

# **UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF**

Klinik und Poliklinik für Kinderchirurgie

Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. Konrad Reinshagen

## **Der Einfluss chirurgischer Erfahrung auf die Komplikationsrate bei der Implantation von zentralvenösen Kathetern bei Kindern**

### **Dissertation**

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

vorgelegt von:

Lena-Marie Fritsch

aus Dresden

Hamburg 2023

**Angenommen von der  
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 13.03.2024**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der  
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

**Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. Holger Rohde**

**Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: Prof. Dr. Konrad Reinshagen**

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>3</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>4</b>
<b>2 MATERIAL UND METHODEN</b> .....	<b>5</b>
2.1 STUDIENDESIGN.....	5
2.2 DATENERHEBUNG .....	5
2.3 ERGEBNISPARAMETER.....	6
2.4 ANALYSE DER BUNDESWEITEN DIAGNOSEBEZOGENEN FALLGRUPPEN.....	6
2.5 STATISTISCHE AUSWERTUNG .....	6
<b>3 ERGEBNISSE</b> .....	<b>8</b>
3.1 ART DES KATHETERS.....	8
3.2 PATIENTENFAKTOREN.....	9
3.3 CHIRURGISCHE ERFAHRUNG.....	11
3.4 ERGEBNISSE DER BUNDESWEITEN DIAGNOSEBEZOGENEN FALLGRUPPEN .....	12
<b>4 DISKUSSION</b> .....	<b>14</b>
<b>5 ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>16</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>17</b>
<b>ERKLÄRUNG DES EIGENANTEILS</b> .....	<b>20</b>
<b>DANKSAGUNG</b> .....	<b>21</b>
<b>LEBENS LAUF</b> .....	<b>22</b>
<b>EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG</b> .....	<b>23</b>

# Surgical Experience Affects the Outcome of Central Venous Access Catheter Implantation in Children: A Retrospective Cohort Study

Lena-Marie Fritsch, MD,\* Melanie Le, MD,\* Julia Elrod, MD,\*†  
 Wilhelm Wössmann, MD, PhD,‡ Deirdre Vincent, MD,\*  
 Konrad Reinshagen, MD, PhD,\* and Michael Boettcher, MD, PhD\*†

**Introduction:** Surgical complications occur in up to third of children, limiting the benefits of tunneled central venous catheters (tCVCs) in children. We aimed to identify risk factors for complications related to catheter implantation.

**Methods:** All children and adolescents undergoing tCVC implantation at a single center over a period of 9 years were analyzed. Infection, thrombosis, dislocation, and catheter dysfunction were defined as complications. Both patient-related (ie, age, sex, vessel characteristics, revision surgery) and surgical factors (ie, sex of surgeon, surgical experience) were analyzed for their association with complications.

**Results:** A total of 1024 catheters were inserted, 887 ports and 137 broviac catheters. In terms of patient-related factors, Broviac catheters, and nononcological patients had a higher complication rate. The use of the internal jugular vein and revision surgery was associated with significantly increased complications in patients with port catheters. Experience of the surgeon correlated with various outcome parameters. Implantation performed by an attending were associated with lower complication rates in comparison to those performed by residents. Within the resident group, insertions performed by experienced residents had more complications compared with those performed by residents during their first years.

**Conclusion:** The study suggests that the outcome of tCVCs insertion is affected by the type of catheter used, the utilized vessel and above all by surgical experience. Residents had significantly increased complication rates in comparison to board-certified surgeons and amongst resident's outcome got worse with increasing experience of the residents. The presence of an experienced attending did not compensate for this effect. To improve the outcome of tCVCs, strategies like direct feedback after every procedure to achieve proficiency should be implanted in residency programs.

**Key Words:** port, broviac catheter, central venous catheter, catheter-related complications, risk factors, pediatrics

(*J Pediatr Hematol Oncol* 2022;00:000–000)

Received for publication October 5, 2021; accepted February 28, 2022. From the Departments of \*Pediatric Surgery; †Pediatric Hematology and Oncology, University Medical Center Hamburg-Eppendorf, Hamburg; and ‡Department of Pediatric Surgery, University Medical Center Mannheim, University of Heidelberg, Mannheim, Germany.

The authors declare no conflict of interest.

Reprints: Michael Boettcher, MD, PhD, Department of Pediatric Surgery, UKE Medical School, Martinistrasse 52, Hamburg 20246, Germany (e-mail: m.boettcher@uke.de).

Supplemental Digital Content is available for this article. Direct URL citations appear in the printed text and are provided in the HTML and PDF versions of this article on the journal's website, www.jpoho-online.com.

Copyright © 2022 Wolters Kluwer Health, Inc. All rights reserved.

