

# **UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF**

**Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie und Orthopädie**

**Prof. Dr. med. Ralf Stücker**

## **Localization and Likelihood of Chondral and Osteochondral Lesions After Patellar Dislocation in Surgically Treated Children and Adolescents**

**Dissertation**

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von

**Wibke Jungesblut**

**aus Hamburg**

**Hamburg 2022**

**Angenommen von der**

**Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 02.05.2023**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der**

**Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg**

**Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. Michael Amling**

**Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: Prof. Dr. Martin Rupprecht**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Originalarbeit</b>	4
<i>Localization and Likelihood of Chondral and Osteochondral Lesions After Patellar Dislocation in Surgically Treated Children and Adolescents</i>	
<b>2. Darstellung der Publikation</b>	11
2.1 Einleitung	11
2.2 Material und Methoden	12
2.3 Ergebnisse	16
2.4 Diskussion	23
<b>3. Tabellen- und Abbildungsverzeichnis</b>	29
<b>4. Literaturverzeichnis</b>	30
<b>5. Zusammenfassung</b>	33
<b>6. Erklärung des Eigenanteils</b>	34
<b>7. Danksagung</b>	35
<b>8. Lebenslauf</b>	36
<b>9. Eidesstattliche Versicherung</b>	37

## Localization and Likelihood of Chondral and Osteochondral Lesions After Patellar Dislocation in Surgically Treated Children and Adolescents

Wibke Jungesblut,\*†, Martin Rupprecht,\*† Prof., MD, Malte Schroeder,† MD, Kara Leigh Krajewski,\*† MD, Ralf Stuecker,\*† Prof., MD, Josephine Berger-Groch,‡ MD, Andre Strahl,† MD, Jan Hubert,† MD, and Oliver D. Jungesblut,\*†§ MD

*Investigation performed at Department of Pediatric Orthopedics, Altonaer Children's Hospital, Hamburg, Germany*

**Background:** Patellar dislocation is a common injury in children and adolescents. There is a lack of information about concomitant osteochondral lesions in these patients.

**Hypothesis:** We hypothesized that the likelihood of chondral or osteochondral lesions would increase with each prior patellar dislocation and that the appearance of lesions in surgically treated children and adolescents would be influenced by age, sex, injury mechanism, and body mass index (BMI).

**Study Design:** Case-control study; Level of evidence, 3.

**Methods:** Inclusion criteria were (1) age <18 years, (2) surgical treatment with diagnostic arthroscopy of the knee including description of chondral and osteochondral lesions, and (3) maximum time period between the last patellar dislocation and presentation in our department of 6 weeks and maximum of 4 weeks between presentation and surgery. A total of 153 children (173 knees) with a mean age of  $13.0 \pm 2.1$  years were included. All surgical reports and intraoperative arthroscopic imaging were analyzed retrospectively for the location and severity of lesions. The likelihood of lesions was calculated with multiple stepwise regression models regarding injury mechanism, number of dislocations, sex, age, physeal closure, and BMI.

**Results:** The regression model to predict femoral lesions was statistically significant ( $w^2[5] = 26.55$ ;  $P < .001$ ) and identified male sex, BMI  $\geq 25$ , traumatic injury mechanism, and physeal closure as independent factors associated with the appearance of femoral lesions. The second regression model predicting the appearance of patellar lesions was also statistically significant ( $w^2[4] = 26.07$ ;  $P < .001$ ) and identified the traumatic injury mechanism as a single independent predictor for patellar lesions.

**Conclusion:** BMI  $\geq 25$ , male sex, and physeal closure were factors significantly associated with femoral chondral and osteochondral lesions in our cohort. In case of traumatic lateral patellar dislocation (LPD), the likelihood of patellar and femoral chondral and osteochondral lesions is significantly higher than in nontraumatic LPD. Early magnetic resonance imaging and surgical treatment should be considered in obese patients, male patients, and patients with physeal closure and after traumatic LPD.

**Keywords:** knee; lateral patellar dislocation; osteochondral lesion; pediatric surgery

Patellar dislocation is a common injury in skeletally immature patients with an incidence of 47 per 100,000. It represents 3% of all knee injuries in both children and adults.<sup>16,17</sup> The incidence of patellofemoral instability peaks between 11 and 14 years of age,<sup>12</sup> and 60% to 70% of patellar dislocations occur during sports.<sup>17</sup> Owing to its multifactorial etiology, treating patellofemoral instability can be challenging for orthopaedic surgeons.<sup>12</sup>

Dislocation of the patella not only causes damage of soft tissue structures, but also may lead to chondral and osteochondral defects.<sup>20</sup> In almost all cases, the patellar surface slides over the lateral femoral condyle, leading to consecutive contusion of the medial rim of the patella and/or the lateral femoral condyle.<sup>20</sup> Medial dislocations are rare and mostly iatrogenic.<sup>8</sup>

Several clinical studies on recurrent patellar dislocations in skeletally immature patients have been published<sup>1,5,12,16,17</sup>; these studies focused on a comparison of different surgical techniques and the risk of postoperative redislocation. Currently, there is a lack of information about concomitant

The Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 10(12), 23259671221134102  
DOI: 10.1177/23259671221134102

<sup>a</sup> The Author(s) 2022

This open-access article is published and distributed under the Creative Commons Attribution - NonCommercial - No Derivatives License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>), which permits the noncommercial use, distribution, and reproduction of the article in any medium, provided the original author and source are credited. You may not alter, transform, or build upon this article without the permission of the Author(s). For article reuse guidelines, please visit SAGE's website at <http://www.sagepub.com/journals-permissions>.

osteocondral lesions in these patients. In this study, we retrospectively analyzed surgically treated children and adolescents with lateral patellar dislocation (LPD) regarding chondral or osteochondral lesions. We expected that the likelihood of lesions would be influenced by number of prior dislocations, age, sex, injury mechanism, and body mass index (BMI).

## METHODS

This study was approved by the local ethics committee. Parents/guardians of all patients provided informed assent and consent. Inclusion criteria were (1) age <18 years, (2) surgical treatment from October 2015 to March 2020 with diagnostic arthroscopy of the knee including description of chondral and osteochondral lesions, and (3) maximum time between the last patellar dislocation and presentation in our department of 6 weeks and maximum of 4 weeks between presentation and surgery.

As von Engelhardt et al<sup>21</sup> showed that the value of precise grading of cartilage lesions on magnetic resonance imaging (MRI) is limited, especially in the femoropatellar joint (FPJ), this study was based only on intraoperative arthroscopically described lesions as the most specific way for describing chondral and osteochondral lesions. In case of a primary patellar dislocation without a concomitant chondral lesion or only a grade 1 lesion on MRI, nonsurgical treatment is recommended in our institution. Thus, these patients were excluded.

A total of 153 children (111 girls and 42 boys, 173 knees) were included with a mean age of  $13.0 \pm 2.1$  years (range, 5-17 years). All operations were performed by 1 of 3 senior pediatric orthopaedic surgeons (including M.R. and O.D.J.) at a single pediatric orthopaedic center. Twelve children (16 knees) with conditions such as trisomy 21, DiGeorge syndrome, Larsen syndrome, or Marfan syndrome and with either chronic LPD or >20 LPDs were analyzed as a separate group due to the differing etiology of LPD and different daily life activity levels compared with idiopathic cases (Figure 1).

All surgical reports and intraoperative arthroscopic imaging were analyzed retrospectively to determine the location and severity of chondral lesions. The Outerbridge classification was used by the operating surgeon to describe the intraoperative findings.<sup>18</sup> All lesions detected were included in the analyses. The femoral localization was documented according to Cahill and Berg<sup>1</sup> (Figure 2A), and we used our own classification for localization of patellar lesions (Figure 2B). Some variables were grouped into

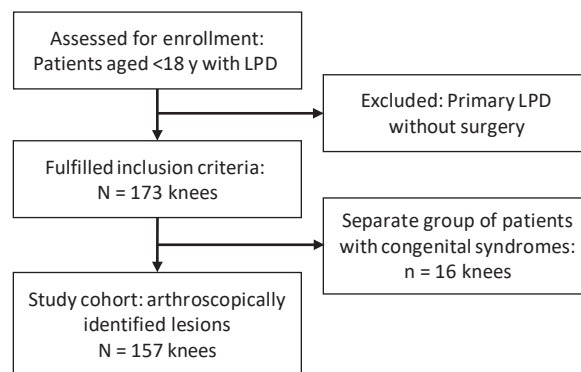


Figure 1. Study flowchart. LPD, lateral patellar dislocation.

categories for inclusion in the statistical model. Clinical cutoff values were used when available. BMI was divided into 2 groups for the regression model, based on the common World Health Organization classification of <25 representing normal weight and  $\geq 25$  representing patients with (pre)obesity.<sup>22</sup> The variables of patient age and number of previous dislocations were treated as continuous variables because no evident clinical cutoff values were available to depict correlations with Outerbridge grading. Injury mechanism was indicated as either traumatic or atraumatic. Bone age was operationalized by a binary variable characterizing physeal closure or an open physis.

## Sample Size Calculation

The sample size for the regression analysis was calculated a priori considering the expected effect size, power, and design effect with G\*Power (Version 3.1.9.2; Heinrich Heine University). Based on missing research results to date, a small to medium effect of  $f^2 = 0.1$  was assumed. With an alpha risk of .05 and a statistical power of 0.8, a sample size of 143 was required to calculate a regression model with 6 independent predictors.

## Statistical Analysis

Descriptive statistics were used to summarize the demographics and clinical characteristics of patients included. Continuous variables are expressed as mean  $\pm$  SD, whereas categorical variables are expressed as number and percentage. To determine whether the severity of osteochondral lesions (defined by the Outerbridge grade) can be predicted

§Address correspondence to Oliver D. Jungesblut, MD, Department of Pediatric Orthopedics, Children's Hospital Hamburg-Altona, Bleickenallee 38, 22763 Hamburg, Germany (email: [oliver.jungesblut@kinderkrankenhaus.net](mailto:oliver.jungesblut@kinderkrankenhaus.net)).

\*Department of Pediatric Orthopedics, Altonaer Children's Hospital, Hamburg, Germany.

†Department of Trauma and Orthopaedic Surgery, Division of Orthopaedics, University Medical Center Hamburg-Eppendorf, Hamburg, Germany.

‡Department of Trauma, Hand and Reconstructive Surgery, University Medical Center Hamburg-Eppendorf, Hamburg, Germany.

W.J. and M.R. contributed equally to this article.

