

**Die adjuvante Radiosynoviorthese bei
Pigmentierter Villonodulärer Synovialitis
eine retrospektive Analyse der Rezidivrate und der
postoperativen Funktionalität**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. med.)

der Medizinischen Fakultät

der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

Bonn

Ninna Michaella Filia Landriau

aus Avignon/Frankreich

2025

Angefertigt mit der Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. Karl Richard Placzek
2. Gutachter: Prof. Dr. Rainer Ganschow

Tag der Mündlichen Prüfung: 11.06.2025

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	6
1. Einleitung	8
1.1 PVNS Definition und Epidemiologie	8
1.2 Historischer Überblick	8
1.3 Ätiologie und Pathogenese	9
1.4 Lokalisationen	10
1.5 Erscheinungsformen und morphologische Aspekte	10
1.6 Klinik	11
1.7 Diagnostik der PVNS	11
1.7.1 Röntgen, Computertomographie, Sonographie	11
1.7.2 Magnetresonanztomographie	12
1.7.3 Biopsie	14
1.8 Differentialdiagnosen	14
1.9 Therapie	19
1.9.1 Radiosynoviorthese	19
1.9.2 Tyrosinkinase-Inhibitoren	21
1.10 Quantitative Studienlage	21
1.11 Scores	22
1.12 Fragestellung und Zielsetzung	24
2. Material und Methoden	25
2.1 Untersuchte Daten	25
2.2 Ethikvotum	25
2.3 Erfassung des funktionellen Outcomes mittels Fragebögen	26
2.4 Statistische Auswertung	26

3.	Ergebnisse	27
3.1	Kollektiv	27
3.2	PVNS Lokalisation	27
3.3	Symptome	28
3.4	Behandlung	29
3.5	Rezidivrate	29
3.6	Funktionelles Outcome Knie	30
3.6.1	Knie Society Function Scale	30
3.6.2	Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score	32
3.6.3	Lower Extremity Function Scale (LEFS)	34
3.7	Funktionelles Outcome Fuß, OSG, Hüfte	36
3.7.1	Hip injury and Osteoarthritis Outcome Score	36
3.8	Funktionalität im Alltag	37
4.	Diskussion	39
5.	Zusammenfassung	43
6.	Abbildungsverzeichnis	44
7.	Tabellenverzeichnis	45
8.	Literaturverzeichnis	46
9.	Erklärung zum Eigenanteil	55
10.	Anhang	56
10.1	Einwilligung	56
10.2	EQ5D5L (Euroqol.org, 2025)	57
10.3	Knee Society Score (KSS, 2025)	58
10.4	Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS, 2025)	59

10.5 Lower Extremity Function Scale (LEFS 2025)

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
adj.	adjuvant
ASK	Arthroskopie
BV	Bildverstärker
CRP	C-reaktives Protein
CSF1	Colony-stimulating factor 1
CT	Computertomographie
EQ5D5L	European Quality of Life 5 Dimensions 5 Level Version
GCTTS	Giant Cell Tumor of the Tendon Sheath
HIV	Human Immunodeficiency Virus
HOOS	Hip disability and osteoarthritis outcome score
KI	Konfidenzintervall
KG	Kniegelenk
KOOS	Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score
KSS	Knee Society Score
LEFS	Lower Extremity Functional Scale
MRT	Magnetresonanztomographie
OP	Operation
OSG	Oberes Sprunggelenk
PACS	Picture Archiving and Communication System
PVNS	Pigmentierte Villonoduläre Synovialitis

Rez.	Rezidiv
ROM	Range Of Motion
RSO	Radiosynoviorthese
RTX	perkutane Strahlentherapie
SD	Standardabweichung
SF-36	Short Form - 36
Std.	Standard
STEMI	ST-Elevated Myocardial Infarction (deutsch: ST-Strecke Hebungsinfarkt)
SV	Synovektomie
Tab.	Tabelle
TEP	Totalendoprothese
TESS	Toronto extremity salvage score
TGCT	Tenosynovialer Riesenzelltumor
TKI	Tyrosinkinase
UICC	Union Internationale Contre le Cancer
UKB	Universitätsklinikum Bonn

1. Einleitung

1.1 PVNS Definition und Epidemiologie

Die pigmentierte villonoduläre Synovialitis (PVNS) ist eine seltene, proliferative Erkrankung der Gelenkschleimhaut, die sowohl große als auch kleine Gelenke betreffen kann (Jendrissek et al., 2016). Sie tritt sowohl in den Sehnenscheiden als auch in der Gelenksynovia diffus oder in einer lokalen Form auf und wird als gutartig (benigne) angesehen (Jendrissek et al., 2016). Häufig schädigt sie durch mechanische Irritation lokal sowohl den Knochen als auch den Knorpel. Die in der mikroskopischen Untersuchung nachweisbaren Hämosiderinablagerungen sind für die PVNS charakterisierend (Panakkal et al., 2012).

Die Inzidenz wird in der Literatur mit zirka 1,8 Fällen pro Million Einwohner pro Jahr geschätzt (Jendrissek et al., 2016). Im europäischen Raum wurde sie allerdings bisher nicht publiziert. Das Haupterkrankungsalter liegt zwischen der 3. und 4. Dekade (Daoud et al., 2018). Die Erkrankung wird oft erst spät diagnostiziert oder mit anderen Gelenkerkrankungen verwechselt (Zhao et al., 2016). Größere Studienkollektive zeigen eine leichte Häufung bei Patienten des weiblichen Geschlechts (Ma et al., 2013). Die niedrige Prävalenz erschwert größere Untersuchungen und somit präzise Angaben bezüglich einer überlegenen Therapie, weshalb das Thema wissenschaftlich relevant ist. Diese unterschiedlichen Aspekte werden in den folgenden Abschnitten aufgeführt und erörtert.

1.2 Historischer Überblick

Für ein umfängliches Verständnis der PVNS gilt es, sich einen Überblick über die historische Entwicklung der Begriffsbezeichnung zu verschaffen. Die Ersterwähnung der Erkrankung war 1852 und wurde von Chassaignac als knotige Läsion der Sehnenscheide eines Fingers beschrieben (Jendrissek et al., 2016). Bis zu diesem Zeitpunkt wurde bei der PVNS von einem malignen Geschehen ausgegangen, da das histologische Bild dieser auf eine neoplastische, stark proliferierende Erkrankung hinwies (Wagenhäuser, 1984). Jaffe beschrieb als Erster 1941 die Erkrankung als „pigmentierte villonoduläre Synovialitis“ (Jendrissek et al., 2016).

Die Bezeichnung PVNS sollte die unterschiedlichen Erscheinungsformen und Bezeichnungen der Erkrankung in einem Begriff zusammenfassen (Niemeier et al., 2014). Die PVNS wurde bisher bereits als „Riesenzelltumor der Synovia“, „Xanthoma“, „hämorrhagische villöse Synovitis“, „sklerosierendes Hämangiom“, „Xanthogranuloma“, „pigmentiertes Riesenzell Xanthosarkom“ und „benignes Synoviom“ bezeichnet (Greenfield, 1950). Jaffe beschrieb die inflammatorische, nicht-neoplastische Natur der Erkrankung, die villöse Struktur und die durch Hämosiderin pigmentierte Läsionen. Granowitz unterteilte sie 1975 in eine diffuse und eine lokalisierte Form (Granowitz et al., 1976). Makroskopisch zeigt sich die noduläre Form der PVNS typischerweise als lobulär gegliederter, von einer fibrösen Kapsel umgebener Tumorknoten (Steinmetz et al., 2016). Bei der diffusen Form findet sich eine ausgeprägte villöse Hyperplasie der Synovia (Klompaker et al., 1990). Die noduläre PVNS präsentiert sich je nach Fett- und Hämosideringehalt mit einer orange-gelblichen bis rot-bräunlichen Farbe (Gouin und Noailles, 2017). Diese Pigmentierung weist von Fall zu Fall eine stark unterschiedliche Ausprägung auf und ist namensgebend für die Erkrankung. 2013 klassifizierte die Weltgesundheitsorganisation (WHO) die lokalisierte sowie die diffuse PVNS und den Riesenzelltumor der Sehnenscheide (engl. giant cell tumor of the tendon sheath - GCT-TS) unter dem Namen TGCT (engl. tenosynovial giant cell tumor – TGCT) aufgrund ihrer ähnlichen Ätiologie (Fecek, 2023; Stacchiotti et al., 2023;). Im Rahmen dieser Dissertation wird zur besseren Verständlichkeit die Bezeichnung PVNS verwendet. Um nun die klinischen Auswirkungen der PVNS zu verstehen, sollen im Folgenden die Ätiologie und Pathogenese dargestellt werden.

1.3 Ätiologie und Pathogenese

Aktuell werden als Ätiologie und Pathogenese der PVNS zwei Ursachen in Betracht gezogen: ein entzündlich-reaktives und ein neoplastisches Ereignis (Botez et al., 2013). Die synoviale Hyperplasie und das lymphozytäre Infiltrat, welches regelmäßig histologisch nachgewiesen werden kann, würden für einen entzündlichen Ursprung sprechen (Kumar et al., 2018). Dal Cin beschrieb 1994 Translokationen am Chromosom 1p13 in den PVNS-Zellen. Diese Zellen sind ein- und mehrkernige unspezifische Synoviazellen (West, 2006). Er bestätigte daher die bis dahin mutmaßliche neoplastische Genese auf chromosomaler Grundlage der Erkrankung (Dal Cin et al., 1994).

West et al. (2006) erhärteten diese Hypothese denn die Daten der Forschungsgruppe suggerieren, dass nur wenige Zellen der PVNS neoplastischer Natur sind (2-16 % der Zellen weisen die hochspezifische Translokation auf und exprimieren Colony-stimulating factor 1 (CSF1) (West, 2006). CSF1 kontrolliert die Proliferation, Differenzierung und Funktion von Makrophagen und deren Vorläuferzellen. Die Zellen mit der CSF1-Translokation scheinen CSF1-Rezeptor-exprimierende Makrophagen zu rekrutieren und die Bildung von multinukleären Riesenzellen zu induzieren. Die Mehrheit der Zellen im histologischen Bild der PVNS seien laut West (2006) nicht-neoplastische Zellen, die auf die Zellen mit der CSF1-Mutation reagieren. Die wenigen Zellen, die die aberrante Überexpression von CSF1 besitzen, sind für die Akkumulation der nicht-tumorösen Zellen in der PVNS-Masse durch übermäßige Rekrutierung verantwortlich. Dieser Prozess ist für die Proliferation des Synovialgewebes und somit für die charakteristische Raumforderung der PVNS verantwortlich. Die Raumforderung kann je nach Lokalisation zu erheblichen Beschwerden führen, weshalb im folgenden Abschnitt die häufigsten Lokalisationen der PVNS erörtert werden.

1.4 Lokalisationen

Die PVNS kann alle Gelenke befallen. Am häufigsten sind jedoch die großen Gelenke der unteren Extremitäten wie Knie und Hüfte betroffen (Bernthal et al., 2020; Mastboom et al., 2019). Die oberen Extremitäten und die kleineren Gelenke wie das Kiefergelenk oder die Facettengelenke der Wirbelsäule sind in der Literatur deutlich weniger repräsentiert und nach aktuellem Kenntnisstand auch insgesamt seltener betroffen (Koontz et al., 2016; Kunz et al., 2003). Von Relevanz sind zusätzlich die Subtypen der PVNS, welche als Nächstes dargestellt werden.

1.5 Erscheinungsformen und morphologische Aspekte

Das histologische Bild wird durch mononukleare Zellen, multinukleäre Riesenzellen sowie hämosiderinbeladene Makrophagen charakterisiert (Kumar et al., 2018). Atypien treten in der Regel nicht in den Synovialzellen auf. Deren Proliferation führt zum villösen Charakter der PVNS (Klompaker et al., 1990). Die zwei Formen der PVNS unterscheiden sich durch ihre makroskopischen Eigenschaften: Sie sind eher villös bei der diffusen Form und knotig im Rahmen der lokalen PVNS (O'Connell, 2000).

Mikroskopisch unterscheiden sich beide Formen kaum voneinander. Einige Autoren beschrieben eine fibröse Kapsel bei der lokalen Form (Falek et al., 2018b; Steinmetz et al., 2016). Die Erscheinungsform kann die Symptomatik der Gelenkerkrankungen beeinflussen. Diese soll im folgenden Abschnitt beschrieben werden.

1.6 Klinik

Die angegebenen Beschwerden und der klinische Untersuchungsbefund sind bei den betroffenen Patienten meist unspezifisch. In entsprechenden Studien werden von Patienten mit bis zu 80 % im betroffenen Gelenk Schmerzen angegeben (Gelhorn et al., 2016). Des Weiteren wird meist eine Schwellung in Kombination mit einem überwärmten, ergusshaltigen Gelenk beschrieben (Patel et al., 2017). Da die klinische Symptomatik eher unspezifisch ist, sollte eine zusätzliche Bildgebung zur weiteren Differenzierung erfolgen. Im Folgenden werden die möglichen Untersuchungsmethoden dargestellt.

1.7 Diagnostik der PVNS

1.7.1 Röntgen, Computertomographie, Sonographie

In der Röntgenaufnahme stellt sich die Synovialpathologie unspezifisch dar und erschwert somit die Diagnosestellung. Eine periartikuläre Weichteilschwellung mit höherer Röntgendichte ist üblicherweise zu erkennen. Diese weist auf einen erhöhten Eisengehalt hin (siehe Abb. 1 mit weißen Pfeilen markiert) (Murphey et al., 2008).



Abb. 1: Röntgenaufnahme einer 35-jährigen Patientin mit nodulärer PVNS und begleitende Verkalkungen (mit weißen Pfeilen markiert) im rechten Kniegelenk.

In der Computertomographie (CT) ist die Erkrankung lediglich als Verdickung der Synovia zu erkennen, allerdings ohne spezifische Merkmale. In den letzten Jahren hat sich die Sonographie als Bildgebung im Rahmen der Evaluation von palpablen Synovialtumoren als geeignete Methode erwiesen (Levine et al., 2016). Diese reicht aber nicht aus, um zwischen der PVNS und anderen Synovialerkrankungen zu differenzieren. Sowohl klinisch wie auch röntgenologisch ist die PVNS somit schwierig zu diagnostizieren.

In den letzten Jahren hat sich die Magnetresonanztomographie (MRT) als Bildgebung der Wahl etabliert, um eine PVNS besser von anderen Synovialerkrankungen zu differenzieren, wie im Folgenden beschrieben wird.

1.7.2 Magnetresonanztomographie

Im MRT führen die Hämosiderinablagerungen der PVNS durch ihre magnetische Empfindlichkeit (Murphey et al., 2008) zu einer verkürzten T2 Relaxationszeit (De Beuckeleer, et al., 1997) und so zu einem sogenannten „Blooming-Phänomen“, wie in Abb. 2 und Abb. 3 dargestellt (Lisson et al., 2019). Diese kurze Relaxationszeit führt zu einer Hypointensität in T2-gewichteten Sequenzen nach intravenöser Gadolinium-Gabe (van der Plaats et al., 2013). Diese Hypointensität ist das charakteristische Merkmal im MRT bei der Diagnostik der PVNS (Murphey et al., 2008).



Abb. 2: 37-jährige Patientin mit diffuser PVNS im rechten Kniegelenk (mit weißen Pfeilen markiert, sogenanntes „Blooming“).

