bei polyostotischen Tumoren mit dem Verdacht auf ein generalisiertes Auftreten. Da es in diesen Fällen an vergleichbaren Studien mangelt, könnten weitere Untersuchungen zur Optimierung des Nachsorgeschemas bei diesen Patienten vorteilhaft sein.

Insgesamt zeigte sich ein geringfügig häufigeres Auftreten von Enchondromen bei weiblichen Patienten (58 %, Verhältnis 1,4 : 1). Multiple Tumoren mit dem Verdacht auf eine generalisierte Enchondromatose traten in unserer Studienpopulation ausschließlich bei weiblichen Probanden auf.

Beilöb zeigt gegenteilig bei polyostotischen Tumoren ein leichtes Überwiegen von männlichen Probanden im Verhältnis 1,2 : 1 bei größerer Studienpopulation (n = 22) [122]. Nach Werdin et al. findet sich diese Tendenz auch bei monostotischen Tumoren (59 %) [78].

Mehrere Studien berichten allerdings über keine ausgeprägte geschlechtsspezifische Tumorphäufung [12][14][16][27][79][99].

In der Vorgängerstudie von Barth zeigt sich eine vergleichbar geringfügige Bevorzugung weiblicher Probanden (60 %, Verhältnis 1,5 : 1) und damit eine konstante leichte Ausprägung innerhalb der Klinik [105]. Barth führt weitere Studien mit einem Überwiegen weiblicher Probanden im Verhältnis 1,2 : 1 [123] bis hin zu 1,4 : 1 [86][124] und 1,6 : 1 an [62][105].

Bei Gaulke et al. liegt der Anteil weiblicher Probanden sogar bei 71 % [21].

Damit besteht anhand der Studienlage keine eindeutige Geschlechterpräferenz und lässt sich auch im Studienvergleich nicht eindeutig belegen.

5.1.2 Lokalisation

Monostotische Enchondrome zeigten eine Tendenz zur rechten Hand (52 %), polyostotische Tumoren hingegen eine Präferenz der linken Hand (55 %). In unserer Studienpopulation traten in keinem Fall beidseits Tumoren auf.

Auch Beilöb sieht eine häufigere Betroffenheit der linken Körperhälfte bei polyostotischen unilateralen Tumoren (63 %) [122]. Nach Werdin et al. ist die Tendenz monostotischer Tumoren zur rechten Seite ausgeprägter (56 %) [78], ebenso nach Gaulke et al. (57 %) [21]. Auch nach Löhner et al. zeigt sich ein

stärkerer Befall der rechten Hand (58 %), hier finden sich in wenigen Fällen (1%) auch beidseits Tumoren [14]. In anderen Erhebungen findet sich hingegen keine Seitenpräferenz [62][86][105].

Nach Krüger findet sich zwar ein häufigeres Auftreten an der rechten Hand (57 %) [53] im erhobenen Studienvergleich wird jedoch die generelle Präferenz einer Seite ebenfalls verneint [16][53][79][88], was auch durch unsere Studie gezeigt wurde.

Es wurde eine ulnare Tendenz beobachtet, die Fingerstrahlen IV und V sind insgesamt am häufigsten betroffen (65 %). Diese Tendenz wurde von Werdin et al. bestätigt (59 %) [78]. Bereits in der vorherigen klinikinternen Studie wurde eine ulnare Präferenz des Tumorauftritts beobachtet [105]. Auch Gaulke et al. [125] und Takigawa [16] beschreiben das bevorzugt ulnare Auftreten. Nach einigen Studien ist dabei der Kleinfinger mit Werten zwischen ca. 25 % [14] und 34,3 % [125] am häufigsten betroffen. Auch nach Barth zeigt sich die deutliche ulnare Tendenz bei nahezu allen verglichenen Studien, der fünfte Fingerstrahl ist im Studienvergleich ähnlich häufig betroffen (31 %) wie in unserer Studie (34 %), auch der vierte Strahl ist im Studienvergleich ebenfalls vergleichbar häufig betroffen (23 %) wie in unserer Erhebung (27 %) [105].

Löhrer et al. sehen ebenfalls selten einen Befall der radialen Hand, ein Tumorauftreten im Daumen wird nur in wenigen Fällen beobachtet (10 %) [14], was in verglichenen Studien ebenfalls aufgezeigt wurde [14][16][79][125]. Ein Auftreten im ersten Fingerstrahl ist auch nach Barth (12 %) und dessen Studienvergleich (11 %) [105] sowie nach unserer Erhebung äußerst selten (9 %).

In der Mittelhand sind die Tumoren selten lokalisiert (15 %), vergleichbar mit den erhobenen Werten nach Werdin et al. (14 %) [78].

In unserer Studie wurden keine Tumoren im Bereich der Handwurzelknochen festgestellt. Auch im Studienvergleich wird diese Lokalisation bei Enchondromen nur selten beobachtet. Es zeigt sich eine niedrige Wahrscheinlichkeit von 0-3 %

für den Befall von Mittelhandknochen, die Fingerknochen werden gegenüber der Handwurzel deutlich bevorzugt [10][14][16][53][79][105][78][125].

Die Bevorzugung des Grundglieds in unserer Studie (44 %) wird auch in anderen Untersuchungen vergleichbar häufig angeführt. Die von Gaulke et al. aufgezeigte Präferenz des Grundglieds (48,9 %) [125] beträgt in anderen Studien zwischen 41 % [78], 44 % [105] und 45 % [14] bis hin zu 49 % [27].

Nachfolgend treten in unserer Studie mit absteigender Häufigkeit Tumoren im Mittelglied (26 %), den Mittelhandknochen (15 %) und dem Fingerendglied (15 %) auf. In anderen Studien ist diese Reihenfolge vergleichbar. Mit nachfolgender Präferenz zeigt sich im Vergleich ein Tumoraufreten im Mittelglied, dem Endglied und den Mittelhandknochen [53][105].

Geringfügig abweichend nennen Sassoon et al. in absteigender Häufigkeit Grundglied, Mittelglied, Mittelhand und Endglied [23].

Zusammenfassend war die Lokalisation monostotischer Tumoren insgesamt am häufigsten basisnah im Grundglied des Kleinfingers, gefolgt vom Ringfinger.

Neben dem gehäuften Vorkommen, kann daher auch anhand des Symptomauftretens an Prädilektionsstellen ein erster Verdacht auf ein Enchondrom begründet werden.

Patienten mit generalisierter Enchondromatose zeigten ein deutlich abweichendes Verteilungsmuster. Häufigste Lokalisation war das Grundglied von Zeige- und Mittelfinger. Diese beiden Finger waren insgesamt gleich häufig betroffen (je 37,5 %). Die Tumoren waren heterogener innerhalb der Hand verteilt, dabei war die Mittelhand mit 31 % deutlich häufiger betroffen als bei der alleinigen Betrachtung der monostotischen Tumoren (14 %). Der Vergleich war durch die geringe Anzahl polyostotischer Tumoren eingeschränkt (n = 16), zeigte aber eine Tendenz zu abweichenden Lokalisationen.

Auch bei Beilöb fand sich eine abweichende Verteilung bei polyostotischen Tumoren. Die meisten polyostotischen Tumoren sind in Zeige- und Ringfinger lokalisiert (je 27 %), dabei ist die Verteilung auf die anderen Langfinger jedoch

sehr heterogen. Mittel- und Kleinfinger weisen 21 % bzw. 20 % aller polyostotischen Tumoren auf, lediglich der Daumen ist mit deutlichem Abstand seltener betroffen (5 %) [122].

Krüger beschreibt abweichend dazu ein nahezu identisches Auftreten mono- und polyostotischer Tumoren bei einer vergleichsweise hohen Anzahl an Patienten mit multiplen Enchondromen (n = 11) [53].

Eine eindeutige Aussage war bei der geringen Patientenanzahl mit polyostotischen Tumoren in unserer Studie (n = 5) durch das seltene Auftreten der Erkrankung erschwert. Es zeigten sich jedoch Tendenzen zu einer andersartigen Tumorverteilung im Vergleich zu solitären Enchondromen.

Bei Frakturaufreten lagen die Tumoren am häufigsten im Kleinfinger (46,3 %).

In unserer Studie war der Kleinfinger bei Tumoraufreten am häufigsten von allen Fingern zusätzlich frakturiert (61,3 %).

Riester et al. zeigen bei Tumoraufreten im Kleinfinger nahezu immer (95 %) auch eine Fraktur. Dabei wird die periphere, verletzungsanfällige Lage des Fingers und die geringere Knochengröße als mögliche Ursache für das erhöhte Frakturrisiko genannt [65]. Innerhalb des Fingerstrahls zeigte sich in unserer Studie im Gegensatz zu Riester et al. keine präferierte Lokalisation von Frakturen bei vorliegendem Enchondrom, lediglich die Mittelhand war seltener betroffen.

5.1.3 Mögliche Prädisposition zum Tumoraufreten

Nur bei einem Probanden mit Ersttumor wurde eine familiäre Prädisposition vermutet. Dieser mögliche Einflussfaktor für die Tumorentstehung erscheint daher vernachlässigbar und wird auch von Patienten mit Rezidivtumoren oder generalisierten Enchondromen nicht beschrieben.

Nikotinkonsum lag bei weniger Probanden vor (21 %) als in der Normalbevölkerung (24 %) [126]. Somit lässt sich die Vermutung eines möglichen Einflusses von Nikotinkonsum auf pathologische ossäre Veränderungen, wie von Träistaru et al. angeführt wurde, hier nicht belegen [127].

lb) „Gibt es präoperativ eindeutige Symptome, welche diagnostisch auf ein Enchondrom verweisen können und welche therapeutischen Konsequenzen können sich daraus ergeben?“

5.1.4 Gründe für die Erstvorstellung

Die häufigsten Gründe für die klinische Erstvorstellung stellten Frakturen dar (49 %) größtenteils infolge von Bagateltraumata. Nach Barth sind pathologische Frakturen ebenfalls der häufigste Grund für die Erstvorstellung (32 %) [105]. Auch in dessen zitierten Studien findet sich die pathologische Fraktur als häufigster Vorstellungsgrund in unterschiedlicher Häufigkeit zwischen 35 % [88], 38 % [124] und 52 % [29][105]. Auch nach Gaulke et al. stellen präoperative Frakturen die häufigsten Erstsymptome dar (43 %) [21]. In vergleichbarer Häufung nach Sassoon et al. (40 %) [23]. Der Tumor scheint nach diesen Daten die knöcherne Stabilität maßgeblich zu gefährden, bevor er durch andere Symptome erkannt werden kann. Generell stellen monostotische Enchondrome laut Jacobson et al. den häufigsten Grund für pathologische Handfrakturen dar [67]. Daher könnte eine frühzeitige prophylaktische Entfernung von Vorteil sein, da es ohne vorher auffällige Symptome zu einer pathologischen Frakturierung als initialen Grund für die klinische Erstvorstellung kommen kann bzw. der Tumor ein reales Risiko für Frakturen unter alltäglicher Belastung darstellt.

Anderweitige tumorassoziierte Symptome stehen an zweiter Stelle (26 %), zumeist Schmerzen mit oder ohne Schwellung. Nach Gaulke et al. stellt die schmerzhafte Schwellung ebenfalls das zweithäufigste Erstsymptom dar (24 %) [21]. Nach Bartsch et al. folgt als zweithäufigste Ursache der Erstvorstellung die schmerzlose Schwellung (32 %) [88], ebenso nach Takigawa et al. (40 %) [16]. Grünert et al. beobachten eine Schwellung mit oder ohne Schmerzen als häufigsten Grund der Erstvorstellung (45 %) in deren Studienvergleich schwankt die Häufigkeit zwischen 25 und 70 % [62].

In 16 % der Fälle wurde der Tumor erst nach einem Trauma symptomatisch.

Nach Figl et al. wurden hingegen alle Patienten nach einem Bagateltrauma mit schmerzhafter Schwellung vorstellig, Frakturen traten dabei deutlich seltener auf (9 %) [27], damit zeigt sich eine abweichende Häufung der Erstsymptome.

Ebenso nach Löhner et al., pathologische Frakturen traten auch hier deutlich seltener auf (24 %), Schmerzen mit oder ohne Schwellung machten den größten Anteil aus (52 %) [14].

In unserer Studie wurde zwar ein geringerer Anteil der Tumoren im asymptomatischen Zustand detektiert (9 %), jedoch zeigt der Studienvergleich, dass ein nicht unerheblicher Anteil an Enchondromen klinisch „stumm“ bleibt und somit das Potential einer knöchernen Instabilität birgt. In der Vorgängerstudie von Barth finden sich häufiger asymptomatische „Zufallsbefunde“ (22 %) [105], es werden Anteile von 11 % [16], 18 % [62] bis hin zu 30 % beschrieben [88][105]. Auch Löhner et al. zeigen einen deutlich höheren Anteil an Zufallsbefunden (18 %) [14], vergleichbar mit Grünert et al. (17 %) [62].

Bei Patienten mit polyostotischen Tumoren (n = 22) sind Exostosen die häufigsten Gründe für die Erstversorgung auf (55 %), nachfolgend Frakturen (46 %) und nur in seltenen Fällen Schmerzen (10 %) [122]. In unserer Studie war abweichend bei deutlich geringerer Patientenzahl (n = 5) eine schmerzhaft Schwellung häufigster Grund der klinischen Vorstellung von Patienten mit polyostotischen Tumoren.

5.1.4.1 Auftreten von Bagatelltraumata

Insgesamt wurde der Großteil der Symptome durch Bagatelltraumen ausgelöst (57 %). Bei den beobachteten frakturierten Enchondromen waren nicht nur nahezu alle Frakturen pathologisch durch Bagatellverletzungen verursacht (90 %), auch bei der Entwicklung anderer traumaassoziierter Symptome lag zumeist ein Bagatelltrauma vor (92 %).

Die auch in anderen Studien aufgestellte Beobachtung, dass Enchondrome für gewöhnlich nach Bagatelltraumata diagnostiziert werden [31], bestätigt sich auch nach Figl et al.. Bei geringer Probandenzahl (n = 35) traten bei allen Patienten Erstsymptome nach Bagatellverletzungen auf [27].

Diese Ergebnisse lassen eine hohe Gefährdung für die Entwicklung von einschränkenden Symptomen bereits durch geringe Belastungen im Alltag vermuten. Auch im asymptomatischen Zustand bestand eine hohe Gefährdung

für das Auftreten von pathologischen Frakturen und anderen Einschränkungen, bereits bei geringen Belastungen. Dies kann die Lebensqualität bei vorliegendem Tumor mindern und könnte eine prophylaktische Entfernung im asymptomatischen Zustand begründen.

Zusammenfassend zeigte sich im Studienvergleich eine heterogene Häufung der Gründe für die Erstvorstellung. Den häufigsten Grund für die initiale klinische Vorstellung stellen jedoch pathologische Frakturen und das lokale Auftreten von Schmerzen mit oder ohne Schwellung dar, was an den zuvor erhobenen präferierten Lokalisationen ein Anzeichen für das Vorliegen eines Enchondroms sein könnte. Sassoon et al. schränken die Aussagekraft der beobachteten Erstsymptome ein, demnach werden schon allein deshalb häufiger pathologische Frakturen beobachtet, weil diese häufiger ein Einweisungsgrund zur klinischen Weiterbehandlung darstellen als asymptomatische Läsionen [23]. Dieser Hintergrund gilt auch für die Patienten unserer Studie.

lc) „Besteht ein Zusammenhang zwischen der Tumorgröße und Rezidivaufreten, Frakturen oder der Tumorlokalisation?“

5.1.5 Tumorgröße

Insgesamt war die Tumorausdehnung in proximal-distaler Richtung größer als die radial-ulnare Größe. Es lässt sich daher ein Tumorwachstum anhand der anatomischen Gegebenheiten vermuten, was zum benignen Tumorcharakter passen würde. Die Gruppe „Enchondromatosen“ zeigte in allen Messungen deutlich höhere Werte. Es könnte eine Tendenz zu einer größeren Tumorausdehnung bei generalisierten Enchondromatosen vermutet werden, jedoch war die Vergleichbarkeit aufgrund der geringen Gruppengröße (n = 5) nicht gegeben.

5.1.5.1 Tumorausdehnung bei Frakturaufreten

Bei Probanden mit präoperativen Frakturen war die Tumorgröße in proximal-distaler Ausdehnung vergleichbar mit den Werten der Studienpopulation (14,9 mm und 14,5 mm). In radial-ulnarer Richtung war die Größe etwas geringer als im Gesamtdurchschnitt (9,5 mm und 8,9 mm). In der Gesamtstudienpopulation kann zwar von höheren Werten durch die Gruppe „Enchondromatosen“ ausgegangen werden. Jedoch war auch im alleinigen Vergleich von Probanden mit Fraktur und Probanden ohne präoperative Fraktur eine annähernd vergleichbare Tumorausdehnung zu beobachten.

Es scheint kein Zusammenhang zwischen einer größeren Tumorausdehnung und dem Auftreten von Frakturen zu bestehen. Eine therapeutische Intervention zur Vorbeugung einer Fraktur kann demzufolge auch bei durchschnittlicher Tumorgröße begründet sein. Auch Sollaci et al. bestätigen die Vermutung, dass ein Frakturaufreten nicht von der Tumorgröße abhängig ist [120].

Riester et al. zeigen im Gegensatz dazu einen Zusammenhang zwischen Frakturaufreten und einer größeren Tumorausdehnung, insbesondere in proximal-distaler Ausrichtung [65]. Somit bestehen im Studienvergleich Unklarheiten zum Zusammenhang von Tumorgröße und Frakturaufreten. Jedoch kann auch aufgrund der häufig beobachteten pathologischen Frakturen

ein relevantes Frakturrisiko vermutet werden. In unserer Studie zeigte sich eine Frakturgefahr unter Alltagsbelastungen auch bei durchschnittlich großen Tumoren.

Auch bei der weiterführenden statistischen Betrachtung der Tumorausdehnung lag zwischen den Patienten mit präoperativer Fraktur und den Patienten ohne Fraktur kein signifikanter Unterschied in der TumorgroÙe vor. Damit wird auch in dieser Untersuchung die Vermutung unterstützt, dass sich auch bei durchschnittlicher TumorgroÙe bereits präoperative Frakturen zeigen können und die TumorgroÙe keinen Einfluss auf ein Frakturauftreten zu haben scheint. Weiterführend könnte als prädiktiver Faktor für das Auftreten von pathologischen Frakturen die Kortikalisverdünnung betrachtet werden.

Auch nach anderen Untersuchungen ist für die Entstehung pathologischer Frakturen nicht die TumorgroÙe entscheidend, sondern der Grad der Kortikalisverdünnung. Von Li et al. wurde beim Vergleich von Probanden mit pathologischer Fraktur und Patienten ohne Fraktur ein signifikanter Unterschied im Grad der Verdünnung der Kortikalis festgestellt, nicht jedoch in der Tumorausdehnung [128]. Für die Prädiktion pathologischer Frakturen sollte daher im Ausblick bevorzugt der Substanzdefekt der Kortikalis beachtet werden, anstatt der Tumorausdehnung.

5.1.5.2 Tumorausdehnung in Abhängigkeit zur Lokalisation

Die Größenausdehnung der Enchondrome nahm in Richtung der proximalen Handknochen zu und war an den Mittelhandknochen am größten. Dies bestätigt die vorherige Vermutung der benignen Tumorausdehnung anhand anatomischer Gegebenheiten und lässt einen Vergleich der TumorgroÙe in Abhängigkeit zur Lokalisation zu, an proximalen Lokalisationen kann ein überdurchschnittlich großes Tumorstadium vermutet werden. Auch durch das gehäufte Auftreten von Enchondromen im Grundglied erscheint eine hohe durchschnittliche GesamtgröÙe erwartbar.

ld) „Besteht bei Tumoraufreten eine relevante Gefährdung durch eine maligne Transformation und damit ein Risiko beim Ausbleiben der operativen Therapie?“

5.1.6 Maligne Entartung von Enchondromen

Insgesamt lag nur bei einem Patienten der hochgradiger Verdacht einer malignen Entartung vor (0,6 %), innerhalb der zugehörigen Patientengruppe mit generalisierter Enchondromatose war das errechnete Risiko deutlich höher (20 %). Auch bei Löhner et al. liegt das Risiko einer malignen Transformation bei polyostotischen Tumoren höher (11 %) als bei monostotischen Enchondromen (0,7 %) [14]. Nach Goto et al. und Schwarz et al. kann die maligne Transformation bei polyostotischen Tumoren mit einer Wahrscheinlichkeit von bis zu 30 % auftreten [48][49]. Sassoon et al. beobachteten ebenfalls in einem Fall eine maligne Transformation, auch in dieser Studie war ein Patient mit generalisierter Enchondromatose betroffen [23].

Aufgrund der geringen Fallzahl (n = 5) kann hier jedoch keine eindeutige Korrelation bezüglich der Gefährdung durch eine maligne Transformation aufgewiesen werden.

le) „Gibt es Abweichungen im Krankheitsverlauf bei Patienten mit Enchondromen im Jugendalter?“

5.1.7 Enchondrome im Jugendalter

Bereits im Alter von fünf Jahren wurden Enchondrome beobachtet, daher kann es auch in sehr jungen Jahren zu einer Tumorbildung kommen, was im klinischen Alltag beachtet werden sollte. Die Tumorlokalisation bei Jugendlichen war vergleichbar mit der Gesamtpopulation. Der Anteil an weiblichen Probanden war etwas höher (65 %) als in der Gesamtgruppe (58 %).

Die Tumoren bei Jugendlichen hatten eine größere Ausdehnung. Dies widerlegt die Aussage nach Beilöb wonach sich keine Korrelation zwischen dem frühen Auftreten und der Tumorausprägung zeigt, einschränkend wurde sich in dessen Studie jedoch nur auf multizentrische Tumoren fokussiert [122].