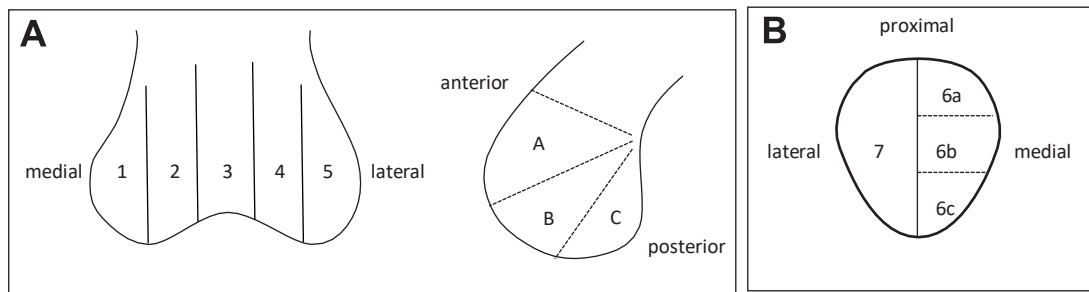


Figure 2. Location documentation of (A) femoral condyle lesions according to Cahill and Berg<sup>1</sup> and (B) patellar lesions.

by age, sex, BMI, injury mechanism, number of dislocations, and physal closure, a multiple and stepwise regression analysis was performed. In total, 2 regression analyses were performed: a risk factor model to determine the cartilage defects of the femur and another risk factor model to determine the cartilage defects of the patella. After the regression analyses, odds ratios (ORs) with 95% CIs were calculated for significant predictors. For computation of the ORs, the Outerbridge grade was regrouped into grades 0 to 2 versus grades 3 to 4. A *P* value <.05 was deemed significant. Statistical analyses were performed using SPSS statistical software (Version 27.0; IBM SPSS Statistics).

## RESULTS

In our cohort of 157 knees, the mean number of dislocations was  $3.9 \pm 3.2$  (range, 1-10) and the mean BMI was  $21.6 \pm 5.1$  (range, 14.7-33.4). A total of 76 knees had a closed physis and 81 knees had an open physis. We defined 70 dislocations as traumatic, caused by knee distortion during sports or a fall from a scooter or bicycle.

A total of 41 knees had only 1 dislocation but a chondral lesion of Outerbridge grade 2 on MRI, an indication for diagnostic arthroscopy; 43 knees had 2 dislocations; and 73 knees had >2 dislocations and therefore met the indication for surgical treatment.

Children with an open physis were treated with soft tissue patellar tendon transfer (Goldthwait procedure) and medial repair (n=69) as the preferred method in the study clinic. In case of physal closure and a pathological tibial tubercle-trochlear groove (TT-TG) distance of >15 mm, a medialization of the tibial tubercle (Elmslie-Trillat procedure) and medial repair was performed (n=58) (Figure 3). In case of physiologic TT-TG distance, reconstruction of the medial patellofemoral ligament was the surgical procedure of choice (n = 18) (Figure 4). Arthrotomy and open refixation of an osteochondral lesion had to be performed in 12 knees.

In the 41 primary dislocations, the indication for surgery was the cartilage lesion. Of the remaining 116 knees with >1 dislocation, there were chondral or osteochondral lesions in 52 knees (45%). Among the 157 knees, 22 had isolated patellar lesions, 26 had isolated femoral lesions, and 45 had both femoral and patellar lesions. A total of 138 lesions were detected (Outerbridge classification:

n = 36, grade 1; n = 51, grade 2; n = 11, grade 3; n = 40, grade 4). Of these 138 lesions, 12 (9%) were osteochondral lesions that required fixation with magnesium-based absorbable implants, 28 lesions (20%) required microfracturing, 62 lesions (45%) required chondroplasty, and 26% of the lesions required no surgical treatment. The locations of the chondral and osteochondral lesions are listed in Table 1. Most lesions were in areas 5A and 5B and in areas 6b and 6c. No osteochondral lesions were seen in areas 1 to 3 or 7 (Table 1).

In the separate cohort of 12 children (16 knees) with congenital syndromes (n = 8, trisomy 21; n = 2, DiGeorge syndrome; n = 1, epiphyseal dystrophia; and n = 1, arthrogryposis multiplex congenital), the mean age was 6.5 years (range, 2-17 years). No chondral or osteochondral lesions were detected in this group.

## Factors Associated With Chondral and Osteochondral Lesions

Stepwise logistic regression analyses were performed on all 157 knees to ascertain the effects of age, sex, BMI, traumatic mechanism, number of prior dislocations, and whether physis was open or closed on the likelihood of chondral and osteochondral lesions of the femur or patella. The regression model to predict femoral lesions was statistically significant ( $\chi^2[5] = 26.55$ ; *P* < .001) and identified male sex, BMI >25, primary traumatic mechanism, and physal closure as independent predictors associated with the appearance of femoral lesions. The data for number of dislocations were excluded from the overall model by stepwise regression due to a bimodal distribution. Traumatic injury mechanism increased the appearance of a femoral Outerbridge grade 3 or 4 chondral and osteochondral defect by a factor of 7 (95% CI, 1.8-31.9). In addition, physal closure had a significant influence and increased the odds for femoral lesions by a factor of nearly 4 (OR= 3.9; 95% CI, 1.2-11.2) (Table 2).

The second regression model predicting the appearance of patellar lesions was also statistically significant ( $\chi^2[4] = 26.07$ ; *P* < .001) and identified traumatic injury mechanism as the single independent factor for patellar lesions. The variables BMI, bone age, and number of dislocations were excluded by the stepwise regression for patellar lesions, whereas patient age and sex were nonsignificant in the overall model. Traumatic injury mechanism

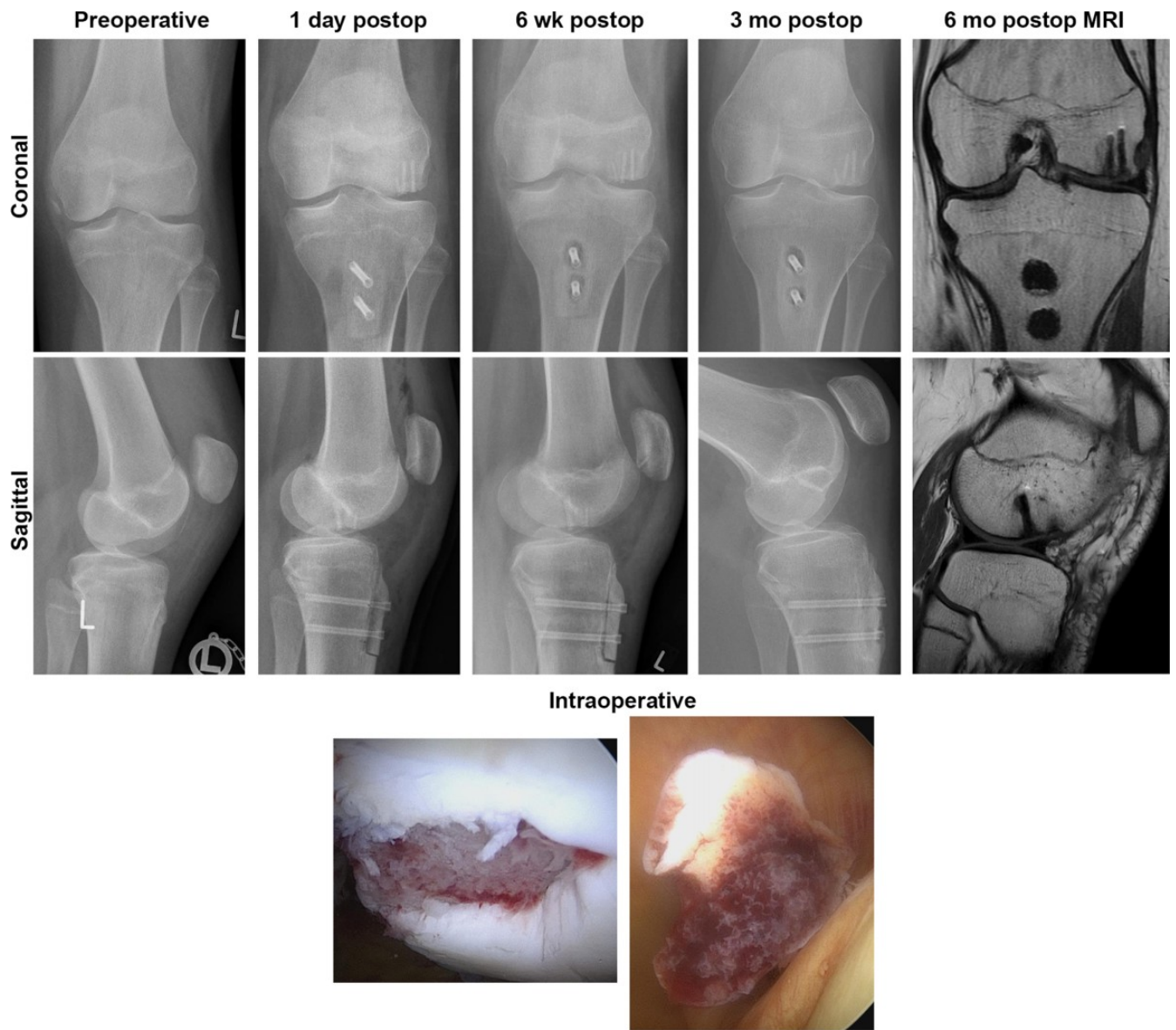


Figure 3. Preoperative, intraoperative, and postoperative images from a 14-year-old girl (body mass index, 27.3) with a grade 4 osteochondral lesion of the lateral femoral condyle after an Elmslie-Trillat procedure (using 4.8-mm absorbable magnesium screws) and refixation of an osteochondral fragment of the lateral femoral condyle (using 2.0-mm absorbable magnesium pins). MRI, magnetic resonance imaging; postop, postoperative.

was a highly significant predictor for patellar cartilage lesions and increased the risk by a factor of 42 (95% CI, 6.6-437.5) (Table 3).

## DISCUSSION

This study has reported the localization and likelihood of chondral and osteochondral lesions in surgically treated children and adolescents after patellar dislocations. In 41 primary dislocations the reason for surgery was a cartilage lesion, but among the other 116 surgically treated knees with recurrent dislocations, 45% had additional

chondral or osteochondral lesions. In summary, in our cohort the likelihood for femoral chondral and osteochondral lesions in surgically treated children and adolescents after LPD was significantly associated with a BMI  $\geq 25$ , male sex, and physeal closure. In case of traumatic LPD, the likelihood for patellar and for femoral chondral and osteochondral lesions was significantly higher. The OR analysis revealed that a traumatic event increases the likelihood of lesions by a factor of 7 on the femur and a factor of 42 on the patella. Nevertheless, it should be noted that the 95% CI is very broad. To the best of our knowledge, this is the only series of chondral lesions in surgically treated patients in this age group in the literature.