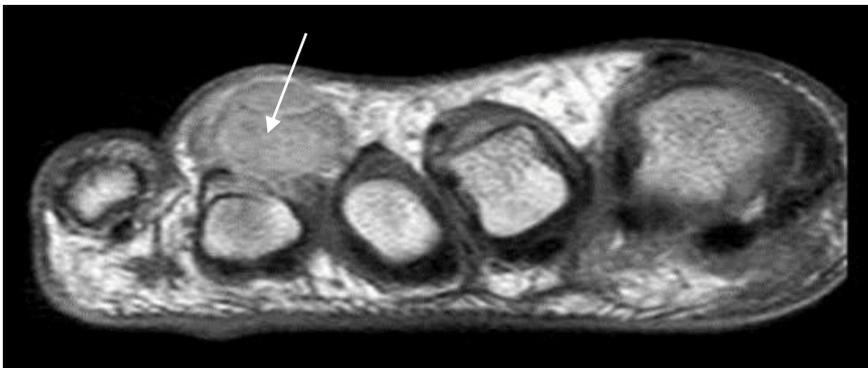


Abb. 3: 37-jährige mit nodulärer PVNS am rechten DIV (mit weißem Pfeil markiert).

1.7.3 Biopsie

In Kombination mit der bildgebenden Diagnostik führt letztlich die histologische Untersuchung zur Diagnose (Falek et al., 2018a). Dies wird durch eine offene Biopsie ermöglicht. Im Rahmen des Verdachts auf eine tenosynoviale Erkrankung ist diese der Goldstandard (McKee et al., 2020). Offene Biopsien sollten von einem, in der Tumorchirurgie versierten Operateur durchgeführt werden (Hillen et al., 2013). Mehrere Gewebeprobe werden aus dem zu untersuchenden Gebiet entnommen und ermöglichen so eine repräsentative histologische Untersuchung des Materials (Errani et al., 2013). In der Regel, wird bei eindeutigem Befund im MRT („Blooming-Phänomen“) meist direkt eine chirurgische Resektion durchgeführt und nachträglich der histologische Nachweis für die Erkrankung erbracht (McKee et al., 2020), um die PVNS von anderen Synovialerkrankungen zu unterscheiden.

1.8 Differentialdiagnosen

Die wichtigste maligne Differentialdiagnose ist das Synovialsarkom, da eine entsprechend inadäquate Behandlung weitreichende Folgen auf das Outcome und das Überleben der Patienten hat. In der Regel ist der Entstehungsort außerhalb des Gelenkes mit Infiltrationen der Synovia (Eilber und Dry, 2008). Zudem können radiologisch typischerweise Kalzifizierungen gesehen werden sowie eine Hyperintensität in der T2-Sequenz (siehe Abb. 4), die bei der PVNS nicht auftritt (Masih und Antebi, 2003). Es neigt zu schubweisem Wachstum mit Destruktionen und zu Metastasierung in 30 % der Fälle, bei insgesamt aber schlechter Prognose mit einer 5-Jahres-Überlebensrate von 67 % (Novillo et al., 2023; Sobczuk et al., 2024). Eine maligne Entartung der PVNS ist dagegen bisher nicht bekannt, auch wenn das histologische Bild Ähnlichkeiten zu einem malignen Wachstum aufweist (siehe Abschnitt 1.1.5.). Die PVNS grenzt sich somit vom Synovialsarkom sowohl histologisch als auch in der Bildgebung ab.



Abb. 4: 13-jähriger Patient mit einem Synovialsarkom (mit weißem Pfeil markiert) des distalen dorsalen Oberschenkels (El-Feky und Desai, 2020).

Die Synovialchondromatose sollte als Differentialdiagnose ebenfalls in Betracht gezogen werden, da die klinischen Befunde bei beiden Erkrankungen sehr ähnlich sind. Bei der synovialen Gelenkchondromatose bilden sich metaplastische Knorpelknötchen in der Synovialmembran (Masih und Antebi, 2003), die nach Ablösung als freie Gelenkkörper im Gelenk verbleiben und zu Druckerosionen führen können (Imhoff, 1988). Den sicheren Nachweis bringen die histologische Untersuchung oder ein MRT. Im Gegensatz zur PVNS kommen im Rahmen der synovialen Chondromatose im T2-gewichteten MRT multiple hyperintense Knoten mit hypointensen Septen vor, wie in Abb. 5 ersichtlich ist (Hughes et al., 1995). In der Biopsie stellt sich das Punktat gelblich verfärbt dar, im Gegensatz zur Braunfärbung bei der PVNS.



Abb. 5: 75-jährige Patientin mit synovialer Chondromatose (mit weißem Pfeil markiert) im rechten Knie (Sheikh und Schubert, 2012).

Hämophile und amyloide Arthropathien können ebenfalls in der Bildgebung wie eine PVNS imponieren. Eine Hypertrophie der Synovia ist sowohl bei den Arthropathien als auch in der PVNS zu finden (siehe Abb.6). Bei den Arthropathien werden im Gegensatz zur PVNS weder Riesen- noch Schaumzellen gefunden. Das meist symmetrische und polyartikuläre Befallsmuster der Amyloid- und der hämophilen Arthropathien grenzt sich gut von der PVNS ab (Gouin und Noailles, 2017).



Abb. 6: 7-jähriger Patient mit hämophiler Arthropathie im rechten Kniegelenk (mit weißem Pfeil markiert (Hacking und Khateeb, 2020)).

Des Weiteren können Hämangiome durch das Auftreten von Blutungsresiduen eine PVNS im MRT vortäuschen und stellen somit ebenfalls eine wichtige Differentialdiagnose da. Allerdings zeigt sich eine für die PVNS wesentliche Riesenzellkomponente im Falle der Hämangiome nicht. Außerdem zeigt die PVNS in ihrer diffusen Form in der Bildgebung eine besonders heterogene Struktur als das synoviale Hämangiom (siehe Abb. 7).



Abb. 7: 20-jähriger Patient mit retropatellarem Hämangiom im rechten Knie (mit weißem Pfeil markiert) (Haouimi, 2020).

Zusätzlich kommt in der MR-Bildgebung differentialdiagnostisch für die PVNS die rheumatoide Arthritis in Frage. Die Unterscheidung beider Erkrankungen stellt sich durch ihre ähnlichen klinischen Darstellungen als schwierig dar. So wie die PVNS kann die rheumatoide Arthritis zu erhöhtem intraartikulärem Druckgefühl und sekundären Knochenarrosionen führen (Dorwart et al., 1984). Das Fehlen von Pigmentierung, Riesen- oder Schaumzellen sowie einer nodulären Struktur sprechen dennoch eher gegen eine rheumatoide Arthritis. Im Falle von Knochenarrosionen kann auch eine Arthrose als Differentialdiagnose in Frage kommen. Allerdings unterscheiden sich das Alter der Patienten sowie die Anzahl an befallenen Gelenken bei Arthrose und PVNS. Die in der Bildgebung typischen vier Arthrosezeichen (Gelenkspaltverschmälerung, subchondrale Sklerosierung, osteophytärer Randanbau und Geröllzysten) sind bei der PVNS im Röntgenbild in den frühen Stadien meist nicht zu sehen. Das Vorhandensein juxtaartikulärer Bindegewebsmassen und ein regulär breiter Gelenkspalt sprechen eher für eine PVNS. Im folgenden Paragraphen werden die aktuellen Therapieoptionen dargestellt und begründet, weshalb weitere Untersuchungen und insbesondere diese Arbeit von wissenschaftlicher Relevanz sind.

1.9 Therapie

Anhand der Literatur ist zur Behandlung der nodulären Form eine vollständige Resektion des Tumors in allen Kompartimenten (Dangoor et al., 2016) ohne adjuvante oder neoadjuvante Behandlung ausreichend (Palmerini et al., 2015a). In 12-14 % der Fälle kommt es dennoch zu Rezidiven dieser Form der PVNS, weshalb eine erneute Resektion nicht ausgeschlossen ist (Mastboom et al., 2019). Die diffuse Form rezidiert häufiger als die noduläre Form, und zwar in 46 % der Fälle gemäß aktueller Literatur (Palmerini et al., 2023). Eine kombinierte Therapie aus Resektion und postoperativer adjuvanter Therapie wird daher als mögliche Behandlung für beide Subtypen beschrieben (Temponi et al., 2017). Zu nennen sind hier die Radiosynoviorthese (RSO) sowie die adjuvante medikamentöse Therapie mit Tyrosinkinase-Inhibitoren (TKI).

1.9.1 Radiosynoviorthese

Die RSO wird im folgenden Abschnitt erläutert und in dieser Arbeit als adjuvante Therapie im Rahmen der PVNS untersucht. Im Rahmen der RSO ist Yttrium-90 bei großen Gelenken wie dem Knie und der Hüfte das Radiopharmakon der Wahl. Dabei handelt es sich um einen Beta-Strahler von 2,27 MeV mit einer Halbwertszeit von 64 Stunden und einer maximalen Eindringtiefe von 8,5-11 mm. Die RSO wird meist 6 Wochen postoperativ durchgeführt (Gortzak et al., 2018). Nach Aufnahme durch die Synovialzellen führt der Beta-Strahler zu einer Nekrose und Fibrose der Synovialmembran (André et al., 2018). Die Radiosynoviorthese wird als adjuvante Therapie im Rahmen der PVNS kontrovers diskutiert. Gortzak et al. (2018) führten eine Case-Control-Studie durch. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Behandlungsmethoden in Bezug auf die Rezidivrate beobachtet werden (Gortzak et al., 2018). Zu der Schlussfolgerung kamen ebenfalls Dürr et al. Sie untersuchten 2019 37 Patienten mit einer diffusen PVNS am Knie. 26 erhielten eine adjuvante RSO, 11 wurden nur reseziert. Die Rezidivrate war mit 23 % in der RSO-Gruppe geringfügig niedriger als in der Kontroll-Gruppe mit 27 % ohne statistisch signifikanten Unterschied (Dürr et al., 2019). Koca et al. (2013) untersuchten an 15 Patienten, die an einer diffusen PVNS erkrankt waren den Einfluss einer postoperative adjuvanter RSO auf die Rezidivrate. In deren Kollektiv kam es bei keinem der Patienten zu einem Rezidiv, weshalb die Arbeitsgruppe die RSO als adjuvante Therapie im Rahmen der PVNS befürwortet (Koca et al., 2013).

Zu diesem Entschluss kamen ebenfalls Capellen et al. (2018), die 120 Resektionen einer PVNS durchführten, wovon 27 eine RSO erhielten. Die Arbeitsgruppe um Capellen schlussfolgerte, dass im Rahmen eines diffusen PVNS eine adjuvante RSO durchgeführt werden kann (Capellen et al., 2018). Die RSO wurde ebenfalls in einer Fallstudie mit 5 Patienten durch Iakovou et al. (2020) empfohlen. Sie untersuchten 5 Patienten mit PVNS am Sprunggelenk, die eine adjuvante RSO erhielten. Es konnten keine Rezidive beobachtet werden, und die postoperative Gelenkfunktion, die mittels des Foot-Function-Indexes ermittelt wurde, verbesserte sich im Rahmen der Follow-up-Untersuchungen (Iakovou et al., 2020). Die meisten dieser retrospektiven Studien berichten über einen positiven Effekt auf die Rezidivrate, mit wenigen Komplikationen ohne statistisch signifikanten Unterschied aufgrund der kleinen Untersuchungskollektive. Eine Metaanalyse von Mollon et al. (2015) untersuchte den Einfluss einer chirurgischen Resektion der PVNS mit adjuvanter Radiotherapie auf die Rezidivrate, basierend auf 35 Observationsstudien. Von diesen Studien haben zwei die RSO als adjuvante Therapie untersucht. Die Forschungsgruppe schlussfolgerte, dass die adjuvante Radiotherapie die Rezidivrate im Rahmen der diffusen PVNS senke, aber ohne statistisch signifikanten Unterschied für die lokalisierte Form der Erkrankung (Mollon et al., 2015). Gemäß diesen Studien wird die RSO als mögliche adjuvante Therapie im Rahmen der PVNS diskutiert. Sie hat jedoch Nebenwirkungen die im Folgenden erörtert werden. In der Studie von Gortzak et al. (2018) erlitten lediglich von den 66 untersuchten Patienten, 2 Nebenwirkungen in Folge der postoperativen RSO in Form einer lokalen Infektion sowie einer Hautulceration an der Punktionsstelle (Gortzak et al., 2018). Von 105 Patienten hatten 6 in der Studie von Capellen et al. (2018) Nebenwirkungen der RSO in Form von Hautnekrosen, Infektionen und Bandverletzungen (Capellen et al., 2018). In ihrer retrospektiven Datenanalyse bestätigten Schindler et al., dass es zu Nebenwirkungen wie Wundnekrosen und Infektionen im Rahmen der RSO gäbe, diese aber mit einer Wahrscheinlichkeit von 1/1000 sehr selten seien (Schindler et al., 2024).

1.9.2 Tyrosinkinase-Inhibitoren

In den letzten Jahren wurden aufgrund einer genetischen Komponente der PVNS ebenfalls TKI wie Emactuzumab (Cassier et al., 2015), Imatinib (Cassier et al., 2012) und Pexidartinib (Palmerini et al., 2020) angewendet. TKI binden an Tyrosinkinasen, die sich an der Zellmembran oder intrazellulär befinden, und hemmen dadurch ihre enzymatische Aktivität. Die Aktivierung von bestimmten Signaltransduktionswegen wird dadurch unterbrochen. Im Rahmen der PVNS verhindern die TKI die Proliferation der Zellen mit der CSF1-Mutation. Cassier et al. (2012) kamen in ihrer Originalarbeit zu dem Schluss, dass die kombinierte Anwendung (adjuvant oder neoadjuvant) der medikamentösen Therapie und des operativen Eingriffs einen positiven Einfluss auf die Rezidivrate der PVNS habe (Cassier et al., 2012). Von 29 Patienten waren 20 voroperiert worden und hatten ein Rezidiv erlitten. Nach der Behandlung der 29 Patienten mit Imatinib ergab sich bei 20 von ihnen (74 %) eine Regression des Tumors oder zumindest eine Progressfreiheit. Aufgrund der noch geringen Studien- und vor allem Langzeitdaten hat diese Therapieform noch keine standardmäßige Anwendung im klinischen Alltag erlangt und wird daher im Rahmen der vorliegenden Datenerhebung nicht spezifisch untersucht.

Aufgrund der fortbestehenden unklaren Überlegenheit einer Therapie im Rahmen der PVNS ist es relevant, sich im Folgenden die aktuelle Studienlage vor Augen zu führen.

1.10 Quantitative Studienlage

Für die Literaturrecherche über die PVNS und ihre Therapie, insbesondere mit RSO, und deren Einfluss auf das funktionelle Outcome wurden die Datenbanken Medline (via Pubmed) (Pubmed, 2025), sowie CENTRAL (Cochrane Library) (Cochranelibrary, 2025) und das Register für laufende klinische Studien clinicaltrials.gov (Clinicaltrial.gov, 2025) am 28.07.2023 durchsucht.

Die Recherche in der Cochrane Library über die aktuelle Studienlage der PVNS erbrachte 29 Studien in den letzten 13 Jahren (2010-2023). Es handelt sich dabei um internationale, nicht randomisierte klinische Studien. Diese Studien untersuchten die Wirkung von TKI oder CSF1-Antikörpern auf den Progress der PVNS, ohne auf andere adjuvante Therapien einzugehen.