Die Rezidivrate der minderjährigen Patienten war mehr als doppelt so hoch (12 %) als in der Gesamtgruppe (4,7 %). Damit war die Wahrscheinlichkeit einer Rezidivbildung bei Enchondromen im Jugendalter erhöht. In einzelnen Studien wird die Rezidivrate im Kindesalter noch höher eingeschätzt (30 %), und zeigt sich ebenfalls deutlich erhöht im Vergleich zu erwachsenen Patienten (< 5 %) [99].

Zwar wurde bei Jugendlichen keine malignen Entartungen festgestellt, zumindest bei monostotischen Tumoren wurde folglich kein Zusammenhang zwischen einer frühen Tumorbildung und einer malignen Transformation beobachtet. Jedoch fanden sich deutlich mehr Probanden mit Enchondromatosen (12 %) als in der Gesamtgruppe (3 %). Auch nach Sun et al. finden sich multiple Enchondrome in früherem Lebensalter [121]. Bei diesen polyostotischen Tumoren kann nach einigen Studien ein höheres Risiko der malignen Entartung vermutet werden [39][51][52], in anderen Untersuchungen wird dieses Risiko jedoch als sehr gering angesehen [129].

Für Jugendliche könnte daher, aufgrund der erhöhten Rezidivrate und des möglichen Risikos einer malignen Entartung durch das häufigere Auftreten polyostotischer Tumoren, die Entwicklung eines gesonderten Nachsorgeschemas von Vorteil sein.

II) Bewertung der operativen Ergebnisse der alleinigen Kürettage

IIa) „Ist die operative Therapie mittels alleiniger Kürettage zeitgerecht umsetzbar und führt die alleinige Kürettage zu zufriedenstellenden Ergebnissen in den subjektiven Angaben der Patienten und der klinischen und radiologischen Nachuntersuchung?“

5.1.8 Ablauf der operativen Therapie

Die Zeit von der klinischen Erstvorstellung bis zur Operation betrug durchschnittlich 56 Tage, bis zur histologischen Diagnosesicherung vergingen durchschnittlich weitere 5 Tage. Eine zeitgerechte Patientenversorgung scheint nach dem internen Therapieschema gewährleistet. In anderen Studien findet sich eine längere Zeitspanne von der Beschwerdefeststellung bis zur Diagnose (19 Monate) [14]. Einschränkend stellt der Zeitpunkt der klinischen Erstvorstellung in den meisten Fällen vermutlich nicht den Beginn der Beschwerden dar und ermöglicht daher keine direkte Vergleichbarkeit.

Die bestmögliche postoperative Beweglichkeit wurde bei Sassoon et al. durchschnittlich nach drei Monaten erreicht, bei hauptsächlicher Anwendung von der Kürettage mit Defektfüllung [23]. In unserer Studie wurden Beweglichkeit (1,7 Wochen) und Belastungsfähigkeit (5,2 Wochen) im Durchschnitt schneller erreicht, was im Vergleich ebenfalls für ein zufriedenstellendes Therapiekonzept spricht.

Der Großteil der Operationen musste nicht stationär, sondern konnte ambulant durchgeführt werden (77 %), was für die durchführende Einrichtung von ökonomischem Vorteil sein kann.

Bei Patienten der Gruppe „Enchondromatosen“ war der stationäre Aufenthalt mit neun Tagen länger als im Gesamtdurchschnitt (5 Tage), als Ursache kann die komplexere Ausgangssituation der Patienten vermutet werden. Probanden mit konsolidierter Fraktur zeigten hier keinen Nachteil und hatten bei stationärer Therapie eine unterdurchschnittlich kurze Liegezeit, ebenso Patienten ohne Fraktur.

Klinikintern nahm der Anteil der alleinigen Kürettage (90 %) im Vergleich zum voruntersuchten Zeitraum (1977-1987) [86] und bis 1998 mit insgesamt 67 % zu [105]. Dabei war bei Patienten ohne Fraktur die Operationszeit am kürzesten (32 min.) und unter dem Gesamtdurchschnitt (36 min). Der Zeitunterschied allein ist jedoch gering. Die Gruppe „Enchondromatosen“ lag deutlich darüber (52 min.), als Grund könnte die komplexere Ausgangssituation vermutet werden.

5.2 Prospektive Datenerhebung mittels Fragebögen

Die Fragebögen wurden von 38 % der kontaktierten Probanden ausgefüllt, was im Vergleich zur Vorgängerstudie ein geringerer Anteil war (82 %) [105]. Als Begründung hierfür kann die Beantwortung der umfangreicheren Fragebögen diskutiert werden. Auch das Versenden der Fragebögen zu einer deutlich späteren Zeit nach Therapieabschluss als im Voruntersuchungszeitraum [105] kann die geringe Beteiligung erklären. Zudem war eine Kontaktaufnahme der Patienten durch den langen Nachuntersuchungszeitraum bis hin ins Jahr 2000 deutlich erschwert, oftmals war dadurch eine aktuelle Anschrift nicht mehr nachvollziehbar. Auch die Überschneidung mit der COVID-19-Pandemie könnte zu einer geringeren Beteiligung geführt haben.

Bei den Teilnehmern der Fragebögen war die Verteilung der Patienten innerhalb der definierten vergleichbaren Gruppen und die Verteilung der Operationstechniken zur Studienpopulation vergleichbar.

Die Altersverteilung der Probanden war heterogen (20-81 Jahre), auch in höherem Lebensalter bestand die Motivation zur Studienteilnahme.

5.2.1 Patientenfragebogen „Operative Enchondrombehandlung“

5.2.1.1 Zufriedenheit mit der operativen Therapie und dem Ergebnis

Mit der Behandlung und dem Ergebnis war der Großteil der Probanden sehr zufrieden, was für ein gutes Therapiekonzept aus Patientensicht spricht. Dabei sind bei der Bewertung von Behandlung und Ergebnis Patienten ohne Fraktur subjektiv zufriedener (je 89 %) als Patienten mit konsolidierter Fraktur (86 % und 82 %). Dies kann für eine mögliche Vorteilhaftigkeit von prophylaktischen Tumorresektionen vor Frakturaufreten sprechen.

Probanden der Gruppe „Enchondromatosen“ gaben die schlechteste Bewertung an. Dies erscheint durch den komplexeren Verlauf erwartbar und aufgrund der abweichenden Ausgangssituation nachvollziehbar. Dadurch ergab sich auch die leicht schlechtere Bewertung des Ergebnisses im Vergleich zur Bewertung der Behandlung, was nicht zwingend auf das Therapiekonzept an sich zurückzuführen ist.

Die Probanden waren insgesamt mit dem Ergebnis seltener „sehr zufrieden“ als in der Vorgängerstudie nach Barth (87 %) [105], was aufgrund der veränderten Zusammensetzung an Patienten mit komplexerer Ausgangssituation erwartbar ist. Im Unterschied zur Vorgängerstudie nahmen an unserer Studie auch stärker eingeschränkte Patienten mit Rezidiven und multiplen Tumoren teil. Bei Probanden ohne Fraktur war die Zufriedenheit jedoch höher (89 %) als in der vorherigen klinikinternen Studie.

5.2.1.2 Schmerzen an der Operationslokalisation im Seitenvergleich

Insgesamt gaben nur wenige Probanden zum Erhebungszeitpunkt Schmerzen an (26 %). In der klinikinternen Vorgängerstudie hatten weniger Patienten Schmerzen (17%) [105]. Der Unterschied kann jedoch ebenfalls durch die Patientenzusammensetzung entstanden sein. Alle teilnehmenden Probanden aus den Gruppen „Enchondromatosen“ und „Rezidive“ hatten Schmerzen. Hierbei wäre die Einschränkung durch den komplexen Verlauf nachvollziehbar. Probanden ohne Frakturen hatten seltener Schmerzen als Teilnehmer mit konsolidierten Frakturen, was für ein besseres therapeutisches Ergebnis spricht. Bei den meisten Probanden mit Schmerzen bestand nur eine geringe Schmerzintensität (77 %), was ebenfalls für ein gutes Ergebnis spricht.

Die Schmerzintensität war bei Probanden mit Enchondromatosen am höchsten. Probanden ohne Fraktur hatten selten Schmerzen und allenfalls von geringerer Intensität. Probanden mit konsolidierter Fraktur hatten zwar noch seltener Schmerzen, aber bei Vorliegen bestand eine stärkere Intensität. Daher war das operative Ergebnis bezüglich der Schmerzangaben in dieser Gruppe fraglich.

5.2.1.3 Abweichung der Empfindung im Seitenvergleich

Eine Veränderung der Empfindung wurde von 28 % der Teilnehmer genannt, meist eine verminderte Sensibilität. Die meisten Probanden mit diesen Angaben waren dabei Patienten mit Enchondromatosen (50 %) und Rezidiven (33 %). Probanden mit konsolidierter Fraktur und Probanden ohne Fraktur hatten vergleichbar häufig eine veränderte Empfindung (25 % und 27 %).

Somit hatten Probanden mit polyostotischen Tumoren und Rezidiven stärkere Abweichungen in der Empfindung an der Operationslokalisation. Was durch die höhere Anzahl an Eingriffen und das multiple Tumoraufreten nachvollziehbar erscheint. Nach Barth findet sich seltener eine Veränderung der Empfindung (18 %) [105], sowie in dessen verglichenen Studien (22 %) [124][105], dies kann ebenfalls durch die Zusammensetzung unserer Studienpopulation begründet werden.

5.2.1.4 Äußeres Erscheinungsbild im Seitenvergleich

Insgesamt gaben 30 % der Probanden postoperativ eine äußerliche Veränderung an. Erneut hatten Probanden mit Enchondromatosen (100 %) und Rezidiven (67 %) die meisten Abweichungen. In der Gruppe mit konsolidierten Frakturen waren es deutlich mehr Probanden (41 %) als bei den Patienten ohne Fraktur (12 %). Daher kann rückgeschlossen werden, dass Patienten ohne Frakturen weniger wahrscheinlich äußeren Veränderungen infolge der operativen Versorgung unterliegen.

5.2.1.5 Einschränkung des Bewegungsumfangs in Eigenmessung

Ein geringer Anteil an Probanden berichtete über Bewegungseinschränkungen, die Fingerextension war dabei häufiger betroffen (13 %) als die Flexion (7 %). Die Patienten hatten insgesamt jedoch geringgradige Bewegungseinschränkungen.

Wessel et al. zeigen ebenfalls ein Defizit in der Fingerextension bei Tumorresektion nach pathologischen Frakturen, dabei wurde ein Zusammenhang mit der vorherigen Immobilisation und Verwachsungen des Strecksehnenapparats vermutet [130].

Die Probanden aus der Gruppe „Enchondromatosen“ waren insgesamt am häufigsten von Bewegungseinschränkungen betroffen, beide Probanden berichteten über eine Streckdefizit in Eigenmessung. Die Probanden dieser Gruppe zeigten zudem mit Abstand die größte Abweichung zu Normwerten.

Probanden mit konsolidierter Fraktur hatten in Eigenmessung häufiger Einschränkungen (18 %) als Probanden ohne Fraktur (15 %), beide Gruppen waren jedoch vergleichbar geringfügig eingeschränkt.

Zusammenfassend traten Probanden mit Enchondromatosen bei diesem Aspekt der klinischen Untersuchung deutlich hervor und zeigten einen möglichen Schwerpunkt in den hervorgerufenen Defiziten durch die Erkrankung. Zudem scheint insgesamt die Extension deutlich häufiger eingeschränkt zu sein.

5.2.1.6 Einschränkung in der Kraftausübung

Eine subjektive Einschränkung der Handkraft lag bei 18 % der Teilnehmer vor. Dabei waren erneut die meisten Patienten aus den Gruppen „Rezidive“ und „Enchondromatosen“. Probanden ohne Fraktur hatten hier etwas häufiger Einschränkungen (27 %) als Probanden mit konsolidierter Fraktur (23 %).

Somit schien bei Probanden mit Enchondromatosen ebenfalls schwerpunktmäßig die Kraftausübung eingeschränkt zu sein. Bei dieser Gruppe traten zudem bei allen Teilnehmern Schmerzen bereits bei geringer Kraftausübung auf.

Probanden mit konsolidierter Fraktur waren in der Kraftausübung weniger eingeschränkt als Probanden ohne Fraktur, was für eine zufriedenstellende Stabilität des operativ behandelten Knochens sprechen könnte. Die Therapiemethode der vorherigen konservativen Konsolidierung scheint die postoperative Kraftentfaltung nicht zu beeinträchtigen.

5.2.1.7 Nachbehandlung

Bei Probanden ohne Fraktur war die Zeit bis zum Abschluss der Behandlung in der BG Klinik Tübingen kürzer (159 Tage) als im Gesamtdurchschnitt (192 Tage). Teilnehmer mit konsolidierter Fraktur benötigen deutlich mehr Zeit bis zum Behandlungsabschluss (208 Tage), was als Nachteil zu werten ist.

Im Falle der Rezidivtumoren war aufgrund der Vorgeschichte ein begründeter längerer Nachuntersuchungszeitraum zu erkennen (427 Tage).

In der Gruppe „Enchondromatosen“ fanden überdurchschnittlich mehr Termine bis zum Abschluss der Behandlung statt (5 Termine), im Vergleich zum Gruppendurchschnitt (3 Termine). Die höhere Anzahl an Kontrollterminen könnte auf einen komplexeren Therapieverlauf hindeuten. Jedoch wurde eine geringere Zeit bis zum Abschluss benötigt (125 Tage). Somit wurde auch bei diesen komplexeren Ausgangsbefunden ein zeitgerechter Abschluss der Behandlung erreicht.

Jedoch war einschränkend anhand der Datenlage nicht zu unterscheiden, ob bei Beschwerdefreiheit auf Kontrolltermine verzichtet wurde oder ob eine Nachuntersuchung extern stattgefunden hat.

Innerhalb der Studie wurde die postoperative Beweglichkeit und Belastungsfähigkeit von Probanden ohne Fraktur am schnellsten erreicht. Patienten mit konsolidierter Fraktur benötigten insgesamt die längste Zeit bis zur Mobilität und Belastungsfähigkeit nach Operation. Somit zeigten Probanden mit konsolidierter Fraktur insgesamt eine deutlich längere Regenerationszeit als der Gesamtdurchschnitt und insbesondere als Probanden ohne Fraktur. Dies spricht für den Vorteil einer prophylaktischen operativen Entfernung vor Eintreten einer Fraktur zugunsten einer verkürzten Heilungsdauer und zugunsten einer früheren Belastungsfähigkeit und Mobilität.

Sassoon et al. erkennen hingegen beim Erreichen der postoperativen Beweglichkeit keinen Unterschied zwischen Patienten mit direkt therapierten Frakturen und Patienten mit vorheriger konservativer Konsolidierung. Durch die konservative Konsolidierung kommt es jedoch zu einer zusätzlichen Immobilisation von durchschnittlich sieben Wochen [23].

Zhou et al. zeigen ebenfalls keinen Unterschied bei diesen Gruppen. Auch bei den therapeutischen Ergebnissen zwischen Probanden mit Fraktur und ohne Fraktur scheint kein relevanter Unterschied zu bestehen. Die Rezidivraten, die knöcherne Konsolidierung nach Operation und die mittels DASH-Fragebogens ermittelte subjektive Handfunktion würden sich nicht signifikant unterscheiden.

Patienten mit Frakturen wiesen jedoch höhere Behandlungskosten und eine längere Heilungszeit auf [59].

Probanden mit Enchondromatosen erreichten ebenfalls eine frühere Mobilität und Belastungsfähigkeit als der Gesamtdurchschnitt. In diesem Punkt scheint das zugrundeliegende Krankheitsbild das Ergebnis weniger stark einzuschränken und ein schneller Heilungsprozess war trotz der nachteiligen Ausgangslage erreichbar. Das Therapiekonzept der alleinigen Kürettage war bei dieser Patientengruppe zufriedenstellend umsetzbar.

5.2.2 Ergebnisse des DASH-Fragebogens

Bei 35 % der Angaben lag eine Bestwertung des DASH-Fragebogens vor. Die übrigen Probanden zeigten ebenfalls gute Bewertungen in Form von niedrigen Punkten (pt.). Probanden mit konsolidierter Fraktur erzielten ähnliche gute Werte (3 pt.) wie Probanden ohne Fraktur oder Patienten mit nicht konsolidierter Fraktur (5 pt.). Auch die Gruppe „Enchondromatosen“ erreichte vergleichbar gute Werte (4 pt.). Hier lag ein deutlich besseres Ergebnis vor als bei den von Beilöb untersuchten Probanden mit polyostotischen Tumoren (27 pt.) [122]. Einschränkend war die Anzahl der Probanden in dieser Gruppe in unserer Studie nur gering (n = 5).

Zusammenfassend wurde die Handfunktion im Alltag von den Studienteilnehmern als sehr gut empfunden, insbesondere von Probanden mit konsolidierter Fraktur. Auch bezüglich dieses Aspekts erscheint das Therapiekonzept der vorherigen konservativen Frakturausheilung zufriedenstellend umsetzbar.

Auch bei Probanden mit Enchondromatosen wurden gute Werte erzielt. Diese waren sogar geringfügig besser als bei Probanden ohne Fraktur.

5.2.3 Ergebnisse des SF-36 Fragebogens

In der Betrachtung des subjektiven Gesundheitszustands wiesen die Studienpatienten in den meisten Aspekten bessere Ergebnisse im Vergleich zur Normalbevölkerung auf. In der Zusammenfassung der körperlichen Gesundheit zeigten sich signifikant bessere Ergebnisse. Die Probanden hatten demnach postoperativ in der Langzeitmessung eine subjektiv bessere körperliche Gesundheit als die Normalbevölkerung. Was auf ein gutes therapeutisches Ergebnis verweist. Insbesondere in der Betrachtung der Aspekte „Körperliche Funktionsfähigkeit“, „Körperliche Rollenfunktion“ und „Körperliche Schmerzen“ lagen signifikant bessere Werte vor. Der subjektiv empfundene körperliche Gesundheitszustand war demnach postoperativ in der Langzeiterhebung äußerst zufriedenstellend.

Die Zusammenfassung der subjektiven psychischen Gesundheit zeigte zwar keinen signifikanten Unterschied zwischen den Studienpatienten und der Normalbevölkerung jedoch fand sich ein vergleichbares Ergebnis. In den zugehörigen Subskalen zeigten sich teilweise signifikant bessere Ergebnisse („Soziale Funktionsfähigkeit“ und „Emotionale Rollenfunktion“), die übrigen Aspekte unterschieden sich nicht signifikant und waren vergleichbar. Insbesondere bei der Betrachtung der psychischen Gesundheit könnte jedoch die Datenerhebung im Laufe der COVID-Pandemie eine besondere Rolle gespielt haben. Diese Rahmenbedingung könnten eine zusätzliche psychische Belastung der Probanden zu diesem Zeitpunkt dargestellt haben.

Zusammenfassend zeigten die Probanden zufriedenstellende Ergebnisse in der Einschätzung der eigenen Gesundheit. Insbesondere der körperliche Gesundheitszustand wurde im Vergleich subjektiv als zufriedenstellend eingeschätzt. Der psychische Gesundheitszustand war durch den Zeitpunkt der Datenerhebung nur limitiert aussagekräftig, auch hier fanden sich aber im Vergleich zur Normalbevölkerung gute Ergebnisse.

5.3 Prospektive Datenerhebung mittels physischer Untersuchung

An der Nachuntersuchung nahmen 77 % der Probanden aus der schriftlichen Befragung teil, was einen deutlich höhere Anzahl darstellt als in der klinikinternen Vorgängerstudie (21 %) [105]. Im Durchschnitt wurden die Daten sieben Jahre nach der Operation erhoben, was für eine hohe Motivation der Probanden spricht. In der vorherigen klinikinternen Studie war die Zeitspanne deutlich kürzer (5 Jahre) [105]. Es konnten durch die große Altersspanne (20-76 Jahre) zudem verschiedene Altersgruppen untersucht werden. Die Gruppenzusammensetzung und die Tumorlokalisationen waren mit der Verteilung innerhalb der Gesamtgruppe vergleichbar.

5.3.1 Messung des Bewegungsumfangs

Der Großteil der Probanden (88 %) hatte präoperativ einen seitengleichen uneingeschränkten Normbefund des Bewegungsumfangs, was für ein sehr gutes operatives Ergebnis spricht.

Schwerpunktmäßig war bei einer Verringerung des Bewegungsumfangs die Flexion betroffen. Bei Patienten mit polyostotischen Enchondromen wird hierbei eine Einschränkung im Studienvergleich dreimal häufiger als bei der Extension beobachtet [122]. Im Gegensatz dazu zeigte sich bei der schriftlichen Befragung aller Probanden eine vermehrte Einschränkung der Extension. Somit scheint es beim Vorhandensein von Bewegungseinschränkungen keine Präferenz in der Bewegungsrichtung zu geben.

Innerhalb der festgelegten Gruppen wiesen Probanden ohne Fraktur nahezu in jedem Fall Normwerte auf (96 %) und hatten damit die besten funktionellen Ergebnisse vor Probanden mit konsolidierten Frakturen (88 %). Damit hatten Patienten ohne Frakturen eine deutlich bessere postoperative Beweglichkeit und ein besseres funktionelles Ergebnis als Probanden mit Frakturen, was für einen prophylaktischen Eingriff vor einem Frakturereignis sprechen könnte.

Patienten mit Enchondromatosen hatten am seltensten einen Normbefund (33 %) und damit erwartungsgemäß größere Einschränkungen bei stärkerem Tumorbefall. Die Beweglichkeit scheint infolge des komplexen Krankheitsverlaufs besonders beeinträchtigt zu sein.

Nach Sassoon et al. stellt die Beeinträchtigung der postoperativen Beweglichkeit bei multiplen Enchondromen ein mögliches Risiko dar. Ursächlich ist dem Autor zufolge die Ausdehnung der Läsionen auf die benachbarten Weichteile. Zudem kann es sich dem Autor zufolge bei multiplen oder rezidivierenden Enchondromen um aggressivere Läsionen handeln, die einer intensiveren Tumorentfernung bedürfen. Durch die verstärkte Bildung von Narbengewebe kann ebenfalls eine Beeinträchtigung der Mobilität entstehen [23].