## Recurrent Patellar Dislocation

Nonsurgical treatment of primary dislocations is considered to be the standard of care.<sup>2,3,10</sup> However, with high rates of redislocation of up to 31% to 69% after conservatively treated primary patellar dislocation<sup>11,13,16</sup> and better results after surgery, the operative stabilization of the

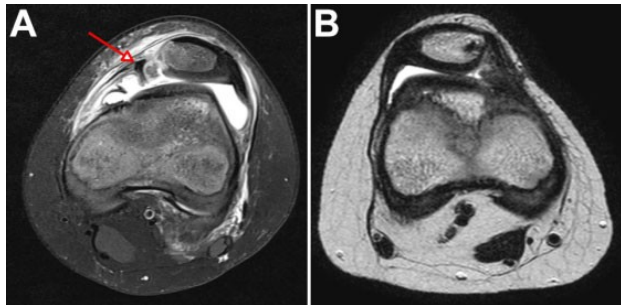


Figure 4. (A) Preoperative knee magnetic resonance imaging (MRI) from an 11-year-old boy with an osteochondral tear of the medial patellofemoral ligament after lateral patellar dislocation (arrow). (B) postoperative MRI after refixation with 2.4-mm absorbable magnesium screws.

TABLE 1  
Lesion Location and Grade<sup>a</sup>

Location	Number of Patients	Lesion Grade 1/2/3/4, n (%) <sup>b</sup>
LFC		
4A	4	0 (0)/0 (0)/0 (0)/4 (100)
5A	46	24 (52)/16 (35)/0 (0)/6 (13)
5B	20	8 (40)/5 (25)/2 (10)/5 (25)
Patella		
6a	4	0 (0)/4 (100)/0 (0)/0 (0)
6b	25	4 (16)/6 (24)/4 (16)/11 (44)
6c	39	0 (0)/20 (51)/5 (13)/14 (36)

<sup>a</sup>LFC, lateral femoral condyle.

<sup>b</sup>According to Outerbridge classification: grade 1, smooth cartilage surface; grade 2, partial-thickness defect  $\leq 50\%$  of cartilage thickness; grade 3, defect  $>50\%$  of cartilage thickness; grade 4, full-thickness defect and osteochondral defect.

patella after primary dislocation is being increasingly recommended.<sup>16,17</sup> Neither the systematic review by Nwachukwu et al<sup>16</sup> nor other reports on LPD described any evidence on the incidence of osteochondral lesions in recurrent dislocations in children and adolescents. All previous studies focused on surgical techniques, the risk of redislacements, and functional results.

In our cohort, 45% of the knees that were surgically treated because of recurrent LPDs had additional chondral and osteochondral lesions and 37% of all lesions were grade 3 and 4 lesions (Outerbridge classification) with accordingly high therapeutic consequences. Pediatric orthopaedic surgeons should be aware of these high rates of chondral lesions, and the knowledge of concomitant chondral lesions is essential for making appropriate therapeutic decisions.<sup>1,4,7</sup>

## Chondral Lesions in Adults

During dislocation, the articular surface of the patella is exposed to abnormal shear forces and pressure.<sup>21</sup> There is strong evidence that these forces can lead to chondropathy and degenerative disease over time, probably due to chronic instability.<sup>9,21</sup> Although damage of the inferomedial patella in the case of LPD has long been known as a typical injury after acute patellar dislocation, little attention has been paid to the rest of the patellar surface, the lateral femoral condyle, and the trochlea.<sup>19</sup>

Studies focusing on chondral lesions and especially chondromalacia focused on older patient populations and were therefore not comparable with our study. Vollnberg et al<sup>20</sup> analyzed MRIs of 129 knees among 125 patients after acute, recurrent, and chronic LPD and identified cartilage defects in nearly 80% of all cases, of which 75% had central patellar dome lesions. More than 50% had at least mild or moderate osteoarthritis of the FPJ. Mean age in Vollnberg et al's cohort was 26 years with a range up to 56 years and the time interval between patellar dislocation and MRI diagnosis was not mentioned.<sup>20</sup> With 45% of lesions in patients with recurrent dislocations in our cohort, approximately 35% fewer lesions were detected compared to the cohort Vollnberg et al's study. All of our lesions were located at the medial rim of the patella and the lateral femoral condyle and not in the central patellar dome. Owing to variation in settings, especially the age of patients and long-

TABLE 2  
Logistic Regression for Independent Predictors of the Appearance of Cartilage Defects of the Femur<sup>a</sup>

Predictor	Cartilage Defect of the Femur (N= 157)		
	b Coefficient (95% CI)	P	OR (95% CI) <sup>b</sup>
Age	-0.188 (-0.405 to 0.284)	.089	—
Sex	-0.082 (-1.527 to -0.116)	.022	1.949 (0.741 to 5.089)
BMI $\geq 25$	1.410 (0.393 to 2.426)	.007	1.406 (0.516 to 4.006)
Traumatic mechanism	0.692 (0.054 to 1.331)	.033	7.083 (1.794 to 31.89)
Physeal closure	0.975 (0.035 to 1.916)	.042	3.859 (1.193 to 11.19)

<sup>a</sup>Boldface P values indicate statistically significant. BMI, body mass index; OR, odds ratio. Dashes indicate no value.

<sup>b</sup>Based on Outerbridge grades 0 to 2 versus 3 to 4 groups.



TABLE 3  
Logistic Regression for Independent Predictors of the Appearance of Cartilage Defects of the Patella<sup>a</sup>

Cartilage Defect of the Patella (N = 157)			
Predictor	b Coefficient (95% CI)	P	OR (95% CI) <sup>b</sup>
Age	-0.451 (-0.202 to 0.112)	.574	—
Sex	0.160 (-0.550 to 0.870)	.659	—
Traumatic mechanism	1.310 (0.632 to 1.987)	< .001	42.17 (6.648 to 437.5)

<sup>a</sup>Boldface *P* values indicate statistically significant. OR, odds ratio. Dashes indicate no value.

<sup>b</sup>Based on Outerbridge grades 0 to 2 versus 3 to 4 groups.

lasting shear forces, the study by Vollnberg et al is not comparable with our cohort.

Another radiologic study by Elias et al<sup>7</sup> based on MRI analysis documented lesions of the lateral femoral condyle in 80% and lesions of the medial patella in 61% of all cases, with intra-articular loose bodies in 15%.<sup>7</sup> The time period between patellar dislocation and MRI was not mentioned, and the mean age of patients was 20 years with a wide range of 9 to 57 years. The patients in our study had a mean age of 13.0 ± 2.1 years (range, 5-17 years) and the time period between the latest dislocation and surgery was a maximum of 10 weeks (a maximum of 6 weeks between the latest dislocation and presentation to our clinic and ≤ 4 weeks between presentation and surgery), so a direct correlation between LPD and cartilage defect in a homogeneous cohort was likely.

Nomura and Inoue<sup>15</sup> found a high prevalence of cartilage lesions of the patella in 96% of participants in cases of chronic LPD treated arthroscopically. The age of the patients was <40 years, the mean age was 22 years (range, 13-40 years), and the time between initial dislocation and arthroscopy was a mean of 8 years with a wide range of 0.5 to 30 years without a control group of patients, so any correlation between LPD and patellar cartilage lesions is questionable.

Our study shows a significantly higher likelihood for lesions in surgically treated adolescents with a BMI ≥ 25, male sex, and physeal closure, as well as in traumatic LPD. The reason for these findings might be that obese children and adolescents may have muscle weakness as a result of less physical activity.<sup>4</sup> Muscles play a shock-absorbing role during joint function and are crucial for knee joint stability.<sup>4</sup> Muscle weakness reduces joint stability. Increased body weight affects weight-bearing joints differently, depending on their anatomical configuration. The knee joint is a hinge joint, and surrounding tissues counteract large shearing, compressive, and axial loading forces. Any dysfunction in these surrounding tissues may cause increased stress on the joint.<sup>4</sup> D'Ambrosi et al<sup>6</sup> found a positive linear correlation between BMI and lesion size of symptomatic osteochondral lesions of the talus and hypothesized that there might be a correlation between the incidence of osteochondral lesions and obesity. In addition, Nakagawa and Maeda<sup>14</sup> observed that knee flexor muscle weakness was associated with joint malalignment and that quadriceps weakness was also associated with significantly

higher levels of joint loading during gait.<sup>4</sup> Uimonen et al<sup>19</sup> found a difference by sex in location but not in risk for osteochondral fractures. This contrasts with our findings in which we found a significantly higher risk for chondral lesions associated with male sex.

In particular, in the population of obese male patients with closed physis, we recommend early MRI and consideration of surgical treatment after primary dislocation. Waiting for physeal closure before surgical treatment is not recommended from our point of view. We hypothesize that shear forces in traumatic LPD are higher than in nontraumatic LPD and therefore femoral and patellar lesions are more common. After traumatic LPD a timely MRI should be initiated and the indication for surgery should be made generously.

In the group of 12 children (16 knees) with congenital syndromes and hyperlaxity, no chondral or osteochondral lesions were detected, although each of these patients had ≥ 20 LPDs or chronic dislocations. The reason might be the lower shear forces and low contact pressure on the FPJ in the moment of dislocation because of the hyperlaxity associated with the syndromes.

A preoperative MRI often requiring anesthesia in these patients and a diagnostic arthroscopy as part of surgery are not the standard of care in children and adolescents with these syndromes in our clinic.

## Limitations

The present study is based on retrospective data without a control group. This study is limited by the fact that all chondral injuries were only assessed in surgically treated patients. Hyperlaxity (eg, Beighton score) was not evaluated. Pathologic TT-TG distance, trochlear dysplasia, and a pathological Insall-Salvati index may influence the appearance of cartilaginous lesions. This must be investigated in further studies, as we decided to focus on parameters that can be measured on initial presentation in order to evaluate potential lesions and to initiate a timely MRI.

## CONCLUSION

The likelihood for femoral chondral and osteochondral lesions in surgically treated children and adolescents after LPD was significantly associated with a BMI ≥ 25, male sex, and physeal closure in our cohort. In case of traumatic

LPD, the likelihood for patellar and for femoral chondral and osteochondral lesions was significantly higher. Therefore, we recommend that all obese adolescents, as well as all male patients, patients with physeal closure, and adolescents after traumatic LPD, have an MRI; furthermore, early surgical treatment should be considered. With 45% of chondral and osteochondral lesions in adolescents with recurrent LPDs, the pediatric orthopaedic surgeon should be aware of these lesions.