Die Suche in Medline mit den Stichwörtern „pigmented villonodular synovitis“ OR „giant cell tumor of the tendon sheath“ lieferte 1812 Ergebnisse (Datum der Abfrage: 28.07.2023). In den letzten 13 Jahren sind im Durchschnitt 57 Publikationen pro Jahr im Zusammenhang mit PVNS/GCTTS erschienen. Seit der ersten registrierten Publikation von 1947 hat sich die jährliche Anzahl an Publikationen, verbunden mit der Erkrankung, verfünffacht. Bis 1980 wurden jährlich nicht mehr als 15 Publikationen mit dem Thema PVNS veröffentlicht. Erst mit der Entdeckung der Translokation im Chromosom 1 und der Überproduktion von CSF1 wurde das wissenschaftliche Interesse an den Behandlungsmethoden durch adjuvante Therapien größer. Die meisten Publikationen betreffen die diffuse PVNS insbesondere im Kniegelenk, da diese am häufigsten rezidiert (Daoud et al., 2018). Fast alle Studien haben die Rezidivrate, bezogen auf die chirurgische Therapie (offen vs. Arthroskopie), untersucht oder die Wirkung von TKI und deren Einfluss auf die Rezidivrate. In den meisten Studien wurden Algofunktionsscore erhoben, um die Funktionalität des betroffenen Gelenkes zu ermitteln. Auf diese wurde nicht weiter eingegangen, insbesondere bezogen auf die angewandte adjuvante Therapie. Aufgrund der Relevanz dieser Scores werden diese im folgenden Abschnitt näher erklärt.

1.11 Scores

Aufgrund der intraartikulären Raumforderung der PVNS kommt es in 86 % der Fälle zu einer Schwellung der betroffenen Gelenke und somit zu einer eingeschränkten Bewegungsfreiheit. Um die Funktionalität eines Gelenkes zu ermitteln, können funktionelle Scores erhoben werden. Da das Knie am häufigsten betroffen ist, werden in den Studien der „Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score“ (KOOS) und der „Lower Extremity Functional Scale“ (LEFS) sowie der „Knee Society Score“ (KSS) angewandt. Bei PVNS der Hüfte wird der „Hip Disability and Osteoarthritis Outcome Score“ (HOOS) erhoben. Zusätzlich wird ein „Quality of Life Score“ erhoben, wie der „European Quality of Life 5 Dimensions 5 Level“ (EQ5D5L), um die Funktionalität im Alltag nach Operation (OP) und gegebenenfalls adjuvanter Therapie zu ermitteln.

Aufgrund dessen wurden diese Scores ebenfalls in der hier vorliegenden Arbeit erhoben, um eine bessere Vergleichbarkeit mit der Literatur zu ermöglichen. Diese Scores werden im Folgenden vorgestellt (und sind im Anhang 10. vorzufinden).

Der Score der „Knee Society“ wurde 1989 von Insall et al. entwickelt und wird vor allem zur Nachuntersuchung von Patienten mit Kniegelenkendoprothesen verwendet (Insall et al., 1989). Die „Knee Society“ wurde 1983 als Organisation zu Lehr- sowie Forschungszwecken im Rahmen der Kniegelenkrekonstruktion gegründet. Der KSS findet auch bei anderen Erkrankungen des Kniegelenkes Anwendung. Er ist ein Algorfunktionsscore und ist somit ein Score, der anhand von Fragen sowohl die Schmerzen als auch die Funktion des betroffenen Gelenkes des Patienten quantifiziert (Scuderi et al., 2012)(siehe Anhang 10.3). Der KOOS-Kniefragebogen soll helfen, nachzuvollziehen, wie die Patienten im Alltag mit ihrem operierten Gelenk auskommen. Es wird nach Beschwerden, Steifigkeit, Schmerzen, Funktionsfähigkeit im Alltag und Lebensqualität in der letzten Woche gefragt (Roos, 2003). Jede Dimension des KOOS-Scores wird unabhängig berechnet und ausgewertet. Somit hat man insgesamt 5 verschiedene Punktwerte, mit denen man die jeweilige Dimension beurteilen kann (siehe Anhang 10.4). Die LEFS (siehe Anhang 10.5) ist ein Tool für die Evaluation der Funktionalität der unteren Extremität. Es werden 20 Fragen über die im Alltag erlebten Schwierigkeiten beim Durchführen von Aktivitäten beantwortet. Die Auswertung des Scores ist bei einer Punktzahl zwischen 70–80 „exzellent“, 60–69 „gut“, 50–59 „ausreichend“, unter 50 „schlecht“. (Binkley et al., 1999; Naal et al., 2015).

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) definiert Gesundheit als einen Zustand vollständigen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens (Franzkowiak und Hurrelmann, 2022). Messinstrumente, die ausschließlich den körperlichen Funktionszustand messen, stellen somit nur einen Teil der Gesundheit dar. Zu den klassischen Messinstrumenten, die die subjektive Gesundheit erfassen, gehört der EQ5D5L (Devlin, 2017). Dieser berücksichtigt 5 Merkmale: Beweglichkeit, Selbstversorgung, alltägliche Tätigkeiten, Schmerzen, Angst. Jedes Merkmal wird mit einem von 5 Möglichkeiten bewertet. Dabei geht es von keinen oder nicht vorhandenen Schmerzen oder Problemen für den besten bis zu extrem vorhandenen für den schlechtesten Wert. Dann soll auf einer Skala von 0 bis 100 angegeben werden, wie der Patient seine Gesundheit an dem Untersuchungstag am besten einschätzt (siehe Anhang 10.2).

1.12 Fragestellung und Zielsetzung

Zusammenfassend ist die PVNS eine seltene proliferative Erkrankung der Synovia. Sie betrifft am ehesten große Gelenke. Es werden histologisch zwei Subtypen mit unterschiedlichen Eigenschaften beschrieben. Sie ist aufgrund ihrer Ähnlichkeit mit anderen Synovialerkrankungen in der Bildgebung und ihrer unspezifischen klinischen Symptome schwierig zu diagnostizieren. Aufgrund der in 80 % der Fälle angegebenen Schmerzen im Alltag und des jungen Haupterkrankungsalters zwischen der 3. und 4. Lebensdekade ist sie trotz ihrer Seltenheit eine relevante Erkrankung, die einen hohen Leidensdruck aufgrund ihrer im Alltag einschränkenden Symptomatik bei den betroffenen Patienten verursachen kann. Aufgrund dessen ist ein Konsens über die adäquate Therapie für die Patienten mit PVNS von großer Bedeutung. Laut aktueller Datenlage gibt es keine Einigung darüber, ob eine adjuvante Therapie und insbesondere eine RSO zusätzlich zur operativen Resektion durchgeführt werden sollten (Gortzak et al., 2018; Koca et al., 2013). Im Rahmen der diffusen PVNS wird die RSO als adjuvante Therapie mit einem positiven Outcome, bezogen auf die Rezidivrate, durch die Forschungsgruppe um Capellen et al. gewertet. Es gab dennoch keinen statistisch signifikanten Unterschied, bedingt durch die kleinen Untersuchungskollektive (Capellen et al., 2018). Bei Erkrankungen mit geringer Mortalität und Morbidität treten die so genannten „weichen“ Endpunkte wie Funktionalität, Nebenwirkungsrate und Rezidivrate in den Vordergrund.

Bei Therapien mit potenziellen Nebenwirkungen wie Strahlennekrosen oder Bewegungseinschränkung, zum Beispiel im Rahmen der RSO, entscheidet sich die Wahl des Vorgehens praktisch nur nach diesen Kriterien. Es ist daher wichtig, diese Endpunkte näher zu untersuchen.

Die Fragestellung der vorliegenden Arbeit ist: Gibt es hinsichtlich der Funktionalität und Rezidivrate bei Patienten nach Resektion einer PVNS mit anschließender RSO im Vergleich zum Kollektiv ohne adjuvante RSO-Behandlung einen Unterschied? Und kann die adjuvante RSO im Rahmen der PVNS somit empfohlen werden?

2. Material und Methoden

2.1 Untersuchte Daten

In diese retrospektive Datenerhebung wurden alle Patienten der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikum Bonn, die im Zeitraum zwischen April 2010 und April 2020 aufgrund einer PVNS jedwedem Gelenks behandelt wurden, eingeschlossen. Es wurden die Daten aus den Patientenakten und dem elektronischen Krankenhausinformationssystem ORBIS (Daedalus Health Care Konrad-Zuse-Platz 1-3, 53227 Bonn) bis zum 1.04.2020 ausgewertet. Die erhobenen Daten bestanden aus Geschlecht, Alter bei Diagnose, Alter bei der OP, Datum und Ort der Resektion, Subtyp der PVNS, Lokalisation, Tumorausdehnung im größten Durchmesser, Weichgewebsinfiltration, Knorpelschäden, feingewebliche Untersuchung, körperliche Untersuchung mit Untersuchung auf Rötung, Schwellung, Schmerzen, Gelenkdysfunktion, Therapie mit RSO, Strahlentherapie, operative Therapie mit Datum, Operationsdauer, Qualität der Resektionsränder nach Enneking und nach UICC (Union Internationale Contre le Cancer), Zugangsart, Erlangen einer kompletten chirurgischen Remission, Erhalt einer Antibiotikaprophylaxe, postoperative physiotherapeutische Behandlung, Auftreten von Wundheilungsstörungen, Hämoglobinwert, Leukozyten und CRP-Werte postoperativ, Verlauf mit Lokalrezidiv, Komplikationen, letzter Patientenkontakt, letzter bekannter Status, bezogen auf Tumorfreiheit oder Rezidiv. Die Patienten wurden in eine Kontrollgruppe (nur Resektion der PVNS) und in eine RSO-Gruppe (Resektion und adjuvante postoperative RSO) aufgeteilt. Alle Daten wurden in Microsoft Excel für Windows 10 (Microsoft Corporation, One Microsoft Way, Redmond, WA 98052-6399, USA) dokumentiert und anonymisiert verarbeitet.

2.2 Ethikvotum

Für die retrospektive Analyse der Daten wurde ein positives Votum der Ethikkommission des Fachbereichs Medizin eingeholt (Studie 418/19). Alle ausgefüllten Aufklärungen und Fragebögen wurden im Rahmen der standardisierten Nachuntersuchungen in der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Bonn erhoben.

2.3 Erfassung des funktionellen Outcomes mittels Fragebögen

Zur Evaluation der Gelenkfunktion wurden folgende Scores erhoben (siehe Anhang 10.). Diese werden zudem im Abschnitt 1.11 erörtert. Bei allen Patienten wurden der EQ5D5L Score (Devlin, 2017) sowie der LEFS (Naal et al., 2015) zur Erhebung der Funktionalität im Alltag angewendet. Für Patienten mit einer PVNS im Kniegelenk wurden der KSS (Insall et al., 1989) sowie der KOOS (Collins et al., 2016) erhoben. Bei den Patienten mit einem Befall des Hüftgelenks wurde stattdessen der HOOS (Nilsson, 2011) ausgefüllt. Da es wenige Patienten mit Befall des Sprunggelenkes und Fußes gab, wurde kein eigener Score angewendet. Die Scores wurden von den Originalpublikationen und offiziellen Internetseiten der jeweiligen Verteiler auf Deutsch heruntergeladen (LEFS, 2025; HOOS, 2025; KOOS, 2025; Euroqol.org, 2025; KSS, 2025).

2.4 Statistische Auswertung

Für die statistische Analyse wurde das Statistikprogramm SPSS 16 für Microsoft Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) verwendet. Gruppenunterschiede wurden mit einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$ (Alpha- Signifikanzniveau 5 %) dargestellt. Die kontinuierlichen Daten für die Beschreibung der demographischen Verteilungen im Patientenkollektiv wurden mittels absoluter und relativer Häufigkeit sowie des Mittelwerts und Medians dargestellt. Mit Hilfe von Kreuztabellen wurde die relative Häufigkeit der möglichen Einflussfaktoren auf die Rezidivrate ermittelt. Die durchgeführten statistischen Tests umfassten den Chi² Test für die Rezidivrate und den Mann-Whitney-U-Test für die Unterschiede zwischen den Gruppen in den Score-Items zur Funktionalität. Der Chi² Test wurde angewandt, um zu überprüfen, ob es einen Unterschied zwischen den Rezidivraten in den zwei Gruppen (alleinige Operation und Operation + adjuvante RSO) gab mit der Hypothese H₀ „es gibt keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der beobachteten und der erwarteten Häufigkeit eines Rezidivs zwischen den zwei Gruppen“. Der Mann-Whitney-U-Test ist das verteilungsfreie Pendant zum parametrischen t-Test für unabhängige Stichproben. Dabei gilt als Voraussetzung für den Mann-Whitney-U-Test, dass die getestete Variable mindestens ordinalskaliert ist. Er ist daher für die Auswertung von kategorischen Scores geeignet.

3. Ergebnisse

3.1 Kollektiv

Im Zeitraum von April 2010 bis April 2020 wurden an der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Bonn 38 Patienten mit PVNS behandelt. In der vorliegenden Studie bestand das Patientenkollektiv aus 24 Frauen (63,2 %) und 14 Männern (36,8 %). Das durchschnittliche Alter der Patienten zum Zeitpunkt der ersten Behandlung lag bei $40,5 \pm 19,3$ Jahren (10 – 82 J.). Bei 23 (60,53 %) der Patienten bestand das Beschwerdebild seit weniger als 3 Monaten, 11 (28,95 %) litten seit mehr als 3 Monaten und bis zu einem Jahr unter der PVNS und 4 (10,52 %) hatten eine Anamnese bezüglich ihrer Gelenkbeschwerden, die länger als ein Jahr dauerte (siehe Tab. 1). Von den 38 konnten 20 (53 %) im Rahmen der geplanten Nachsorgeuntersuchung funktionell nachuntersucht werden und jeweils in die Kontrollgruppe oder die RSO-Gruppe eingeteilt werden. Das Follow-up betrug $4,5 \pm 2,25$ Jahre (2,25 – 6,75 J.).

Tab. 1: Zeitraum zwischen dem Auftreten der Beschwerden und dem Operationsdatum mit Aufteilung in RSO-Gruppe vs. Kontrollgruppe.

SCHMERZDAUER PRÄ OP	BIS 3 MONATE	4 BIS 12 MONATE	ÜBER 12 MONATE	INSGESAMT
N	23	11	4	38
THERAPIE RSO+RESEKTION/ NUR RESEKTION	20/3	4/7	1/3	38
%	60,53	28,95	10,52	100

3.2 PVNS Lokalisation

Unter den 38 Patienten des Untersuchungskollektives waren 24 (63,16 %) am Knie betroffen, 10 (26,32 %) am OSG und an den kleinen Gelenken des Fußes sowie 4 (10,52 %) an der Hüfte. Das untersuchte Kollektiv bestand aus 30 (78,95 %) Patienten mit einer nodulären PVNS und 8 (21,05 %) Patienten mit einer diffusen PVNS. Die linke und die rechte Seite waren gleich oft betroffen mit jeweils 19 (50 %) Patienten.

Unter den 30 Patienten mit nodulärer PVNS waren 20 Patienten (66,67 %) am Kniegelenk erkrankt, 2 am Hüftgelenk (6,67 %) und 8 Patienten (26,66 %) am Sprunggelenk bzw. an den kleineren interphalangealen Gelenken des Fußes.