Anhand der Neutral-Null Messung fiel das Gesamtergebnis aller Patienten noch besser aus, 90 % der Probanden hatten einen Normbefund oder operationsunabhängige Einschränkungen. Das operative Ergebnis bezüglich der Beweglichkeit war damit zufriedenstellend.

Die meisten genannten Bewegungseinschränkungen traten nach Operationen am Grundglied auf (75 %), was durch die vergleichbar größeren Defekte bei größerer Tumorausdehnung erklärbar sein kann.

5.3.2 Postoperative Messung der Handkraft

5.3.2.1 Kraftmessung anhand der Griffkraft

Der Großteil der Probanden hatte eine Griffkraft im Bereich der Normwerte (72 %). Männlichen Probanden hatten häufiger eine normgerechte Griffkraft (81 %) als weibliche Patienten (65 %). Dieser Unterschied kann auf die Ergebnisse der rein weiblichen Probanden der Gruppe „Enchondromatosen“ zurückgeführt werden, bei welcher die Messergebnisse deutlich unterhalb der Normwerte lagen.

Im Gesamtergebnis hatten Probanden der Hauptgruppen „Keine Fraktur“, „Konsolidierte Fraktur“ und „Nicht Konsolidierte Fraktur“ einen Anteil von 75 % an Normwerten und damit zufriedenstellende Ergebnisse. Bei diesem Kriterium war kein Unterschied zwischen der Ausgangslage und der postoperativen Funktionalität zu erkennen.

Einschränkend hatten jedoch Probanden mit konsolidierter Fraktur neben Probanden mit Enchondromatosen die größte Abweichung zur physiologischen Griffkraft und damit bei Abweichungen deutlich schlechtere funktionelle

Ergebnisse. Daher kann ein nachteiligeres Ergebnis der Probanden mit konsolidierter Fraktur im Vergleich zu Probanden ohne Fraktur vermutet werden. Probanden mit Enchondromatosen zeigten hier eine deutliche Differenz zu Normwerten. Die Griffkraft schien in besonderem Maße durch den ausgeprägten Befund beeinträchtigt zu sein. Aufgrund der zahlreichen externen Voroperationen, dem ausgeprägten Befund mit Befall mehrerer Lokalisationen und der hohen Rate an Rezidivfällen war das Ergebnis in dieser Gruppe jedoch nachvollziehbar, fiel aber dennoch deutlich schlechter aus als die anderen betrachteten Kriterien.

Ein Vergleich zur Literatur ist nur unzureichend möglich. Zum einen mangelt es an Daten zur postoperativen Griffkraft bei Enchondromatosen. Zum anderen handelt es sich bei dieser Erkrankung oftmals um minderjährige Patienten, bei denen die Einschätzung einer normgerechten Griffkraft durch eine unzureichende Datenlage erschwert ist. Zudem ist der Tumorbefall in Lokalisation und Grad der Ausprägung bei diesem Krankheitsbild äußerst heterogen was einen Vergleich ebenfalls einschränkt.

In der Datenerhebung von Beilöb lässt sich die postoperative Griffkraft von Patienten mit generalisierter Enchondromatose betrachten [122]. Bei fünf volljährigen Patienten zeigen sich an sieben betroffenen und operativ behandelten Händen nur in drei Fällen eine normgerechte Griffkraft nach den von uns verwendeten Vergleichswerten nach Massy-Westropp et al. [115]. Auch hier scheint eine Tendenz zu einer postoperativ geringeren Kraftentwicklung im Rahmen einer generalisierten Enchondromatose zu bestehen.

5.3.2.2 Handkraft in Abhängigkeit zur Operationslokalisierung

Abweichungen von der normgerechten Griffkraft traten bei Eingriffen am Grundglied am häufigsten auf (57 %), gefolgt von Tumorresektionen an der Mittelhand (50 %). Tumoren am Grundglied und der Mittelhand wurden in unserer Studie in größerer Ausdehnung beobachtet. Es kann daher vermutet werden, dass bei größeren Enchondromen ein höheres postoperatives Kraftdefizit zu erwarten ist.

5.3.3 Sensibilität

Die Messung der 2-PD ergab bei nahezu allen Probanden (97 %) mindestens eine gute Bewertung, was insgesamt ein positives operatives Ergebnis darstellt. Es wurden keine deutlichen Unterschiede zwischen den festgelegten Gruppen vermutet, unabhängig von der Ausgangslage war die postoperative Sensibilität zufriedenstellend. Bei der subjektiven Einschätzung der Sensibilität im Seitenvergleich zeigten Patienten ohne Frakturen jedoch seltener eine Differenz zur nicht operierten Seite, was auf eine geringfügige Tendenz zu einem besseren klinischen Ergebnis verweisen könnte.

Probanden mit Enchondromatosen erzielten bei der Sensibilitätsmessung gute Ergebnisse und hatten alle eine als ausgezeichnet bewertete Sensibilität nach Bushnell et al. [116]. Im Seitenvergleich wurden keine subjektiven Unterschiede der Empfindung festgestellt. Dieses positive Ergebnis unterscheidet sich von den schlechteren funktionellen Ergebnissen dieser Gruppe in Bezug auf Griffkraft und Beweglichkeit.

5.4 Klinische Scores

Bei der Objektivierung der operativen Ergebnisse anhand der klinischen Scores lag in 82 % der Fälle mindestens eine gute Bewertung vor.

Die Auswertung nach Takigawa zeigte den höchsten Anteil an als gut bewerteten Ergebnissen (94 %). Somit wurden die besten Ergebnisse anhand der betrachteten Kriterien „äußeres Aussehen“, „Ausmaß der aktiven Beweglichkeit“, „Griff und Druck“ und „radiologisch nachgewiesene Heilung“ erzielt [16].

Es lag dabei ein höherer Anteil an als gut bewerteten Therapieergebnissen vor als bei der isolierten Betrachtung der knöchernen Ausheilung nach Hasselgren et al. (87 %) [74].

Die Ergebnisse der Kriterien „Schmerzen“, „Bewegungseinschränkungen“ in Kombination mit „Sensibilitätsstörungen“ und „Kosmetischen Mängeln“ („Hannover-Score“, 75 %) bzw. „Schwellung“ und „Kraftminderung“ („Münster-Score“, 72 %) zeigten schlechtere, aber dennoch zufriedenstellende Anteile an als gut bewerteten Ergebnissen.

Nach Löhner et al. haben die hauptsächlich mit einer Spongiosaplastik behandelten Patienten häufiger einen mindestens als gut bewerteten „Münster-Score“ (84 %), und „Hannover-Score“ (85 %) [14]. Vermutlich liegen die Unterschiede an der beschriebenen unterschiedlichen Häufung der Gründe für die Erstvorstellung mit einem deutlich selteneren Auftreten von Frakturen (24 %) [14] als in unserer Studie (49 %), was eine stärkere Beeinflussung des radiologischen Ergebnisses nach sich ziehen könnte, sowie den Unterschieden in der Patientenzusammensetzung der Studienpopulation.

5.4.1 Studienvergleich

Nach dem Auswertungsschema nach Takigawa [16] finden sich in der klinikinternen Vorgängerstudie nach Barth in 95 % der Fälle mindestens als „gut“ bewertete Ergebnisse [105]. In unserer Studie übertrafen Probanden ohne Frakturen diese Wertung (96 %). Die angeführten Ergebnisse im Studienvergleich, mit Werten von 62 % [88], 87 % [124] und 92 % [16][105], wurden auch von der Gesamtgruppe unserer Studie übertroffen (94 %). Lediglich die verglichene Studie von Großmann zeigt einen höheren Anteil an „gut“ bewerteten Ergebnissen nach diesem Schema (98 %) [86].

Figl et al. beziehen sich in der Auswertung der operativen Ergebnisse auf Wilhelm und Feldmaier, diese setzen mit den Kriterien „Aussehen“, „aktive Beweglichkeit“, „Griffkraft“ und „radiologisch nachgewiesene Heilung vergleichbare Schwerpunkte wie im Auswertungsschema nach Takigawa [27][131].

Dabei haben bei der hauptsächlichlichen Anwendung einer Spongiosaplastik deutlich mehr operierte Patienten ein sehr gutes Ergebnis (93 %) als in unserer Studie (55 %). Einschränkend im Vergleich ist die geringe Gruppengröße (n = 35). Ebenfalls einschränkend ist die deutlich kürzere durchschnittliche Nachuntersuchungszeit von Figl et al. (47 Monate) [27] im Vergleich zu unserer Studie (7 Jahre), unter der Annahme, dass die Rezidivbildung mit der Zeit zunimmt [78].

Im Vergleich des klinischen Scores nach Hasselgren et al. zeigten sich in unserer Studie seltener gute Ergebnisse von mindestens Grad II (87 %), wie in der Studie von Werdin et al. (97 %) [78]. Ohne die dort ausgeschlossenen Patienten mit Rezidiven und Enchondromatosen lag der Anteil in unserer Studie jedoch bei 91 %. Der Anteil an Patienten mit Grad III lag in unserer Studie bei 9 % und damit höher als bei Werdin et al (3 %) [78]. Jedoch fand sich im Vergleich in unserer Studie kein Patient mit Grad IV, im Gegensatz zur verglichenen Studie. (2 %). Der Unterschied kann ebenfalls durch die deutlich längere Nachuntersuchungszeit unserer Probanden entstanden sein (7 Jahre vs. 3 Jahre) [78]. Zudem kann der Unterschied nachgeordnet auf die geringerer Gruppengröße unserer Studie zurückzuführen sein (n = 40 vs. n = 106) [78]. Da es sich in beiden Studien um die Auswertung derselben klinikinternen Operationsmethodik handelt kann vermutet werden, dass die Rahmenbedingungen vergleichbar sind und die höhere Anzahl an Fällen mit Grad III nach Hasselgren et al. [74] durch die längere Nachuntersuchungszeit entstanden sind, wie auch von Werdin et al. angeführt wird [78].

Innerhalb der vergleichbaren Gruppen zeigte sich, dass eine Bewertung von Grad III nach Hasselgren oder schlechter am häufigsten bei Rezidivfällen auftrat (100 %), nachfolgend bei Patienten mit Enchondromatosen (50 %) und nicht konsolidierten Frakturen (25 %). Diese schlechte Bewertung der Knochenheilung nach Hasselgren fanden sich nur selten bei Probanden ohne Frakturen (8 %) und Probanden mit konsolidierten Frakturen (6 %). Danach zeigte sich bei diesen beiden Gruppen eine vergleichbar niedrige Wahrscheinlichkeit von Rezidivverdachtsfällen und ein vergleichbar hoher Anteil an Probanden mit gutem therapeutischem Ergebnis. Nicht nur aufgrund der Zeitdauer, sondern auch aufgrund von bestimmten Voraussetzungen, wie bereits aufgetretenen Tumoren und Enchondromatosen, scheint das Risiko einer Rezidivwahrscheinlichkeit zu steigen. In diesen Fällen könnte ein gesondertes Nachsorgeschema notwendig sein.

In der Vorgängerstudie von Barth wurde eine Wertung von mindestens Grad II nach Hasselgren et al. mit 91 % deutlich häufiger erreicht [105] als in unserer Studie (87 %). Vermutlich hat ebenfalls die veränderte Studienpopulation einen Einfluss auf die Ergebnisse. In unserer Studie hatten jedoch Probanden ohne Frakturen und mit konsolidierten Frakturen einen vergleichbar hohen Anteil an Bewertungen von mindestens Grad II (92 % und 94 %).

Hasselgren et al. und Tordai et al. zeigen in über 80 % der Fälle bei alleiniger Kürettage solitärer Enchondrome radiologisch mindestens eine gute Knochenregenerationen [29][74]. In unserer Studie war dieser Anteil mit einer Wertung von Grad II nach Hasselgren höher (87 %) bei einer vergleichbaren Nachuntersuchungszeit (7 Jahre vs. 6 bzw. 6,5 Jahre) [29][74].

Der Studienvergleich gestaltet sich aufgrund der unterschiedlichen Gruppenzusammensetzungen, Therapiemethoden und der heterogenen Nachuntersuchungszeit schwierig. Die Anwendung der alleinigen Kürettage scheint jedoch im Vergleich gute bis sehr gute Ergebnisse zu zeigen.

IIb) „Stellt die alleinige Kürettage eine komplikationsarme Therapiemethode dar?“

5.5 Komplikationen der operativen Therapie

Die Komplikationsrate war äußerst gering (1 %). Betroffen war je ein Proband mit präoperativer Fraktur und mit generalisierter Enchondromatose und somit Patienten mit nachteiliger Ausgangssituation. Innerhalb der Gruppe der Patienten mit Frakturen lag die Rate bei 1,25 %, in der Gruppe der Patienten mit dem Verdacht auf eine generalisierte Enchondromatose bei 20 %. Probanden mit Enchondromen ohne Fraktur wiesen in unserem Kollektiv keine Komplikationen auf. Prophylaktische Eingriffe vor Frakturaufreten zeigen somit ein äußerst geringes Komplikationsrisiko.

Sassoon et al. beobachten ebenfalls eine niedrigere Rate an Komplikationen bei Probanden ohne Frakturen (12 %) im Vergleich zu Probanden mit pathologischer Fraktur (ca. 20 %). Durch den Eingriff werde zudem das Frakturrisiko verringert [23]. Insgesamt zeigt sich in der vergleichbar großen Studie (n = 102) eine höhere Komplikationsrate (15 %) bei hauptsächlichlicher Verwendung von Auto- und Allografts [23] als in unserer Studie bei hauptsächlichlicher Anwendung der alleinigen Kürettage.

In der ebenfalls vergleichbar großen Studie nach Löhner et al. (n = 147) wurde überwiegend die Defektfüllung mittels Spongiosaplastik angewandt (84 %). Dabei traten in mehr Fällen postoperative Komplikationen an der Tumorlokalisierung (4 %) und an der Spongiosaentnahmestelle (3 %) auf [14].

Die Aussage von Barth und Werdin et al. wonach eine Spongiosaplastik keine Vorteilhaftigkeit zeigt und verzichtbar ist, scheint sich in diesen Vergleichen zu bestätigen [78][105].

IIc) „Ist in der Studienuntersuchung eine Bewertung anderer Operationstechniken möglich bzw. ist ein Vergleich zwischen den Patienten mit alleiniger Kürettage und den Patienten mit zusätzlicher Defektfüllung mittels Spongiosaplastik möglich?“

5.6 Betrachtung alternativer Operationstechniken

5.6.1 Zusatzfragebogen für Patienten mit Spongiosaentnahme

Bei durchgeführter Spongiosaplastik waren weniger Patienten mit der Behandlung zufrieden (75 %) als in der Gesamtgruppe (87 %). Noch deutlich weniger waren hier mit dem Ergebnis zufrieden (50 % vs. 80 %). Die Probanden hatten jedoch seltener Schmerzen und andere subjektive Veränderungen und zeigten in diesen Punkten zufriedenstellende Ergebnisse. Bei der postoperativen Mobilität, der Beweglichkeit und der Kraftentfaltung schnitten sie im Vergleich jedoch schlechter ab. Einschränkend war eine Vergleichbarkeit durch die geringe Gruppengröße der Probanden (n = 4) nicht gewährleistet.

Im Literaturvergleich fanden sich zum Einsatz der Spongiosaplastik einleitend beschriebene Kontroversen. Da sich klinintern die alleinige Kürettage etabliert hatte, gab es im Studienzeitraum nur eine geringe Patientenzahl mit einer Spongiosaplastik. Die Ergebnisse waren dabei zwar zufriedenstellend, jedoch hatte die Defektfüllung, wie bereits von Werdin et al. und Barth beschrieben, keine Vorteile und scheint verzichtbar zu sein [78][105].

5.6.2 Ergebnisse des DASH-Fragebogens

Im Vergleich anhand der Ergebnisse des DASH-Fragebogens zeigten Probanden mit alleiniger Kürettage (4 pt.) und alternativen Operationstechniken (2 pt.) vergleichbar gute Werte. Die verschiedenen Methoden scheinen insgesamt zu zufriedenstellenden Ergebnissen zu führen. Einschränkend war durch das deutliche Überwiegen der alleinigen Kürettage kein aussagekräftiger Vergleich möglich.

5.6.3 Ergebnisse der klinischen Scores

Probanden mit alternativen Operationstechniken zeigten ebenfalls gute therapeutische Ergebnisse bei der Erhebung mittels klinischer Scores. Jedoch war die Vergleichbarkeit aufgrund der geringen Patientenzahl (n = 5) nicht gegeben.

IIId) „In welcher Häufigkeit treten Rezidive auf und besteht in Hinblick auf die Rezidivquote die Notwendigkeit weiterer Nachkontrollen nach Behandlungsabschluss?“

5.7 Rezidive

Wie einleitend beschrieben sind die Angaben der Rezidivwahrscheinlichkeit sehr heterogen. Im Studienvergleich wird eine Wahrscheinlichkeit zwischen 0 % bis 29 % beschrieben [16][27][74][75][79][80][78][103][104][132][133].

Dabei besteht die Problematik des Vergleichs der Rezidivquote innerhalb der Literatur, da es zumeist keine klare Unterscheidung zwischen den Begriffen „Rezidiv“ und „Rezidivverdacht“ gibt [78].

Ein Vergleich ist daher eingeschränkt und soll sich auf die histologische Rezidivrate beziehen. Unsere Studie wies eine niedrige Rezidivrate auf (4,7 %) im Vergleich zu anderen Studien. Die Rezidivrate war klinikintern geringfügig gesunken im Vergleich zum Voruntersuchungszeitraum aus den Jahren 1977-1998, mit einer Rezidivrate von 5,7 % bei vergleichbarer Patientenzahl (n = 176) [105].

Sassoon et al. beschreiben eine leicht höhere Rezidivrate (7 %) bei hauptsächlichlicher Anwendung von Allo- und Autografts zur Defektfüllung [23].

Es kann demnach im Vergleich der Rezidivraten bei der alleinigen Kürettage von einer qualitativ zufriedenstellenden Operationstechnik ausgegangen werden. Zudem scheint es klinikintern eine konstant niedrige Rate an Rezidivtumoren zu geben.

Nach Gaulke et al. zeigt sich eine deutlich höhere Rezidivrate (14 %) nach einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von neun Jahren (2-18), dabei wurde in 95 % der Fälle eine Spongiosaplastik angewandt [21]. Die alleinige Kürettage

von Enchondromen liefert im Vergleich der Rezidivrate in unserer Studie bessere Ergebnisse. Jedoch kann auch die längere Nachuntersuchungszeit von Gaulke et al. zu der höheren Rate geführt haben. In der Annahme dass, eine überproportionale Zunahme der Rezidive in Abhängigkeit zur Nachuntersuchungszeit besteht [53]. Zudem werden Rezidivtumoren im Studienvergleich bis zu 16 Jahre postoperativ beschrieben [21], daher könnte der Nachuntersuchungszeitraum für eine abschließende Aussage nicht ausreichend sein.

Innerhalb unserer Studie wurde in den klinischen und radiologischen Nachkontrollen kein Rezidivtumor festgestellt. Eine radiologische Nachuntersuchung nach Behandlungsabschluss erscheint daher bei Beschwerdefreiheit nicht notwendig. Lediglich beim erneuten Auftreten von Symptomen sollte eine erneute Untersuchung durchgeführt werden. Auch Sassoon et al. empfehlen bei Patienten mit ehemals solitären Tumoren anstatt einer jährlichen Nachkontrolle lediglich eine bedarfsgerechte Nachsorge [23].

Innerhalb der Patientengruppe mit Enchondromatosen lag die Rezidivrate in unserer Studie deutlich höher (80 %). Nach Löhner et al. zeigen sich ebenfalls höhere Rezidivraten bei polyostotischen Tumoren (22 %) im Vergleich zu monostotischen Tumoren (7 %) [14], wenn auch in deutlich geringerem Ausmaß. Auch Sassoon et al. beobachten in dieser Gruppe häufiger Rezidive [23]. Die Gruppengröße dieser seltenen Erkrankung war jedoch gering (n = 5) und erschwerte eine eindeutige Aussage. Patienten mit generalisierten Enchondromatosen scheinen dennoch in höherem Maße von Rezidiven gefährdet zu sein. Bei diesem Krankheitsbild könnten engmaschigere Kontrollen vorteilhaft sein. Auch Sassoon et al. empfehlen daher häufigere Nachuntersuchungen bei Patienten mit multiplen Enchondromen [23].

III) Operationsindikation und Einfluss der präoperativen Fraktur auf das Therapieergebnis

IIIa) „Führt die operative Therapie von Enchondromen vor dem Auftreten von Frakturen zu besseren therapeutischen Ergebnissen und ist daher eine frühzeitige Tumorresektion vorteilhaft?“

5.8 Einfluss von präoperativen Frakturen auf das Ergebnis

5.8.1 Ergebnisse des DASH-Fragebogens

Im Vergleich zwischen Patienten mit Fraktur und Patienten ohne Fraktur zeigten sich in der mittels DASH-Fragebogen ermittelten subjektiven Handfunktion keine signifikanten Unterschiede. Die präoperative Rahmenbedingung „Fraktur“ schien das therapeutische Ergebnis in Bezug auf die subjektive Bewertung der Handfunktion nicht zu beeinflussen. Durch die alleinige Kürettage wurde auch bei Patienten mit präoperativer Fraktur eine gleichwertige subjektive Handfunktion erreicht wie bei Patienten ohne Fraktur.

5.8.2 Ergebnisse des SF-36 Fragebogens

Unter Berücksichtigung der Ausgangssituation zeigten Probanden ohne Fraktur und Probanden mit präoperativer Fraktur ebenfalls in den meisten Aspekten bessere oder vergleichbare Ergebnisse im Vergleich zu den Normwerten der Allgemeinbevölkerung.

In dem Gesamtscore der körperlichen Gesundheit fanden sich bei beiden Gruppen signifikant bessere Ergebnisse. Somit scheint zwischen Probanden mit Fraktur und Probanden ohne präoperative Fraktur kein Unterschied in der subjektiven Empfindung der körperlichen Gesundheit im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung zu bestehen und beide Gruppen hatten hierbei signifikant bessere Werte. In beiden Fällen kann von einem guten therapeutischen Ergebnis in der Langzeiterhebung ausgegangen werden.