## REFERENCES

1. Cahill BR, Berg BC. 99m-technetium phosphate compound joint scintigraphy in the management of juvenile osteochondritis dissecans of the femoral condyles. *Am J Sports Med.* 1983;11(5):329-335.
2. Carney JR, Mologne TS, Muldoon M, Cox JS. Long-term evaluation of the Roux-Elmslie-Trillat procedure for patellar instability: a 26-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2005;33(8):1220-1223. doi:10.1177/0363546504272686
3. Cash JD, Hughston JC. Treatment of acute patellar dislocation. *Am J Sports Med.* 1988;16(3):244-249. doi:10.1177/036354658801600308
4. Chen L, Zheng JY, Li G, et al. Pathogenesis and clinical management of obesity-related knee osteoarthritis: impact of mechanical loading. *J Orthop Transl.* 2020;24:66-75. doi:10.1016/j.jot.2020.05.001
5. Cox JS. Evaluation of the Roux-Elmslie-Trillat procedure for knee extensor realignment. *Am J Sports Med.* 1982;10(5):303-310. doi:10.1177/036354658201000509
6. D'Ambrosi R, Maccario C, Serra N, Ursino C, Uselli FG. Relationship between symptomatic osteochondral lesions of the talus and quality of life, body mass index, age, size and anatomic location. *Foot Ankle Surg.* 2018;24(4):365-372. doi:10.1016/j.fas.2017.04.011
7. Elias DA, White LM, Fithian DC. Acute lateral patellar dislocation at MR imaging: injury patterns of medial patellar soft-tissue restraints and osteochondral injuries of the inferomedial patella. *Radiology.* 2002;225(3):736-743. doi:10.1148/radiol.2253011578
8. Endres S, Wilke A. A 10 year follow-up study after Roux-Elmslie-Trillat treatment for cases of patellar instability. *BMC Musculoskelet Disord.* 2011;12:48. doi:10.1186/1471-2474-12-48
9. Kalichman L, Zhang Y, Niu J, et al. The association between patellar alignment and patellofemoral joint osteoarthritis features—an MRI study. *Rheumatology (Oxford).* 2007;46(8):1303-1308. doi:10.1093/rheumatology/kem095
10. Larsen E, Lauridsen F. Conservative treatment of patellar dislocations: influence of evident factors on the tendency to redislocation and the therapeutic result. *Clin Orthop Relat Res.* 1982;171:131-136.
11. Lewallen LW, McIntosh AL, Dahm DL. Predictors of recurrent instability after acute patellofemoral dislocation in pediatric and adolescent patients. *Am J Sports Med.* 2013;41(3):575-581. doi:10.1177/0363546512472873
12. Migliorini F, Rath B, Tingart M, Meisen N, Eschweiler J. Surgical management for recurrent patellar dislocations in skeletally immature patients. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2019;29(8):1815-1822. doi:10.1007/s00590-019-02483-7
13. Mouzopoulos G, Borbon C, Siebold R. Patellar chondral defects: a review of a challenging entity. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(12):1990-2001. doi:10.1007/s00167-011-1546-5
14. Nakagawa K, Maeda M. Associations of knee muscle force, bone malalignment, and knee-joint laxity with osteoarthritis in elderly people. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(3):461-464. doi:10.1589/jpts.29.461
15. Nomura E, Inoue M. Cartilage lesions of the patella in recurrent patellar dislocation. *Am J Sports Med.* 2004;32(2):498-502. doi:10.1177/009539703258677
16. Nwachukwu BU, So C, Schairer WW, Green DW, Dodwell ER. Surgical versus conservative management of acute patellar dislocation in children and adolescents: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(3):760-767. doi:10.1007/s00167-015-3948-2
17. Obermeyer C, Hoffmann DB, Wachowski MM. Patellar dislocation in children and adolescents: current developments in diagnostics and treatment. Article in German. *Orthopade.* 2019;48(10):868-876. doi:10.1007/s00132-019-03754-1
18. Outerbridge RE. The etiology of chondromalacia patellae. *J Bone Joint Surg Br.* 1961;43-B:752-757. doi:10.1302/0301-620X.43B4.752
19. Uimonen M, Ponkilainen V, Paloneva J, Mattila VM, Nurmi H, Repo JP. Characteristics of osteochondral fractures caused by patellar dislocation. *Orthop J Sports Med.* 2021;9(1):2325967120974649. doi:10.1177/2325967120974649
20. Vollnberg B, Koehlietz T, Jung T, et al. Prevalence of cartilage lesions and early osteoarthritis in patients with patellar dislocation. *Eur Radiol.* 2012;22(11):2347-2356. doi:10.1007/s00330-012-2493-3
21. von Engelhardt LV, Lahner M, Klussmann A, et al. Arthroscopy vs. MRI for a detailed assessment of cartilage disease in osteoarthritis: diagnostic value of MRI in clinical practice. *BMC Musculoskelet Disord.* 2010;11:75. doi:10.1186/1471-2474-11-75
22. WHO. A healthy lifestyle - WHO recommendations. Published 2022. Accessed November 15, 2022. <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/a-healthy-lifestyle—who-recommendations>

## 2. Darstellung der Publikation.

### 2.1 Einleitung

Mit einer Inzidenz von 47/100.000 ist die Patellaluxation eine häufige Verletzung bei Kindern und Jugendlichen. Sie stellt damit 3% aller Knieverletzungen im Kindes- und Jugendalter dar.  
17,18

Der Altersgipfel der patellofemorale Instabilität liegt zwischen 11 und 14 Jahren.<sup>13</sup>

60-70% der Patellaluxationen entstehen im Rahmen einer sportlichen Aktivität.<sup>18</sup> Aufgrund der multifaktoriellen Ätiologie stellt die Behandlung der patellofemorale Instabilität eine Herausforderung dar.<sup>13</sup>

Patellaluxationen können nicht nur Weichteilverletzungen verursachen, sondern auch zu chondralen oder osteochondralen Defekten führen.<sup>21</sup>

In der Regel luxiert die Patella nach lateral, wobei der mediale Patellarand an der lateralen Femurkondyle anschlägt. Somit kann es zu Knorpelläsionen an der medialen Fläche der Patella und/oder der lateralen Femurkondyle kommen.<sup>21</sup> Mediale Luxationen sind sehr selten und meistens iatrogen verursacht.<sup>8</sup>

Die in der Literatur beschriebenen Studien über rezidivierende Patellaluxationen im Kindes- und Jugendalter konzentrieren sich auf den Vergleich verschiedener Operationsmethoden und auf das Risiko der Re-Luxation.<sup>1,5,13,17,18</sup> Informationen über chondrale und osteochondrale

Begleitverletzungen dieser Patienten bezogen auf Alter, Geschlecht, body mass index (BMI), Anzahl der Patellaluxationen und Traumamechanismus gibt es in der Literatur bisher nicht.

Im Rahmen unserer Studie haben wir retrospektiv alle operierten Kinder und Jugendlichen unserer Klinik mit lateraler Patellaluxation (LPL) bezüglich chondraler und osteochondraler Läsionen analysiert. Wir stellten die Hypothese auf, dass die Wahrscheinlichkeit der Knorpelläsionen beeinflusst wird durch die Anzahl der vorangegangenen Luxationen, Alter, Geschlecht, Unfallmechanismus und BMI.

## 2.2 Material und Methoden

Diese Studie wurde von der Ethikkommission der Hamburger Ärztekammer genehmigt (Bearb.-Nr.: WF-169/20). Es gibt keine Interessenkonflikte. Die Einschlusskriterien waren (I) Alter unter 18 Jahre, (II) operative Versorgung mit diagnostischer Arthroskopie, in welcher die chondralen und osteochondralen Verletzungen beschrieben wurden und (III) maximaler Zeitraum zwischen letztem Ereignis einer Patellaluxation und Vorstellung in unserer Klinik sechs Wochen und zwischen Vorstellung und Operation vier Wochen.

Wie von Engelhardt et al. beschrieben<sup>9</sup>, ist die Möglichkeit der exakten Beschreibung einer chondralen Verletzung in der Magnetresonanztomographie (MRT), insbesondere im Femoropatellargelenk, limitiert, so dass diese Studie ausschließlich auf der intraoperativen arthroskopischen Beschreibung der Knorpelläsionen als spezifischste Möglichkeit der Beschreibung basiert. Bei primären Patellaluxationen ohne chondrale Begleitverletzung oder lediglich erstgradiger chondraler Läsion im MRT wird in unserer Klinik eine konservative Therapie empfohlen. Diese Patienten wurden nicht in die Studie eingeschlossen. (Abb. 1)

Zwischen Oktober 2015 und März 2020 wurden 153 Kinder (111 Mädchen und 42 Jungen, 173 Kniegelenk) mit einem durchschnittlichen Alter von  $13,0 \pm 2,1$  (5-17 Jahre) in die Studie einbezogen. Alle Operationen wurden von drei kinderorthopädischen Chirurgen in einem kinderorthopädischen Zentrum durchgeführt.

Zwölf Kinder (16 Kniegelenke) mit syndromalen Erkrankungen wie Trisomie 21, DiGeorge-, Larsen- oder Marfan-Syndrom mit chronischer Patellaluxation oder über 20 Patellaluxationen wurden, aufgrund der unterschiedlichen Ätiologie der Patellaluxation und der unterschiedlichen Mobilität der syndromalen Kinder im Alltag, in einer separaten Gruppe verglichen. (Abb. 1)