Tunneled central venous catheters (tCVC) are essential in the management of children who require long-term parenteral nutrition, chemotherapy, antibiotics, or frequent blood sampling.<sup>1</sup> In children who are dependent on daily infusions for an extended time, such as those with intestinal failure, a Broviac catheter is usually implanted; whereas in children with hematologic or oncologic disease a totally implantable venous access (port) is preferred.<sup>2</sup> Port systems have been associated with higher quality of life due easier handling and lower complication rates.<sup>3–6</sup> However, despite being considerably beneficial for patient comfort and treatment management, catheter-related complications still occur frequently (14% to 36% of the patients within 2 years of tCVC placement), because of high-frequency usage resulting in increased complications.<sup>7–9</sup> The most common complications are infection, catheter migration, breakage or occlusion, and central venous thrombosis.<sup>7,10,11</sup>

Several studies have analyzed complications associated with tCVC implantation. Surgical experience has been identified to affect outcome in some operative procedures, but not for tCVC implantation.<sup>12–18</sup> Moreover, risk factors for tCVC implantation in children have yet to be examined. Identification of these factors may help prevent complications caused by tCVC in pediatric patients. Thus, the aim of the current study was to investigate potential risk factors including patient demographics and laboratory data. A further objective was to test the hypothesis that the surgeon's experience level affects the postoperative complications more than patient-related data or surgical technique.

## METHODS

### Study Design

A retrospective cohort study was performed including all pediatric patients who underwent a scheduled surgical implantation of a tCVC at the Department of Pediatric Surgery of the University Hospital Hamburg-Eppendorf (UKE) between January 2012 and September 2020. A total of 1024 catheters (887 port and 137 broviac) were implanted during this timeframe. At UKE all tCVC were implanted through venae section into the external or internal jugular vein. The medical research ethics committee of Hamburg (Ethik-Kommission der Ärztekammer Hamburg) stated that no formal ethics statement was necessary for the proposed study (WF-195/20).

### Data Collection

Following demographic and surgical data were collected and analyzed: age, sex, primary disease, catheter type (classified into: port or broviac), duration of surgery

(in minutes), experience level of surgeon(s) (beginner, intermediate, and advanced for resident and attending), intraoperative complications, cannulated vein (internal or external jugular, subclavian, or femoral vein), side and depth of catheter placement, and duration of catheter in situ (in months). Moreover, preoperative data regarding vascular status (previous venous thrombosis determined by vessel ultrasound), and laboratory data, including leukocyte count and platelet count, were collected and included in the set of explanatory variables. In all patients, preoperative blood samples a day before surgery or on the day of admission, before surgery were assessed.

Catheter implantation was always performed by residents and attending with both scrubbed in. We categorized attendings and residents into 6 groups based on experience level:

- Group 1: beginner surgical resident (first to second year of residency).
- Group 2: intermediate surgical resident (third to fourth year of residency).
- Group 3: advanced surgical resident ( $\geq 5$ th year of residency).
- Group 4: beginner attending (first to second year after specialist training).
- Group 5: intermediate attending (third to fourth year after specialist training)
- Group 6: advanced attending ( $\geq 5$ th year after specialist training).

## Endpoints

Indications for tCVC placement surgery were classified as follows: (1) oncological diseases, such as leukemia, solid tumors, brain tumors, and hematologic diseases; and (2) nonhemato-oncological diseases, such as short bowel syndrome, musculoskeletal disorders, and metabolic and cardiac diseases. By correlating the surgeon's level of experience with the rate of complications, we intended to evaluate whether the surgeon's experience has substantial impact on complications after catheter implantation. Complications evaluated were infection, thrombosis, dysfunction, or dislocation of the tCVC, while the occurrence of complications was monitored from the date of tCVC placement to its removal or (if still in use) March 2021. Surgery-associated complications were defined as infection and dislocation within 14 days.

## National Diagnosis-related Group Inpatient Statistics

Moreover, a controlled remote analysis of the nationwide Diagnosis-related Group (DRG) database from 2016 to 2018 was undertaken to evaluate inpatient data provided by the Research Data Centers of the German Federal Statistical Office and the Statistical Offices of each state (Länder). The German adaptation of the International Classification of Diseases (ICD) Tenth Revision and the procedure coding system (Operationen-und Prozedurenschlüssel [OPS]) was used to identify diagnoses and procedures. Thus, every inpatient case with a procedure code for implantation of a port or broviac catheter (OPS 5-3995) and for revision procedure (5-983) was included and diagnosis codes were recorded.

## Statistics

All data were analyzed using SPSS Statistics 26 (IBM, NY, USA) and GraphPad Prism 9 (GraphPad, CA, USA).