Bei der Betrachtung der subjektiven psychischen Gesundheit ergab sich, wie auch im Vergleich der gesamten Studienpopulation, kein signifikanter Unterschied zur Allgemeinbevölkerung. Trotz des Tumoraufretens zeigten die

Studienpatienten hier keinen Unterschied zur Allgemeinbevölkerung, das Ergebnis fiel vergleichbar aus und war zufriedenstellend.

Zusammenfassend kann auch in dieser Betrachtung von positiven Langzeitergebnissen ausgegangen werden, beide Gruppen zeigten im Vergleich zur Normalbevölkerung vergleichbare oder bessere Werte in der Gesamtbetrachtung der subjektiven psychischen und körperlichen Gesundheit. Die Gründe für die teilweise besseren Ergebnisse der Studienpopulation im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung können vielfältig sein. Beispielsweise könnte ein genereller Anstieg der Lebensqualität im Vergleich zum Zeitpunkt der Datenerhebung der Normstichprobe ursächlich sein.

5.8.3 Ergebnisse der klinischen Scores

Probanden ohne Fraktur zeigten erneut die besten Ergebnisse und im Vergleich der klinischen Scores am häufigsten ein mindestens als gut bewertetes Resultat (87 %). Durch den hohen Anteil guter Bewertungen scheint das operative Ergebnis in dieser Patientengruppe auch unter objektiven Kriterien zufriedenstellend zu sein. Probanden mit konsolidierten Frakturen hatten vergleichbar häufig gut gewertete Ergebnisse (86 %), das Konzept der vorherigen Konsolidierung führte objektiv zu guten operativen Resultaten und wies keinen Nachteil zu Probanden ohne Fraktur auf. Beide Patientengruppen zeigten mit der alleinigen Kürettage objektivierbar einen hohen Anteil an guten postoperativen Befunden.

Probanden mit Rezidiven (50 %) und Enchondromatosen (38 %) hatten erneut seltener gute Ergebnisse. Die Ausgangslage scheint das operative Ergebnis hier maßgeblich einzuschränken.

Wurde isoliert die Knochenneubildung nach Hasselgren et al. betrachtet [74], hatten Patienten ohne Fraktur zu 92 % gute Ergebnisse von mindestens Grad II. Probanden mit konsolidierter Fraktur schnitten geringfügig besser ab (94 %). Ein deutlicher Unterschied bestand zu Probanden mit nicht konsolidierten Frakturen (75 %), einschränkend bei geringer Patientenzahl (n = 4), und zu Probanden mit Enchondromatosen (50 %). Somit wurde bei Probanden ohne Fraktur und bei

Probanden mit konsolidierter Fraktur eine vergleichbar gute Knochenregeneration nach alleiniger Kürettage erzielt.

Bei der kombinierten Betrachtung der radiologischen Heilung und der Handfunktion nach Takigawa [16] zeigten hingegen alle Probanden mit Enchondromatosen und Rezidiven gute Ergebnisse. Trotz der schlechter bewerteten Knochenregeneration nach Hasselgren et al. wurden eine radiologische Ausheilung und gute funktionelle Ergebnisse bei diesen Patienten erzielt. Probanden ohne Frakturen (96 %) und Probanden mit konsolidierter Fraktur (94 %) hatten erneut einen vergleichbar hohen Anteil an guten Ergebnissen und damit im Vergleich die beste postoperative Funktionalität und radiologische Ausheilung. Auch hier scheint kein größerer Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen zu bestehen.

Wurde anhand des Hannover- und Münster-Scores allein die Handfunktion betrachtet, waren die Unterschiede der verglichenen Gruppen geringer. Probanden ohne Frakturen hatten nach diesen Scores erneut den höchsten Anteil an gut bewerteten Ergebnissen (83 % und 75 %), auch Probanden mit konsolidierten Frakturen zeigten vergleichbar häufig gute Ergebnisse (jeweils 75 %).

Zusammenfassend erscheinen die therapeutischen Ergebnisse von Probanden mit konsolidierter Fraktur und Probanden ohne Fraktur anhand der klinischen Scores vergleichbar gut.

IIIb) „Führt das Konzept der konservativen Konsolidierung pathologischer Frakturen vor Tumorresektion zu zufriedenstellenden Ergebnissen?“

5.9 Behandlungsverlauf bei pathologischen Frakturen

5.9.1 Knöcherner Konsolidierung

Aufgrund der heterogenen Zeitpanne bis zur Wiedervorstellung nach einer pathologischen Fraktur war eine Aussage zum Zeitraum der knöchernen Konsolidierung nur eingeschränkt möglich. Im Durchschnitt wurde die knöcherner Konsolidierung nach 76 Tagen nachgewiesen. Die Frakturheilung scheint auch bei pathologischen Frakturen zeitgerecht einzusetzen und ist durch das Enchondrom vermutlich nicht eingeschränkt.

Bei den Probanden mit geplanter zweizeitiger Therapie wurden in allen Fällen eine konservative Konsolidierung vor Tumorresektion erreicht. In keinem Fall musste von dem Therapiekonzept abgewichen werden. Auch im Fall einer Fraktur bei dem Verdacht einer generalisierten Enchondromatose wurde eine zeitgerechte Konsolidierung erreicht. Demnach scheint diese Rahmenbedingung die Frakturheilung nicht zu beeinträchtigen.

Dies widerspricht der Therapiegrundlage anderer Studien, wonach bei einer pathologischen Fraktur an der Enchondromlokalisierung keine bzw. keine zufriedenstellende Konsolidierung zu erwarten ist und daher eine direkte operative Versorgung erfolgen soll [53].

Insgesamt kann von einer zufriedenstellenden konservativen Versorgung der Frakturen ausgegangen werden. Durch die Therapie erscheint die knöcherner Stabilität wiederhergestellt zu werden. Nach der Enchondromresektion zeigten sich in der Nachuntersuchung keine Anzeichen auf Refrakturen oder eine erneute Instabilität.

5.9.2 Symptome an ehemaliger Frakturlokalisierung

In keinem Fall wurde nach Therapieabschluss ein erneutes Frakturauftreten beobachtet. Die operative Therapie scheint keinen Einfluss auf die Stabilität zu nehmen und nach Abschluss der Behandlung ist die knöcherner Stabilität vermutlich nicht beeinträchtigt.

Insgesamt zeigten sich bei Patienten mit präoperativ konsolidierter Fraktur gute therapeutische Ergebnisse. Diese waren in den meisten Punkten vergleichbar mit Patienten ohne Fraktur. Beim Auftreten einer Fraktur könnte daher die konservative Konsolidierung vor der Tumorresektion bevorzugt werden. Im Gegensatz zu anderen Untersuchungen [62] wurde aufgrund der guten therapeutischen Resultate eine Vorteilhaftigkeit der zweizeitigen Therapie gegenüber der direkten Tumorresektion bei Frakturauftreten beobachtet.

Weitere Ergebnisse der retro- und prospektiven Datenerhebung der Patienten mit präoperativen Frakturen finden sich in der Gegenüberstellung mit den anderen Gruppen in den jeweiligen Abschnitten der Kapitel 5.1 - 5.5 und 5.8.3

IV) Auftreten von generalisierten Enchondromatosen

IVa) „Gibt es bevorzugte Lokalisationen oder demographische Faktoren bei Patienten mit polyostotischen Tumoren und dem Verdacht auf eine Enchondromatose und unterscheiden sich diese von monostotischen Enchondromen?“

5.10 Generalisierte Enchondromatosen

In 3 % (n = 5) der Fälle lag der Verdacht auf eine Enchondromatose vor, dabei wurde bei allen Patienten die alleinige Kürettage angewandt. Patienten dieser Gruppe zeigten in nahezu allen Fällen Rezidivenchondrome (n = 4). In unserem Studienzeitraum lag jedoch keine erneute Rezidivbildung bei dieser Patientengruppe vor. Das Therapiekonzept der alleinigen Kürettage erscheint bezüglich der Rezidivquote auch bei diesen Rahmenbedingungen erfolgreich zu sein.

In einem Fall konnte bei der Enchondromentstehung im Rahmen eines Morbus Ollier im Tumorgewebe eine R123H Hotspot Mutation im IDH1-Gen nachgewiesen werden. Damit kann der von Pansuriya et al. vermutete Zusammenhang zwischen Mutationen im IDH1- und IDH2-Gen und Erkrankungen mit generalisierter Enchondromatose bestärkt werden [25].

IVb) „Führt die alleinige Kürettage auch bei Patienten mit dem Verdacht auf eine generalisierte Enchondromatose zu zufriedenstellenden Ergebnissen?“

Die therapeutischen Ergebnisse der retro- und prospektiven Datenerhebung dieser Gruppe finden sich in Gegenüberstellung mit den anderen Gruppen in den jeweiligen Abschnitten der Kapitel 5.1 - 5.5, 5.7 und 5.8.3.

5.11 Limitationen der Studie

Die Studie war durch die klinikintern bevorzugte Anwendung der alleinigen Kürettage in der Gegenüberstellung verschiedener Operationstechniken eingeschränkt. Insbesondere die Fragestellung nach der Vergleichbarkeit verschiedener Operationstechniken bzw. der Bewertung der therapeutischen Ergebnisse der Defektfüllung mittels Spongiosaplastik (siehe Fragestellung IIc)) war aufgrund der geringen Patientenzahl nur eingeschränkt beantwortbar.

Auch die heterogene Patientenanzahl einzelner Gruppen ließ eine Gegenüberstellung nur erschwert zu und beeinträchtigte insbesondere die Vergleichbarkeit der Probanden mit nicht konsolidierten Frakturen, generalisierten Enchondromatosen und Rezidivtumoren durch die geringere Anzahl. Auch der Anteil minderjähriger Patienten war gering, und ließ keine eindeutige Aussage zu dieser Patientengruppe zu.

In der retrospektiven Erhebung zeigte sich zudem eine stark variierende Verteilung der Altersstruktur der Probanden (5-78 Jahre). In der Nachuntersuchung mittels Fragebögen (n = 61) zeigte sich dieselbe Problematik (Altersspanne: 20-81 Jahre). Ebenso in der klinischen und radiologischen Nachuntersuchung (Altersspanne: 20-76 Jahre). Insbesondere die Nebengruppen wichen auch hier in der Patientenanzahl voneinander ab. Aufgrund der heterogenen demographischen Daten und der variierenden Patientenzahl innerhalb einzelner Gruppen war ein abschließender Vergleich erschwert. Die vorgestellten Ergebnisse von minderjährigen Patienten und von Patienten mit Rezidiven oder generalisierten Enchondromatosen können daher lediglich einen Trend zeigen.

Zudem konnten nur Probanden in die Studie aufgenommen werden, die sich aufgrund von Beschwerden in der klinischen Versorgung vorgestellt hatten bzw. die sich dort im Rahmen von anderen Untersuchungen befanden. Patienten mit asymptomatischen Tumoren oder mit geringer Einschränkung könnten in der ambulanten Versorgung konservativ behandelt worden sein, diese Fälle konnten nicht miterfasst werden und schränken daher eine übergreifende Aussage zur

Tumorhäufigkeit und zu Langzeitergebnissen außerhalb der chirurgischen Therapie ein. Im Rahmen dieser Studie wurden daher lediglich operativ behandelte Enchondrome betrachtet.

Die erhobenen subjektiven Aussagen zur Lebensqualität und zur Handfunktion könnten durch die zeitgleiche Erhebung im Rahmen der COVID-19-Pandemie beeinflusst worden sein. Beispielsweise war die Abfrage von Beeinträchtigungen bei sozialen Aktivitäten im Rahmen des DASH-Fragebogen durch die Einschränkung der sozialen Teilhabe in der Pandemiesituation eventuell weniger aussagekräftig. Auch bei der Erhebung des subjektiven Gesundheitszustands mit dem SF-36 Fragebogen könnte die Datenerhebung der psychischen Gesundheit und der sozialen Teilhabe in der Pandemiesituation erschwert darstellbar sein. Aufgrund der guten Ergebnisse dieser Fragebögen scheint die Pandemielage diese Erhebungen jedoch nicht ausgeprägt beeinflusst zu haben.

5.12 Schlussfolgerung

In Hinblick auf die einleitend beschriebenen Kontroversen in der Enchondromtherapie, hatte sich die alleinige Kürettage unter den verschiedenen Therapieansätzen bewährt und führte zu guten Therapieergebnissen. Die Tumorerkrankung der Enchondrome zeichnete sich durch eine hohe Variabilität in der Altersgruppe, Tumoranzahl und dem knöchernen Befall aus. Hierbei schien die alleinige Kürettage übergreifend ein zufriedenstellendes Therapiekonzept darzustellen, insbesondere bei Eingriffen vor Frakturaufreten. Bei klinikintern konstant niedriger Rezidivrate zeigte sich in der Nachsorge keine Notwendigkeit weiterer klinischer Kontrollen bei Beschwerdefreiheit.

Bei polyostotischen Tumoren und Ersttumoren im Jugendalter könnte jedoch aufgrund der abweichenden Rezidivrate und des möglichen Risikos einer malignen Transformation patientenindividuelle Nachsorgekonzepte vorteilhaft sein.

Schlussfolgernd zeigen sich bei den in der Zielsetzung aufgestellten Fragestellungen folgende Konsequenzen für den klinischen Alltag.

1) Tumoreigenschaften von Enchondromen und Wahrscheinlichkeit der malignen Transformation

1a) „Gibt es identifizierbare demographische Faktoren oder Lokalisationen, bei denen das Auftreten eines Enchondroms wahrscheinlicher ist und kann in der prospektiven Erhebung eine Prädisposition beobachtet werden?“

Das charakteristische Muster der Erkrankung hatte sich bezüglich der demographischen Verteilung und der präferierten Tumorlokalisierung, auch im Studienvergleich, bestätigt. Zusammen mit der generellen Häufigkeit von Enchondromen könnte bei Symptomaufreten an Prädilektionsstellen ein erster Verdacht auf ein Enchondrom begründet werden. Eine Prädisposition hatte sich nicht bestätigt.

lb) „Gibt es präoperativ eindeutige Symptome, welche diagnostisch auf ein Enchondrom verweisen können und welche therapeutischen Konsequenzen können sich daraus ergeben?“

Die häufigsten Gründe für die klinische Vorstellung stellten Frakturen dar. Insgesamt wurden pathologische Frakturen nach Bagatelltraumen häufig beobachtet und waren auch im Studienvergleich eine reale Gefahr für pathologische Frakturen. Eine frühzeitige prophylaktische Tumorresektion könnte von Vorteil sein, da ein Risiko für Frakturen und die Entwicklung von einschränkenden Symptomen unter alltäglicher Belastung vermutet wurde. Einschränkend könnte durch die Patientenerfassung im klinischen Rahmen eine hohe Dunkelziffer an asymptomatischen Tumoren bestehen.

lc) „Besteht ein Zusammenhang zwischen der TumorgroÙe und Rezidivaufreten, Frakturen oder der Tumorlokalisation?“

Zwischen der TumorgroÙe und einem möglichen Rezidivaufreten bestand kein Zusammenhang. Auch zwischen der TumorgroÙe und einem Frakturaufreten wurde keine Korrelation beobachtet, weiterführend könnte für diese Vorhersage vermehrt die Kortikalisausdünnung betrachtet werden. Die Tumorlokalisation schien jedoch mit dem Auftreten von Frakturen zu korrelieren, es wurde eine höhere Gefährdung des Kleinfingers festgestellt. Zudem wurden Frakturen vermehrt in jüngerem Alter beobachtet.

Die Größenausdehnung der Enchondrome nahm in Richtung der proximalen Handknochen zu, Tumoren im Grundglied zeigten eine größere Ausdehnung und ein höheres Potential für die Entwicklung von Defiziten in Form von Bewegungseinschränkungen und einer verminderten Handkraft. Die Tumorlokalisation könnte daher bei der Entscheidung zur operativen Therapie miteinbezogen werden.

Id) „Besteht bei Tumoraufreten eine relevante Gefährdung durch eine maligne Transformation und damit ein Risiko beim Ausbleiben der operativen Therapie?“

Die maligne Transformation von Enchondromen wurde im Studienzeitraum selten beobachtet, stellte jedoch ein Risiko bei ausbleibender Therapie dar. Insbesondere bei Patienten mit dem Verdacht auf eine generalisierte Enchondromatose wurde eine höhere Wahrscheinlichkeit vermutet.

Ie) „Gibt es Abweichungen im Krankheitsverlauf bei Patienten mit Enchondromen im Jugendalter?“

Minderjährige Patienten zeigten Tumoren mit größerer Ausdehnung, ein höheres Risiko für die Entstehung von Rezidivtumoren und es wurde ein häufigeres Auftreten von generalisierten Enchondromatosen beobachtet. Diese Aspekte könnten insbesondere für die Nachsorge relevant sein.

II) Bewertung der operativen Ergebnisse der alleinigen Kürettage

Ila) „Ist die operative Therapie mittels alleiniger Kürettage zeitgerecht umsetzbar und führt die alleinige Kürettage zu zufriedenstellenden Ergebnissen in den subjektiven Angaben der Patienten und der klinischen und radiologischen Nachuntersuchung?“

Die alleinige Kürettage wies gute Langzeitergebnisse in den subjektiven Patientenangaben auf, auch bei der subjektiven Einschätzung des Gesundheitszustands und der Handfunktion wurden gute Resultate erhoben.

Die postoperative Beweglichkeit und Belastungsfähigkeit wurden im Studienvergleich von den Probanden zeitgerecht erreicht.

In der klinischen Nachuntersuchung lagen ebenfalls gute Langzeitergebnisse von Bewegungsumfang, Griffkraft und Sensibilität vor. Innerhalb der radiologischen und klinischen Scores wurden zufriedenstellende Bewertungen erreicht.

IIb) „Stellt die alleinige Kürettage eine komplikationsarme Therapiemethode dar?“

Die alleinige Kürettage stellte eine Therapiemethode mit äußerst geringer Komplikationsrate dar. Bei Probanden ohne Frakturen schien die Therapie risikoarm, es traten keine Komplikationen auf. Im Studienvergleich wurden bei der Tumorresektion mit anschließender Defektfüllung höhere Komplikationsraten erhoben, somit schien in diesem Aspekt ein weiterer Vorteil der alleinigen Kürettage zu bestehen.

IIc) „Ist in der Studienuntersuchung eine Bewertung anderer Operationstechniken möglich bzw. ist ein Vergleich zwischen den Patienten mit alleiniger Kürettage und den Patienten mit zusätzlicher Defektfüllung mittels Spongiosaplastik möglich?“

Innerhalb der Studienuntersuchung zeigten Patienten mit einer Defektfüllung mittels Spongiosaplastik ebenfalls gute therapeutische Ergebnisse, ein Vergleich zu Patienten mit alleiniger Kürettage war aufgrund der geringen Patientenzahl eingeschränkt.

IId) „In welcher Häufigkeit treten Rezidive auf und besteht in Hinblick auf die Rezidivquote die Notwendigkeit weiterer Nachkontrollen nach Behandlungsabschluss?“

Die alleinige Kürettage stellte eine Therapie mit geringem Rezidivrisiko dar, retrospektiv wurde eine niedrige Rezidivrate erhoben. Innerhalb unserer Studie wurde in den klinischen und radiologischen Nachkontrollen kein Rezidivtumor festgestellt. Eine radiologische Nachuntersuchung nach Behandlungsabschluss erschien daher bei Beschwerdefreiheit nicht notwendig. Lediglich beim erneuten Auftreten von Symptomen sollte eine erneute Untersuchung durchgeführt werden.

Patienten mit Rezidiven waren insgesamt am jüngsten, es lässt sich die Vermutung eines früheren Auftretens der Erstumoren bei einer anschließenden Rezidivbildung aufstellen, was ebenfalls für die zeitlichen Abstände und die Dauer der Nachbehandlung eine Rolle spielen könnte. Prospektiv wurden keine Abweichungen im Heilungsverlauf festgestellt, einschränkend ließ die geringe Patientenzahl der Nachuntersuchung keine eindeutige Aussage zu.

Patienten mit dem Verdacht auf eine generalisierte Enchondromatose und minderjährige Patienten zeigten eine höhere Rezidivrate, in diesen Fällen könnte die Entwicklung eines gesonderten Nachsorgeschemas von Vorteil sein.

III) Operationsindikation und Einfluss der präoperativen Fraktur auf das Therapieergebnis

IIIa) „Führt die operative Therapie von Enchondromen vor dem Auftreten von Frakturen zu besseren therapeutischen Ergebnissen und ist daher eine frühzeitige Tumorsektion vorteilhaft?“

Die operative Enchondromtherapie vor Frakturaufreten wies gute Langzeitergebnisse und eine hohe Patientenzufriedenheit auf. In einzelnen Aspekten zeigten diese Patientengruppe innerhalb der Studienpopulation eine Tendenz zu besseren Ergebnissen. Im zeitlichen Behandlungsverlauf. Innerhalb der Studie wurde die postoperative Beweglichkeit und Belastungsfähigkeit von Probanden ohne Fraktur am schnellsten erreicht. Eine frühzeitige operative Therapie könnte bei symptomatischen Enchondromen vor Frakturaufreten von Vorteil sein

IIIb) „Führt das Konzept der konservativen Konsolidierung pathologischer Frakturen vor Tumorsektion zu zufriedenstellenden Ergebnissen?“

Die vorherige knöcherne Konsolidierung präoperativer Frakturen vor Tumorsektion wies ebenfalls gute Ergebnisse auf, welche in den meisten Punkten vergleichbar mit Patienten ohne Fraktur waren. Beim Auftreten einer Fraktur könnte die konservative Konsolidierung vor Tumorsektion präferiert

werden, sofern die Fraktur diese Therapie zulässt. Die knöcherne Konsolidierung trat trotz Tumoraufreten zeitgerecht ein, das Konzept war zufriedenstellend umsetzbar. Die postoperative Kraftentfaltung war nicht beeinträchtigt und es wurde kein erneutes Frakturaufreten beobachtet, die knöcherne Stabilität erschien damit zufriedenstellend zu sein.