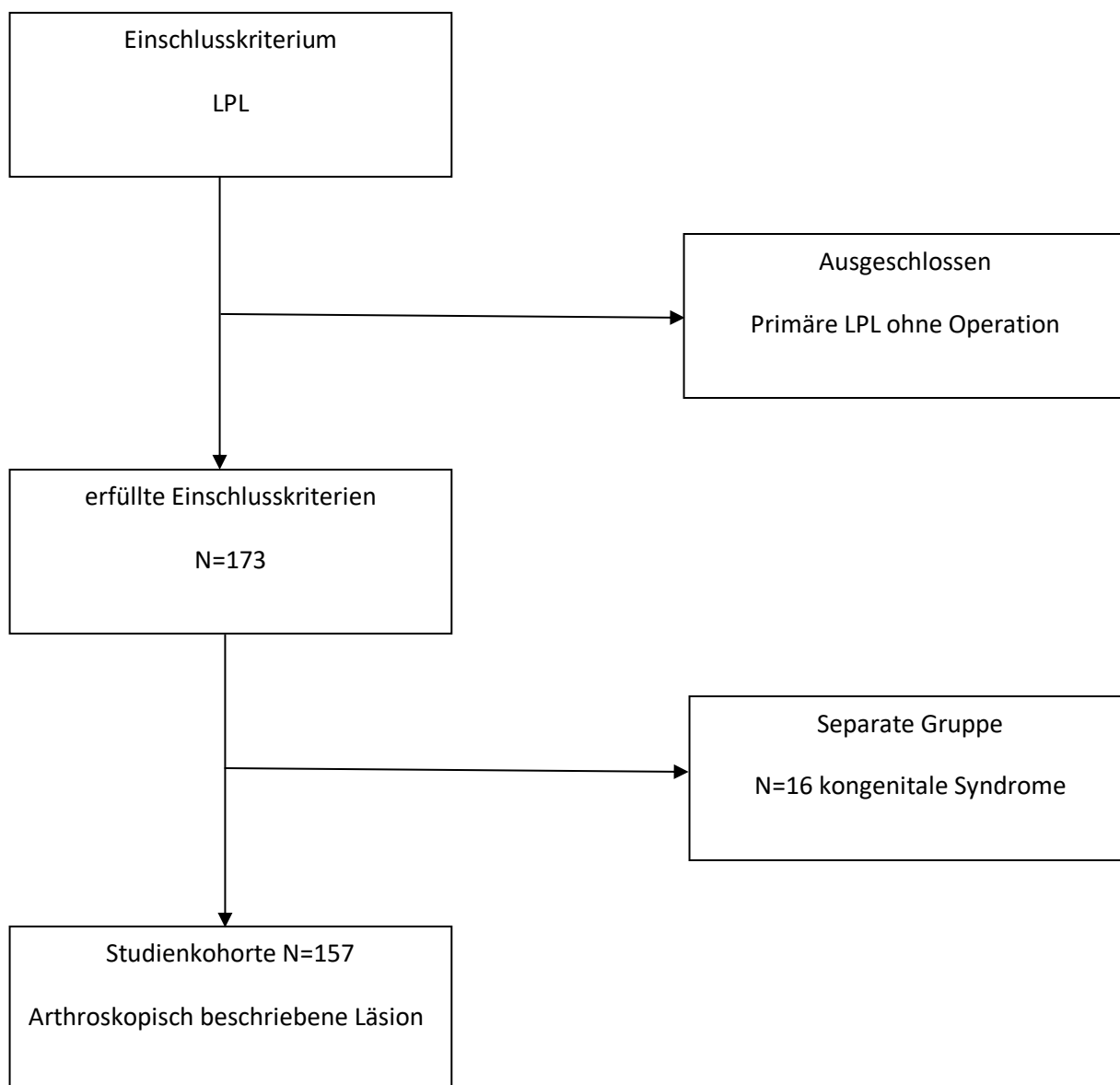


Abb. 1 Flussdiagramm

Alle Operationsberichte und intraoperativen Arthroskopiefotos wurden retrospektiv analysiert, um die Lokalisation und den Schweregrad der chondralen Verletzung zu beschreiben. Von dem Operateur wurde die Outerbridge Klassifikation benutzt, um den Schweregrad der intraoperativen Befunde zu dokumentieren (Tab. 1).<sup>19</sup> Jegliche beschriebenen Läsionen wurden in die Analyse einbezogen.

Die femorale Lokalisation wurde nach Cahill und Berg <sup>1</sup> dokumentiert. Bei Verletzungen der Patellarrückseite benutzten wir unsere eigene Klassifikation (Abb. 2 und 3). Einige Variablen wurden zu Gruppen zusammengefasst, um sie in das statistische Modell übertragen zu können. Basierend auf der WHO Klassifikation wurde der BMI in zwei Gruppen unterteilt: <25 kg/m<sup>2</sup>, definiert als Normalgewicht, und ≥25 kg/m<sup>2</sup>, definiert als Patienten mit Übergewicht. Die Anzahl von vorangegangenen Patellaluxationen und das Patientenalter wurden als kontinuierliche Variablen analysiert. Der Verletzungsmechanismus wurde durch die beiden Variablen traumatisch oder nicht-traumatisch abgebildet. Das Knochenalter wurde durch eine binäre Variable bezüglich offener oder geschlossener Epiphysenfuge beschrieben.

0	Keine Läsion
1	Weiche Knorpeloberfläche
2	Partieller Knorpeldickedefekt, nicht tiefer als 50%
3	Defekt über 50% der Knorpeldicke
4	Vollständiger Defekt der Knorpeldicke und osteochondrale Läsion

Tab. 1 Outerbridge Klassifikation für intraoperative Knorpeldefekte

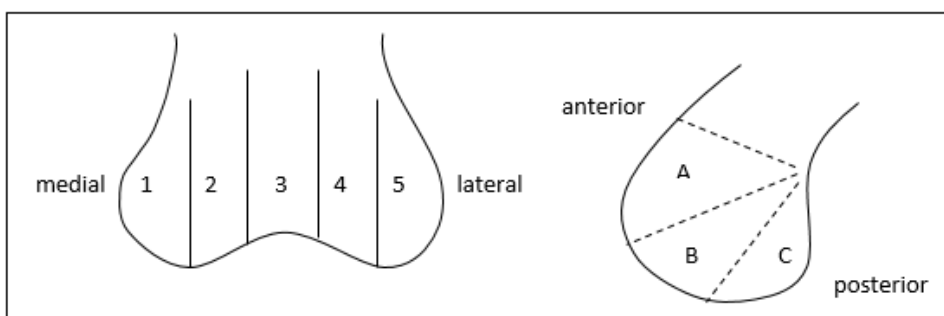
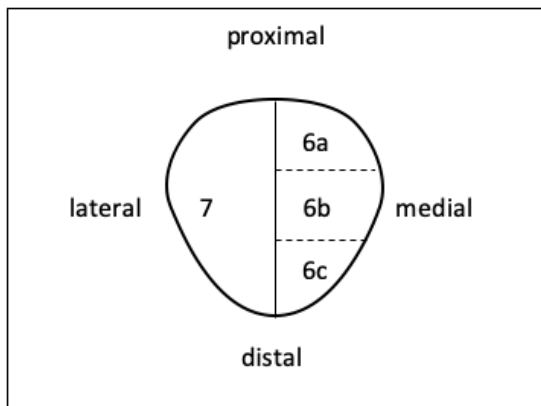


Abb. 2 Lokalisation von Läsionen der Femurcondyle modifiziert nach Cahill und Berg, 1983 <sup>1</sup>



*Abb. 3 Lokalisation von patellaren Läsionen*

### Berechnung der Gruppengröße

Die Gruppengröße für die Regressionsanalyse wurde *a priori* berechnet aufgrund der erwarteten Effektgröße, Power und des Designeffektes mit G\*Power (Version 3.1.9.2, Heinrich Heine Universität Düsseldorf, Deutschland). Mit einem alpha Risiko von 0.05 und statistischer Power von 0.08 wurde eine Gruppengröße von mindestens n=143 für das Regressionsmodell mit sechs unabhängigen Prädiktoren errechnet.

### Statistische Analyse

Es wurde eine deskriptive Statistik benutzt, um die demographischen und klinischen Kriterien zusammenzufassen. Kontinuierliche Variablen wurden mit Durchschnittswerten und der Standardabweichung (SA) beschrieben, wohingegen kategorische Variablen in Anzahl und Prozent ausgedrückt wurden.

Um zu analysieren, ob das Auftreten und der Schweregrad von chondralen und osteochondralen Läsionen durch Geschlecht, BMI, Verletzungsmechanismus, Anzahl

vorangegangener Luxationen und geschlossener Epiphysenfugen vorhersagbar ist, wurde eine multiple und schrittweise Regressionsanalyse durchgeführt.

Insgesamt wurden zwei Regressionsanalysen bestimmt: (1) ein Risikofaktormodel zur Analyse der femoralen Knorpelschäden und (2) ein Risikofaktormodel zur Analyse der patellaren Knorpelschäden. Im Rahmen der Regressionsanalyse wurde ein Odds Ratio (OR) mit einem Konfidenzintervall von 95% (95% KI) als Berechnung für signifikante Prädiktoren definiert.

Für die Berechnung des OR wurden die Outerbridge Klassifikation in zwei Gruppen unterteilt, Grad 0-2 und Grad 3-4. Ein  $p$ -Wert  $<0.05$  wurde als signifikant definiert. Die statistische Analyse erfolgte unter Verwendung der statistischen Software SPSS (Version 27.0, Chicago, IL, USA).

## **2.3 Ergebnisse**

In unserer Kohorte mit 157 Kniegelenken war die durchschnittliche Anzahl an Luxationen  $3,9 \pm 3,2$  (Spannweite: 1 - 10) und der durchschnittliche BMI war  $21,6 \pm 5,1 \text{ kg/m}^2$  (Spannweite:  $14,7 - 33,4 \text{ kg/m}^2$ ). 76 Kniegelenke hatten geschlossene und 81 Kniegelenke offene Epiphysenfugen. 70 Luxationen wurden als traumatisch definiert, im Rahmen einer Kniegelenksdistorsion beim Sport oder nach Sturz von Fahrrad oder Roller.

41 Kniegelenke erlitten lediglich eine Luxation, hatten im MRT aber eine mindestens zweitgradige Knorpelläsion (Outerbridge Klassifikation) und daher aus unserer Sicht eine Indikation für eine diagnostische Arthroskopie. 43 Kniegelenke hatten zwei und 73 hatten mehr als zwei vorangegangene Patellaluxationen und wurden deshalb operiert.

Kinder mit offener Epiphysenfuge erhielten einen Patellarsehnentransfer nach Goldthwait und eine mediale Raffung ( $n=69$ ) als Operationsmethode der Wahl in unserer Klinik. Bei bereits geschlossenen Epiphysenfugen und einem pathologischen Tuberculum tibiae Trochlea grove



(TTTG) Abstand von >15 mm wurde eine Medialisierung des Tuberculum (Operation nach Elmslie-Trillat) und zusätzlich eine mediale Raffung durchgeführt (n=58). (Abb. 4) Bei normwertigem TTTG-Wert wurde eine Plastik des medio-patello-femorales Ligaments (MPFL) mit der Gracilissehne durchgeführt (n=18). (Abb. 5) Eine Arthrotomie und offene Refixierung einer osteochondralen Läsion war in zwölf Kniegelenken notwendig.

Bei 41 Erstluxationen stellte die Knorpelläsion die Operationsindikation dar. Bei den weiteren 116 Kniegelenken, die aufgrund rezidivierender Patallaluxationen operiert wurden, hatten 52 Kniegelenke ebenfalls chondrale und osteochondrale Läsionen. Dies entspricht 45%.

Bei den analysierten 157 Kniegelenken hatten 22 isolierte patellarseitige Läsionen, 26 isolierte femoralseitige Läsionen und bei 45 Kniegelenken fanden sich sowohl femoral- als auch patellarseitige Verletzungen. Insgesamt wurden 138 Läsionen festgestellt (Outerbridge Klassifikation: n=36 Grad I, n=51 Grad II, n=11 Grad III, n=40 Grad IV). 12 von diesen 138 Läsionen (9%) waren osteochondrale Verletzungen, welche eine Fixierung mit resorbierbaren Magnesiumimplantaten erforderten, 28 Läsionen (20%) wurden mit einer Mikrofrakturierung versorgt und 62 Läsionen (45%) mit einer Chondroplastik. 26% der Läsionen benötigten keine operative Therapie.