Differences between groups were calculated using *t* test or analysis of variance with Dunnett's correction whenever applicable. For ordinal data, Kruskal Wallis tests with Dunn's correction was used. Receiver operating characteristic curve analysis was performed using the Wilson/Brown method, and linear and logistic regression analysis was conducted for analysis of correlation. To control for any known biases, propensity score matching was performed using optimal matching algorithm with caliper of 0.15 for age, sex, diagnosis and revisionary surgery. Results are presented as mean  $\pm$  SD. The level of significance was set at  $<0.05$ .

Ultimately, an artificial intelligence-based approach was taken using the R package Random Forest.<sup>19</sup> Random Forest is a method of regression which can capture non-linear relationships by averaging the prediction of multiple decision trees.<sup>20</sup> For validation, the model was trained by randomly splitting the entire data into 2 parts, where 70% of the data was used for training and 30% of the data for testing. This was performed 20 times with new random distributions of the data to eliminate outliers, and the average of the results were taken. In order to prevent overfitting of the model to the data of the current study which could limit generalization in future real-world use, the random forest method comprises the use of different trees of which each tree is trained on a different bootstrapped data set. In our case 200 trees were used.

## RESULTS

In total 1024 procedures were included in the study of whom 887 patients received a port and 137 a broviac catheter. Follow-up was at least 6 months. Characteristics of patients following port or broviac placement are summarized in Table 1.

When dividing the patient population into type of catheter implanted, patients that received a broviac catheter had significantly higher rate of overall complication, and of surgery-associated complications, but procedure time was similar between broviac and port catheter (Tables 1 and 2). Patients receiving a broviac catheter were significantly younger than patients with a port (Table 1). After optimal propensity score matching, broviac had significantly worse outcome regarding operation time, postoperative complications, especially infections. Even surgery-associated complications like infection within the first 2 weeks were significantly more common

**TABLE 1.** Patient Characteristics of Children That Received Either Port or Broviac Catheter Implantation

	Port (n = 887)	Broviac (n = 137)
Age (y)	7.28 (5.48)	5.56 (5.53)
Sex (female) (%)	42	37
Hemoglobin (g/dL)	10.42 (2.20)	10.00 (1.94)
Leukocytes ( $10^9/L$ )	10.72 (18.22)	8.28 (5.53)
Thrombocytes ( $10^9/L$ )	277.37 (192.43)	306.50 (216.77)
Oncology (including hematology) (%)	79	42
Hematologic disease (%)	54	36
Solid tumors (%)	25	6
Cardiac disease (%)	1	4
Metabolic disease (%)	6	20
Intestinal disease (%)	0	7
Side (left) (%)	30	42
Vessel (internal jugular vein) (%)	29	51
Duration (min)	42.62 (17.97)	43.13 (18.08)

**TABLE 2.** Postoperative Complications After Port or Broviac Catheter Implantation

	Port (n = 887)	Broviac (n = 137)
Postoperative complications	20%	55%
Infection	13%	36%
Time until infection (SD)	7.66 (9.19) weeks	4.69 (6.22) weeks
Thrombosis	1%	1%
Dislocation	4%	12%
Dysfunction	3%	7%
Need for revision	7%	19%
Surgery-associated complications	11%	36%
Time until explanation (SD)	13.72 (12.33) months	4.82 (6.78) months

Surgery-associated complications were defined as dysfunction, dislocation or infection within 14 days.

(Supplement 1, Supplemental Digital Content 1, <http://links.lww.com/JPHO/A521>).

As catheter type may be intercorrelated with certain patients' factors, such as diagnosis affecting outcome, patient factors were analyzed for broviac and port catheter separately. In broviac catheters no patient-related factor was associated with surgery-associated complications (Table 3). However, the use of the internal jugular vein resulted in increased procedure time (46.15 [18.30] vs. 38.56 [15.90],  $P=0.01$ ) but did not affect complication rates. Revision surgery did not affect any outcome parameter in broviac catheters. In port systems the use of the internal jugular vein instead of the external jugular vein resulted in longer procedure time (50.97 [20.04] vs. 38.94 [15.51],  $P<0.001$ ) and significantly complication rates (overall: 25% vs. 17%,  $P=0.01$ , surgery-associated: 15% vs. 9%,  $P=0.005$ ). This was also reflected by the regression analysis (Table 4). Revision surgery was associated with increased procedure time (49.56 [24.48] vs. 42.16 [17.37] min,  $P=0.003$ ), overall complication (38% vs. 19%,  $P<0.001$ ) but not surgery-associated complications (16% vs. 10%,  $P=0.17$ ). When comparing diagnosis groups, patients with an oncologic disease had similar procedure time (42.16 [17.36] vs. 44.36 [20.06],  $P=0.14$ ) but significantly lower complication rates (overall: 18% vs.