Bei den 8 Patienten mit diffuser PVNS litten 5 Patienten (62,5 %) an einem Befall des Kniegelenks, 2 Patienten (25 %) am Befall des Hüftgelenks und ein Patient (12,5 %) am Befall des Sprunggelenks.

3.3 Symptome

Vor der Operation berichteten 33 (87 %) Patienten über Ruheschmerzen als häufigstes Symptom (Abb. 8) Davon klagten wiederum 15 (45 %) über eine belastungsabhängige Zunahme der Schmerzen. Das zweithäufigste Symptom war die Schwellung des Gelenks, welche 26 (68 %) der Patienten berichteten. Darunter trat diese häufig im Zusammenhang mit einer längeren Belastung des Gelenkes auf. Über eine Gelenkdysfunktion, wie etwa Streck- oder Beugedefizit, berichteten die Hälfte der Patienten. Die Patienten mit dem am häufigsten betroffenen Gelenk, dem Kniegelenk, waren in 30 % der Fälle schmerzfrei. Die übrigen 70 % klagten über leichte bis mäßige Beschwerden. Die Patienten, die an einem Befall der Hüfte litten, klagten alle über leichte Schmerzen in Ruhe nach längerer Belastung des Gelenkes. Sie empfanden ebenfalls Drehbewegungen und Rennen am beschwerdereichsten.

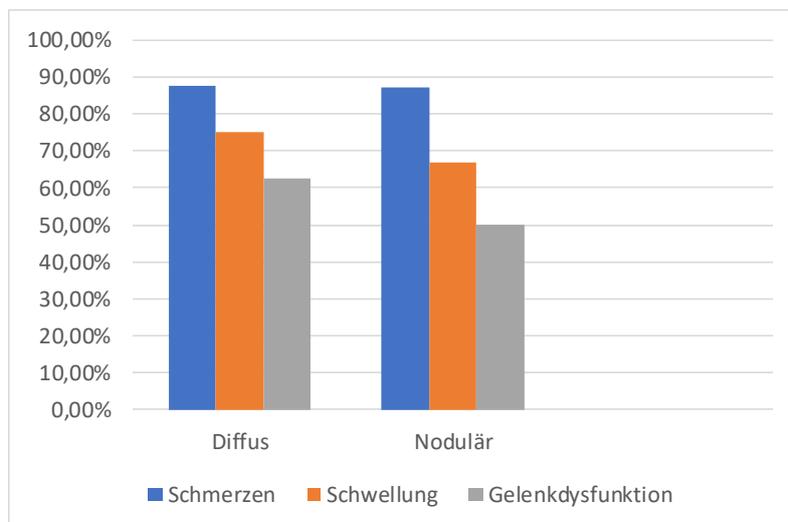


Abb. 8: Symptome der an PVNS erkrankten Patienten.

3.4 Behandlung

Von den 38 Patienten wurden 25 (66 %) mit einer adjuvanten RSO nach operativer Resektion behandelt und 13 (34 %) rein operativ. Von den 25 Patienten (65,79 %), die die RSO erhielten, waren wiederum 20 (80 %) von einer nodulären PVNS betroffen und 5 (20 %) von einer diffusen. Von den 13 (34 %) rein operativ behandelten Patienten hatten 10 (77 %) eine noduläre PVNS und 3 (23 %) die diffuse Form, wie in Tab. 2 aufgeführt.

Tab. 2: Therapieformen der behandelten Patienten je nach PVNS Subtyp.

SUBTYPTHERAPIE	NODULÄR	DIFFUS	INSGESAMT
RSO+RESEKTION	20	5	25
NUR RESEKTION	10	3	13
	30	8	38

3.5 Rezidivrate

In der rein operierten Gruppe zeigten sich 3 Rezidive (23 %). In der Gruppe mit der adjuvanten RSO kam es zu 4 Rezidiven (16 %) (in Tab. 3 dargestellt).

Tab. 3: Darstellung der Rezidivrate je nach Therapieform.

Therapie	Rezidiv	Kein Rezidiv	Gesamt
RSO+Resektion	2 diffus/ 2 nodulär	21	25
Nur Resektion	2 diffus/ 1 nodulär	10	13
Gesamt	7	31	38

Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen bei der Rezidivrate, bezogen auf die Therapie ($p=0.92$) (Tab. 4).

Tab. 4: Chi² Test, mit den beobachteten Werte, (den erwarteten Werten) und [die Chi² Statistik].

	Rezidiv	Kein Rezidiv	Gesamt
RSO+Resektion	4 (4.61) [0,08]	21 (20.39) [0,02]	25
Nur Resektion	3 (2.39) [0,15]	10 (10.61) [0,03]	13
	7	31	38

3.6 Funktionelles Outcome Knie

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der angewandten und ausgewerteten Algotfunktionsscore für die Patienten, die am Knie von der PVNS betroffen waren, präsentiert. Insgesamt waren es 14 (70 %) der 20 nachuntersuchten Patienten.

3.6.1 Knie Society Function Scale

Tab. 5: Auswertung der angegebenen Antworten der Patienten (RSO-Gruppe in grau, Kontroll-Gruppe in weiß)

<i>Patienten</i>	<i>Gefähigkeit</i>	<i>Treppen</i>
<i>PAT 1</i>	2	1
<i>PAT 2</i>	2	1
<i>PAT 3</i>	2	1
<i>PAT 4</i>	4	1
<i>PAT 5</i>	3	2
<i>PAT 6</i>	2	1
<i>PAT 7</i>	2	1
<i>PAT 8</i>	3	2
<i>PAT 9</i>	3	2
<i>PAT 10</i>	3	1
<i>PAT 11</i>	2	2
<i>PAT 12</i>	2	2
<i>PAT 13</i>	2	1
<i>PAT 14</i>	2	1

Die Antwortmöglichkeiten waren wie folgt angegeben: 1= unbegrenzte Gefähigkeit/Treppensteigen, 2= leicht eingeschränkte Gefähigkeit/Treppensteigen, 3= mäßig eingeschränkte Gefähigkeit, 4= sehr eingeschränkte Gefähigkeit.

Bei der RSO-Gruppe ergaben sich in den Fragebögen folgende Medianwerte: 3 für das Item „Gefähigkeit“ und 1 für das Item „Treppensteigen“ (Tab. 5). Bei den Patienten aus der Kontrollgruppe (ohne adjuvante RSO) ergab sich für das Item „Gefähigkeit“ ein Median von 2 und von 1 für das Item „Treppensteigen“.

Um zu prüfen, ob zwischen den beiden Gruppen ein statistisch signifikanter Unterschied vorliegt, wurde für die Score-Kategorien „Gefähigkeit“ und „Treppensteigen“, ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt (Tab. 6 und Tab. 7).

Tab. 6: Mann-Whitney-U-Test für das Item „Gefähigkeit“, Z= Vergleichbarkeit der Signifikanz.

Ränge für das Item „Gefähigkeit“			
Therapie	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Nur Resektion	6	7,17	43
Resektion+RSO	8	7,75	62
Gesamt	14		

Teststatistiken	
	Gefähigkeit
Mann-Whitney-U-Test	22
Z	-0,2291
Asymp. Sig. (2-seitig)	0,4094
Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]	,46

Tab. 7: Mann-Whitney-U-Test für das Item „Treppen steigen“, Z= Vergleichbarkeit der Signifikanz.

Ränge für das Item „Treppen steigen“			
Therapie	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Nur Resektion	6	7,33	44
Resektion+RSO	8	7,62	61
Gesamt	14		

Teststatistiken	
	Treppensteigen
Mann-Whitney-U-Test	23
Z	-0,07758
Asymp. Sig. (2-seitig)	0,4691
Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]	,48

Somit hatten die Patienten aus der Kontrollgruppe ohne RSO keinen statistisch signifikanten Unterschied zu den Patienten, die mit einer adjuvanten RSO behandelt wurden, für die Items „Gefähigkeit“ und „Treppensteigen“ (Gefähigkeit KI (Konfidenzintervall) = [11.169:36.831] und $p=0,8188$; Treppensteigen KI= [11.368 : 36.632] und $p=0,9382$).

3.6.2 Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score

Tab. 8: KOOS-Auswertung der angegebenen Antworten (RSO-Gruppe = grau, Kontrollgruppe= weiß)

<i>Patienten</i>	<i>aufstehen</i>	<i>Socken anziehen</i>	<i>sitzen</i>	<i>aufheben</i>	<i>drehen</i>	<i>knien</i>	<i>hocken</i>
<i>PAT1</i>	3	2	2	1	3	4	5
<i>PAT2</i>	1	1	1	1	2	1	1
<i>PAT3</i>	1	1	1	1	2	1	1
<i>PAT4</i>	4	2	3	5	5	5	5
<i>PAT5</i>	3	2	3	2	3	4	3
<i>PAT6</i>	2	2	2	3	1	3	4
<i>PAT7</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>PAT8</i>	2	1	2	2	3	3	3
<i>PAT9</i>	2	3	2	2	4	4	3
<i>PAT10</i>	1	1	2	2	3	3	3
<i>PAT11</i>	1	1	2	2	3	4	4
<i>PAT12</i>	1	2	2	2	3	3	3
<i>PAT13</i>	2	2	2	2	2	4	3
<i>PAT14</i>	2	1	1	1	3	4	3

Die Antwortmöglichkeiten waren wie folgt angegeben: 1= keine Schwierigkeiten, 2= wenige Schwierigkeiten, 3= mäßige Schwierigkeiten, 4= große Schwierigkeiten, 5= sehr große Schwierigkeiten, die Aktivität auszuführen.

Auf den KOOS-Fragebogen (Tab. 8) antworteten die Patienten der RSO-Gruppe folgendermaßen (Wert in Klammer= Median): Die meisten empfanden „aus dem Bett aufstehen“ (2), „Socken anziehen“ (2), „Sachen vom Boden aufheben“ (2) und „sitzen“ (2) als wenig einschränkend. Das „Drehen“ des von PVNS befallenen Gelenkes wurde als „mit einigen Schwierigkeiten“ bewertet (3). „Knien“ (4) und „hocken“ (3) waren ebenfalls mit einigen Beschwerden verbunden. Die Kontrollgruppe bewertete die Items wie folgt: „aus dem Bett aufstehen“ (2); „Socken anziehen“ (1); „Sachen vom Boden heben“ (2) und „sitzen“ (2) wurden als „nicht bis mit wenig Beschwerden“ bewertet. „Hocken“ (3) und „drehen“ (3) und „knien“ (4) wurden mit einigen Beschwerden angegeben und waren somit die beschwerdereichsten Items des Scores für beide untersuchten Gruppen.

Um zu prüfen, ob zwischen den beiden Gruppen ein statistisch signifikanter Unterschied vorliegt, wurde für die Score-Kategorien, bei denen es die größten Einschränkungen gab („knien“ und „hocken“), ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt (Tab. 9).

Tab. 9: Mann-Whitney-U-Test für das Item „knien“, Z= Vergleichbarkeit der Signifikanz.

Ränge für das Item „knien“			
Therapie	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Nur Resektion	6	7,42	44,50
Resektion+RSO	8	7,56	60,50
Gesamt	14		

Teststatistiken	
	Knien
Mann-Whitney-U-Test	23,500
Z	-0,068
Asymp. Sig. (2-seitig)	0,946
Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]	,950

Laut der Teststatistik ist das Ergebnis nicht signifikant ($p= 0.95$) (KI= [9.6589 : 38.3411]).

Tab. 10: Mann-Whitney-U-Test für das Item „hocken“, Z= Vergleichbarkeit der Signifikanz.

Ränge für das Item „hocken“			
Therapie	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Nur Resektion	6	6,92	41,5
Resektion+RSO	8	7,94	63,5
Gesamt	14		

Teststatistiken	
	Hocken
Mann-Whitney-U-Test	20,500
Z	-0,4167
Asymp. Sig. (2-seitig)	0,532
Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]	,573

Gleiches ergibt sich beim „hocken“ in Tab. 10. Das Ergebnis ist nicht signifikant ($p= 0,6769$) (KI = [9.8904 : 38.1096]).

3.6.3 Lower Extremity Function Scale (LEFS)

Tab. 11: LEFS-Auswertung der Antworten der Patienten (RSO-Gruppe=grau, Kontrollgruppe= weiß)

Patienten	Haus putz	Baden	Einkaufen	Auf stehen	Treppen	Gehen	Rutschig	Uneben	Steigung
PAT1	1	1	2	2	1	3	2	2	2
PAT2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAT3	1	1	1	1	1	1	1	2	1
PAT4	2	2	2	2	2	3	4	4	2
PAT5	1	2	2	2	2	2	3	3	2
PAT6	1	1	2	1	2	2	3	3	1
PAT7	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAT8	2	1	1	2	2	2	3	3	2
PAT9	1	1	1	1	2	2	3	3	1
PAT10	1	1	1	1	1	2	3	3	2
PAT11	1	1	1	1	3	2	3	3	2
PAT12	1	1	2	1	2	2	3	3	2
PAT13	1	1	1	1	2	2	3	3	2
PAT14	1	1	1	2	1	2	3	3	2

Die Antwortmöglichkeiten waren wie folgt angegeben: 1= keine Schwierigkeiten, 2= einige Schwierigkeiten, 3= mäßige Schwierigkeiten, 4= große Schwierigkeiten beim Ausführen der Aktivität.

„Treppengehen“ (2), „gehen“ (2), „Steigung“ (2) wurden von den Patienten mit einer RSO als „mit einigen Schwierigkeiten“ verbunden beschrieben. „Gehen auf unebenem Boden“ (3) und „rutschiger Boden“ (3) wurden als „eher mäßig schwierig“ beschrieben. Aktivitäten wie „Hausputz“ (1), „baden“ (1), „aufstehen“ (1), wurden von den Patienten als „nicht funktionell“ einschränkend bewertet.

Die Kontrollgruppe empfand es wie folgt: „Treppengehen“ (1), „gehen“ (2), „Steigung“ (2), „Hausputz“ (1), „baden“ (1) und „aufstehen“ (1) wurden von den Patienten als „wenig funktionell einschränkend“ bewertet. „Gehen auf unebenem Boden (3) oder rutschigem Boden“ (3) wurde als „mit mäßigen Schwierigkeiten“ bewertet (Tab. 11).

Um zu prüfen, ob zwischen den beiden Gruppen ein statistisch signifikanter Unterschied vorliegt, wurde für die Score-Kategorien, bei denen es die größten Einschränkungen gab („rutschiger und unebener Boden“), ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt (Tab. 12 und Tab. 13).

Tab. 12: Mann-Whitney-U-Test für das Item „rutschiger Boden“, Z= Vergleichbarkeit der Signifikanz.

Ränge für das Item „rutschiger Boden“			
Therapie	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Nur Resektion	6	7,83	47
Resektion+RSO	8	7,25	58
Gesamt	14		

Teststatistiken	
	Rutschig
Mann-Whitney-U-Test	26,000
Z	-0,757
Asymp. Sig. (2-seitig)	0,449
Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]	,573

Tab. 13: Mann-Whitney-U-Test für das Item „unebener Boden“, Z= Vergleichbarkeit der Signifikanz.