Die exakten Lokalisationen der chondralen und osteochondralen Verletzungen ist in Tabelle 2 aufgeführt. Die hauptsächlichsten Lokalisationen waren in den Bereichen 5A und 5B und in 6b und 6c. Osteochondrale Verletzungen in den Arealen 1-3 und 7 wurden nicht gesehen (Abb. 1 und 2)

Alter	Geschlecht	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Anzahl der Luxationen	Lokalisation	Areal	Anzahl der Patienten	Gradeinteilung (%)
13,0±2,1	111 w	21,6±5,1	3,9±3,2	LFC	4A	4	1=0 (0%); 2=0 (0%); 3=0 (0%); 4=4 (100%)
	42 m				5A	46	1=24 (52%); 2=16 (35%); 3=0 (0%); 4=6 (13%)
					5B	20	1=8 (40%); 2=5 (25%); 3=2 (10%), 4=5 (25%)
				Patella	6a	4	1=0 (0%); 2=4 (100%); 3=0 (0%); 4=0 (0%)
					6b	25	1=4 (16%); 2=6 (24%), 3= 4 (16%); 4=11 (44%)
					6c	39	1=0 (0%); 2=20 (51%); 3=5 (13%); 4=14 (36%)

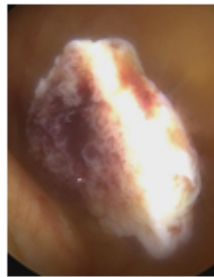
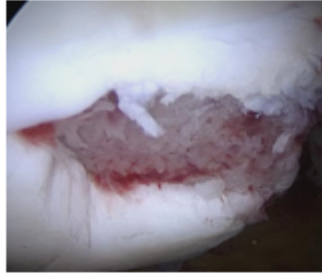
Tab. 2: demographische Daten und Läsionen, w=weiblich, m=männlich, LFC laterale Femurcondyle

pre-operatively

intra-operatively

1<sup>st</sup> d post-op

6w post-op



3m post-op

6m post-op MRI

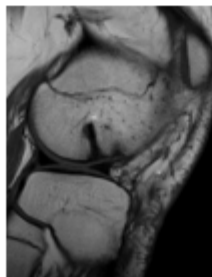


Abb. 4 Ein 14-jähriges Mädchen, BMI 27,3 kg/m<sup>2</sup> mit viertgradiger osteochondraler Läsion der lateralen Femurkondyle: präoperative, intraoperative und postoperative Bilder nach einer Elmslie-Trillat-Operation (4.8mm, resorbierbare Magnesiumschrauben, Magnezix®, Syntellix,

Hannover, Germany) und Refixation des osteochondralen Fragments an der lateralen Femurkondyle (2.0mm, resorbierbare Magnesiumpins, Magnezix®, Syntellix, Hannover, Germany), d=Tag, w=Wochen, m=Monat, post-op=post-operativ

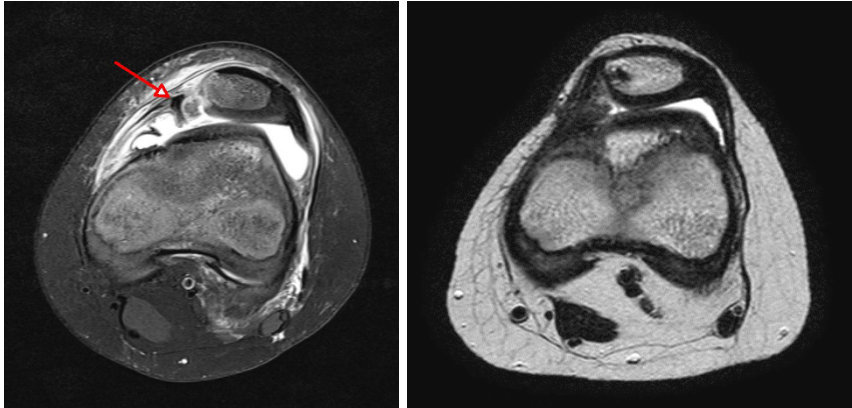


Abb. 5 Ein 11-jähriger Junge mit einem osteochondralen Ausriss des MPFL nach lateraler Patellaluxation (Pfeil) und ein postoperatives MRT nach Refixation mit resorbierbaren Magnesiumschrauben (2.4mm, resorbierbare Magnesiumschrauben, Magnezix®, Syntellix, Hannover, Germany).

Zusätzlich zu dem oben beschriebenen Kollektiv jugendlicher Patienten wurden 12 Kinder (16 Kniegelenke) mit einem Durchschnittsalter von 6,5 Jahren (2-17 Jahre) mit kongenitalen Syndromen (n=8 Trisomie 21, n=2 DiGeorge, n=1 epiphyseale Dystrophie und n=1 Arthrogyrosis multiplex congenital) im gleichen Zeitraum in unserer Klinik operativ behandelt. Diese Patienten hatten mindestens 20 LPL oder eine chronische Patellaluxation und bildeten daher eine separate Kohorte. In dieser Gruppe wurden weder chondrale noch osteochondrale Verletzungen beobachtet.

## Statistische Analyse

Die Kohorte von 157 Kniegelenken wurde einer schrittweisen Regressionsanalyse unterzogen, um die Auswirkung von Geschlecht, BMI, Unfallmechanismus, Anzahl vorangegangener Luxationen und offener/geschlossener Epiphysenfugen auf das Auftreten von chondralen und osteochondralen Läsionen an Femur oder Patella zu analysieren.

Das Regressionsmodell, um femorale Verletzungen vorauszusagen, war statistisch signifikant ( $\chi^2(5) = 26.55, p < 0.001$ ) und identifizierte die Faktoren männliches Geschlecht,  $BMI \geq 25 \text{ kg/m}^2$ , traumatischer Verletzungsmechanismus und geschlossene Epiphysenfugen als unabhängige Prädiktoren für das Auftreten femoraler Knorpelläsionen. Die genaue Anzahl vorangegangener Luxationen wurde in diesem Modell ausgeschlossen, um auf ein binäres Modell zur Analyse zurückzugreifen. Ein adäquates Trauma als Verletzungsmechanismus erhöhte die Wahrscheinlichkeit einer femoralen Knorpelläsion Grad 3-4 (Outerbridge Klassifikation) um das 7-fache (95% KI 1.8 – 31.9).

Zudem hat die Skelettreife mit geschlossenen Epiphysenfugen einen signifikanten Einfluss und erhöht die Wahrscheinlichkeit für eine femorale Läsion um den Faktor von nahezu 4 (OR 3,9 [95% CI 1,2 – 11.2]) (Tab. 3).

Prädiktor	Femorale Knorpeldefekt (n=157)			OR*	OR 95% CI
	$\beta$ - Coef.	p-value	95% CI		
Alter in Jahren	-0,188	0,089	-0,405 – 0,284	---	---
<b>Geschlecht</b>	<b>-0,082</b>	<b>0,022</b>	<b>-1,527 – -0,116</b>	<b>1,949</b>	<b>0,741 – 5,089</b>
<b>BMI <math>\geq</math> 25kg/m<sup>2</sup></b>	<b>1,410</b>	<b>0,007</b>	<b>0,393 – 2,426</b>	<b>1,406</b>	<b>0,516 – 4,006</b>
<b>Traumatisch</b>	<b>0,692</b>	<b>0,033</b>	<b>0,054 – 1,331</b>	<b>7,083</b>	<b>1,794 – 31,89</b>
<b>Geschlossene Fugen</b>	<b>0,975</b>	<b>0,042</b>	<b>0,035 – 1,916</b>	<b>3,859</b>	<b>1,193 – 11,19</b>

Tab. 3: logistische Regression der unabhängigen Prädiktoren für das Auftreten femoraler Knorpeldefekte: BMI = body mass index, CI = confidence interval, OR = odds ratio, \*OR basierend auf der Outerbridge Grad 0-2 verglichen mit 3-4

Das zweite Regressionsmodell für das Auftreten patellarer Verletzungen war ebenso statistisch relevant ( $\chi^2$  (4) = 26.07,  $p < 0.001$ ) und identifizierte ein adäquates Trauma als den einzigen unabhängigen Faktor für patellare Läsionen.

Die Variablen BMI, Skelettreife und Anzahl der Luxationen wurden für die schrittweise Regression für Patellaluxationen ausgeschlossen, das Patientenalter und Geschlecht waren in diesem Modell nicht signifikant.

Der Unfallmechanismus ist ein hochsignifikanter Prädiktor für patellare Knorpeldefekte und erhöht die Wahrscheinlichkeit um das 42-fache (95% CI 6.6 – 437.5) (Tab. 4).

Prädiktor	Patellarer Knorpeldefekt (n=157)			OR*	OR 95% CI
	β - Coef.	p-value	95% CI		
Alter in Jahren	-0,451	0,574	-0,202 – 0,112	---	---
Geschlecht	0,160	0,659	-0,550 – 0,870	---	---
<b>Traumatisch</b>	<b>1,310</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,632 – 1,987</b>	<b>42,17</b>	<b>6,648 – 437,5</b>

Tab. 4: logistische Regression für unabhängige Prädiktoren für das Auftreten patellarer Knorpeldefekte, CI = confidence interval, OR = odds ratio, \*OR basierend auf der Outerbridge Grad 0-2 verglichen mit 3-4 Gruppe

## 2.4 Diskussion

Diese Studie beschreibt die Lokalisation und die Wahrscheinlichkeit des Auftretens chondraler und osteochondraler Verletzungen in operativ behandelten Kindern und Jugendlichen nach Patellaluxationen. In 41 primären Luxationen war die Indikation zur operativen Therapie ein mindestens zweitgradiger Knorpeldefekt im MRT. Von den weiteren 116 operativ versorgten Kniegelenken, die aufgrund rezidivierender Luxationen operiert wurden, hatten 45% chondrale oder osteochondrale Verletzungen.

Zusammenfassend war in unserer Kohorte das Auftreten femoraler Verletzungen in operativ behandelten Kindern und Jugendlichen nach LPL signifikant erhöht bei einem BMI  $\geq 25 \text{ kg/m}^2$ , bei männlichen Patienten und bei geschlossenen Epiphysenfugen. Bei traumatischer LPL war das Auftreten sowohl patellar- als auch femoralseitiger chondraler und osteochondraler Verletzungen signifikant erhöht. In der OR-Analyse zeigte sich, dass ein adäquates, traumatisches Ereignis das Auftreten von chondralen oder osteochondralen Verletzungen um den Faktor 7 bei femoralen Verletzungen und um den Faktor 42 bei patellaren Verletzungen erhöht.

Nach unserer Kenntnis ist dies die einzige Studie über chondralen Läsionen in operativ behandelten Patienten dieser Altersgruppe in der Literatur.

### Rezidivierende Patellaluxationen

Die konservative Therapie nach primärer Patellaluxation ohne Knorpelläsion ist in der Regel die Therapie der Wahl.<sup>2,3,11</sup> Aufgrund hoher Reluxationsraten von 31-69% nach konservativer Behandlung der primären Luxation<sup>12,14,17</sup> und besseren Ergebnissen nach operativer Therapie wird die operative Stabilisierung nach Erstluxationen jedoch zunehmend empfohlen.<sup>17,18</sup>

Weder im Review von Nwachukwu et al. noch in anderen Veröffentlichungen über LPL werden osteochondrale Verletzungen bei rezidivierenden Patellaluxationen bei Kindern und Jugendlichen beschrieben.<sup>17</sup> Jegliche Studien konzentrieren sich auf Operationstechniken, das Risiko für Reluxationen und funktionelle Ergebnisse.