IV) Auftreten von generalisierten Enchondromatosen

IVa) „Gibt es bevorzugte Lokalisationen oder demographische Faktoren bei Patienten mit polyostotischen Tumoren und dem Verdacht auf eine Enchondromatose und unterscheiden sich diese von monostotischen Enchondromen?“

Probanden mit dem Verdacht auf eine generalisierte Enchondromatose hatten eine frühzeitigeres Tumoraufreten und eine größere Tumorausdehnung, es waren nur Frauen betroffen. Eine eindeutige Aussage war durch das seltene Auftreten der Erkrankung erschwert. Es zeigten sich jedoch Tendenzen zu abweichenden Tumorlokalisationen und in Bezug auf demographische Faktoren im Vergleich zu monostotischen Enchondromen.

IVb) „Führt die alleinige Kürettage auch bei Patienten mit dem Verdacht auf eine generalisierte Enchondromatose zu zufriedenstellenden Ergebnissen?“

Auch bei diesen komplexeren Ausgangsbefunden wurde durch die alleinige Kürettage ein zufriedenstellendes Ergebnis und ein zeitgerechter Behandlungsabschluss erreicht. Schwerpunktmäßig traten in der Nachuntersuchung Einschränkungen in der Beweglichkeit und der Handkraft auf.

6. Zusammenfassung

Zielsetzung: Trotz des häufigen Auftretens von Enchondromen an der Hand gibt es momentan keinen therapeutischen Standard. Das Ziel der Studie bestand darin, demographische Faktoren und Tumoreigenschaften von Enchondromen zu erheben. Der Fokus der Arbeit lag auf der Untersuchung der Wirksamkeit der alleinigen Kürettage und der Betrachtung der therapeutischen Langzeitergebnisse der betroffenen Patienten. Aufgrund der Kontroversen bezüglich des Operationszeitpunkts bei präoperativen Frakturen sollten weiterführend die Therapieergebnisse beim zweizeitigen Behandlungskonzept der konservativen Frakturkonsolidierung vor Tumorresektion untersucht werden. Innerhalb der Studie wurden begleitend Tumoreigenschaften und therapeutische Ergebnisse bei der seltenen Erkrankung der generalisierten Enchondromatosen untersucht.

Methoden: Die Daten aller operativ behandelten Patienten (n = 170) mit histologisch bestätigtem Enchondrom aus dem Zeitraum 01.01.2000 bis 31.12.2019 wurden ermittelt. Es wurden 185 Tumoren untersucht. Anhand der retrospektiven Daten wurde der operative Behandlungsverlauf, demographische Daten und Tumorcharakteristika erhoben. Prospektiv wurde mittels Fragebögen und anhand von klinischen und radiologischen Nachuntersuchungen das operative Ergebnis der Patienten (n = 47) analysiert.

Ergebnisse: Die Tumoren traten gehäuft mit ulnarer Tendenz, zumeist im basalen Grundglied des vierten und fünften Fingers auf. Der häufigste Grund für die klinische Erstvorstellung waren präoperative Frakturen (49 %), ursächliche Verletzungen für Erstsymptome stellten zumeist Bagatelltraumata dar (92 %). Zwischen der Tumorgröße und einem Frakturaufreten wurde keine Korrelation beobachtet.

Die Therapie mittels alleiniger Curettage zeigte dabei gute Ergebnisse. Die Komplikationsrate war niedrig (1 %). Ebenso die Rezidivrate (4,7 %) und die Rate an malignen Transformationen (0,6 %).

Der Großteil der Probanden (90 %) hatte präoperativ anhand der Neutral-Null Messung der Beweglichkeit einen Normbefund. Die meisten Probanden (72 %) hatten eine normgerechte Griffkraft. Zu 82 % lag bei den angewandten klinischen Scores mindestens eine gute Bewertung vor.

Polyostotische Tumoren manifestierten sich in jüngerem Lebensalter (30 Jahre) und hatten eine größere Ausdehnung. Die postoperativen Einschränkungen lagen bei diesen Patienten vorrangig in einer verminderten Beweglichkeit und Griffkraft.

Bei Minderjährigen war die Tumorausdehnung größer und die Rezidivrate höher ausgeprägt (12 %).

Diskussion: Das charakteristische Muster der Erkrankung hatte sich bezüglich der demographischen Verteilung und der präferierten Tumorlokalisation, bestätigt. Die häufigsten Gründe für die klinische Vorstellung stellten Frakturen dar. Insgesamt wurden pathologische Frakturen nach Bagateltraumen häufig beobachtet und zeigten auch im Studienvergleich eine reale Gefährdung der knöchernen Stabilität.

Die alleinige Kürettage zeigte gute Langzeitergebnisse in den subjektiven Patientenangaben. Auch in der klinischen Nachuntersuchung lagen gute Resultate vor. Aufgrund der niedrigen Komplikations- und Rezidivrate sowie der guten therapeutischen Ergebnisse stellt die alleinige Kürettage eine zufriedenstellende Therapiemethode dar. Auch bei Probanden mit generalisierter Enchondromatose und Rezidiven wurden dabei gute Ergebnisse erzielt. Bei Beschwerdefreiheit besteht keine Notwendigkeit klinischer Nachkontrollen. Patienten mit polyostotischen Tumoren und minderjährige Patienten zeigten jedoch höhere Rezidivraten. Ein gesondertes Nachkontrollschema könnte in diesen Fällen vorteilhaft sein.

Patienten ohne Frakturen hatten in zahlreichen Aspekten bessere therapeutische Ergebnisse und eine kürzere Regenerationszeit. Eine prophylaktische Entfernung vor Frakturaufreten könnte daher vorteilhaft sein. Auch das zweizeitige Therapiekonzept der Tumorresektion bei konsolidierter Fraktur lieferte nachfolgend zufriedenstellende Ergebnisse.

Patienten mit generalisierten Enchondromatosen zeigten ebenfalls zufriedenstellende Ergebnisse. Die maligne Transformation stellt jedoch insbesondere bei dieser Patientengruppe eine Gefahr dar, und könnte hier die prophylaktische Resektion bestärken.

Schlussfolgerung: Die alleinige Kürettage erwies sich in der Enchondromtherapie als vorteilhafte chirurgische Behandlungsmethode und zeigte gute Langzeitergebnisse. Bei Eingriffen vor Frakturaufreten wurden dabei die besten therapeutischen Ergebnisse erzielt, die Tumorsektion vor Frakturaufreten könnte präferiert werden. Es besteht keine Notwendigkeit weiterer Nachkontrollen bei Beschwerdefreiheit. Lediglich bei polyostotischen Tumoren und minderjährigen Patienten könnten individuelle Nachsorgekonzepte vorteilhaft sein.

Literaturverzeichnis

- [1] E. W. Brien, J. M. Mirra, and R. Kerr, "Benign and malignant cartilage tumors of bone and joint: their anatomic and theoretical basis with an emphasis on radiology, pathology and clinical biology. I. The intramedullary cartilage tumors.," *Skeletal Radiol.*, vol. 26, no. 6, pp. 325–353, Jun. 1997, doi: 10.1007/s002560050246.
- [2] M. Murphey, D. Flemming, S. Boyea, J. Bojescul, D. Sweet, and H. Temple, "Enchondroma versus chondrosarcoma in the appendicular skeleton: differentiating features," *RadioGraphics*, vol. 18, no. 5, pp. 1213–37, 1998, doi: 10.1148/radiographics.18.5.9747616.
- [3] J. Glicenstein, J. Ohana, and C. Leclercq, "Chondroma," in *Tumours of the Hand*, Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 1988, pp. 163–168.
- [4] D. Green, R. Hotchkiss, and W. Pederson, "Benign bone tumors – enchondroma, multiple enchondromatosis (Ollier's disease), Maffucci's syndrome," in *Green's operative hand surgery*, D. Green, Ed. London: Churchill Livingstone, 2005, pp. 2233–2235.
- [5] A. K. Poznanski, "Benign tumors of cartilaginous origin," in *The hand in radiologic diagnosis*, A. K. Poznanski, Ed. Philadelphia: W. B. Saunders, 1984.
- [6] H. Rieger, M. Neuber, and U. Joosten, "Therapy and prognosis of enchondroma of the hand," *Chirurg*, vol. 71, pp. 1152–1155, 2000, doi: 10.1007/s001040051193.
- [7] J. Zacher and D. Wessinghage, "Tumoren der Hand – Auswertung einer Sammelstatistik von fast 8000 Handtumoren," *Handchir Mikrochir Plast Chir*, vol. 16, pp. 5–8, 1984.
- [8] K. Unni, "Chondroma," in *Dahlin's Bone Tumors, General Aspects and Data on 11,087 Cases.*, 5th ed., Philadelphia: Lippincott-Raven, 1996.
- [9] M. J. K. Simon *et al.*, "Incidence, histopathologic analysis and distribution of tumours of the hand," *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 15, p. 182, May 2014, doi: 10.1186/1471-2474-15-182.
- [10] J. D. Lubahn and A. Bachoura, "Enchondroma of the hand: evaluation and management," *J. Am. Acad. Orthop. Surg.*, vol. 24, no. 9, pp. 625–633, 2016, doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00452.
- [11] R. Erlemann, "Benign cartilaginous tumors," *Radiologe*, vol. 41, pp. 548–559, 2001.
- [12] M. O'Connor and B. LW, "Benign and malignant cartilage tumors of the hand," *Hand Clin.*, vol. 20, no. 3, 2004, doi: doi:10.1016/j.hcl.2004.03.019.
- [13] P. Jaminet and H.-E. Schaller, "Enchondrome des Handskeletts," in *Plastische Chirurgie, Band V: Forschung - Handchirurgie - Rhinoplastik - Gesichtstransplantation*, A. Berger, R. Hierner, and N. Pallua, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2017, pp. 305–307.
- [14] L. Löhner, T. Vordemvenne, M. Neuber, K. U. Krueger, M. Schult, and S. Ochman, "Enchondrome des Handskeletts - Therapeutisches Vorgehen und funktionelle Langzeitergebnisse," *Z. Orthop. Unfall.*, vol. 148, no. 6, pp. 709–715, 2010, doi: 10.1055/s-0029-1240970.
- [15] A. Huvos, *Bone tumors: Diagnosis, treatment and prognosis*, 3rd ed. Philadelphia: W. B. Saunders Verlag, Philadelphia, London, Toronto,

- 1991.
- [16] K. Takigawa, "Chondroma of the bones of the hand. A review of 110 cases," *J Bone Jt. Surg Am*, vol. 53, no. 8, pp. 1591–1604, Dec. 1971.
 - [17] M. Mulligan, "How to Diagnose Enchondroma, Bone Infarct, and Chondrosarcoma," *Curr. Probl. Diagn. Radiol.*, vol. 48, no. 3, 2019, doi: doi:10.1067/j.cpradiol.2018.04.002.
 - [18] H. Schauer, B. Fiedler, B. Walker, and C. Müller, "Secondary malignant transformation of an enchondroma of the hand," *Handchirurgie, Mikrochirurgie, Plast. Chir.*, vol. 38, no. 3, 2006, doi: doi:10.1055/s-2006-924181.
 - [19] W. Blauth and S. Sonnichsen, "Enchondromatoses of the hand," *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, vol. 124, pp. 165–172, 1986.
 - [20] M. L. Zimny and I. Redler, "Ultrastructure of solitary enchondromas," *J Hand Surg [Br]*, vol. 9, pp. 95–97, 1984.
 - [21] R. Gaulke and G. Suppeln, "Solitary enchondroma at the hand. Long-term follow-up study after operative treatment," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 29 B, no. 1, pp. 64–66, 2004, doi: 10.1016/j.jhsb.2003.08.003.
 - [22] J. W. Milgram, "The origins of osteochondromas and enchondromas: A histopathologic study," *Clin Orthop Relat Res*, vol. 174, pp. 264–284, 1983.
 - [23] A. A. Sassoon, P. D. Fitz-Gibbon, W. S. Harmsen, and S. L. Moran, "Enchondromas of the hand: Factors affecting recurrence, healing, motion, and malignant transformation," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 37, no. 6, pp. 1229–1234, 2012, doi: 10.1016/j.jhsa.2012.03.019.
 - [24] M. Amary, K. Bacsi, and F. Maggiani, "IDH1 and IDH2 mutations are frequent events in central chondrosarcoma and central and periosteal chondromas but not in other mesenchymal tumours," *J Pathol*, vol. 224, no. 3, pp. 334–343, 2011, doi: 10.1002/path.2913.
 - [25] T. C. Pansuriya *et al.*, "Somatic mosaic IDH1 and IDH2 mutations are associated with enchondroma and spindle cell hemangioma in Ollier disease and Maffucci syndrome," *Nat. Genet.*, vol. 43, no. 12, pp. 1256–1261, Dec. 2011, doi: 10.1038/ng.1004.
 - [26] A. Athanasian, "Bone and Soft Tissue Tumors," in *Greens operative hand surgery*, 7th ed., Philadelphia: Elsevier GmbH, 2017, pp. 2020–2022.
 - [27] M. Figl and M. Leixnering, "Retrospective review of outcome after surgical treatment of enchondromas in the hand," *Arch. Orthop. Trauma Surg.*, vol. 129, no. 6, pp. 729–734, 2009, doi: 10.1007/s00402-008-0715-6.
 - [28] M. Lehnhardt and B. Bickert, "Gutartige Knochentumoren," in *Die Handchirurgie*, 1., M. Sauerbier, A. Eisenschenk, H. Krimmer, B.-D. Partecke, and H.-E. Schaller, Eds. München: Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag, 2015.
 - [29] P. Tordai, M. Hoglund, and H. Lugnegård, "Is the treatment of enchondroma in the hand by simple curettage a rewarding method?," *J. Hand Surg. Br.*, vol. 15, no. 3, pp. 331–334, Aug. 1990, doi: 10.1016/0266-7681(90)90013-t.
 - [30] A. Bachoura, I. Rice, A. Lubahn, and J. Lubahn, "The surgical management of hand enchondroma without postcurettage void augmentation: Authors' experience and a systematic review," *Hand*, vol.

- 10, no. 3, pp. 461–471, 2015, doi: 10.1007/s11552-015-9738-y.
- [31] B. Zifko, “Treatment of fractures in chondromas of the hand,” *Monatsschr. Unfallheilkd. Versicher. Versorg. Verkehrsmed.*, vol. 69, no. 11, pp. 538–543, 1966.
- [32] M. Peiper and C. Zornig, “Chondrosarcoma of the thumb arising from a solitary enchondroma,” *Arch. Orthop. Trauma Surg.*, vol. 116, no. 4, pp. 246–248, 1997, doi: 10.1007/BF00393722.
- [33] W. A. Chow, “Chondrosarcoma: biology, genetics, and epigenetics.,” *F1000Research*, vol. 7, 2018, doi: 10.12688/f1000research.15953.1.
- [34] K. Unni and D. Dahlin, *Bone tumors: general aspects and data on 8542 cases*, 4th ed. Springfield, IL: Charles C Thomas, 1986.
- [35] C. Hsu, V. Hentz, and J. Yao, “Tumours of the hand,” *Lancet Oncol*, vol. 8, pp. 157–66, 2007, doi: 10.1007/978-1-4471-6563-7_5.
- [36] B. Widhe and T. Widhe, “Initial symptoms and clinical features in osteosarcoma and Ewing sarcoma,” *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 82, no. 5, pp. 667–674, May 2000, doi: 10.2106/00004623-200005000-00007.
- [37] S. Patil, M. V. C. de Silva, J. Crossan, and R. Reid, “Chondrosarcoma of small bones of the hand,” *J. Hand Surg. Br.*, vol. 28, no. 6, pp. 602–608, Dec. 2003, doi: 10.1016/s0266-7681(03)00149-9.
- [38] A. Ogose, K. K. Unni, R. G. Swee, G. K. May, C. M. Rowland, and F. H. Sim, “Chondrosarcoma of small bones of the hands and feet,” *Cancer*, vol. 80, no. 1, pp. 50–59, Jul. 1997.
- [39] H. S. Schwartz, N. B. Zimmerman, M. A. Simon, R. R. Wroble, E. A. Millar, and M. Bonfiglio, “The malignant potential of enchondromatosis,” *J Bone Jt. Surg [Am]*, vol. 69, pp. 269–274, 1987.
- [40] S.-Y. Lin, P.-J. Huang, H.-T. Huang, C.-H. Chen, Y.-M. Cheng, and Y.-C. Fu, “An alternative technique for the management of phalangeal enchondromas with pathologic fractures,” *J. Hand Surg. Am.*, vol. 38, no. 1, pp. 104–109, Jan. 2013, doi: 10.1016/j.jhsa.2012.08.045.
- [41] R. K. J. Heck, T. D. Peabody, and M. A. Simon, “Staging of primary malignancies of bone,” *CA. Cancer J. Clin.*, vol. 56, no. 6, pp. 366–375, 2006, doi: 10.3322/canjclin.56.6.366.
- [42] E. Athanasian, “Bone and soft tissue tumors,” in *Green’s operative hand surgery*, 4th edn., D. Green, R. Hotchkiss, and W. Pederson, Eds. New York: Churchill Livingstone, 1999, pp. 2222–53.
- [43] D. A. Campanacci *et al.*, “Surgical treatment of central grade 1 chondrosarcoma of the appendicular skeleton,” *J. Orthop. Traumatol.*, vol. 14, no. 2, pp. 101–107, Jun. 2013, doi: 10.1007/s10195-013-0230-6.
- [44] S. H. M. Verdegaal, H. F. G. Brouwers, E. W. van Zwet, P. C. W. Hogendoorn, and A. H. M. Taminiau, “Low-grade chondrosarcoma of long bones treated with intralesional curettage followed by application of phenol, ethanol, and bone-grafting,” *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 94, no. 13, pp. 1201–1207, Jul. 2012, doi: 10.2106/JBJS.J.01498.
- [45] W. A. Chow, “Update on chondrosarcomas,” *Curr. Opin. Oncol.*, vol. 19, no. 4, pp. 371–376, Jul. 2007, doi: 10.1097/CCO.0b013e32812143d9.
- [46] R. Gaulke and P. Preissner, ““Secondary” chondrosarcoma of the hand. Case report and review of the literature,” *Handchir Mikrochir Plast Chir*, vol. 29, pp. 251–255, 1997.

- [47] J. Matysiakiewicz *et al.*, “Manifestations, diagnosis and surgical treatment of enchondroma - own experience,” *Ortop. Traumatol. Rehabil.*, vol. 12, no. 2, pp. 155–159, 2010.
- [48] T. Goto, S. Yokokura, and H. Kawano, “Simple curettage without bone grafting for enchondromata of the hand: with special reference to replacement of the cortical window,” *J Hand Surg [Br]*, vol. 27, pp. 446–451, 2002, doi: 10.1054/jhsb.2002.0843.
- [49] W. Schwarz, J. Harges, and M. Schulte, “M. Multiple enchondromatosis: Ollier’s disease,” *Unfallchirurg*, vol. 105, no. 12, pp. 1139–1142, 2002, doi: 10.1007/s00113-002-0430-7.
- [50] T. C. Pansuriya, H. M. Kroon, and J. V. M. G. Bovée, “Enchondromatosis: insights on the different subtypes,” *Int. J. Clin. Exp. Pathol.*, vol. 3, no. 6, pp. 557–569, Jun. 2010.
- [51] K. Muramatsu, Y. Kawakami, Y. Tani, and T. Taguchi, “Malignant transformation of multiple enchondromas in the hand: Case report,” *J Hand Surg Am*, vol. 36, no. 2, pp. 304–307, 2011, doi: 10.1016/j.jhsa.2010.10.031.
- [52] T. C. Sun, R. G. Swee, T. C. Shives, and K. K. Unni, “Chondrosarcoma in Maffucci’s syndrome,” *J Bone Jt. Surg Am*, vol. 67, no. 8, pp. 1214–1219, 1985.
- [53] K.-U. Krüger, “Enchondrome des Handskeletts – Therapeutisches Vorgehen, funktionelles Langzeitergebnis und Nachsorgeempfehlung,” Inaugural-Dissertation, Universität Münster, 2007.
- [54] T. Miyawaki, Y. Kinoshita, and T. Iizuka, “A case of Ollier’s disease of the hand,” *Ann. Plast. Surg.*, vol. 38, no. 1, pp. 77–80, Jan. 1997, doi: 10.1097/00000637-199701000-00015.
- [55] E. F. McCarthy, “CT-guided needle biopsies of bone and soft tissue tumors: a pathologist’s perspective,” *Skeletal Radiol.*, vol. 36, no. 3, pp. 181–182, Mar. 2007, doi: 10.1007/s00256-006-0244-8.
- [56] J. Bovée, R. van der Heul, A. Taminiau, and P. Hogendoorn, “Chondrosarcoma of the phalanx: A locally aggressive lesion with minimal metastatic potential. A report of 35 cases and a review of the literature,” *Cancer*, vol. 86, no. 9, pp. 1724–1732, 1999, doi: 10.1002/(sici)1097-0142(19991101)86:9<1724::aid-cnrc14>3.0.co;2-i.
- [57] C. Tang, M. Chan, M. Fok, and B. Fung, “Current management of hand enchondroma: a review,” *Hand Surg.*, vol. 20, no. 1, pp. 191–195, 2015, doi: 10.1142/S0218810415300028.
- [58] K. Shimizu, Y. Kotoura, N. Nishijima, and T. Nakamura, “Enchondroma of the distal phalanx of the hand,” *J Bone Jt. Surg Am*, vol. 79, no. 6, pp. 898–900, 1997, doi: 10.2106/00004623-199706000-00014.
- [59] X. Zhou, B. Zhao, P. Keshav, X. Chen, W. Gao, and H. Yan, “The management and surgical intervention timing of enchondromas,” *Med. (United States)*, vol. 96, no. 16, pp. 1–5, 2017, doi: 10.1097/MD.00000000000006678.
- [60] R. H. Ablove, O. J. Moy, C. A. Peimer, and D. R. Wheeler, “Early versus delayed treatment of enchondroma,” *Am. J. Orthop. (Belle Mead. NJ)*, vol. 29, no. 10, pp. 771–772, Oct. 2000.
- [61] H. Zheng, J. Liu, X. Dai, and A. F. Schilling, “Modified technique for one-