Ränge für das Item „unebener Boden“			
Therapie	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Nur Resektion	6	6,75	40,50
Resektion+RSO	8	8,06	64,50
Gesamt	14		

Teststatistiken	
	Uneben
Mann-Whitney-U-Test	25,500
Z	-0,679
Asymp. Sig. (2-seitig)	0,497
Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]	,573

Zwischen den beiden Gruppen zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied für die Items „rutschiger oder unebener Boden“ ($p=0,8204$ und $KI= [11.0511;36.9489]$ bei „rutschiger Boden“ und $p=0,88$ und $KI= [11.0121;36.9879]$ für „unebener Boden“).

3.7 Funktionelles Outcome Fuß, OSG, Hüfte

3.7.1 Hip injury and Osteoarthritis Outcome Score

Tab. 14: HOOS-Auswertung der angegebenen Antworten der Patienten (RSO-Gruppe= grau, Kontrollgruppe= weiß)

<i>Patienten</i>	<i>Treppen gehen</i>	<i>Badewanne aussteigen</i>	<i>sitzen</i>	<i>rennen</i>	<i>drehen</i>
<i>PAT1</i>	1	1	1	2	1
<i>PAT2</i>	4	1	1	5	4
<i>PAT3</i>	1	1	2	3	4
<i>PAT4</i>	1	1	2	1	1
<i>PAT5</i>	2	1	1	3	2
<i>PAT6</i>	3	2	1	4	3

Die Antwortmöglichkeiten waren wie folgt angegeben: 1= keine Schwierigkeiten, 2= wenige Schwierigkeiten, 3= mäßige Schwierigkeiten, 4= große Schwierigkeiten, 5= sehr große Schwierigkeiten, die Aktivität auszuführen.

2 Patienten waren am Fuß, 2 am oberen Sprunggelenk und 2 an der Hüfte von PVNS betroffen. Davon wurden 2 mit einer PVNS am Fuß mit einer neoadjuvanten RSO behandelt. Die Median-Werte der Patienten, die eine adjuvante RSO erhielten, waren für den HOOS-Score wie folgt: „Treppengehen“ (3), „rennen“ (4) und „drehen“ (3) und somit als mit mäßig bis große Schwierigkeiten auszuführen verbunden. „Aus der Badewanne steigen“ und „sitzen“ (1) wurden „ohne Schwierigkeiten im Alltag“ empfunden. Die Patienten, die rein operativ behandelt worden waren, hatten folgende Median-Werte für die Score-Items: „Treppengehen“ (1), „rennen“ (3) und „drehen“ (2) und somit nur wenige Beschwerden. „Aus der Badewanne steigen“ (1) und „sitzen“ (1) waren ebenfalls „ohne Schwierigkeiten im Alltag“ (Tab. 14). Für diesen Endpunkt erfolgte keine statistische Auswertung aufgrund der niedrigen Fallzahl. Anhand der Median-Werte ist von weniger Schwierigkeiten im Ausführen dieser Aktivitäten im Alltag in der Gruppe die keine RSO erhielt auszugehen.

3.8 Funktionalität im Alltag

Mit dem EQ5DL (Tab. 15) werden die Funktionalität und Lebensqualität der Patienten mit dem operierten Gelenk im Alltag objektiviert. Nach der Resektion des Tumors sind die wichtigsten Determinanten die Mobilität und die Schmerzen, die mit dem Eingriff einhergehen. Die Antwortmöglichkeiten waren wie folgt angegeben: 1= keine Schwierigkeiten, 2= wenige Schwierigkeiten, 3= einige Schwierigkeiten, 4= große Schwierigkeiten, 5= sehr große Schwierigkeiten, die Aktivität im Alltag auszuführen.

Die Gruppe mit der RSO-Nachbehandlung erhielten folgende Median-Werte: „Mobilität“ (2), „selbst versorgen“ (1), „Alltag bewältigen“ (1), „Schmerzen“ (2), „Angst“ (2). Die Kontrollgruppe gab Folgendes an: „Mobilität“ (2), „selbst versorgen“ (1), „Alltag bewältigen“ (1), „Schmerzen“ (2), „Angst“ (1).

Im EQ5DL sollten die Patienten ihre Gesundheit am Tage der Befragung bewerten. Diese ergab einen Median-Wert von 80 in der RSO-Gruppe und 90 in der Kontrollgruppe.

Tab. 15: EQ5DL-Auswertung (RSO-Gruppe= grau, Kontrollgruppe= weiß).

<i>Patienten</i>	<i>Mobilität</i>	<i>Selbst versorgen</i>	<i>Alltag bewältigen</i>	<i>Schmerzen</i>	<i>Angst</i>	<i>Gesundheit</i>
<i>PAT1</i>	1	1	1	1	2	80
<i>PAT2</i>	1	1	1	2	1	90
<i>PAT3</i>	1	1	1	1	1	90
<i>PAT4</i>	3	1	2	3	2	70
<i>PAT5</i>	1	1	1	1	1	85
<i>PAT6</i>	3	1	3	3	2	55
<i>PAT7</i>	2	1	1	3	1	80
<i>PAT8</i>	2	1	2	2	1	85
<i>PAT9</i>	2	1	1	2	2	80
<i>PAT10</i>	1	1	2	3	1	70
<i>PAT11</i>	2	1	1	2	1	90
<i>PAT12</i>	2	1	1	2	2	85
<i>PAT13</i>	1	1	1	1	1	100
<i>PAT14</i>	3	1	1	1	1	90
<i>PAT15</i>	2	1	2	3	2	90
<i>PAT16</i>	1	1	1	1	1	100
<i>PAT17</i>	2	1	2	3	1	70
<i>PAT18</i>	3	1	2	2	2	80
<i>PAT19</i>	1	1	1	2	1	70
<i>PAT20</i>	2	1	1	3	1	90

Um zu prüfen, ob zwischen den beiden Gruppen ein statistisch signifikanter Unterschied vorliegt, wurde für die Score-Kategorien, bei denen sich die höchsten Medianwerte ergaben („Gesundheit und Schmerzen“), ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt.

Tab. 16: Mann-Whitney-U-Test für das Item „Schmerzen“, Z= Vergleichbarkeit der Signifikanz.

Ränge für das Item „Schmerzen“			
Therapie	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Nur Resektion	10	10,85	108,5
Resektion+RSO	10	10,15	101,5
Gesamt	20		

Teststatistiken	
	Schmerzen
Mann-Whitney-U-Test	46,500
Z	0,226
Asymp. Sig. (2-seitig)	0,173
Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]	,218

Tab. 17: Mann-Whitney-U-Test für das Item „Gesundheit“, Z= Vergleichbarkeit der Signifikanz.

Ränge für das Item „Gesundheit“			
Therapie	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Nur Resektion	10	12,25	122,5
Resektion+RSO	10	8,75	87,5
Gesamt	20		

Teststatistiken	
	Gesundheit
Mann-Whitney-U-Test	32,500
Z	-0,132
Asymp. Sig. (2-seitig)	0,895
Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]	,912

Für beide getesteten Variablen war der Unterschied statistisch nicht signifikant (für das Item „Schmerzen“ $p=0,81$ und $KI= [25.5469;74.4531]$ und für das Item „Gesundheit“ $p=0,1885$ und $KI= [24.6637;75.3363]$).

4. Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit war die retrospektive Analyse des funktionellen Outcomes sowie der Rezidivrate von Patienten nach adjuvanter RSO im Vergleich zur alleinigen operativen Therapie einer PVNS. Da diese eine seltene Erkrankung darstellt (Inzidenz 1,8/1 Millionen), ist die vorliegende Datenlage gering. Es wurde eine retrospektive Analyse der Patientendaten von April 2010 bis April 2020 der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Bonns durchgeführt. Anhand von Algotfunktionsscores konnte das funktionelle Outcome quantifiziert werden. In der vorliegenden Arbeit wurden die Score-Kategorien getestet, bei denen die größten funktionellen Einschränkungen im Alltag erwartet und von den Patienten als solche eingestuft wurden. Somit wurden die Items „knien“, „hocken“, „Schmerzen“ und „Zufriedenheit“ aus dem KOOS, HOOS und EQ5D5L-Scores getestet, da diese als klinisch am relevantesten erachtet werden (van der Heijden et al., 2016).

In dieser retrospektiven Datenerhebung konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen in Bezug auf Funktionalität des Gelenks, Schmerzen und Rezidivrate der PVNS, bezogen auf die Therapie, gefunden werden. Auf der Grundlage dieser Daten kann ein Vorteil der adjuvanten RSO nach operativer Resektion einer PVNS weder für die Rezidivwahrscheinlichkeit noch für die Gelenkfunktion geschlussfolgert werden.

Nach einer erneuten Literaturrecherche im Juli 2024 mit den Suchbegriffen (pigmented villonodular synovialitis OR tenosynovial giant cell tumor) AND „radiosynoviorthesis“ AND „functional outcome“ bei PubMed im Vergleich zu der ursprünglichen Recherche im Juli 2023 (Pubmed, 28.07.2023) konnten lediglich 2 Publikationen herangezogen werden. Die retrospektive Analyse von Schindler et al. (2024) beschränkte sich auf die Rezidivrate nach Synovektomie und adjuvanter RSO bei Synovitis im Kniegelenk, nicht spezifisch auf die PVNS bezogen (Schindler et al., 2024). Sie untersuchten 37 Patienten die zwischen 2005 und 2016 mit einer PVNS, rheumatoiden Arthritis oder Spondyloarthritis diagnostiziert wurden und eine Synovektomie sowie adjuvante RSO erhielten. Hierbei wurde die Rezidivrate untersucht. Bei den 11 untersuchten Patienten mit PVNS waren 63,6% nach 2 Jahren nach Synovektomie und adjuvanter RSO rezidivfrei. Das funktionelle Outcome wurde anhand des Oxford Knee Scores untersucht. Dabei ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Patienten mit einer PVNS,

einer rheumatoiden Arthritis oder einer Spondyloarthritis. In dieser Studie ging es vordergründig um die Rezidivrate je nach Krankheitsbild und nicht spezifisch bezogen auf die PVNS und das funktionelle Outcome je nach angewandter Therapie.

Im Rahmen ihrer retrospektiven Studie untersuchten Bruns et al. (2013), 173 Patienten, die zwischen 1980 und 2002 in Deutschland oder Österreich an 10 unterschiedlichen Zentren mit einer PVNS diagnostiziert wurden. Von diesen Patienten wurden 17% mit einer adjuvanten Therapie behandelt (RSO, perkutanen Bestrahlung oder Phenole). Die Zentren, die häufiger Patienten behandelten, hatten niedrigere Rezidivraten. Patienten, die eine adjuvante Therapie erhielten, erlitten dabei kein Rezidiv. Aufgrund der kleinen Fallzahl war das Ergebnis jedoch nicht statistisch signifikant. Bezogen auf die Funktionalität wurde nicht auf die durchgeführte Therapie eingegangen, lediglich auf den klinischen Status nach Operation unabhängig einer adjuvanten Therapie (Bruns et al., 2013).

In Hinblick auf die Funktionalität in Zusammenhang der PVNS gibt es wenig Angaben in der Literatur. Van der Heijden et al. (2016) untersuchten die Funktionalität im Rahmen der PVNS Therapie, verfolgten jedoch ein anderes Studiendesign und nahmen keinen Bezug auf die RSO. Sie untersuchten, ob sie Crowdsourcing bei Facebook und Online-Umfragen nutzen konnten, um die PVNS näher zu untersuchen, da die Erkrankung durch ihre Seltenheit es oft nicht ermöglicht ein größeres Patientenkollektiv zu bilden. Ziel des Crowdsourcings ist es, anhand von Internetaufrufen größere Personengruppen zu adressieren. Von den 1112 Personen in der Facebook-Gruppe konnten lediglich 272 für die erste Befragung rekrutiert werden und 72 für die zweite. Somit ist das Kollektiv in seiner Größe mit anderen Studien vergleichbar und durch das Crowdsourcing nicht deutlich aussagekräftiger. Die Autoren stellten bei den online befragten Patienten, die an einer diffusen PVNS litten, einen schlechteren funktionellen Outcome-Score fest (die angewandten Scores waren KOOS und HOOS, auch in unserer Arbeit ausgewertet sowie der Toronto extremity salvage score (TESS) und der Short Form - 36 (SF-36)). Patienten, die mehrmals operiert worden waren, empfanden ebenfalls größere Schwierigkeiten im Alltag mit dem betroffenen Gelenk. Die Untersucher gingen jedoch nicht auf adjuvante Therapien ein und verglichen die arthroskopischen und offenen chirurgischen Zugänge miteinander.

Diese erwiesen sich als nicht signifikant unterschiedlich, bezogen auf die Ergebnisse der funktionellen Outcome-Scores (wie zum Beispiel der KOOS und HOOS, auch in unserer Arbeit angewendet), die die Patienten online ausfüllten (van der Heijden et al., 2016).

Eine weitere Studie, welche den Schwerpunkt auf die Funktionalität im Rahmen einer Behandlung der PVNS legt, ist die von Palmerini et al. (2015), wobei auch diese Studie keine Aussage über die RSO trifft. Diese Studie von 2015 erforschte das funktionelle Outcome je nach Radikalität der chirurgischen Resektion der PVNS bei 294 Patienten. Die Autoren schlussfolgerten, dass die vollständige Resektion nach wie vor die Hauptbehandlungsmethode darstellt. Es sei dennoch individuell abzuwägen, ob eine weite Resektion (Resektion mit Sicherheitsabstand. Hierbei wird auch gesundes Gewebe entfernt) notwendig sei, da diese Funktionseinschränkungen verursachen kann. Die Tatsache, dass mehr als die Hälfte der Patienten im untersuchten Kollektiv mit makroskopisch unvollständigen Resektionen nach 5 Jahren kein Rezidiv zeigten, würde einen zurückhaltenden Therapieansatz ohne adjuvante Therapien oder multiple Operationen zur kompletten Resektion des Tumors rechtfertigen (Palmerini et al., 2015b).

In der vorliegenden Studie bleibt die anfangs erwähnte medikamentöse Therapieform mittels TKI unberücksichtigt. Diese wird bei Patienten mit erheblicher Gelenkdestruktion durch rezidivierende PVNS gemäß gegenwärtiger Literatur empfohlen (Palmerini et al., 2020; Rebuzzi et al., 2020; Tap, 2020). Sie konnte in dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden, weil keiner der Patienten im untersuchten Kollektiv diese erhalten hatte. Die neueren TKI werden nach und nach in prospektiven, randomisierten Studien untersucht und diskutiert. Evactuzumab erwies sich in einem Kollektiv von 29 Patienten bei 24 (86 %) als wirksam. Bei diesen Patienten konnte zudem teilweise ein Regress des Tumors beobachtet werden (Cassier et al., 2015). Sie stellen somit eine vielversprechende Therapieoption für Patienten dar, bei denen die CSF1-Mutation nachgewiesen werden kann oder eine chirurgische therapierefraktäre PVNS vorliegt. Der Aspekt der Anwendung von TKI im Rahmen der PVNS bedarf also einer weiteren Abklärung und könnte in Zukunft die Behandlungsstrategie bei der PVNS noch weiter beeinflussen.