In unserer Kohorte hatten 45% der aufgrund rezidivierender Luxationen operierten Kniegelenke zusätzlich chondrale oder osteochondrale Läsionen. 37% aller Verletzungen waren Grad 3 und 4 Läsionen (Outerbridge Klassifikation) mit entsprechend schwerwiegenden therapeutischen Konsequenzen.

Bei der Versorgung von Kindern und Jugendlichen nach Patellaluxationen sollte man sich dieser hohen Raten an chondraler Verletzungen bewusst sein, um die richtigen therapeutischen Entscheidungen treffen zu können.<sup>1,4,7</sup>

### Chondrale Verletzungen bei Erwachsenen

Während der Luxation ist die Gelenkfläche der Patella enormen Scher- und Druckkräften ausgesetzt.<sup>9</sup> Es besteht eine hohe Evidenz, dass diese Kräfte zu einer konsekutiven Chondropathie führen können, am ehesten im Rahmen einer chronischen Instabilität.<sup>9,10</sup>

Während die Verletzung des infero-medialen Patellarands bei LPL lange bekannt ist, wurde



dem Rest der Patellaoberfläche, der lateralen Femurkondyle und der Trochlea bisher wenig Beachtung geschenkt.<sup>20</sup>

Studien über chondrale Verletzungen und insbesondere Chondromalazien konzentrieren sich auf ältere Patientenpopulationen und sind daher mit unserer Studie nicht vergleichbar. Vollnberg et al. analysierten MRTs von 129 Kniegelenken in 125 Patienten nach akuter, rezidivierender und chronischer LPL und beschrieben Knorpeldefekte in nahezu 80% der Fälle, von denen 75% zentrale Patellafirstverletzungen waren.<sup>21</sup> Mehr als 50% hatten mindestens eine milde oder moderate Arthrose im Femoropatellargelenk. Das durchschnittliche Alter dieser Kohorte war 26 Jahre mit einer Spannweite bis zu 56 Jahren und das Zeitintervall zwischen Luxationsereignis und MRT wurde nicht beschrieben.<sup>21</sup>

Mit 45% Verletzungen bei Patienten mit rezidivierenden Patellaluxationen wurden in unserer Studie 35% weniger Verletzungen beschrieben. Alle von uns dokumentierten Verletzungen waren am medialen Rand der Patella und der lateralen Femurkondyle; keine akute Verletzung war auf dem zentralen Patellafirst lokalisiert. Aufgrund der unterschiedlichen Einschlusskriterien, insbesondere bezüglich des Alters der Patienten und der damit einhergehenden lang andauernden Scherkräfte, ist diese Studie nicht mit unserer zu vergleichen.

Eine weitere radiologische Studie von Elias et al., basierend auf MRT Untersuchungen, dokumentierte Verletzungen der lateralen Femurkondyle in 80% und Läsionen des medialen Patellarands in 61% der Fälle. Zusätzlich traten in 15% freie intraartikuläre Gelenkkörper auf.<sup>7</sup> Das Zeitintervall zwischen Luxationsereignis und MRT wurde nicht beschrieben und das durchschnittliche Alter der Patienten lag bei 20 Jahren mit einer Spannweite von 9-57 Jahren.<sup>7</sup> Die Patienten unserer Studie hatten ein Durchschnittsalter von  $13,0 \pm 2,1$  Jahren und das Zeitintervall zwischen Luxationsereignis und Operation war höchstens zehn Wochen (maximal sechs Wochen zwischen letzter Luxation und Vorstellung in unserer Klinik und maximal vier Wochen zwischen Vorstellung und Operation), so dass ein direkter Zusammenhang zwischen LPL und Knorpeldefekt in einer homogenen Kohorte in unserer Studie gegeben ist.

Nomura et al. fanden eine hohe Prävalenz für Knorpelschäden der Patella in 96% der Fälle bei arthroskopisch behandelter chronischer LPL.<sup>16</sup> Einschlusskriterium in dieser Studie war ein Alter unter 40 Jahren; das Durchschnittsalter betrug 22 Jahre (13-40 Jahre). Die Zeitspanne zwischen initialer Patellaluxation und Arthroskopie betrug jedoch durchschnittlich 8 Jahre mit einer breiten Spannweite von 0,5-30 Jahren ohne Kontrollgruppe, so dass ein direkter Zusammenhang zwischen LPL und Knorpelläsion fraglich ist.

In unserer Studie zeigte sich eine signifikant höhere Wahrscheinlichkeit für Knorpelläsionen bei Jugendlichen mit einem  $BMI \geq 25 \text{ kg/m}^2$ , männlichem Geschlecht, geschlossenen Epiphysenfugen, sowie bei traumatischer LPL.

Der Grund für diese Ergebnisse kann ein schwächerer Muskelapparat bei übergewichtigen Kindern und Jugendlichen aufgrund der geringeren physischen Aktivität sein.<sup>4</sup> Muskeln tragen zur Kniegelenksstabilität bei und spielen eine entscheidende Rolle bei der Dämpfung im Gelenkspalt.<sup>4</sup> Eine muskuläre Schwäche reduziert dementsprechend die Gelenkstabilität. Das Kniegelenk ist ein Scharniergelenk und die umgebenden Weichgewebe verhindern große Scherkräfte und axiale Kompression. Jegliche Dysfunktion dieser Weichgewebe kann die Belastung im Gelenkspalt erhöhen.<sup>4</sup> Zusätzlich stellt erhöhtes Körpergewicht eine Belastung für gewichtstragende Gelenke dar.<sup>4</sup>

D'Ambrosi et al. fanden eine positive lineare Korrelation zwischen BMI und der Größe von symptomatischen osteochondralen Läsionen des Talus und stellten die Hypothese auf, dass es eine Korrelation zwischen der Inzidenz osteochondraler Läsionen und Übergewicht gäbe.<sup>6</sup>

Zusätzlich beobachteten Nakagawa et al., dass eine Schwäche der Kniebeugemuskulatur mit einem Malalignment des Kniegelenks<sup>15</sup> und die Schwäche des Musculus quadrizeps femoris mit signifikant höheren Belastungen des Kniegelenks während des Gehens einhergehen.<sup>4</sup>

Uimonen et al fanden einen Unterschied zwischen den Geschlechtern in der Lokalisation, jedoch nicht im Risiko für osteochondrale Frakturen. Dies widerspricht unseren Ergebnissen,

in welchen wir ein signifikant erhöhtes Risiko für chondrale Läsionen bei männlichem Geschlecht dokumentierten.<sup>20</sup>

Insbesondere in der Gruppe übergewichtiger, männlicher Patienten mit geschlossenen Epiphysenfugen empfehlen wir demnach ein zeitnahes MRT und eine operative Versorgung bereits nach primärer Luxation ohne Knorpelschaden sollte bei diesen Patienten diskutiert werden.

Das Warten auf geschlossene Epiphysenfugen vor Durchführung einer Operation ist aus unserer Sicht nicht zu empfehlen.

Vermutlich sind die Scherkräfte bei traumatischen Luxationen höher als bei atraumatischen Luxationen, so dass deshalb femorale und patellare Verletzungen bei adäquatem Trauma häufiger sind. Demnach sollte nach traumatischer LPL ebenso ein zeitnahes MRT initiiert werden und die Operationsindikation großzügig gestellt werden.

In der Gruppe der 12 Kinder (16 Kniegelenke) mit kongenitalen Syndromen wurden keine chondralen oder osteochondralen Verletzungen beobachtet, obwohl jeder dieser Patienten mindestens 20 Luxationen oder eine chronische Patellaluxation hatte. Der Grund hierfür könnten die geringeren Scherkräfte und ein geringer Druck im Femoropatellargelenk im Moment der Luxation, aufgrund der Hyperlaxizität, die mit diesen Syndromen vergesellschaftet ist, sein.

Auf ein präoperatives MRT, für das bei diesen Patienten in der Regel eine Sedierung notwendig ist, kann aus unserer Sicht verzichtet werden. Eine diagnostische Arthroskopie als Teil der Operation wird in unserer Klinik bei Kindern und Jugendlichen mit diesen Syndromen standardmäßig, aufgrund der geringen Wahrscheinlichkeit einer Knorpelläsion, nicht durchgeführt.

## Limitationen

Die vorliegende Studie basiert auf der Auswertung retrospektiver Daten ohne Kontrollgruppe. Zudem wurden die chondralen Verletzungen nur bei operativ versorgten Patienten beschrieben.

Die zusätzliche Beurteilung einer möglichen Hyperlaxizität (z.B. mittels Beighton-Score) erfolgte nicht.

Ein pathologischer TTTG-Abstand, eine Trochleadysplasie und ein pathologischer Insall-Salvati-Index könnten das Auftreten von Knorpeldefekten ebenso beeinflussen. Dies wird in künftigen Studien untersucht werden müssen, da wir uns im Rahmen dieser Studie entschieden hatten, den Fokus auf Parameter zu legen, die bereits bei initialer Vorstellung der Patienten in einer Notaufnahme evaluiert werden können, um ein zeitnahes MRT zu veranlassen.

## **Schlussfolgerung**

Die Wahrscheinlichkeit für femorale chondrale und osteochondrale Verletzungen in unserer Kohorte war signifikant erhöht bei einem  $BMI \geq 25 \text{ kg/m}^2$ , männlichem Geschlecht und geschlossenen Epiphysenfugen. Bei einem adäquaten Traumamechanismus war die Wahrscheinlichkeit für patellare und femorale Läsionen signifikant erhöht.

Insbesondere beim Vorliegen der oben genannten Faktoren sollte ein zeitnahes MRT nach einer Patellaluxation initiiert werden und eine operative Therapie nach Erstluxation ist zu diskutieren.

Desweiteren sollte sich ein Chirurg, der Kinder und Jugendliche nach rezidivierenden Patellaluxationen versorgt, der hohen Wahrscheinlichkeit von 45% für chondrale und osteochondrale Läsionen bewusst sein.