- stage treatment of proximal phalangeal enchondromas with pathologic fractures," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 39, no. 9, pp. 1757–1760, Sep. 2014, doi: 10.1016/j.jhsa.2014.06.131.
- [62] J. Grünert, M. Strobel, and E. Brug, "Enchondrome der Hand," *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, vol. 133, no. 2, pp. 180–186, 1995.
- [63] S. C. Haase, "Treatment of pathologic fractures," *Hand Clin.*, vol. 29, no. 4, pp. 579–584, 2013, doi: 10.1016/j.hcl.2013.08.010.
- [64] M. J. McVey and N. W. Kettner, "Pathologic fracture of metacarpal enchondroma: case study and differential diagnosis," *J. Manipulative Physiol. Ther.*, vol. 25, no. 5, pp. 340–344, Jun. 2002, doi: 10.1067/mmt.2002.124417.
- [65] S. Riester, R. Ramaesch, D. Wenger, A. van Wijnen, and S. Kakar, "Predicting Fracture Risk for Enchondroma of the Hand," *Hand*, vol. 11, no. 2, pp. 206–210, 2016, doi: 10.1177/1558944715626931.
- [66] K. Karthik and J. Compson, "Solitary enchondroma presenting with an intra-articular comminuted fracture treated with ligamentaxis and percutaneous curettage.," *The Journal of hand surgery, European volume*, vol. 39, no. 8. England, pp. 893–894, Oct. 2014, doi: 10.1177/1753193413476224.
- [67] M. E. Jacobson and M. E. Ruff, "Solitary enchondroma of the phalanx," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 36, no. 11, pp. 1845–1847, Nov. 2011, doi: 10.1016/j.jhsa.2011.05.002.
- [68] T. Morii, K. Mochizuki, T. Tajima, and K. Satomi, "Treatment outcome of enchondroma by simple curettage without augmentation," *J. Orthop. Sci.*, vol. 15, no. 1, pp. 112–117, Jan. 2010, doi: 10.1007/s00776-009-1419-7.
- [69] M. R. Urist, S. Kovacs, and K. A. Yates, "Regeneration of an enchondroma defect under the influence of an implant of human bone morphogenetic protein," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 11, no. 3, pp. 417–419, May 1986, doi: 10.1016/s0363-5023(86)80153-8.
- [70] J. Bickels *et al.*, "Enchondromas of the hand: treatment with curettage and cemented internal fixation," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 27, no. 5, pp. 870–875, Sep. 2002, doi: 10.1053/jhsu.2002.34369.
- [71] J. Geldmacher, "Therapy of enchondroma with a plaster implant—renaissance of a treatment principle," *Handchir Mikrochir Plast Chir*, vol. 18, no. 6, pp. 336–338, 1986.
- [72] C. Schiller, P. Ritschl, R. Windhager, D. Kropej, and R. Kotz, "The incidence of recurrence in phenol treated and non-phenol treated bone cavities following intralesional resection of non-malignant bone tumors," *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, vol. 127, no. 4, pp. 398–401, 1989, doi: 10.1055/s-2008-1044686.
- [73] C. Wulle, "On the treatment of enchondroma," *J. Hand Surg. Br.*, vol. 15, no. 3, pp. 320–330, Aug. 1990, doi: 10.1016/0266-7681(90)90012-s.
- [74] G. Hasselgren, P. Forssblad, and A. Tomrnvall, "Bone grafting unnecessary in the treatment of enchondromas in the hand," *J. hand Surg. [Am]*, vol. 16, no. 1, pp. 139–142, Jan. 1991, doi: 10.1016/s0363-5023(10)80031-0.
- [75] E. Kuur, S. L. Hansen, and S. Lindequist, "Treatment of solitary enchondromas in fingers," *J. hand Surg. [Br] (Edinburgh, Scotland)*, vol.

- 14, no. 1, pp. 109–112, Feb. 1989, doi: 10.1016/0266-7681(89)90029-6.
- [76] H. Yercan, T. Ozalp, E. Coşkunol, and O. Ozdemir, “Long-term results of autograft and allograft applications in hand enchondromas,” *Acta Orthop. Traumatol. Turc.*, vol. 38, no. 5, pp. 337–342, 2004.
- [77] C. Vosschulte, “Das Enchondrom an der Hand : postoperative retrospektive Studie von 25 Patienten unter Berücksichtigung pathogenetischer Aspekte bei einer Gesamtzahl von 56 Patienten,” Universität Essen, 1996.
- [78] F. Werdin, P. Jaminet, H.-O. Rennekampff, N. Sinis, A. Nusche, and H.-E. Schaller, “Does additive spongiosaplasty improve outcome after surgical therapy for solitary enchondroma in the hand?,” *Handchirurgie Mikrochirurgie Plast. Chir.*, vol. 42, no. 5, pp. 299–302, 2010, doi: 10.1055/s-0030-1254087.
- [79] H.-G. Machens, P. Brenner, H. Wienbergen, N. Pallua, P. Mailänder, and A. Berger, “Enchondroma of the hand. Clinical evaluation study of diagnosis, surgery and functional outcome,” *Unfallchirurg*, vol. 100, no. 9, pp. 711–714, 1997, doi: 10.1007/s001130050181.
- [80] I. Sekiya, N. Matusi, T. Otsuka, M. Kobayashi, and D. Tsuchiya, “The treatment of enchondromas in the hand by endoscopic curettage without bone grafting,” *J. hand Surg. [Br] (Edinburgh, Scotland)*, vol. 22, no. 2, pp. 230–234, Apr. 1997, doi: 10.1016/s0266-7681(97)80070-8.
- [81] T. Goto *et al.*, “Simple curettage without bone grafting for enchondromas of the foot,” *Arch. Orthop. Trauma Surg.*, vol. 124, no. 5, pp. 301–305, Jun. 2004, doi: 10.1007/s00402-003-0623-8.
- [82] P. Schaller and W. Baer, “Operative treatment of enchondromas of the hand: is cancellous bone grafting necessary?,” *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. hand Surg.*, vol. 43, no. 5, pp. 279–285, 2009, doi: 10.3109/02844310902891570.
- [83] T. J. Pianta, P. S. Baldwin, E. Obopilwe, A. D. Mazzocca, C. M. Rodner, and E. A. Silverstein, “A biomechanical analysis of treatment options for enchondromas of the hand,” *Hand (N. Y.)*, vol. 8, no. 1, pp. 86–91, Mar. 2013, doi: 10.1007/s11552-012-9476-3.
- [84] M. Hirn *et al.*, “Bone defects following curettage do not necessarily need augmentation: A retrospective study of 146 patients,” *Acta Orthop.*, vol. 80, no. 1, pp. 4–8, 2009, doi: 10.1080/17453670902804505.
- [85] T. Yanagawa, H. Watanabe, T. Shinozaki, and K. Takagishi, “Curettage of benign bone tumors without grafts gives sufficient bone strength: A case-series of 78 patients,” *Acta Orthop.*, vol. 80, no. 1, pp. 9–13, 2009, doi: 10.1080/17453670902804604.
- [86] B. Großmann, “Tumoren der Hand -Enchondrome- , Klinik, Diagnostik und Therapie,” Eberhard Karls Universität Tübingen, 1993.
- [87] E. M. Jewusiak, K. F. Spence, and K. W. Sell, “Solitary benign enchondroma of the long bones of the hand,” *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 53, no. 8, pp. 1587–1590, Dec. 1971.
- [88] M. Bartsch, P. Schaller, I. Flesch, and J. Geldmacher, “Gipsplombenauffütterung bei der operativen Behandlung des Enchondroms – Ein berechtigtes Therapieverfahren?,” *Handchir Mikrochir Plast Chir*, vol. 24, no. 2, pp. 79–83, 1992.

- [89] C. Myeroff and M. Archdeacon, "Autogenous bone graft: Donor sites and techniques," *J. Bone Jt. Surg.*, vol. 93, no. 23, pp. 2227–2236, 2011, doi: 10.2106/JBJS.J.01513.
- [90] R. D. Bauer, M. M. Lewis, and M. A. Posner, "Treatment of enchondromas of the hand with allograft bone," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 13, no. 6, pp. 908–916, Nov. 1988, doi: 10.1016/0363-5023(88)90269-9.
- [91] D. W. Giles, S. J. Miller, and G. M. Rayan, "Adjunctive treatment of enchondromas with CO2 laser," *Lasers Surg. Med.*, vol. 24, no. 3, pp. 187–193, 1999, doi: 10.1002/(sici)1096-9101(1999)24:3<187::aid-lsm3>3.0.co;2-v.
- [92] J. Noble and D. W. Lamb, "Enchondromata of bones of the hand. A review of 40 cases," *Hand*, vol. 6, no. 3, pp. 275–284, 1974, doi: [https://doi.org/10.1016/0072-968X\(74\)90040-0](https://doi.org/10.1016/0072-968X(74)90040-0).
- [93] J. Freyschmidt, H. Ostertag, and G. Jundt, *Knochentumoren*, 2. Auflage. Springer Berlin Heidelberg New York, 1998.
- [94] M. Campanacci, *Bone and Soft Tissue Tumors*. Springer Verlag, Wien New York, 1990.
- [95] W. Krösl and G. Beck, "Behandlung der Spontanfrakturen in jugendlichen Knochenzysten und solitären Riesenzellgeschwulsten," *Chir Prax*, vol. 1, pp. 27–32, 1960.
- [96] P. D. Samman, "Enchondroma with fracture through the distal phalanx," *Clin Exp Dermatol*, vol. 5, no. 1, pp. 85–86, 1980.
- [97] P. E. Müller, H. R. Dürr, B. Wegener, C. Pellengahr, M. Maier, and V. Jansson, "Solitary enchondromas: is radiographic follow-up sufficient in patients with asymptomatic lesions?," *Acta Orthop. Belg.*, vol. 69, no. 2, pp. 112–118, Apr. 2003.
- [98] H. C. Bauer, O. Brosjö, A. Kreicbergs, and J. Lindholm, "Low risk of recurrence of enchondroma and low-grade chondrosarcoma in extremities. 80 patients followed for 2-25 years," *Acta Orthop. Scand.*, vol. 66, no. 3, pp. 283–288, Jun. 1995, doi: 10.3109/17453679508995543.
- [99] F. Böttner, "Tumore," in *FacharztKompendium für Orthopädie und Unfallchirurgie*, 5th ed., OrthoForum, 2012, pp. 699–702.
- [100] S. Riester, R. Ramaesch, D. Wenger, A. van Wijnen, and S. Kakar, "Predicting fracture risk for enchondroma of the hand," *Hand*, vol. 11, no. 2, pp. 206–210, 2016, doi: 10.1177/1558944715626931.
- [101] D. W. Giles, S. J. Miller, and G. M. Rayan, "Adjunctive treatment of enchondromas with CO2 laser," *Lasers Surg. Med.*, vol. 24, no. 3, pp. 187–193, 1999, doi: 10.1002/(SICI)1096-9101(1999)24:3<187::AID-LSM3>3.0.CO;2-V.
- [102] R. D. Gaasbeek, W. J. Rijnberg, C. J. M. van Loon, H. Meyers, and R. Feith, "No local recurrence of enchondroma after curettage and plaster filling," *Arch. Orthop. Trauma Surg.*, vol. 125, no. 1, pp. 42–45, 2005, doi: 10.1007/s00402-004-0747-5.
- [103] R. Gaulke, G. Supplena, F. Hildebrand, J. Brand, T. Hufner, and C. Krettek, "Rezidive operativ versorgter solitärer Enchondrome des Handskeletts," *Handchir Mikrochir Plast Chir*, vol. 40, pp. 304–309, Oct. 2008, doi: 10.1055/s-2007-965553.
- [104] R. Döhler, B. Helbig, W. Sabri, and E. Al, "Solitäre Chondrome und

- Chondrosarkome des Hand- und Fußskeletts,” *Handchir Mikrochir Plast Chir*, vol. 16, pp. 24–27, 1984.
- [105] H.-J. Barth, “Operative Behandlung des Enchondromes der Hand. Ist eine Spongiosaplastik erforderlich?,” Inaugural-Dissertation, Eberhard Karls Universität Tübingen, 2004.
- [106] Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM), “ICD-10-GM Version 2020.” <https://www.dimdi.de/static/de/klassifikationen/icd/icd-10-gm/kode-suche/htmlgm2020/> (accessed Mar. 03, 2020).
- [107] Institute for Work & Health (CA), G. Germann, A. Harth, G. Wind, and E. Demir, “The DASH outcome measure - German DASH.” <https://dash.iwh.on.ca/german-translation> (accessed Mar. 14, 2020).
- [108] Institute for Work & Health (CA), G. Germann, A. Harth, G. Wind, and E. Demir, “The DASH outcome measure - German DASH and QuickDASH scoring instructions.” <https://dash.iwh.on.ca/german-translation> (accessed Mar. 14, 2020).
- [109] Institute for Work & Health (CA), G. Germann, A. Harth, G. Wind, and E. Demir, “The DASH outcome measure - About the DASH.” <https://dash.iwh.on.ca/about-dash>.
- [110] S. N. Patil, P. Srinivas, and V. Bhadbade, “A prospective study of 30 cases of PHILOS plating for displaced proximal humeral fractures,” *Int. J. Orthop. Sci.*, vol. 3, no. 3b, pp. 86–91, 2017, doi: 10.22271/ortho.2017.v3.i3b.14.
- [111] U. Ellert and B.-M. Kurth, “Methodische Betrachtungen zu den Summenscores des SF-36 anhand der erwachsenen bundesdeutschen Bevölkerung,” *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforsch. - Gesundheitsschutz*, vol. 47, pp. 1027–1032, 2004, doi: DOI 10.1007/s00103-004-0933-1.
- [112] J. E. J. Ware, M. Kosinski, M. S. Bayliss, C. A. McHorney, W. H. Rogers, and A. Raczek, “Comparison of methods for the scoring and statistical analysis of SF-36 health profile and summary measures: summary of results from the Medical Outcomes Study.,” *Med. Care*, vol. 33, no. 4 Suppl, pp. AS264-79, Apr. 1995.
- [113] RAND Corporation, “36-Item Short Form Survey Instrument (SF-36),” *RAND Medical Outcomes Study: Measures of Quality of Life Core Survey from RAND Health Care*. https://www.rand.org/health-care/surveys_tools/mos/36-item-short-form/survey-instrument.html (accessed Feb. 03, 2020).
- [114] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), “Downloadbereich - Formtexte für Ärztinnen/Ärzte - F4220 Messblatt Finger,” 2016. <https://www.dguv.de/formtexte/aerzte/index.jsp>, https://www.dguv.de/medien/formtexte/aerzte/f_4220/f4220.pdf (accessed Mar. 15, 2020).
- [115] N. M. Massy-Westropp, T. K. Gill, A. W. Taylor, R. W. Bohannon, and C. L. Hill, “Hand Grip Strength: age and gender stratified normative data in a population-based study,” *BMC Res. Notes*, vol. 4, no. 1, p. 127, 2011, doi: 10.1186/1756-0500-4-127.
- [116] B. D. Bushnell, A. D. McWilliams, G. B. Whitener, and T. M. Messer, “Early clinical experience with collagen nerve tubes in digital nerve

- repair,” *J. Hand Surg. Am.*, vol. 33, no. 7, pp. 1081–1087, Sep. 2008, doi: 10.1016/j.jhsa.2008.03.015.
- [117] H. W. Kayser, “Enchondrome und Enchondromatosen der Hand,” Inaugural-Dissertation, Universität Münster, 1986.
- [118] M. Page *et al.*, “The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews,” *BMJ*, vol. 372:n71, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.n71>.
- [119] PRISMA, “PRISMA Transparent reporting of systematic reviews and meta-analyses - PRISMA Flow Diagram - PRISMA 2020 flow diagram for new systematic reviews which included searches of databases and registers only.” <http://www.prisma-statement.org/PRISMAStatement/FlowDiagram> (accessed Jul. 03, 2020).
- [120] C. Sollaci and G. C. S. De Araújo, “Enchondromas of the Hand: A 20-year Experience,” *Rev. Bras. Ortop.*, vol. 54, no. 6, pp. 714–720, 2019, doi: 10.1055/s-0039-1697970.
- [121] T. T. T. Sun, I. F. Keung, T. C. Wong, P. O. Y. Leung, and J. S. Y. Chan, “Enchondroma of the Hand: Result of Surgery Curettage and Grafting and Possible Factors Affecting the Outcome,” *J. Orthop. Trauma Rehabil.*, vol. 22, pp. 13–17, 2017, doi: 10.1016/j.jotr.2015.12.005.
- [122] M. F. Beilöb, “Die Enchondromatose (Morbus Ollier) an der Hand. Verteilungsmuster und Ergebnisse der chirurgischen Behandlung am Universitätsklinikum Münster anhand von 22 Patienten mit 783 diagnostizierten Enchondromen,” Inaugural-Dissertation, Universität Münster, 2019.
- [123] C.-P. Adler, “Knochenkrankheiten: Diagnostik makroskopischer, histologischer und radiologischer Strukturveränderungen des Skeletts,” *Radiology*, vol. 152, 1998, doi: 10.1148/radiology.152.1.240-a.
- [124] H. Wienbergen, “Mono- und polyostotische Enchondrome der Hand: klinische Erfassungsstudie zu Ätiologie, Diagnose, Chirurgie und Funktionsergebnissen,” Inaugural-Dissertation, Universität Hannover, 1997.
- [125] R. Gaulke, “The distribution of solitary enchondromata at the hand,” *J. Hand Surg. Br.*, vol. 27, no. 5, pp. 444–445, Oct. 2002, doi: 10.1054/jhsb.2002.0826.
- [126] Bundesministerium für Gesundheit, “Rauchen,” 2021. <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/begriffe-von-a-z/r/rauchen.html#:~:text=In Deutschland rauchen insgesamt 23,in der Raucherquote zu beobachten.> (accessed Apr. 05, 2020).
- [127] M. R. Trăistaru *et al.*, “Hand enchondroma - complete evaluation and rehabilitation,” *Rom. J. Morphol. Embryol.*, vol. 59, no. 4, pp. 1083–1089, 2018.
- [128] Q. Li, J. Kim, S. Y. Kim, and G. H. Baek, “Early Surgical Treatment of Both Tumor and Fracture in Patients With Enchondroma of the Hand Combined With Pathologic Fracture,” *Ann. Plast. Surg.*, vol. 87, no. 3, pp. 260–264, Sep. 2021, doi: 10.1097/SAP.0000000000002776.
- [129] A. Kadar, G. Kleinstern, M. Morsy, E. Soreide, and S. L. Moran, “Multiple Enchondromas of the Hand in Children: Long-Term Follow-Up of Mean 15.4 Years,” *J. Pediatr. Orthop.*, vol. 38, no. 10, pp. 543–548, 2018, doi:

10.1097/BPO.0000000000000869.

- [130] L. E. Wessel, A. B. Christ, and E. A. Athanasian, "Impact of Patient and Tumor Characteristics on Range of Motion and Recurrence Following Treatment of Enchondromas of the Hand," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 48, no. 5, pp. 512.e1-512.e7, 2022, doi: 10.1016/j.jhsa.2021.11.027.
- [131] K. Wilhelm and C. Feldmeier, "Enchondroma of the hand skeleton - Surgical treatment and results," *Arch Orthop Unfallchir*, vol. 78, no. 4, pp. 291–297, 1974, doi: 10.1007/BF00415809.
- [132] C. P. Adler and G. Brendle, "Klinische und morphologische Aspekte von gutartigen Knochentumoren und tumorähnlichen Knochenläsionen," in *Versicherungsmedizin*, 4th ed., Stuttgart: S. Fischer Verlag, 1989, pp. 132–138.
- [133] G. W. Dominok and H. G. Knoch, *Knochengeschwülste und geschwulstähnliche Knochenerkrankungen*. Stuttgart: S. Fischer Verlag, 1982.
- [134] R. Pjontek, F. Scheibe, and J. Tabatabai, "Handchirurgische Untersuchung," in *Heidelberger Standarduntersuchung Interdisziplinäre Handlungsanweisung zur Durchführung der körperlichen Untersuchung*, 3., Heidelberg: Medizinische Fakultät Heidelberg, 2016, pp. 184–189.
- [135] D. Henne-Bruns, "Handchirurgie," in *Duale Reihe Chirurgie*, Georg Thieme Verlag, 2012, pp. 1072–1074.

Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift

Die vorliegende Arbeit wurde in der Klinik für Hand-, Plastische, Rekonstruktive und Verbrennungschirurgie der BG Klinik Tübingen unter Betreuung von Prof. Dr. med. Jonas Kolbensschlag durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte eigenständig durch mich in Zusammenarbeit mit Dr. med. scient. Cosima Prahm und Dr. med. Dr. med. univ. Michael Cerny.

Die Datenerhebung wurde nach Einführung durch Dr. med. scient. Cosima Prahm von mir eigenständig durchgeführt. Sämtliche Untersuchungen wurden nach Einarbeitung durch Dr. med. scient. Cosima Prahm von mir eigenständig durchgeführt.

Die Konzeption und Durchführung der statistischen Auswertungen sowie die Darstellung der statistischen Ergebnisse, einschließlich der Erstellung der Abbildung 13, 17 und 18, erfolgten nach Anleitung durch Dr. med. scient. Cosima Prahm. Die Einordnung und Interpretation dieser Ergebnisse in der Diskussion erfolgten durch mich.