Die Limitationen der Studie liegen zum einen in der geringen Patientenzahl, welche folglich eine geringe statistische Power zur Detektion von Unterschieden zwischen den Patientengruppen hat. Der Grund für das kleine Patientenkollektiv ist der Seltenheit der Erkrankung geschuldet. Eine mögliche Verbesserung dieser Limitation wäre zum Beispiel ein multizentrisches Studiendesign. Die in dieser Studie untersuchten Parameter, greifen mit der Rezidivrate als „hartem“ Endpunkt einen wichtigen Aspekt der Erkrankung auf. „Weiche“ Endpunkte (engl. patient-centered outcomes) wie funktionelle Outcome-Scores hingegen sind sinnvoll, um die für den Patienten im Alltag relevanten Einschränkungen zu quantifizieren und zu erheben. Doch die Anwendung von subjektiven Scores kann nur eingeschränkt objektiviert werden. Aufgrund der retrospektiven Datenerhebung war eine nachträgliche Erfassung der Bewegungsgrade des betroffenen Gelenks als objektiver Parameter nicht mehr möglich, da diese nur unvollständig dokumentiert oder mit „normwertiger Gelenkbeweglichkeit“ oder „leicht reduziertem ROM“ quantifiziert wurden und daher einer statistischen Auswertung nicht zugänglich waren.

Auf der Basis dieser studienbezogenen Daten bzgl. der Scores zur Funktionalität sowie der Analyse der Rezidivrate ist nach Auffassung der Autorin zu schlussfolgern, dass die alleinige Resektion und die Resektion mit adjuvanter RSO in ihrem Outcome keinen Unterschied zeigen. In puncto funktionelles Outcome gibt es tendenzielle, jedoch statistisch nicht signifikante Unterschiede. Die Datenlage zur Radiosynoviorthese bei PVNS ist insgesamt allerdings nach wie vor begrenzt und ein eindeutiger Benefit konnte bisher nur selten nachgewiesen werden. In Anbetracht des Risiko- und Nebenwirkungsprofils dieser adjuvanten Therapieform ist dessen Erfordernis weiterhin zu hinterfragen. Die hier erhobenen Daten machen aufgrund des kleinen Kollektivs die Notwendigkeit einer multizentrischen Erhebung deutlich.

5. Zusammenfassung

Die PVNS ist eine seltene proliferative Erkrankung vor allem des jungen Menschen mit schmerzhaften Gelenkbeschwerden. Der Goldstandard der Behandlung ist die operative Resektion. In der Literatur wurde in den letzten Jahren zunehmend die RSO als Rezidivprophylaxe aufgeführt. Ihr Nutzen bleibt in Ermangelung suffizienter Daten umstritten. Ziel der vorliegenden Arbeit war die retrospektive Auswertung eines Patientenkollektivs nach operativer Behandlung einer PVNS hinsichtlich der Rezidivrate und Gelenkfunktion in Abhängigkeit der Durchführung einer adjuvanten RSO. In dieser retrospektiven Datenerhebung konnten zwischen April 2010 und April 2020 38 Patienten eingeschlossen werden, bei denen in der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Bonn eine PVNS diagnostiziert und behandelt wurde. Die Gelenkfunktion wurde anhand der KOOS, HOOS, LEFS und EQ5D5L-Fragebögen ermittelt. Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS 16 für Microsoft Windows. Gruppenunterschiede wurden mit dem Mann-Whitney-U-Test sowie Chi² Test ermittelt. Eine statistische Signifikanz wurde ab einem p-Wert von $< 0,05$ (Alpha-Signifikanzniveau 5 %) angenommen. Von den 38 untersuchten Patienten erhielten 25 (66 %) eine adjuvante RSO nach operativer Resektion der PVNS und 13 (34 %) Patienten wurden rein operativ behandelt. In der Kontrollgruppe ohne adjuvante RSO zeigten sich 3 Rezidive (23 %). In der RSO-Gruppe kam es zu 4 Rezidiven (16 %). Es gab keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Hinsichtlich der ausgewerteten Algorfunktionsscores ergab sich für die getesteten Items aus dem KOOS, dem LEFS, dem KSS und dem EQ5D5L kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen. Somit zeigen die Ergebnisse keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen in Bezug auf die Rezidivrate oder die Gelenkfunktion. Die Hauptlimitation der Studie ist die geringe Anzahl an Patienten. Auf der Grundlage der vorliegenden Daten konnte kein Vorteil der RSO, bezogen auf die Rezidivrate und die Gelenkfunktion, nachgewiesen werden, so dass unter gleichzeitiger Berücksichtigung der einschlägigen Literatur deren adjuvante Durchführung nicht empfohlen werden kann.

6. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Röntgenaufnahme einer 35-jährigen Patientin mit nodulärer PVNS und begleitende Verkalkungen (mit weißen Pfeilen markiert) im rechten Kniegelenk	11
Abb. 2: 37-jährige Patientin mit diffuser PVNS im rechten Kniegelenk (mit weißen Pfeilen markiert, sogenanntes „Blooming“).	13
Abb. 3: 37-jährige mit nodulärer PVNS am rechten DIV (mit weißem Pfeil markiert).	13
Abb. 4: 13-jähriger Patient mit einem Synovialsarkom (mit weißem Pfeil markiert) des distalen dorsalen Oberschenkels (El-Feky und Desai, 2020).	15
Abb. 5: 75-jährige Patientin mit synovialer Chondromatose (mit weißem Pfeil markiert) im rechten Knie (Sheikh und Schubert, 2012)	16
Abb. 6: 7-jähriger Patient mit hämophiler Arthropathie im rechten Kniegelenk (mit weißem Pfeil markiert (Hacking und Khateeb, 2020).....	17
Abb. 7: 20-jähriger Patient mit retropatellarem Hämangiom im rechten Knie (mit weißem Pfeil markiert) (Haouimi, 2020).	18
Abb. 8: Symptome der an PVNS erkrankten Patienten.	28

7. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Zeitraum zwischen dem Auftreten der Beschwerden und dem Operationsdatum mit Aufteilung in RSO-Gruppe vs. Kontroll-Gruppe.....	27
Tab. 2: Therapieformen der behandelten Patienten je nach PVNS Subtyp.....	29
Tab. 3: Darstellung der Rezidivrate je nach Therapieform	29
Tab. 4: Chi ² Test, mit den beobachteten Werte, (den erwarteten Werten) und [die Chi ² Statistik].....	29
Tab. 5: Auswertung der angegebenen Antworten der Patienten (RSO-Gruppe in grau, Kontroll-Gruppe in weiß)	30
Tab. 6: Mann-Whitney-U-Test für das Item Gehfähigkeit, Z= Vergleichbarkeit der Signifikanz	31
Tab. 7: Mann-Whitney-U-Test für das Item Treppen steigen, Z= Vergleichbarkeit der Signifikanz	31
Tab. 8: KOOS Auswertung der angegebenen Antworten (RSO-Gruppe =grau, Kontroll-Gruppe =weiß)	32
Tab. 9: Mann-Whitney-U-Test für das Item Knien, Z= Vergleichbarkeit der Signifikanz .	33
Tab. 10: Mann-Whitney-U-Test für das Item Hocken, Z= Vergleichbarkeit der Signifikanz	33
Tab. 11: LEFS Auswertung der Antworten der Patienten (RSO-Gruppe=grau, Kontroll-Gruppe= weiß)	34
Tab. 12: Mann-Whitney-U-Test für das Item rutschiger Boden, Z= Vergleichbarkeit der Signifikanz	35
Tab. 13: Mann-Whitney-U-Test für das Item unebener Boden, Z= Vergleichbarkeit der Signifikanz	35
Tab. 14: HOOS Auswertung der angegebenen Antworten der Patienten (RSO-Gruppe=grau, Kontroll-Gruppe=weiß)	36
Tab. 15: EQ5D5L Auswertung (RSO-Gruppe=grau, Kontroll-Gruppe= weiß)	37
Tab. 16: Mann-Whitney-U-Test für das Item Schmerzen, Z= Vergleichbarkeit der Signifikanz	38
Tab. 17: Mann-Whitney-U-Test für das Item Gesundheit, Z= Vergleichbarkeit der Signifikanz	38

8. Literaturverzeichnis

André V, Dalibard V, Dernis E, Varin S, Cormier G. Current role for radioisotope synovectomy. *Joint Bone Spine* 2018; 85: 295–299

Bernthal NM, Ishmael CR, Burke ZDC. Management of Pigmented Villonodular Synovitis (PVNS): an Orthopedic Surgeon's Perspective. *Curr Oncol Rep* 2020; 22: 63

Binkley JM, Stratford PW, Lott SA, Riddle DL. The Lower Extremity Functional Scale (LEFS): scale development, measurement properties, and clinical application. North American Orthopaedic Rehabilitation Research Network. *Phys Ther.* 1999;79(4):371-383

Botez P, Sirbu PD, Grierosu C, Mihailescu D, Savin L, Scarlat MM. Adult multifocal pigmented villonodular synovitis--clinical review. *Int Orthop* 2013; 37: 729–733

Bruns J, Ewerbeck V, Dominkus M, Windhager R, Hassenpflug J, Windhagen H, Hovy L, Loehr J, Krauspe R, Duerr HR. Pigmented villo-nodular synovitis and giant-cell tumor of tendon sheaths: a binational retrospective study. *Arch Orthop Trauma Surg* 2013; 133: 1047–1053

Capellen CF, Tiling R, Klein A, Baur-Melnyk A, Knösel T, Birkenmaier C, Roeder F, Jansson V, Dürr HR. Lowering the recurrence rate in pigmented villonodular synovitis: A series of 120 resections. *Rheumatology (Oxford)* 2018; 57: 1448–1452

Cassier PA, Gelderblom H, Stacchiotti S, Thomas D, Maki RG, Kroep JR, van der Graaf WT, Italiano A, Seddon B, Dômont J, Bompas E, Wagner AJ, Blay J-Y. Efficacy of imatinib mesylate for the treatment of locally advanced and/or metastatic tenosynovial giant cell tumor/pigmented villonodular synovitis. *Cancer* 2012; 118: 1649–1655

Clinicaltrial.gov., 2025: Clinicaltrial.gov TGCT research. Verfügbar unter <https://www.clinicaltrials.gov/search?cond=TGCT> (Zugriffsdatum: 28.07.2023)

Cochranelibrary., 2025: Cochrane Library TGCT research. Verfügbar unter <https://www.cochranelibrary.com/search?cond=TGCT> (Zugriffsdatum: 28.07.2023)

Collins NJ, Prinsen CAC, Christensen R, Bartels EM, Terwee CB, Roos EM. Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): systematic review and meta-analysis of measurement properties. *Osteoarthritis Cartilage* 2016; 24: 1317–1329

Dal Cin P, Sciort R, Samson I, De Smet L, De Wever I, Van Damme B, Van den Berghe H. Cytogenetic characterization of tenosynovial giant cell tumors (nodular tenosynovitis). *Cancer Res.* 1994;54(15):3986-7.

Dangoor A, Seddon B, Gerrand C, Grimer R, Whelan J, Judson I. UK guidelines for the management of soft tissue sarcomas. *Sarcoma* 2016; 6: 20

Daoud J, Aouad D, Hassan Y, El Rassi G. Localized Pigmented Villonodular Synovitis of the Posterior Knee Compartment with Popliteal Vessel Compression: A Case Report of Arthroscopic Resection Using Only Anterior Knee Portals. *Case Rep Orthop* 2018; 2018: 7532358

De Beuckeleer L, De Schepper A, De Belder F, Van Goethem J, Marques MC, Broeckx J, Verstraete K, Vermaut F. Magnetic resonance imaging of localized giant cell tumour of the tendon sheath (MRI of localized GCTTS). *Eur Radiol.* 1997;7(2):198-201

Devlin NJ. EQ-5D and the EuroQol Group: Past, Present and Future. *Appl Health Econ Health Policy* 2017; 15: 127–137

Dorwart RH, Genant HK, Johnston WH, Morris JM. Pigmented villonodular synovitis of synovial joints: clinical, pathologic, and radiologic features. *AJR Am J Roentgenol.* 1984;143(4):877-85

Eilber FC, Dry SM. Diagnosis and management of synovial sarcoma. *J Surg Oncol* 2008; 97: 314–320

El-Feky M, Desai P; 2005: Synovial sarcoma: <https://radiopaedia.org/cases/synovial-sarcoma-2#image-487358> (Zugriffsdatum: 03.05.2020)

Errani C, Traina F, Perna F, Calamelli C, Faldini C. Current concepts in the biopsy of musculoskeletal tumors. *ScientificWorldJournal* 2013; 2013: 538152

Euroqol.org., 2025. EQ5D5L. Verfügbar unter <https://euroqol.org/register/obtain-eq-5d/available-versions/>(Zugriffsdatum: 03.07.2019)

Fałek A, Niemunis-Sawicka J, Wrona K, Szczypiór G, Rzepecka-Wejs L, Ciężczyk K, Burdan M, Puderecki M, Burzec P, Marzec-Kotarska B, Szumiło J, Burdan F. Pigmented villonodular synovitis. *Folia Med Crac* 2018a; 58: 93–104

- Fecek C, Carter KR., 2023: Pigmented Villonodular Synovitis. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK549850/> (Zugriffsdatum: 07.08.2023)
- Franzkowiak P, Hurrelmann K. Gesundheit: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) 2022; 224-i023-1.0.
- Gelhorn HL, Tong S, McQuarrie K, Vernon C, Hanlon J, Maclaine G, Lenderking W, Ye X, Speck RM, Lackman RD, Bukata SV, Healey JH, Keedy VL, Anthony SP, Wagner AJ, Hoff DD von, Singh AS, Becerra CR, Hsu HH, Lin PS, Tap WD. Patient-reported Symptoms of Tenosynovial Giant Cell Tumors. *Clin Ther* 2016; 38: 778–793
- Gortzak Y; Vitenberg M, Frenkel Rutenberg T, Kollender Y, Dadia S, Sternheim A, Morag G, Farkash U, Rath E, Kramer M, Drexler M. Inconclusive benefit of adjuvant ⁹⁰Yttrium hydroxyapatite to radiosynovectomy for diffuse-type tenosynovial giant-cell tumour of the knee. *Bone Joint J.* 2018;100-B(7):984-988
- Gouin F, Noailles T. Localized and diffuse forms of tenosynovial giant cell tumor (formerly giant cell tumor of the tendon sheath and pigmented villonodular synovitis). *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017 ;103(1S):91-97.
- Granowitz SP, D'Antonio J, Mankin HL. The pathogenesis and long-term end results of pigmented villonodular synovitis. *Clin Orthop Relat Res.* 1976 ;(114):335-351
- Greenfield MM, Wallace KM. Pigmented Villonodular Synovitis. *Radiology*; 54:350-356
- Hacking C, Khateeb A.,2016: Haemophilic arthropathy. <https://radiopaedia.org/cases/haemophilic-arthropathy-2?lang=us> (Zugriffsdatum: 03.05.2020)
- Haouimi A., 2020: Synovial haemangioma - knee. <https://radiopaedia.org/cases/synovial-haemangioma-knee> (Zugriffsdatum: 03.05.2020)
- Hillen TJ, Baker JC, Jennings JW, Wessell DE. Image-guided biopsy and treatment of musculoskeletal tumors. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2013; 17: 189–202
- HOOS, 2025: Hip Osteoarthritis Outcome Score. Verfügbar unter <https://orthotoolkit.com/hoos/> (Zugriffsdatum: 03.07.2019)

Hughes TH, Sartoris DJ, Schweitzer ME, Resnick DL. Pigmented villonodular synovitis: MRI characteristics. *Skeletal Radiol.* 1995 ;24(1):7-12