### 3. Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

- **Tab. 1** Klassifikation nach Outerbridge für intraoperative Knorpelläsionen
- **Tab. 2** demographische Daten und Läsionen, w=weiblich, m=männlich, LFC laterale Femurcondyle
- **Tab. 3** logistische Regression der unabhängigen Prädiktoren für das Auftreten femoraler Knorpeldefekte: BMI = body mass index, CI = confidence interval, OR = odds ratio, \*OR basierend auf der Outerbridge Grad 0-2 verglichen mit 3-4 Gruppe
- **Tab. 4** logistische Regression für unabhängige Prädiktoren für das Auftreten patellarer Knorpeldefekte, CI = confidence interval, OR = odds ratio, \*OR basierend auf der Outerbridge Grad 0-2 verglichen mit 3-4 Gruppe
  
- **Abb. 1** Flussdiagramm
- **Abb. 2** Lokalisation der Knorpelschäden an der Femurcondyle nach Cahill und Berg, 1983
- **Abb. 3** Lokalisation der Knorpelschäden an der Patella
- **Abb. 4** 14-jähriges Mädchen, BMI 27.3 kg/m<sup>2</sup> mit einem viertgradigen Knorpelschaden an der lateralen Femurcondyle nach Patellaluxation: präoperative, intraoperative und postoperative Bildgebung nach Elmslie-Trillat-Prozedur (4,8mm, resorbierbare Magnesiumschraube, Magnezix®, Syntellix, Hannover, Germany) und Refixierung eines osteochondralen Fragments an der lateralen Femurcondyle (2,0mm, resorbierbare Magnesiumpins, Magnezix®, Syntellix, Hannover, Germany), W=Wochen, M=Monate, post-OP=postoperativ
- **Abb. 5** 11-jähriger Junge mit osteochondralem Ausriss des MPFLs nach lateraler Patella-luxation (roter Pfeil) und postoperatives MRT nach Refixation mit einer resorbierbaren Magnesiumschraube (2,4mm, Magnezix®, Syntellix, Hannover, Germany).

#### 4. Literaturverzeichnis

1. Cahill BR, Berg BC. 99m-Techneium phosphate compound joint scintigraphy in the management of juvenile osteochondritis dissecans of the femoral condyles. *Am J Sports Med.* 1983;11(5):329-335.
2. Carney JR, Mologne TS, Muldoon M, Cox JS. Long-term evaluation of the Roux-Elmslie-Trillat procedure for patellar instability: a 26-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2005;33(8):1220-1223.
3. Cash JD, Hughston JC. Treatment of acute patellar dislocation. *Am J Sports Med.* 16(3):244-249.
4. Chen L, Zheng JJY, Li G, et al. Pathogenesis and clinical management of obesity-related knee osteoarthritis: Impact of mechanical loading. *J Orthop Transl.* 2020;24:66-75.
5. Cox JS. Evaluation of the Roux-Elmslie-Trillat procedure for knee extensor realignment. *Am J Sports Med.* 10(5):303-310.
6. D'Ambrosi R, Maccario C, Serra N, Ursino C, Usuelli FG. Relationship between symptomatic osteochondral lesions of the talus and quality of life, body mass index, age, size and anatomic location. *Foot Ankle Surg.* 2018;24(4):365-372.
7. Elias DA, White LM, Fithian DC. Acute lateral patellar dislocation at MR imaging: injury patterns of medial patellar soft-tissue restraints and osteochondral injuries of the inferomedial patella. *Radiology.* 2002;225(3):736-743.
8. Endres S, Wilke A. A 10 year follow-up study after Roux-Elmslie-Trillat treatment for cases of patellar instability. *BMC Musculoskelet Disord.* 2011;12:48.

9. von Engelhardt L V, Lahner M, Klussmann A, et al. Arthroscopy vs. MRI for a detailed assessment of cartilage disease in osteoarthritis: diagnostic value of MRI in clinical practice. *BMC Musculoskelet Disord.* 2010;11:75.
10. Kalichman L, Zhang Y, Niu J, et al. The association between patellar alignment and patellofemoral joint osteoarthritis features--an MRI study. *Rheumatology (Oxford).* 2007;46(8):1303-1308.
11. Larsen E, Lauridsen F. Conservative treatment of patellar dislocations. Influence of evident factors on the tendency to redislocation and the therapeutic result. *Clin Orthop Relat Res.* (171):131-136. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7140059>.
12. Lewallen LW, McIntosh AL, Dahm DL. Predictors of Recurrent Instability After Acute Patellofemoral Dislocation in Pediatric and Adolescent Patients. *Am J Sports Med.* 2013;41(3):575-581.
13. Migliorini F, Rath B, Tingart M, Meisen N, Eschweiler J. Surgical management for recurrent patellar dislocations in skeletally immature patients. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2019;29(8):1815-1822.
14. Mouzopoulos G, Borbon C, Siebold R. Patellar chondral defects: a review of a challenging entity. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(12):1990-2001.
15. Nakagawa K, Maeda M. Associations of knee muscle force, bone malalignment, and knee-joint laxity with osteoarthritis in elderly people. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(3):461-464.
16. Nomura E, Inoue M. Cartilage lesions of the patella in recurrent patellar dislocation. *Am J Sports Med.* 2004;32(2):498-502.
17. Nwachukwu BU, So C, Schairer WW, Green DW, Dodwell ER. Surgical versus conservative management of acute patellar dislocation in children and adolescents: a

- systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(3):760-767.
18. Obermeyer C, Hoffmann DB, Wachowski MM. [Patellar dislocation in children and adolescents : Current developments in diagnostics and treatment]. *Orthopade.* 2019;48(10):868-876.
  19. OUTERBRIDGE RE. The etiology of chondromalacia patellae. *J Bone Joint Surg Br.* 1961;43-B:752-757.
  20. Uimonen M, Ponkilainen V, Paloneva J, Mattila VM, Nurmi H, Repo JP. Characteristics of Osteochondral Fractures Caused by Patellar Dislocation. *Orthop J Sport Med.* 2021;9(1):2325967120974649.
  21. Vollnberg B, Koehlitz T, Jung T, et al. Prevalence of cartilage lesions and early osteoarthritis in patients with patellar dislocation. *Eur Radiol.* 2012;22(11):2347-2356.



## 5. Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war es, Faktoren herauszufinden, die die Wahrscheinlichkeit von chondralen oder osteochondralen Verletzungen nach Patellaluxationen beeinflussen, um so eine Empfehlung hinsichtlich einer Therapieentscheidung treffen zu können. Es wurden die Anzahl der vorangegangenen Luxationen, Alter, Geschlecht, Unfallmechanismus und BMI als Faktoren untersucht. Hier zeigte sich der Unfallmechanismus als ein hochsignifikanter Prädiktor für patellare Knorpeldefekte, welcher die Wahrscheinlichkeit um das 42-fache (95% CI 6.6 – 437.5) erhöht. Für das Auftreten femoraler Knorpeldefekte konnten die Faktoren männliches Geschlecht,  $\text{BMI} \geq 25 \text{ kg/m}^2$ , adäquater Traumamechanismus und geschlossene Epiphysenfugen als signifikante Prädiktoren identifiziert werden.

Als Schlussfolgerung sollte insbesondere beim Vorliegen der oben genannten Faktoren ein zeitnahes MRT nach einer Patellaluxation initiiert werden und eine operative Therapie nach Erstluxation ist zu diskutieren.

### Summary

This study aimed to determine predictors for the likelihood of chondral and osteochondral lesions in dislocation of the patellar to give an advice for treatment. The number of prior dislocations, age, sex, injury mechanism and body mass index (BMI) were analyzed. The likelihood for femoral chondral and osteochondral lesions in surgically treated children and adolescents after LPD was significantly associated with a  $\text{BMI} \geq 25$ , male sex and physeal closure in our cohort. In case of traumatic LPD, the likelihood for patellar and for femoral chondral and osteochondral lesions was significantly higher. Therefore, we recommend that all obese adolescents, as well as all male patients, patients with physeal closure, and adolescents after traumatic LPD, have a timely MRI; furthermore, early surgical treatment should be considered.

## **6. Erklärung des Eigenanteils**

In Zusammenarbeit mit Prof. Dr. med. Martin Rupprecht und Dr. med. Oliver Jungesblut wurde das Konzept dieser Studie ausgearbeitet.

Die Patientenakten von Patienten aus dem Altonaer Kinderkrankenhaus, die nach Patellaluxation eine Operation erhielten, sollten hinsichtlich ihrer demographischen Daten (Alter, Geschlecht, BMI) und des Traumamechanismus bezogen auf den intraoperativ beschriebenen Knorpeldefekt retrospektiv untersucht werden. Als Behandlungszeitraum wurde Oktober 2015 bis März 2020 am Altonaer Kinderkrankenhaus festgelegt. Nach Definition der Ein- und Ausschlusskriterien und Identifikation des Patientenkollektivs, wurden die Akten retrospektiv analysiert. Die Erhebung klinischer Daten und das Klassifizieren von Knorpeldefekten anhand intraoperativer Beschreibung oder Sichtung der Arthroskopiefotos wurde nach intensiver Unterweisung durch und Konsensbildung mit Prof. Dr. med. Martin Rupprecht durchgeführt.

Die statistische Auswertung wurde durch die Co-Autoren PD Dr. Malte Schröder und Dr. Andre Stahl unterstützend begleitet. Dr. Josephine Berger-Groch unterstützte bei der Literaturrecherche und stellte zudem ihre Formatierungkenntnisse zur Verfügung.

Die Verfassung des Originalartikels wurde unter Supervision meines Betreuers Dr. med. Jungesblut und meines Doktorvaters Prof. Dr. med. Martin Rupprecht vorgenommen. Die fehlerfreie Abfassung in englischer Sprache wurde durch Dr. med. Kara. L. Krajewski begleitet.

Die Interpretation der erhobenen Ergebnisse im Rahmen des breiteren wissenschaftlichen Kontextes erfolgte innerhalb der Arbeitsgruppe (inkl. Prof. Dr. Ralf Stücker und Dr. Jan Hubert). Dank ihrem Rat konnte die Originalarbeit nach einem Review-Prozess in der Fachzeitschrift „The Orthopaedic Journal of Sports Medicine“ im Dezember 2022 erfolgreich publiziert werden.

## **7. Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. med. Martin Rupprecht. Er stand mir während der gesamten Erstellung der Dissertationsschrift mit Rat und Tat zur Seite und war stets eine große Hilfe bei der Beantwortung jeglicher Fragen, bei der Ausarbeitung neuer Ideen und schließlich bei der schriftlichen Ausarbeitung. Seine Freude an der wissenschaftlichen Arbeit, an der Forschung und an der Betreuung seiner Doktoranden kann nur als vorbildlich bezeichnet werden.

Meinen Co-Autoren möchte ich herzlichst für das Teilen ihrer jahrelangen Erfahrung und ihre stete Verfügbarkeit bei Fragen danken.

Ebenso danke ich meinen Eltern, Frau Heike Jungesblut und Herrn Frank Jungesblut für die Hilfe, Aufmunterung und Motivation, ohne die diese Arbeit nicht so zügig beendet worden wäre.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Ehepartner, Herrn Dr. med. Oliver Jungesblut, der die Liebe meines Lebens ist und mich in jeglichen Lebenslagen und insbesondere bei dieser Promotion unterstützte wie kein anderer.

## **8. Lebenslauf entfällt aus datenschutzrechtlichen Gründen**

## **9. Eidesstattliche Versicherung**

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um eine Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift: \_\_\_\_\_