Ein geringer Teil der Patienten innerhalb der prospektiven schriftlichen Datenerhebung wurde nachträglich mit einem anderen Schwerpunkt neu gruppiert und analysiert. Diese Daten und Ergebnisse wurden im selben zeitlichen Rahmen wie die Abgabe der Dissertationsschrift zur Veröffentlichung eingereicht. Diese geplante Publikation ist in der folgenden „Liste der Veröffentlichungen“ angeführt. Dabei erfolgten die Erhebung und Auswertung der in die Publikation eingeflossenen Daten eigenständig durch mich. Die Darstellung, Interpretation der Ergebnisse und die Formulierung des Textes der Publikation sowie die Einreichung erfolgten durch Dr. med. Henrik Lauer.

Ich versichere die vorliegende Dissertationsschrift selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Die Korrektur des Manuskripts erfolgte durch Prof. Dr. med. Jonas Kolbenschlag
und Dr. med. Henrik Lauer.

Tübingen, den 01.05.2024

Laura Kefalianakis

Liste der Veröffentlichungen

Publikationen

“Long-term clinical and radiological outcomes of hand enchondromas after sole curettage“

Cosima Prahm¹, Laura Kefalianakis¹, Farhad Farzaliyev³, Johannes Heinzel¹, Jonas Kolbensschlag¹, Adrien Daigeler¹, Henrik Lauer¹

Die Einreichung der genannten Publikation erfolgte im selben zeitlichen Rahmen wie die Einreichung der Dissertationsschrift und war zum vorliegenden Zeitpunkt nicht publiziert.

IFSSH, IFSHT & FESSH Combined Congress, London

“Analyzing the results of surgical enchondroma treatment”

Laura Kefalianakis¹, Cosima Prahm¹, Johannes Heinzel¹, Michael Cerny², Adrien Daigeler¹, Henrik Lauer¹, Jonas Kolbensschlag¹

52. Jahrestagung der DGPRÄC, Frankfurt am Main

„Korrelation der medizinischen Ausgangslage mit den Ergebnissen der operativen Enchondromtherapie - Ergebnisse bei präoperativer Frakturheilung im Vergleich zu nicht frakturierten Enchondromen“

Laura Kefalianakis¹, Cosima Prahm¹, Johannes Heinzel¹, Michael Cerny², Adrien Daigeler¹, Henrik Lauer¹, Jonas Kolbensschlag¹

¹Klinik für Hand-, Plastische, Rekonstruktive und Verbrennungschirurgie, BG Klinik Tübingen, Eberhard Karls Universität

²Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie, Plastische und Handchirurgie, Universitätsklinikum Augsburg

³Klinik für Allgemeinchirurgie, Viszeral und Transplantationschirurgie, Westdeutsches Tumorzentrum, Universitätsklinikum Essen

Anhang 1: Anschreiben und verwendete Fragebögen

I. Anschreiben und Studieninformation

Informationen zur Studie „Klinische und radiologische Langzeitergebnisse der Enchondromtherapie“

Studienleitung: Dr. med. Dr. univ. Michael Cerny, Dr. med. scient. Cosima Prahm

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

wir würden Sie gerne bitten, an einer wissenschaftlichen Studie der Klinik für Hand-, Plastische-, Rekonstruktive und Verbrennungschirurgie der BG Klinik Tübingen teilzunehmen. Mit dieser Studie möchten wir die medizinische Behandlung unserer Patienten verbessern.

Hintergrund

Gutartige Knochentumore (Enchondrome) gehören zu den häufigsten Handtumoren und können bei Beschwerden operativ entfernt werden. Dabei können heute verschiedene OP-Methoden angewandt werden, um ein optimales Ergebnis zu erzielen. Mit dieser Studie möchten wir die bestmögliche medizinische Versorgung unserer Patienten sicherstellen und das Ergebnis der Operation bewerten. Außerdem sollen Rückfälle des Tumors rechtzeitig erkannt werden.

Dazu möchten wir bereits operierten Patienten **Fragebögen** schicken und sie bei einem zusätzlichen Termin vor Ort in der BG Klinik Tübingen untersuchen. Diese **Nachuntersuchung** ist freiwillig, und Sie erhalten eine Aufwandsentschädigung von 25 €.

Bitte senden Sie uns die ausgefüllten Fragebögen auch dann zurück, wenn Sie nicht untersucht werden möchten. Sie helfen uns damit, die medizinische Behandlung von Patienten mit Enchondromen weiter zu verbessern.

Ablauf

In unserer Studie möchten wir schauen, wie es Ihnen nach der Enchondrom-Operation geht und ob Ihnen die Behandlung in unserer Klinik geholfen hat.

Dazu haben wir **vier Fragebögen** vorbereitet, mit denen wir Ihre Gesundheit und die Funktion Ihrer Hand nach der OP erfassen wollen. Die Bearbeitung dauert ca. 20 Minuten. Wir möchten Sie bitten diese Fragen zu beantworten, und anschließend mit dem beiliegenden frankierten Rückumschlag zurückzusenden.

Bitte senden Sie uns dabei auch die **unterschiedene Einverständniserklärung** zu, damit wir Ihre Daten verwenden können.

Außerdem würden wir Sie gerne noch einmal an der operierten Hand untersuchen. Die **Untersuchung** ist freiwillig und findet an einem vereinbarten Termin in der BG Klinik Tübingen statt. Sie dauert ca. 15 - 20 Minuten. Es gibt keine Wartezeit, da Sie einen gesonderten Termin bekommen.

Durchführung:

1.) Fragebögen:

„Patientenfragebogen: Operative Enchondrombehandlung“: Dabei werden Beschwerden nach der Operation abgefragt. Bitte beantworten Sie die Fragen nach Ihrem Zustand in der letzten Woche, indem Sie das entsprechende Feld ankreuzen.

„Zusatzfragebogen für Patienten mit Spongiosaentnahme“: Dieser Fragebogen ist für Patienten, bei denen bei der Operation Knochen von einer anderen Stelle entnommen wurde (Beckenknochen oder Unterarmknochen). Dabei wird abgefragt, ob Sie an dieser Stelle Beschwerden haben.

„DASH-Fragebogen“: Dieser Fragebogen bezieht sich auf die Beweglichkeit Ihrer Hand im Alltag. Schätzen Sie die Beweglichkeit in der letzten Woche ein, und kreuzen Sie dann die entsprechende Zahl an. Wenn Sie eine der Tätigkeiten nicht ausgeführt haben, reicht es aus, wenn Sie die Antwort abschätzen. Dabei ist es nicht wichtig mit welcher Hand Sie die Tätigkeiten normalerweise durchführen.

„SF36 – Fragebogen zum Gesundheitszustand“: Im Rahmen unserer Studie möchten wir auch vergleichen, wie es Ihnen heute insgesamt gesundheitlich nach der Operation geht. Dabei geht es auch darum, wie Sie heute im Alltag zurechtkommen. Bitte beantworten Sie die Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft.

Bitte schicken Sie die **vier Fragebögen** und die **Einverständniserklärung** in dem beiliegenden Rückumschlag an uns zurück.

Vielen Dank.

2.) Freiwillige Untersuchung:

Anschließend möchten wir Sie gerne vor Ort in der BG Klinik Tübingen an der operierten Hand untersuchen. Dabei soll Ihre Handbeweglichkeit beurteilt werden. Außerdem möchten wir durch ein Röntgenbild die Knochenheilung nach der Operation überprüfen und sicherstellen, dass es kein erneutes Tumorwachstum gibt.

Der Zeitaufwand für diesen Termin beträgt ca. 15 - 20 Minuten. Dafür stellen wir Ihnen eine Aufwandsentschädigung von 25 € bereit. Alle Untersuchungsverfahren sind völlig schmerzfrei.

Durch die momentane Corona-Situation werden die Untersuchungen erst zu einem späteren Zeitpunkt in diesem Jahr möglich sein. Wir werden das Vorgehen mit Ihnen individuell am Telefon absprechen.

Über Ihre Teilnahme an der Studie würden wir uns sehr freuen. Schon das Ausfüllen der Fragebögen ist ein wichtiger Beitrag zur Forschung in unserer Klinik zu dieser Erkrankung.

Bitte senden Sie uns daher die ausgefüllten Fragebögen zurück, auch wenn Sie nicht untersucht werden möchten.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung.

II. Patientenfragebogen: Operative Enchondrombehandlung vgl. [105]

Die Fragen beziehen sich auf die Stelle, an der das Enchondrom (Tumor) entfernt wurde. Sämtliche Fragen beziehen sich auf Ihren Zustand heute.

Bitte Zutreffendes ankreuzen oder ausfüllen.

Name: _____ Geburtsdatum: _____

Datum: _____

Telefonnummer (für mögliche Rückfragen): _____

A) Haben Sie an dieser Stelle heute noch Schmerzen?

- Ja Nein → dann weiter mit B)

Wann haben Sie Schmerzen?

- in Ruhe
 bei Berührung
 bei Bewegung
 nur bei starker Belastung (z.B., wenn etwas Schweres angehoben wird)
 bei Druck
 in anderen Situationen, und zwar: _____

Wie stark sind die Schmerzen?

- leicht
 mittel
 schwer

B) Haben Sie an dieser Stelle Gefühls- oder Empfindungsstörungen?

- Ja Nein → dann weiter mit C)

- Taubheitsgefühl / Pelzigkeitsgefühl
 Kribbeln
 Stechen
 stärkere Kälteempfindlichkeit
 andere Empfindungsstörung, und zwar: _____

C) Gibt es an der Stelle eine äußerliche Veränderung?

- Ja Nein → dann weiter mit D)
- Rötung
- Schwellung
- Überwärmung
- starke Narbenbildung
- Bluterguss (Hämatom)
- Finger ist nicht gerade (Achsenabweichung)
- Bewegungseinschränkung
- sonstige Veränderungen, und zwar: _____

D) Können Sie die Hand komplett zur Faust schließen?

Können Sie die Faust ganz schließen, so dass zwischen den Fingerspitzen und der Handinnenfläche kein Abstand mehr ist?

- Ja → dann weiter mit E)
- Nein, dann bitte den fehlenden Abstand mit einem Lineal ausmessen.

Wie viel Platz ist in Zentimetern zwischen den Fingerspitzen und der Handinnenfläche?

Bitte den Abstand von beiden Händen in die Tabelle eintragen:

Rechte Hand:

Zeigefinger	Mittelfinger	Ringfinger	Kleinfinger
_____ cm	_____ cm	_____ cm	_____ cm

Linke Hand:

Zeigefinger	Mittelfinger	Ringfinger	Kleinfinger
_____ cm	_____ cm	_____ cm	_____ cm

E) Können Sie die Finger ganz ausstrecken?

Können Sie Ihre Hand mit dem Handrücken auf die Tischplatte legen, so dass die Fingernägel den Tisch komplett berühren?

- Ja → dann weiter mit F)
- Nein, dann bitte den fehlenden Abstand ausmessen.

Wie viel Platz ist in Zentimetern zwischen Tischplatte und Fingernägeln?

Bitte den Abstand von beiden Händen in die Tabelle eintragen:

Rechte Hand:

Zeigefinger	Mittelfinger	Ringfinger	Kleinfinger
_____ cm	_____ cm	_____ cm	_____ cm

Linke Hand:

Zeigefinger	Mittelfinger	Ringfinger	Kleinfinger
_____ cm	_____ cm	_____ cm	_____ cm

F) Haben Sie in dem operierten Finger genauso viel Kraft wie in allen anderen Fingern?

- Ja
- Nein

G) Haben Sie sonstige Beschwerden seit der Operation?

- Nein
- Ja, und zwar: _____

H) Wie zufrieden sind Sie mit der Behandlung in der BG Klinik Tübingen?

- sehr zufrieden
- mittelmäßig zufrieden
- nicht zufrieden

Womit sind Sie unzufrieden?: _____

I) Wie zufrieden sind Sie mit dem Ergebnis der Operation?

- sehr zufrieden
- mittelmäßig zufrieden
- nicht zufrieden

Womit sind Sie unzufrieden?: _____

J) Wurden Sie nach der Operation noch einmal an dieser Stelle untersucht?

- Ja
- Nein → dann weiter mit K)

Wo war die Untersuchung?: _____

Wann war die letzte Untersuchung?: _____

Wurde dort erneut ein Enchondrom (Tumor) festgestellt?

- Ja
- Nein

Wurden dabei Röntgenbilder der betroffenen Hand gemacht?

- Ja
- Nein

K) Wann durften Sie die Hand nach der Operation wieder bewegen?

- sofort
- nach ____ Wochen

L) Wann durften Sie die Hand nach der Operation wieder voll belasten:

- sofort
- nach ____ Wochen

M) Ist ein Familienmitglied auch an einem Enchondrom erkrankt?

- Ja, und zwar: _____ (Verwandschaftsbeziehung, z.B. Mutter, Bruder...)
- Nein

N) Rauchen Sie?

- Ja
- Nein

O) Haben Sie Vorerkrankungen?

- Ja Nein → dann weiter mit P)
- Skeletterkrankungen (z.B. Osteoporose, Arthrose, Rheuma...)
und zwar: _____
- Tumorerkrankungen (Krebs), und zwar: _____
- Nichts davon

P) Würden Sie zu einer Nachuntersuchung in die BG Klinik Tübingen kommen?

- Ja
- Nein

III. Zusatzfragebogen für Patienten mit Spongiosaentnahme vgl.[105]

Name: _____ Geburtsdatum: _____

Datum: _____

Bei der Tumorentfernung wurde bei Ihnen Knochenmaterial aus dem Beckenknochen oder dem Unterarmknochen entnommen. Die Fragen beziehen sich nur auf diese Entnahmestelle.

Bitte Zutreffendes ankreuzen oder ausfüllen.

A) Hatten Sie nach der Operation Schmerzen an der Entnahmestelle?

Ja Nein → dann weiter mit B)

Wie lange hatten Sie Schmerzen?: _____ (in Tagen/ Wochen/ Monaten)

B) Haben Sie dort heute noch Schmerzen?

Ja Nein → dann weiter mit C)

Wann haben Sie Schmerzen?

- in Ruhe
- bei Berührung
- bei Bewegung
- nur bei starker Belastung
- bei Druck
- in anderen Situationen, und zwar: _____

Wie stark sind die Schmerzen?

- leicht
- mittel
- schwer

C) Haben Sie an der Entnahmestelle heute Gefühls- oder Empfindungsstörungen?

- Ja Nein → dann weiter mit D)
- Taubheitsgefühl / Pelzigkeitsgefühl
- Kribbeln
- Stechen
- stärkere Kälteempfindlichkeit
- andere Empfindungsstörung, und zwar: _____

D) Gibt es an der Stelle heute eine äußerliche Veränderung?

- Ja Nein → dann weiter mit E)
- Rötung
- Schwellung
- Überwärmung
- starke Narbenbildung
- Bluterguss (Hämatom)
- sonstige Veränderungen, und zwar: _____

E) Finden Sie die Narbe störend?

- Ja
- Nein

F) Haben Sie sonstige Beschwerden an dieser Stelle?

- Nein
- Ja, und zwar: _____

IV. Datenschutzbestimmung und Datenschutzrechtliche Einwilligung

Information zum Umgang mit in einer Studie erhobenen Daten

Im Rahmen der Studie werden personenbezogene Daten (Namen, Geburtstag, Adresse, Vorbefunde, studienbezogene Befunde einschließlich bildgebender Verfahren, u.a.) erhoben und verarbeitet.

In die Verarbeitung werden, soweit erforderlich, auch Ihre Krankheitsdaten einbezogen. Die Dokumentation Ihrer Daten und deren Archivierung erfolgt pseudonymisiert in einer geschützten elektronischen Datenbank, zu der nur befugte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einschließlich auf das Berufs- und Datengeheimnis verpflichteter Doktorandinnen und Doktoranden Zutritt haben. Zur Überprüfung der korrekten Übertragung der Behandlungsdaten aus Ihrer Krankenakte in die verschlüsselte Studiendatenbank dürfen bevollmächtigte Personen (sogenannte Monitore) Einblick in die persönlichen Krankheitsdaten nehmen, die mit der Studie im Zusammenhang stehen. Alle beteiligten Mitarbeiter unterliegen der Schweigepflicht.

Die im Rahmen der Studie erhobenen Daten können auch für künftige Forschungsvorhaben der Klinik bzw. des Instituts genutzt und weiterverarbeitet werden. Die Verarbeitung und Nutzung der pseudonymisierten Daten erfolgt auf Erhebungsbögen und elektronischen Datenträgern im Regelfall für die Dauer von 10 Jahren, soweit der Zweck der Studie, z. B. bei Einbringung in eine Datenbank und bei Langzeitstudien keine längere Speicherdauer erfordert.

Die im Verlauf dieser Studie gewonnenen Informationen können für wissenschaftliche Zwecke auch an Kooperationspartner im Geltungsbereich der Europäischen Datenschutz- Grundverordnung und an Kooperationspartner außerhalb des Europäischen Wirtschaftsraumes, d.h. in Länder mit geringerem Datenschutzniveau (dies gilt auch für die USA) übermittelt werden.

Die Forschungsergebnisse aus der Studie werden in anonymisierter Form in Fachzeitschriften oder in wissenschaftlichen Datenbanken veröffentlicht. Bei der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse wird Ihre Identität nicht bekannt. Die Prüfärzte vor Ort können jedoch mit Hilfe einer Probandenliste bei Rückfragen die Daten zu Ihrer Person zurückführen.

Sie können jederzeit Auskunft über Ihre gespeicherten Daten verlangen und haben das Recht, fehlerhafte Daten berichtigen zu lassen. Sie können auch jederzeit verlangen, dass Ihre Daten gelöscht oder anonymisiert werden, so dass ein Bezug zu Ihrer Person nicht mehr hergestellt werden kann.

Die Studienleitung Prof. Dr. Jonas Kolbenschlag, Dr. med. Dr. univ. Michael Cerny und Dr. med. scient. Cosima Prahm sind für die Datenverarbeitung und die Einhaltung der gesetzlichen Datenschutzbestimmungen verantwortlich.

Bei Beschwerden können Sie sich an den Datenschutzbeauftragten der BG Klinik Tübingen oder den Landesdatenschutzbeauftragten des Landes Baden-Württemberg wenden.

Für die Erhebung, Speicherung, Nutzung und Weitergabe Ihrer Daten ist Ihre ausdrückliche Zustimmung durch Unterzeichnung der Einwilligungserklärung zum Datenschutz erforderlich.

Hinweis für Prüfstellen, die dem LDSG unterliegen (UKT)

Rechtsgrundlage für die Verarbeitung Ihrer Daten sind Art. 6, 7, 9, 89 der Datenschutz-Grundverordnung in Verbindung mit §§ 4, 5, 6, 8, 9, 12, 13 des Landesdatenschutzgesetzes Baden-Württemberg in der ab 25. Mai 2018 geltenden Fassung.

Hinweis für Prüfstellen, die dem BDSG unterliegen (BG, Robert Bosch Krankenhaus u.a.)

Rechtsgrundlage für die Verarbeitung Ihrer Daten sind Art. 6, 7, 9, 89 der Datenschutz- Grundverordnung in Verbindung mit §§ 22, 27, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 38 in der Fassung des Datenschutz- Anpassungs- und Umsetzungsgesetzes EU v. 30. Juni 2017, BGBl. I, S. 2097 ff.

V. Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie und datenschutzrechtliche Einwilligung

Studienleitung: Dr. med. Dr. univ. Michael Cerny, Dr. med. scient. Cosima Prahm

Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie:

Hiermit bestätige ich,

1. dass ich über die Ziele, die Dauer, den Ablauf, den Nutzen sowie die Risiken und Nebenwirkungen der Studienteilnahme aufgeklärt wurde.
2. dass ich darüber informiert wurde, dass die Teilnahme an der Untersuchung vollkommen freiwillig ist und dass das Einverständnis jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile widerrufen werden kann.

_____	_____	_____
Name in Blockschrift	Unterschrift der Ärztin/des Arztes	Ort, Datum
_____	_____	_____
Name in Blockschrift	Unterschrift des Studienteilnehmenden	Ort, Datum

Datenschutzrechtliche Einwilligung:

Ich erkläre, dass ich mit der im Rahmen der Studie erfolgenden Erhebung und Verarbeitung von Daten und ihrer verschlüsselten (pseudonymisierten) Weitergabe einverstanden bin. Ich stimme zu, dass bevollmächtigte Personen zum Zwecke der Überprüfung der Daten Einblick in meine persönliche Krankenakte nehmen dürfen, und entbinde den behandelnden Arzt insoweit von seiner ärztlichen Schweigepflicht. Mir ist bewusst, dass die Ergebnisse dieser Studie in medizinischen Fachzeitschriften veröffentlicht werden, allerdings in anonymisierter Form, so dass ein direkter Bezug zu meiner Person nicht hergestellt werden kann. Ich wurde darüber informiert, dass ich jederzeit Auskunft über meine gespeicherten Daten und die Berichtigung von fehlerhaften Daten verlangen kann. Ich weiß, dass ich jederzeit, beispielsweise beim Widerruf der Studienteilnahme, verlangen kann, dass meine bis dahin erhobenen Daten gelöscht oder unverzüglich anonymisiert werden. Ich erkläre, dass ich über die Erhebung und Verarbeitung meiner in dieser Studie erhobenen Daten und meiner Rechte angemessen informiert wurde. Ich stimme der Verwendung der im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten in der Information zum Datenschutz beschriebenen Form zu.