Iakovou I, Symeonidis P, Kotrotsios D, Giannoula E, Sachpekidis C. Radiosynoviorthesis after Surgery in the Treatment of Patients with Ankle Pigmented Villonodular Synovitis: A Case Series. *J Clin Med.* 2020;9(2):597

Imhoff A., Schreiber A. Die Synovitis villonodosa pigmentosa des Fusses--Diagnose, Therapie und Langzeitverläufe [Synovitis villonodosa pigmentosa of the foot--diagnosis, therapy and long-term course]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1988 ;126(2):130-137

Insall JN, Insall JN, Dorr LD, Scott RD, Scott WN. Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin Orthop Relat Res.* 1989 ;(248):13-4

Jendrissek KA, Hotfiel T, Swoboda B, Söder S, Janka R. Pigmentierte villonoduläre Synovialitis. *Zeitschrift für Rheumatologie* 2016; 75: 157–165

Klompaker J, Veth RP, Robinson PH, Molenaar WM, Nielsen HK. Pigmented villonodular synovitis. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1990;109(4):205-210

Koca G, Ozsoy H, Atilgan HI, Ozyurt S, Demirel K, Yiğit H, Korkmaz M, Baskin A, Sakaogullari A, Ozdemir M. A low recurrence rate is possible with a combination of surgery and radiosynovectomy for diffuse pigmented villonodular synovitis of the knee. *Clin Nucl Med* 2013; 38: 608–615

Koontz NA, Quigley EP, Witt BL, Sanders RK, Shah LM. Pigmented villonodular synovitis of the cervical spine: case report and review of the literature. *BJR Case Rep* 2016; 2: 20150264

KOOS, 2025: Knie Osteoarthritis Outcome Score. Verfügbar unter <https://www.physiotherapietrocha.de/inhalt/src/Seiteninhalt/Dateien/Downloads/Fragebogen%20zu%20Beschwerden%20am%20Knie.pdf> (Zugriffsdatum: 03.07.2019)

KSS, 2025: Knee Society Score. Verfügbar unter [https://www.google.fr/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.kneesociety.org/assets/docs/2011-KS-Score-c-Pre-](https://www.google.fr/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.kneesociety.org/assets/docs/2011-KS-Score-c-Pre-Op_DE_PB_2.0_01082018.pdf&ved=2ahUKEwjx86SpiPyGAXWt1wIHHVtSDQgQFnoECBEQAQ&usq=AOvWaw3C6_YhGZ3NhHT-2i90y_Ao)

[Op_DE_PB_2.0_01082018.pdf&ved=2ahUKEwjx86SpiPyGAXWt1wIHHVtSDQgQFnoECBEQAQ&usq=AOvWaw3C6_YhGZ3NhHT-2i90y_Ao](https://www.google.fr/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.kneesociety.org/assets/docs/2011-KS-Score-c-Pre-Op_DE_PB_2.0_01082018.pdf&ved=2ahUKEwjx86SpiPyGAXWt1wIHHVtSDQgQFnoECBEQAQ&usq=AOvWaw3C6_YhGZ3NhHT-2i90y_Ao) (Zugriffsdatum: 03.07.2019)

Kumar R, Bharani V, Gupta N, Gupta K, Dey P, Srinivasan R, Rajwanshi A. Giant cell tumour of tendon sheath: A 10-year study from a tertiary care centre. *Cytopathology* 2018; 29: 288–293

Kunz C, Leiggenger CS, Fridrich K, Schmuziger N, Hammer B. Pigmentierte villonoduläre Synovitis des Kiefergelenks. *Differenzialdiagnose und Therapie. HNO* 2003; 51: 569–574

LEFS, 2025: LEFS. Verfügbar unter <https://link.springer.com/article/10.1007/s11136-014-0777-6> (Zugriffsdatum: 03.07.2019)

Levine BD, Motamedi K, Seeger LL. Synovial Tumors and Proliferative Diseases. *Rheum Dis Clin North Am* 2016; 42: 753–768

Lisson CS, Lisson CG, Beer M, Schmidt SA. Radiologische Diagnostik von Weichteiltumoren im Erwachsenenalter: MRT-Bildgebung ausgewählter Entitäten mit Abgrenzung zwischen benignen und malignen Tumoren. *RoFo* 2019; 191: 323–332

Ma X, Shi G, Xia C, Liu H, He J, Jin W. Pigmented villonodular synovitis: a retrospective study of seventy five cases (eighty one joints). *Int Orthop* 2013; 37: 1165–1170

Masih S, Antebi A. Imaging of pigmented villonodular synovitis. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2003 ;7(3):205-16

Mastboom MJL, Staals EL, Verspoor FGM, Rueten-Budde AJ, Stacchiotti S, Palmerini E, Schaap GR, Jutte PC, Aston W, Leithner A, Dammerer D, Takeuchi A, Thio Q, Niu X, Wunder JS, van de Sande MAJ. Surgical Treatment of Localized-Type Tenosynovial Giant Cell Tumors of Large Joints: A Study Based on a Multicenter-Pooled Database of 31 International Sarcoma Centers. *J Bone Joint Surg Am* 2019; 101: 1309–1318

McKee TC, Belair JA, Sobol K, Brown SA, Abraham J, Morrison W. Efficacy of image-guided synovial biopsy. *Skeletal Radiol.* 2020 ;49(6):921-928.

Mollon B, Lee A, Busse JW, Griffin AM, Ferguson PC, Wunder JS, Theodoropoulos J. The effect of surgical synovectomy and radiotherapy on the rate of recurrence of pigmented villonodular synovitis of the knee: an individual patient meta-analysis. *Bone Joint J* 2015; 97-B: 550–557

Murphey MD, Rhee JH, Lewis RB, Fanburg-Smith JC, Flemming DJ, Walker EA. Pigmented villonodular synovitis: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics* 2008; 28: 1493–1518

Naal FD, Impellizzeri FM, Torka S, Wellauer V, Leunig M, Eisenhart-Rothe R von. The German Lower Extremity Functional Scale (LEFS) is reliable, valid and responsive in patients undergoing hip or knee replacement. *Qual Life Res* 2015; 24: 405–410

Niemeier A, Beil FT, Seitz S, Rütter W. Pigmentierte villonoduläre Synovialitis (PVNS). *Arthritis und Rheuma* 2014; 34: 79–82

Nilsdotter A. Measures of hip function and symptoms: Harris Hip Score (HHS), Hip Disability and Osteoarthritis Outcome Score (HOOS), Oxford Hip Score (OHS), Lequesne Index of Severity for Osteoarthritis of the Hip (LISOH), and American Academy of Orthopedic Surgeons (AAOS) Hip and Knee Questionnaire. *Arthritis Care Res* 2011; 63 Suppl 11: 200-207

Novillo M, Albergo JI, Huespe I, Latallade V, Farfalli GL, Ayerza MÁ, Roitman P, Cayol F, Aponte-Tinao LA. Resultados oncológicos y factores pronósticos en pacientes con sarcoma sinovial tratados quirúrgicamente. *Medicina* 2023; 83: 737–743

O'Connell JX. Pathology of the Synovium. *Am J Clin Pathol* 2000; 114(5):773-784

Palmerini E, Healey JH, Bernthal NM, Bauer S, Schreuder H, Leithner A, Martin-Broto J, Gouin F, Lopez-Bastida J, Gelderblom H, Staals EL, Mercier F, Laeis P, Ye X, van de Sande M. Tenosynovial Giant Cell Tumor Observational Platform Project (TOPP) Registry: A 2-Year Analysis of Patient-Reported Outcomes and Treatment Strategies. *Oncologist* 2023; 28: e425-e435

Palmerini E, Longhi A, Donati DM, Staals EL. Pexidartinib for the treatment of adult patients with symptomatic tenosynovial giant cell tumor: safety and efficacy. *Expert Rev Anticancer Ther* 2020; 20: 441–445

Palmerini E, Staals EL, Maki RG, Pengo S, Cioffi A, Gambarotti M, Picci P, Daolio PA, Parafioriti A, Morris C, Antonescu CR, Gronchi A, Casali PG, Donati DM, Ferrari S, Stacchiotti S. Tenosynovial giant cell tumour/pigmented villonodular synovitis: outcome of 294 patients before the era of kinase inhibitors. *Eur J Cancer* 2015a; 51: 210–217

Palmerini E, Staals EL, Maki RG, Pengo S, Cioffi A, Gambarotti M, Picci P, Daolio PA, Parafioriti A, Morris C, Antonescu CR, Gronchi A, Casali PG, Donati DM, Ferrari S, Stacchiotti S. Tenosynovial giant cell tumour/pigmented villonodular synovitis: outcome of 294 patients before the era of kinase inhibitors. *Eur J Cancer* 2015b; 51: 210–217

Panakkal J.J., Paul S., Chandi S. Localised pigmented villonodular synovitis of the knee. *Kerala J Orthop.* 2012;25(2):89–92.

Patel KH, Gikas PD, Pollock RC, Carrington RW, Cannon SR, Skinner JA, Briggs TW, Aston WJS. Pigmented villonodular synovitis of the knee: A retrospective analysis of 214 cases at a UK tertiary referral centre. *The Knee* 2017; 24: 808–815

Pubmed, 2025. Pubmed research: (pigmented villonodular synovialitis OR tenosynovial giant cell tumor) AND radiosynoviorthesis AND „functional outcome“. Verfügbar unter <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=%28pigmented+villonodular+synovialitis+OR+tenosynovial+giant+cell+tumor%29+AND+radiosynoviorthesis+AND+%E2%80%9Efunctional+outcome%E2%80%9C+&sort=date> (Zugriffsdatum: 28.07.2023.)

Rebuzzi SE, Grassi M, Catalano F, Buscaglia M, Bertulli R, Satragno C, Belgioia L, Comandini D. Multiple systemic treatment options in a patient with malignant tenosynovial giant cell tumour. *Anticancer Drugs* 2020; 31: 80–84

Roos EM, Lohmander LS. The Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): from joint injury to osteoarthritis. *Health Qual Life Outcomes.* 2003 ;1:64

Schindler M, Puchner S, Reinhard J, Leiss F, Windhager R, Lass R. Recurrence-Free Survival after Synovectomy and Subsequent Radiosynoviorthesis in Patients with Synovitis of the Knee-A Retrospective Data Analysis. *J Clin Med.* 2024 ;13(2):601

Scuderi GR, Bourne RB, Noble PC, Benjamin JB, Lonner JH, Scott WN. The new Knee Society Knee Scoring System. *Clin Orthop Relat Res.* 2012 ;470(1):3-19.

Sheikh Y, Schubert R.. 2012: Secondary synovial chondromatosis Verfügbar über <https://radiopaedia.org/cases/secondary-synovial-chondromatosis-2> (Zugriffsdatum 03.05.2020)

Sobczuk P, Agnieszczak IM, Lipiec S, Malinowski P, Kozak K, Teterycz P, Rogala P, Switaj T, Paterczyk HK, Falkowski S, Rutkowski P. 81P Systemic therapy for advanced

synovial sarcoma: Real-world evidence from a reference center. *ESMO Open* 2024; 9: 102470

Stacchiotti S, Dürr HR, Schaefer I-M, Woertler K, Haas R, Trama A, Caraceni A, Bajpai J, Baldi GG, Bernthal N, Blay J-Y, Boye K, Broto J-M, Chen W-WT, Dei Tos PA, Desai J, Emhofer S, Eriksson M, Gronchi A, Gelderblom H, Hards J, Hartmann W, Healey J, Italiano A, Jones RL, Kawai A, Leithner A, Loong H, Mascard E, Morosi C, Otten N, Palmerini E, Patel SR, Reichardt P, Rubin B, Rutkowski P, Sangalli C, Schuster K, Seddon BM, Shkodra M, Staals EL, Tap W, van de Rijn M, van Langevelde K, Vanhoenacker FMM, Wagner A, Wiltink L, Stern S, van Sande M, Bauer S. Best clinical management of tenosynovial giant cell tumour (TGCT): A consensus paper from the community of experts. *Cancer Treatment Reviews* 2023; 112: 102491

Steinmetz S, Rougemont A-L, Peter R. Pigmented villonodular synovitis of the hip. *EFORT Open Reviews* 2016; 1: 260–266

Tap W. ENLIVEN study: Pexidartinib for tenosynovial giant cell tumor (TGCT). *Future Oncol* 2020; 16: 1875–1878

Temponi EF, Barros AAG, Paganini VO, Barbosa VAK, Badet R, Carvalho Júnior LHd. Diffuse pigmented villonodular synovitis in knee joint: diagnosis and treatment. *Revista brasileira de ortopedia* 2017; 52: 450–457

van der Heijden L, Piner SR, van de Sande MAJ. Pigmented villonodular synovitis: a crowdsourcing study of two hundred and seventy two patients. *Int Orthop* 2016; 40: 2459–2468

van der Plaats L, Westerga J, Staal K, Pöll R. Pigmented Villonodular Synovitis of the Hip in a Patient with Limited Impairment despite Impressive Radiographic Features. *Akt Rheumatol* 2013; 38: 173–176

Wagenhäuser F.J, Die Arthritis villonodularis pigmentosa. In Bach G.L. et al. (eds). *Rheumatologie B. Handbuch der inneren Medizin*, vol 6 2 B: Berlin Heidelberg, Springer-Verlag 1984: 304-323

West RB. A landscape effect in tenosynovial giant-cell tumor from activation of CSF1 expression by a translocation in a minority of tumor cells. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2006; 103: 690–695

Zhao L, Zhou K, Hua Y, Li Y, Mu D. Multifocal pigmented villonodular synovitis in a child: A case report. *Medicine (Baltimore)*. 2016 ;95(33):e4572

9. Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde in der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie unter Betreuung von Prof. Dr. Placzek durchgeführt.

Die Konzeption der Arbeit erfolgte in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Schmolders (ehemaliger Doktorvater) und PD. Dr. Koob (Betreuer).

Die Datenerhebung sowie die statistische Auswertung und die Interpretation erfolgte eigenständig durch mich.

Bei der Erstellung dieser Arbeit verwendete ich keine Hilfsmittel um die Lesbarkeit und Sprache des Manuskripts zu verbessern. Ich übernehme die volle Verantwortung für den Inhalt der veröffentlichten Dissertationsschrift.

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

10. Anhang

10.1 Einwilligung

Name: _____

Geburtsdatum: _____

Das Original dieser Einwilligungserklärung verbleibt bei den Unterlagen. Eine Kopie der Einwilligungserklärung wird dem Patienten ausgehändigt.

Ich _____

(Vorname, Name)

erkläre, dass ich die Probanden/Patienteninformation zur wissenschaftlichen Untersuchung:

„Retrospektive Evaluation von Patienten mit gutartigen Weichteiltumoren [Pigmentierte Villonoduläre Synovialitis]“

und diese Einwilligungserklärung erhalten habe.

- Ich wurde für mich ausreichend mündlich und schriftlich über die wissenschaftliche Untersuchung informiert.
- Ich weiß, dass ich jederzeit meine Einwilligung, ohne Angaben von Gründen, widerrufen kann, ohne dass dies für mich nachteilige Folgen hat. Beim Widerruf meiner Einwilligung, an der Studie teilzunehmen, habe ich das Recht, die Löschung aller meiner bis dahin gespeicherten personenbezogenen Daten sowie eine Vernichtung von personenbezogenen Proben zu verlangen.
- Ich bin damit einverstanden, dass die im Rahmen der wissenschaftlichen Untersuchung über mich erhobenen Krankheitsdaten sowie meine sonstigen mit dieser Untersuchung zusammenhängenden personenbezogenen Daten aufgezeichnet werden. Es wird gewährleistet, dass meine personenbezogenen Daten nicht an Dritte weitergegeben werden. Bei der Veröffentlichung in einer wissenschaftlichen Zeitung wird aus den Daten nicht hervorgehen, wer an dieser Untersuchung teilgenommen hat. Meine persönlichen Daten unterliegen dem Datenschutzgesetz.**
- Mit der vorstehend geschilderten Vorgehensweise bin ich einverstanden und bestätige dies mit meiner Unterschrift.

_____, den, _____
 (Ort) (Datum) (Proband/Patient)

_____, den, _____
 (Ort) (Datum) (Unterschrift des Prüfarztes)

 (Name des Prüfarztes)

10.2 EQ5D5L (Euroqol.org, 2025)

Bitte kreuzen Sie unter jeder Überschrift DAS Kästchen an, das Ihre Gesundheit HEUTE am besten beschreibt.
BEWEGLICHKEIT / MOBILITÄT <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Ich habe keine Probleme herumzugehen <input type="checkbox"/> Ich habe leichte Probleme herumzugehen <input type="checkbox"/> Ich habe mäßige Probleme herumzugehen <input type="checkbox"/> Ich habe große Probleme herumzugehen <input type="checkbox"/> Ich bin nicht in der Lage herumzugehen
FÜR SICH SELBST SORGEN <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Ich habe keine Probleme, mich selbst zu waschen oder anzuziehen <input type="checkbox"/> Ich habe leichte Probleme, mich selbst zu waschen oder anzuziehen <input type="checkbox"/> Ich habe mäßige Probleme, mich selbst zu waschen oder anzuziehen <input type="checkbox"/> Ich habe große Probleme, mich selbst zu waschen oder anzuziehen <input type="checkbox"/> Ich bin nicht in der Lage, mich selbst zu waschen oder anzuziehen
ALLTÄGLICHE TÄTIGKEITEN (z.B. Arbeit, Studium, Hausarbeit...) <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Ich habe keine Probleme, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen <input type="checkbox"/> Ich habe leichte Probleme, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen <input type="checkbox"/> Ich habe mäßige Probleme, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen <input type="checkbox"/> Ich habe große Probleme, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen <input type="checkbox"/> Ich bin nicht in der Lage, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen
SCHMERZEN / KÖRPERLICHE BESCHWERDEN <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Ich habe keine Schmerzen oder Beschwerden <input type="checkbox"/> Ich habe leichte Schmerzen oder Beschwerden <input type="checkbox"/> Ich habe mäßige Schmerzen oder Beschwerden <input type="checkbox"/> Ich habe starke Schmerzen oder Beschwerden <input type="checkbox"/> Ich habe extreme Schmerzen oder Beschwerden
ANGST / NIEDERGESCHLAGENHEIT <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Ich bin nicht ängstlich oder deprimiert <input type="checkbox"/> Ich bin ein wenig ängstlich oder deprimiert <input type="checkbox"/> Ich bin mäßig ängstlich oder deprimiert <input type="checkbox"/> Ich bin sehr ängstlich oder deprimiert <input type="checkbox"/> Ich bin extrem ängstlich oder deprimiert
<p>Wir wollen herausfinden, wie gut oder schlecht Ihre Gesundheit HEUTE ist. Diese Skala ist mit Zahlen von 0 bis 100 versehen.</p> <p>100 ist die beste Gesundheit, die Sie sich vorstellen können.</p> <p>0 ist die schlechteste.</p> <p>Bitte kreuzen Sie den Punkt auf der Skala an, der Ihre Gesundheit HEUTE am besten beschreibt. Jetzt tragen Sie bitte die Zahl, die Sie auf der Skala angekreuzt haben, in das Kästchen unten ein.</p>

10.3 Knee Society Score (KSS, 2025)

A. Knie-Score				
Merkmal	Kriterien	Punkte	Gewichtung	
Schmerz	Keiner	50	17.2%	
	Leicht oder gelegentlich	45		
	Nur beim Treppensteigen	40		
	Beim Gehen und Treppensteigen	20		
	Mittelmäßig: Gelegentlich	20		
	Ständig	10		
Bewegungsausmaß	5° ergeben einen Punkt	25	8.6%	
	maximal 25 Punkte bei 125°	max.		
Stabilität	anterior-posterior	<5mm	10	8.6%
		5-10mm	5	
		>10 mm	0	
	medio-lateral	<5°	15	
		5°-9°	10	
		10°-15°	5	
Flexionskontraktur	>15°	0	3.5%	
	10°-15°	-5		
	5°-10°	-10		
	<5°	-15		
Extensionsdefizit	<10°	-5	5.2%	
	10°-20°	-10		
	>20°	-15		
Alignment	0°-4°	0	6.9%	
	5°-10°	6		
	11°-15°	12		
	>15°	20		

Spezielle Kniefunktion Items des Knie Society Scores

B. Funktions-Score			
Merkmal	Kriterium	Punkte	Gewichtung
Gehstrecke	Unbegrenzt	50	21%
	Mehr als zehn Häuserblocks	40	
	5-10 Häuserblocks	20	
	nur innerhalb der Wohnung	10	
	nicht gehfähig	0	
Treppensteigen	Normal treppauf und treppab	50	21%
	Normal treppauf, treppab mit Geländer	40	
	Treppauf und treppab mit Geländer	30	
	Treppauf mit Geländer, treppab unmöglich	15	
		0	
Gehhilfe	Ein Stock	-5	8%
	Zwei Stöcke	-10	
	Zwei Stützen oder Gehwagen	20	

Allgemeine Kniefunktion Items aus dem Knie Society Score

Die Auswertung des Scores ist bei einer Punktzahl zwischen 80 – 100 „exzellent“, 70 – 79 „gut“, 60 – 69 „ausreichend“, unter 60 „schlecht“.

10.4 Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS, 2025)

Datum:	Geburtsdatum:
Name:	
<p>ANLEITUNG: In diesem Fragebogen geht es um Ihren Eindruck von Ihrem Knie. Ihre Angaben werden uns helfen, nachzuvollziehen, wie es Ihrem Knie Ihrer Meinung nach geht und wie gut Sie in der Lage sind, Ihren üblichen Tätigkeiten nachzugehen. Beantworten Sie bitte jede Frage durch Ankreuzen des entsprechenden Kästchens.</p> <p>Bitte kreuzen Sie nur ein Kästchen pro Frage an. Wenn Sie sich unsicher sind, wie Sie die Frage beantworten sollen, wählen Sie die Antwort aus, die Ihnen am zutreffendsten erscheint.</p>	
<p>Beschwerden</p> <p>Diese Fragen beziehen sich auf Beschwerden in Ihrem Knie in der letzten Woche.</p> <p>S1. <i>War Ihr Knie geschwollen?</i> niemals <input type="checkbox"/> selten <input type="checkbox"/> manchmal <input type="checkbox"/> oft <input type="checkbox"/> immer <input type="checkbox"/></p> <p>S2. <i>Haben Sie ein Knirschen verspürt, ein Klicken oder irgendein anderes Geräusch gehört, wenn Sie Ihr Knie bewegten?</i> niemals <input type="checkbox"/> selten <input type="checkbox"/> manchmal <input type="checkbox"/> oft <input type="checkbox"/> immer <input type="checkbox"/></p> <p>S3. <i>Ist Ihr Knie hängen geblieben, oder hat es blockiert, wenn Sie es bewegten?</i> niemals <input type="checkbox"/> selten <input type="checkbox"/> manchmal <input type="checkbox"/> oft <input type="checkbox"/> immer <input type="checkbox"/></p> <p>S4. <i>Konnten Sie Ihr Knie ganz strecken?</i> niemals <input type="checkbox"/> selten <input type="checkbox"/> manchmal <input type="checkbox"/> oft <input type="checkbox"/> immer <input type="checkbox"/></p> <p>S5. <i>Konnten Sie Ihr Knie ganz beugen?</i> niemals <input type="checkbox"/> selten <input type="checkbox"/> manchmal <input type="checkbox"/> oft <input type="checkbox"/> immer <input type="checkbox"/></p> <p>Steifigkeit</p> <p>In den nachfolgenden Fragen geht es um die Steifigkeit Ihres Kniegelenkes während der letzten Woche. Unter Steifigkeit versteht man ein Gefühl der Einschränkung oder Verlangsamung der Fähigkeit Ihr Kniegelenk zu bewegen.</p> <p>S6. <i>Wie stark war Ihre KniestEIFigkeit morgens direkt nach dem Aufstehen?</i> keine <input type="checkbox"/> schwach <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> sehr stark <input type="checkbox"/></p> <p>S7. <i>Wie stark war Ihre KniestEIFigkeit später am Tag, nachdem Sie saßen, lagen, oder sich ausruhten?</i> keine <input type="checkbox"/> schwach <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> sehr stark <input type="checkbox"/></p>	
<p>Schmerzen</p> <p>P1. <i>Wie oft tut Ihnen Ihr Knie weh?</i> niemals <input type="checkbox"/> mindestens einmal im Monat <input type="checkbox"/> mindestens einmal in der Woche <input type="checkbox"/> mindestens einmal am Tag <input type="checkbox"/> immer <input type="checkbox"/></p> <p>Wie stark waren die Schmerzen in Ihrem Knie in der letzten Woche bei den folgenden Tätigkeiten?</p> <p>P2. <i>Drehbewegung des Beins mit dem Knie</i> keine <input type="checkbox"/> schwach <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> sehr stark <input type="checkbox"/></p> <p>P3. <i>Ihr Knie ganz strecken</i> keine <input type="checkbox"/> schwach <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> sehr stark <input type="checkbox"/></p> <p>P4. <i>Ihr Knie ganz beugen</i> keine <input type="checkbox"/> schwach <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> sehr stark <input type="checkbox"/></p> <p>P5. <i>Auf ebenem Boden gehen</i> keine <input type="checkbox"/> schwach <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> sehr stark <input type="checkbox"/></p>	

P6. *Treppen hinauf- oder hinuntergehen*

keine schwach mäßig stark sehr stark

P7. *Nachts im Bett*

keine schwach mäßig stark sehr stark

P8. *Sitzen oder Liegen?*

keine schwach mäßig stark sehr stark

P9. *Aufrecht stehen?*

keine schwach mäßig stark sehr stark

Körperliche Funktionsfähigkeit, Aktivitäten des täglichen Lebens

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Funktionsfähigkeit. Hierunter verstehen wir Ihre Fähigkeit, sich selbständig zu bewegen und sich selbst zu versorgen.

Geben Sie bitte bei jeder der nachfolgenden Tätigkeiten das Ausmaß der Schwierigkeiten an, die Sie in der letzten Woche wegen Ihres Kniegelenks damit hatten.

A1. *Treppen hinuntersteigen*

keine wenig einige große sehr große

A2. *Treppen hinaufsteigen*

keine wenig einige große sehr große

Geben Sie bitte bei jeder der nachfolgenden Tätigkeiten das Ausmaß der Schwierigkeiten an, die Sie in der letzten Woche wegen Ihres Kniegelenks damit hatten.

A3. *Vom Sitzen aufstehen*

keine wenig einige große sehr große

A4. *Aufrecht stehen*

keine wenig einige große sehr große

A5. *Sich zu Boden bücken, etwas vom Boden aufheben*

keine wenig einige große sehr große

A6. *Auf ebenem Boden gehen*

keine wenig einige große sehr große

A7. *Ins Auto einsteigen oder aus dem Auto aussteigen*

keine wenig einige große sehr große

A8. *Einkaufen gehen*

keine wenig einige große sehr große

A9. *Socken/Strümpfe anziehen*

keine wenig einige große sehr große

A10. *Vom Bett aufstehen*

keine wenig einige große sehr große

A11. *Socken/Strümpfe ausziehen*

keine wenig einige große sehr große

A12. *Im Bett liegen (beim Umdrehen / längere Zeit unverändert in einer Stellung ist)*

keine wenig einige große sehr große

A13. *In die Badewanne oder aus der Badewanne steigen*

keine wenig einige große sehr große

A14. *Sitzen*

keine wenig einige große sehr große

A15. *Sich auf die Toilette setzen oder aufstehen*

keine wenig einige große sehr große

Geben Sie bitte bei jeder der nachfolgenden Tätigkeiten das Ausmaß der Schwierigkeiten an, die Sie in der letzten Woche wegen Ihres Kniegelenks damit hatten.

A16. *Schwere Hausarbeit verrichten*

keine wenig einige große sehr große

A17. *Leichte Hausarbeit verrichten (kochen, Staub wischen usw.)*

keine wenig einige große sehr große

Körperliche Funktionsfähigkeit, Sport und Freizeitaktivitäten

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Belastbarkeit bei stärkerer körperlicher Betätigung.

SP1. *Hocken*

keine wenig einige große sehr große

SP2. *Laufen*

keine wenig einige große sehr große

SP3. *Springen*

keine wenig einige große sehr große

SP4. *Drehbewegung des Beins mit dem kranken Knie*

keine wenig einige große sehr große

SP5. *Knien*

keine wenig einige große sehr große

Lebensqualität

Q1. *Wie oft denken Sie an Ihr Knieproblem?*

niemals mindestens einmal im Monat mindestens einmal in der Woche

mindestens einmal am Tag immer

Q2. *Haben Sie Ihre Lebensweise verändert um Tätigkeiten zu vermeiden, die Ihrem Knie schaden könnten?*

niemals mindestens einmal im Monat mindestens einmal in der Woche

mindestens einmal am Tag immer

Q3. *Wie sehr macht es Ihnen zu schaffen, dass Sie sich auf Ihr Knie nicht verlassen können?*

niemals mindestens einmal im Monat mindestens einmal in der Woche

mindestens einmal am Tag immer

Q4. *Wie viele Schwierigkeiten haben Sie durch das Knie insgesamt?*

niemals mindestens einmal im Monat mindestens einmal in der Woche

mindestens einmal am Tag immer

Vielen Dank für die Beantwortung aller Fragen dieses Fragebogens.

10.5 Lower Extremity Function Scale (LEFS 2025)

Name: _____ Geburtsdatum: _____ Datum: _____
 Haben oder hätten Sie heute mit einer der folgenden Aktivitäten Schwierigkeiten:

	Extreme Schwierigkeiten / Unmöglich	Ziemlich große Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Keine Schwierigkeiten
Ihre übliche Arbeit, Hausarbeit oder Schulaktivitäten verrichten					
Ihre üblichen Hobbys, Freizeit- oder Sportaktivitäten ausüben					
In eine oder aus einer Badewanne steigen					
Zwischen Räumen hin und hergehen Schuhe oder Socken anziehen					
Tief in die Hocke gehen					
Einen Gegenstand, wie z. B. eine Tasche mit Lebensmitteln vom Boden heben					
Leichte Aktivitäten zu Hause absolvieren					
Schwere Aktivitäten zu Hause absolvieren					
In ein oder aus einem Auto steigen					
Einen halben bis einen Kilometer gehen					
Über einen Kilometer gehen					
10 Stufen (etwa einen Treppenabsatz) hinauf oder hinunter gehen					
1 Stunde stehen					
1 Stunde sitzen					
Auf ebenem Boden rennen					
Haken schlagen / kurze Richtungswechsel beim schnellen rennen					
Springen / Hüpfen					
Im Bett umdrehen					