Unterschrift des Studienteilnehmenden: _____

VI. Nachuntersuchungsprotokoll Enchondrome vgl.[105][134][135]

Datum: _____

Persönliche Daten:

Patientennummer:

Name:

Geburtsdatum:

Zusätzliche Anamnese:

Händigkeit: rechts links

Ergänzungen zu Fragebögen: _____

Inspektion:

Abweichung der operierten Hand im Seitenvergleich bezüglich:

	nein	ja	Anmerkungen
Form	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Spontanhaltung und - stellung von Hand/Finger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Hautbild	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Weichteilgewebe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Muskeltrophik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Gelenke	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

OP-Narbe unauffällig? ja nein: _____

Abweichung des operierten Fingers im Seitenvergleich bezüglich:

	nein	ja	Anmerkungen
Längendifferenz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Abweichung in mm: _____
Umfangsdifferenz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Abweichung in mm: _____
Achsenabweichung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Palpation:

Abweichung der operierten Hand im Seitenvergleich bezüglich:

	nein	ja	Anmerkungen
Hautoberfläche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Weichteile, Gelenke	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Druckschmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Temperatur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Hoffman-Tinel-Test positiv	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Durchblutung	ja	nein	Anmerkungen
A.radialis /A.ulnaris beidseits tastbar, normofrequent, rhythmisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Rekapillarisationszeit Fingernagelbett beidseits < 2s	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Frakturlokalisierung	nein	ja	Anmerkungen
Fraktur vor OP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lokalisation:
Druckschmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Bewegungsschmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Krepitation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
erneute Fraktur nach OP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lokalisation:

Funktionsprüfung:

Beweglichkeit:

Greifformen	ja	nein	Anmerkungen
Grobmotorische Handgriffe uneingeschränkt beidseits möglich? (Grobgriff, Faustschluss, Handöffnung/Fingerspreizung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Feinmotorische Handgriffe uneingeschränkt beidseits möglich? (Pinzettengriff, Dreipunktgriff, Schlüsselgriff, Schreibgriff)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Kraftentfaltung	ja	nein	Anmerkungen
Kraftmessung mit Dynamometer beidseits gleich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kraft rechte Hand (in kg): _____ Kraft linke Hand (in kg): _____
Händedruck seitengleich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Kraftentfaltung subjektiv uneingeschränkt? ja nein: _____

Bewegungsumfang:

Aktive und passive Beweglichkeit nach Neutral-Null-Methode im Seitenvergleich:

<u>Fingergelenke:</u> Extension/Flexion			D I	D II	D III	D IV	D V
MCP (rechts/links)	rechts	aktiv/passiv	/	/	/	/	/
	links	aktiv/passiv	/	/	/	/	/
PIP (rechts/links)	rechts	aktiv/passiv	/	/	/	/	/
	links	aktiv/passiv	/	/	/	/	/
DIP (rechts/links)	rechts	aktiv/passiv		/	/	/	/

<u>Daumensattelgelenk</u>	aktiv	rechts	links	passiv	rechts	links
Abduktion						
Adduktion						
Extension						
Flexion						
Opposition						
	links	aktiv/passiv		/	/	/

<u>MCP</u>		rechts	links		rechts	links
Abduktion	aktiv			passiv		
Adduktion	aktiv			passiv		

Handgelenk:

Palmarflexion / Dorsalextension nach Neutral-Null-Methode: rechts:

links:

Radialabduktion / Ulnarabduktion nach Neutral-Null-Methode: rechts:

links:

FKHA: Abstand Fingerspitzen zu Handinnenfläche (in cm):

<u>FKHA</u>	D II	D III	D IV	D V
Rechte Hand				
Linke Hand				

FNTA: Abstand Fingernagel zu Tischplatte (in cm):

<u>FNTA</u>	D II	D III	D IV	D V
Rechte Hand				
Linke Hand				

<u>Sehnenfunktion</u>	D II	D III	D IV	D V
Oberflächliche Beugesehne (rechts/links)	/	/	/	/
Tiefe Beugesehne (rechts/links)	/	/	/	/

1= Funktion intakt 2 = Funktion eingeschränkt

Sensibilität: Zwei-Punkt-Diskrimination (2PD) im Seitenvergleich (in mm):

<u>2PD</u>	D I	D II	D III	D IV	D V
Rechte Hand	N1 /N2	N3 /N4	N5 /N6	N7 /N8	N9 /N10
Linke Hand	N1 /N2	N3 /N4	N5 /N6	N7 /N8	N9 /N10

<u>Segmentale Innervation</u>	ja (rechts/links)	Nein (rechts/links)	Anmerkungen
N. medianus Sensibilität intakt	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Empfindung subjektiv bds. gleich	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
N. ulnaris Sensibilität intakt	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Empfindung subjektiv bds. gleich	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
N. radialis Sensibilität intakt	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Empfindung subjektiv bds. gleich	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	

VII. Radiologische Auswertung

1) Ausheilung operativer Defekt?

- Ja
- Nein → genauer Befund:
-

2) Sichtbare Fraktur?

- Nein
- Ja → Lokalisation/Befund:

3) Anzeichen Rezidiv?

- Nein
- Ja → genauer Befund:
-

4) Sonstige Auffälligkeiten?

- Nein
- Ja → genauer Befund:
-

5) Beurteilung der radiologischen Bildgebung nach Hasselgren et al. [74]

Grad	Radiologischer Befund	
I	exzellente Knochenneubildung in der Knochenhöhle und normale Kortikalisdicke	<input type="checkbox"/>
II	gute Knochenneubildung in der Knochenhöhle und/oder Zysten < 3 mm	<input type="checkbox"/>
III	spärliche Knochenneubildung in der Knochenhöhle und/oder Zysten > 3 mm	<input type="checkbox"/>
IV	keine Knochenneubildung in der Knochenhöhle	<input type="checkbox"/>

Anhang 2: Zusätzliche Tabellen und Grafiken

I. Zusätzliche Tabellen der retrospektiven Datenerhebung

a) Verwendete ICD-Codes und erhobene Fallzahlen

Verwendete ICD-Codes nach ICD-10-GM 2020	Definition
ICD D16.1	Gutartige Neubildung des Knochens und des Gelenkknorpels - Kurze Knochen der oberen Extremität
ICD Q78.4	Sonstige Osteochondrodysplasien - Enchondromatose
ICD D48	Neubildung unsicheren oder unbekanntem Verhaltens an sonstigen und nicht näher bezeichneten Lokalisationen
ICD D48.0	- Knochen und Gelenkknorpel
ICD D48.9	- Neubildung unsicheren oder unbekanntem Verhaltens, nicht näher bezeichnet
ICD D36	Gutartige Neubildung an sonstigen und nicht näher bezeichneten Lokalisationen
ICD D36.7	- Sonstige näher bezeichnete Lokalisationen
ICD D36.9	- Gutartige Neubildung an nicht näher bezeichneter Lokalisation
ICD D21	Sonstige gutartige Neubildungen des Bindegewebes und anderer Weichteilgewebe
ICD D21.1	- Bindegewebe und anderer Weichteilgewebe der oberen Extremität einschließlich Schulter
ICD D21.9	- Bindegewebe und andere Weichteilgewebe, nicht näher bezeichnet

Tabelle 37 - Verwendete ICD-Codes zur Erhebung der Fallzahlen nach dem ICD-10-GM-2020 [106].

Erhebung der Fallzahlen	Gesamtzahl	Enchondromverdacht	histologisch bestätigt
ICD D16.1	200	151	125
ICD Q78.4	0	0	0
ICD D48.0	81	18	16
ICD D48.9	4	0	0
ICD D36.7	52	1	0
ICD D36.9	1	0	0
ICD D21.1	59	1	0
ICD D21.9	9	0	0
Textsuche „Enchondrom“	54	54	1
schriftliche Dokumentation	30	30	28
Gesamtzahl	490	255	170

Tabelle 38 - Erhebung der klinischen Verdachtsfällen und der histologisch bestätigten Fälle mit zutreffenden Einschlusskriterien anhand der ausgewählten ICD-Codes [106] und der Textsuche „Enchondrom“ in der digitalen Klinikdokumentation und der schriftlichen Dokumentation.

b) Lokalisation der Tumoren

Lokalisation monostotischer Tumoren	Mittelhand	Grundglied	Mittelglied	Endglied	Gesamtzahl
D I	4	7	-	4	15
D II	2	8	14	1	25
D III	3	10	5	2	20
D IV	5	23	10	11	49
D V	9	26	16	9	60
Gesamtzahl	23	74	45	27	169

Tabelle 39 - Lokalisation der 169 monostotischen Tumoren der Studienpopulation. Tabelle erstellt nach Riester et al. [65].

Lokalisation polyostotischer Tumoren	Mittelhand	Grundglied	Mittelglied	Endglied	Gesamtzahl
D I	0	1	-	0	1
D II	2	3	1	0	6
D III	1	3	2	0	6
D IV	1	0	0	0	1
D V	1	1	0	0	2
Gesamtzahl	5	8	3	0	16

Tabelle 40 - Lokalisation der 16 polyostotischen Tumoren der Studienpopulation. Tabelle erstellt nach Riester et al. [65].

c) Gründe für die klinische Erstvorstellung

Gründe für die Erstvorstellung innerhalb der Gruppen	„Keine Fraktur“	„Konsolidierte Fraktur“	„Nicht konsolidierte Fraktur“	„Enchon-dromatosen“	„Rezidive“	„Unklare Zuordnung“	Gesamt-zahl
I) Tumorsymptome	34	0	0	2	8	0	44
<i>Ia) Schmerzen</i>	9	0	0	0	5	0	14
<i>Ib) Schwellung</i>	7	0	0	0	2	0	9
<i>Ic) Schmerzen und Schwellung</i>	16	0	0	2	1	0	19
<i>Id) Schmerzen und Bewegungseinschränkung</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ie) Schmerzen, Schwellung, Bewegeinschränkung</i>	2	0	0	0	0	0	2
II) Frakturen	0	60	20	1	2	0	83
<i>IIa) Pathologische Fraktur bei Bagateltrauma</i>	0	55	17	1	2	0	75
<i>IIb) Fraktur ohne nähere Angaben</i>	0	2	2	0	0	0	4
<i>IIc) Fraktur bei adäquatem Trauma</i>	0	3	1	0	0	0	4
III) asymptomatischer Nebenbefund	12	0	0	1	2	0	15
IV) traumaassoziierte Symptome	22	0	0	1	0	0	23
<i>IVa) Schmerzen</i>	7	0	0	0	0	0	7
<i>IVb) Schwellung</i>	3	0	0	0	0	0	3
<i>IVc) Schmerzen und Schwellung</i>	7	0	0	1	0	0	8
<i>IVd) Schmerzen und Bewegungseinschränkung</i>	3	0	0	0	0	0	3
<i>IVe) Schmerzen, Schwellung, Bewegeinschränkung</i>	2	0	0	0	0	0	2
keine Angaben	1	0	0	0	1	3	5
Gesamtanzahl Fälle	69	60	20	5	13	3	170

Tabelle 41 - Gründe der Studienpatienten für die Erstvorstellung innerhalb der zugeteilten Gruppen. Die Erstsymptome lassen sich in die vier Überbegriffe I) Tumorsymptome, II) Frakturen, III) asymptomatische Nebenbefunde und IV) traumaassoziierte Symptome unterteilen.

II. Zusätzliche Ergebnisse der Fragebögen und der Nachuntersuchung

a) Ergebnisse der Sport- und Musik bzw. Arbeits- und Berufs-Module im DASH-Fragebogen

Bei 66,7 % der Probanden lag im Sport- und Musik-Modul eine Bestwertung vor. Die Gruppe „Konsolidierte Fraktur“ erzielt geringere und damit bessere Durchschnittswerte (5 pt.) als die Gruppen „Keine Fraktur“ (8 pt.) und „Nicht konsolidierte Fraktur“ (9 pt.). Bei 75,5 % der Angaben im Arbeits- und Berufs-Modul lag eine Bestwertung vor. Die Gruppe „Nicht konsolidierte Fraktur“ und „Konsolidierte Fraktur“ erzielten geringere und damit bessere Durchschnittswerte (4 pt.) als die Gruppe „Keine Fraktur“ (7 pt.).

b) Lokalisation der Tumoren in der Nachuntersuchung

Insgesamt wurden bei den Probanden 52 Tumore operiert, 45 monostotische und sieben polyostotische Tumore bei zwei Teilnehmern. Es lag eine Präferenz der rechten Seite vor (59,6 %), bei den monostotischen Tumoren zu 60 %. Die polyostotischen Tumore waren zu gleichen Anteilen auf beide Seiten verteilt. Die bevorzugte ulnare Lokalisation des fünften Strahls lag bei den monostotischen Tumoren zu 40 % vor. Bei den polyostotischen Tumoren war der zweite Fingerstrahl deutlich häufiger befallen. Die Tumoren traten ebenfalls mit deutlichem Abstand gehäuft am Kleinfinger auf (28 %) insbesondere die monostotischen Tumore (31,1 %). Polyostotische Tumore fanden sich in gleicher Anzahl im Zeigefinger und zugehörigem Mittelhandknochen. Das Grundglied war am häufigsten betroffen (40,4 %). Der Tumor trat am häufigsten in Kleinfingergrundglied auf, polyostotische Tumore waren gleichverteilt in Zeigefingergrundglied und zugehörigem Mittelhandknochen lokalisiert.

c) Zusätzliche Grafiken zur Auswertung des SF-36 Fragebogens

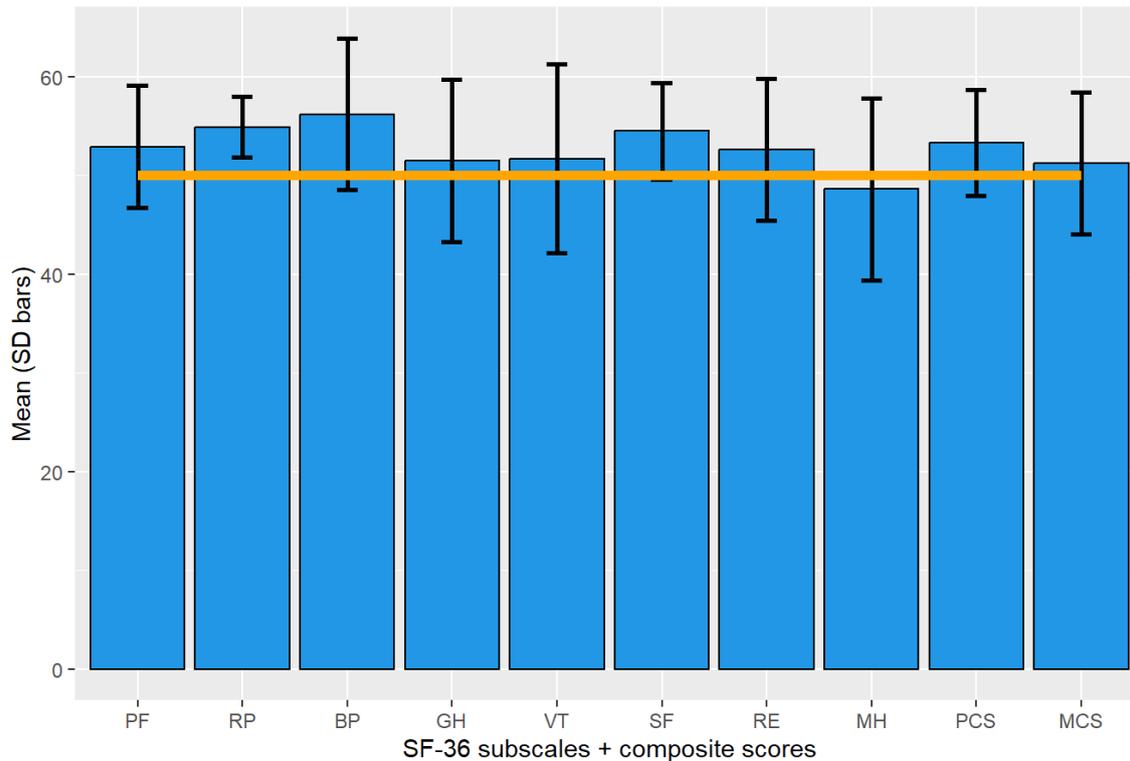


Abbildung 17 - Auswertung des SF-36 Fragebogens. Normalisierte SF-36-Subskalenwerte der 28 Probanden mit präoperativen Frakturen in der Datenerhebung mittels Fragebögen im Vergleich zur Normalbevölkerung. SF-36 Subskalen (SF-36 subscales): PF = Körperliche Funktionsfähigkeit, RP = Körperliche Rollenfunktion, BP = Körperliche Schmerzen, GH = Allgemeiner Gesundheitszustand, VT = Vitalität, SF = Soziale Funktionsfähigkeit, EF = Emotionale Rollenfunktion, MH = Psychisches Wohlbefinden. Summenscores (composite scores): PCS = Physical Composite Scores (PF + RP + BP + GH), MCS = Mental Composite Scores (VT + SF + RE + MH).

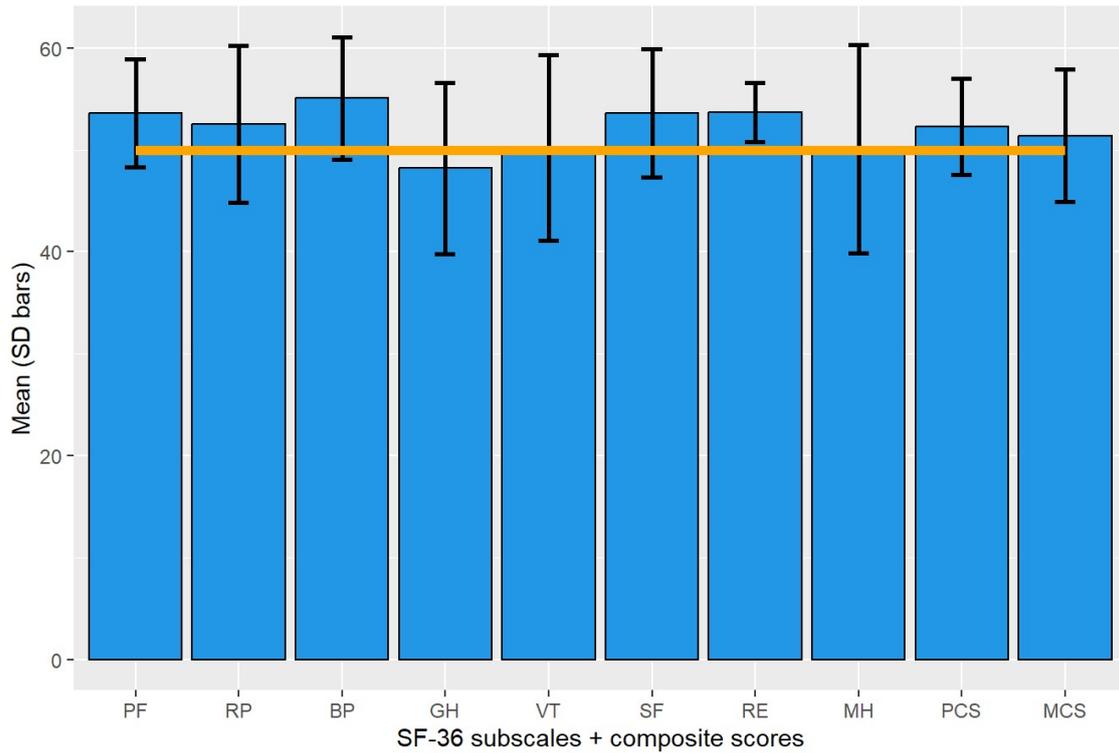


Abbildung 18 - Auswertung des SF-36 Fragebogens. Normalisierte SF-36-Subskalenwerte der 25 Probanden ohne präoperative Frakturen in der Datenerhebung mittels Fragebögen im Vergleich zur Normalbevölkerung. SF-36 Subskalen (SF-36 subscales): PF = Körperliche Funktionsfähigkeit, RP = Körperliche Rollenfunktion, BP = Körperliche Schmerzen, GH = Allgemeiner Gesundheitszustand, VT = Vitalität, SF = Soziale Funktionsfähigkeit, EF = Emotionale Rollenfunktion, MH = Psychisches Wohlbefinden. Summenscores (composite scores): PCS = Physical Composite Scores (PF + RP + BP + GH), MCS = Mental Composite Scores (VT + SF + RE + MH).

d) Klinische Scores nach Gruppen

Einteilung nach Hasselgren et al.	Grad I	Grad II	Grad III	Grad IV	Gesamtzahl Probanden
„Keine Fraktur“	15	7	2	0	24
„Konsolidierte Fraktur“	11	4	1	0	16
„Nicht konsolidierte Fraktur“	1	2	1	0	4
„Enchondromatosen“	0	1	1	0	2
„Rezidive“	0	0	1	0	1
Gesamtzahl Angaben	27	14	6	0	47

Tabelle 42 - Auswertung der radiologischen Bildgebung der 47 Probanden der Nachuntersuchung nach Hasselgren et al. [74] innerhalb der definierten Gruppen.

Einteilung nach Takigawa	ausgezeichnet	gut	ausreichend	schlecht	Gesamtzahl Probanden
„Keine Fraktur“	13	10	1	0	24
„Konsolidierte Fraktur“	10	5	1	0	16
„Nicht konsolidierte Fraktur“	3	0	1	0	4
„Enchondromatosen“	0	2	0	0	2
„Rezidive“	0	1	0	0	1
Gesamtzahl Angaben	26	18	3	0	47

Tabelle 43 - Auswertung der klinischen Therapieergebnisse der 47 Probanden der Nachuntersuchung nach Takigawa [16] innerhalb der definierten Gruppen.

Einteilung nach Münster-Score	sehr gut	gut	ausreichend	nicht befriedigend	Gesamtzahl
„Keine Fraktur“	12	8	4	0	24
„Konsolidierte Fraktur“	7	5	4	0	16
„Nicht konsolidierte Fraktur“	0	2	2	0	4
„Enchondromatosen“	0	0	1	1	2
„Rezidive“	0	0	1	0	1
Gesamtzahl	19	15	12	1	47

Tabelle 44 - Auswertung der klinischen Therapieergebnisse der 47 Probanden der Nachuntersuchung anhand des Münster-Scores innerhalb der definierten Gruppen.

Einteilung nach Hannover-Score	Grad Ia	Grad Ib	Grad II	Grad III	Gesamtzahl Probanden
„Keine Fraktur“	8	0	10	6	24
„Konsolidierte Fraktur“	5	0	8	3	16
„Nicht konsolidierte Fraktur“	1	0	2	1	4
„Enchondromatosen“	0	0	0	2	2
„Rezidive“	1	0	0	0	1
Gesamtzahl Angaben	15	0	20	12	47

Tabelle 45 - Auswertung der klinischen Therapieergebnisse der 47 Probanden der Nachuntersuchung anhand des Hannover-Scores innerhalb der definierten Gruppen.