**TABLE 3.** Univariate Show for Each Factor and Multiple Regression Analysis of Patient Factors Regarding Surgery-associated Complications of Broviac Catheters

	Patient Factors Affecting Outcome				
	b	SE	P	Cox and Snell's R <sup>2</sup>	Nagelkerke R <sup>2</sup>
Age (y)	-0.01	0.03	0.77	0.001	0.001
Sex (female vs. male)	-0.05	0.37	0.89	<0.001	<0.001
Side (right vs. left)	0.15	0.36	0.67	0.001	0.002
Vessel (IJV vs. EJV)	-0.05	0.37	0.90	<0.001	<0.001
Oncologic disease	-0.02	0.36	0.95	<0.001	<0.001
Revision surgery	-0.49	0.44	0.26	0.009	0.013
				Cox and Snell's R <sup>2</sup>	Nagelkerke R <sup>2</sup>
Multiple Regression	$\chi^2$	df	P		
Hosmer Lemeshow test	8.98	8	0.34	0.01	0.02

EJV indicates external jugular vein; IJV, internal jugular vein.

28%,  $P=0.002$ , surgery-associated: 9% vs. 17%,  $P=0.001$ ); which was also confirmed by the regression analysis.

Experience of the surgeon correlated with various outcome parameters. If an attending performed the implantation, procedure time (attending 42.41 [18.89] vs. resident 43.06 [16.92] min,  $P=0.57$ ) was similar but overall (attending 18% vs. resident 28%,  $P=0.001$ ) and intra-operative complications (attending 11% vs. resident 17%,  $P=0.008$ ) were significantly less frequent. In our data set, attendings did not perform more complex cases, as assumed by the rate of revision surgery (attending 6% vs. resident 10%,  $P=0.05$ ). However, regression analysis only found a very weak association of surgical experience with complications (Table 5). If the operation was performed by a board-certified surgeon surgery-associated complications were reduced (Table 5). Regarding complications, there was an inverse association in the resident group: increased surgical experience significantly correlated with the overall complication rate (beginner residents 20% vs. intermediate 25% vs. advanced 36%,  $P=0.002$ ) and surgery-associated complications (10% vs. 14% vs. 23%,  $P=0.004$ ).

There was no association between experience and procedural time within the resident group. However, attendings with an intermediate amount of experience were significantly faster than any other subgroup (Fig. 1). The presence of an experienced attending (with more the 10 y of surgical experience) affected operative time (31.37 [16.28] vs. 43.03 [18.53],  $P=0.023$ ), but not overall complications (23% vs. 25%,  $P=0.63$ ) or surgery-associated complications (13% vs. 15%,  $P=0.54$ ) compared with a less-experienced board-certified surgeon. The random forest analysis revealed the most important factors associated with a surgery-associated complication to be patient age (0.16), cumulative team experience (0.15), experience of the surgeon (0.13), experience of the assistant (0.12), catheter type (0.06), and sex of the surgeon (0.04).

### National Diagnosis-related Group Inpatient Statistics

In order to compare the results of the current study with the outcome from other centers with a similar setup, a nationwide database analysis was performed. It showed that per year 3534 catheters were (surgically or ultrasound-guided) implanted in patients aged 0 to 17 in Germany, of which 44% were female. Mean age was 6.65 (5.98) years. The mean hospitalization time was 24.74 (41.25) days. In the majority of patients (59%), a tCVC was implanted because of an oncologic disease. In 164 of 3534 patients the code for "revision procedure" (5-983) was utilized; indicating a revision rate of at least 4%. There were no differences in sex distribution (46% female, 54% male). Patients undergoing revision surgery were younger (5.14 [5.36] y) and hospitalization time was longer (31.59 [56.02] d).

### DISCUSSION

Despite vast improvements in medical and surgical management, complications following tCVC implantation, a procedure considered simple, remain high.<sup>12,21</sup> The national database analysis showed that a very high number of cases are performed each year. In this current study, examining over 1000 procedures, the most striking factor affecting outcome after catheter implantation was the surgeon's level of experience. An operation performed by an attending was associated with a significantly lower risk of postoperative complications.

**TABLE 4.** Univariate Show for Each Factor and Multiple Regression Analysis of Patient Factors Regarding Surgery-associated Complications of Port Catheters

	Patient Factors Affecting Outcome				
	<i>b</i>	SE	<i>P</i>	Cox and Snell's <i>R</i> <sup>2</sup>	Nagelkerke <i>R</i> <sup>2</sup>
Age	-0.02	0.02	0.27	0.001	0.003
Sex (female vs. male)	0.11	0.22	0.60	<0.001	0.001
Side (right vs. left)	0.18	0.23	0.43	0.001	0.001
Vessel (IJV vs. EJV)	0.62	0.25	<b>0.006</b>	0.01	0.02
Oncologic disease	-0.74	0.23	<b>0.002</b>	0.01	0.02
Revision surgery	0.52	0.38	0.18	0.002	0.004
Multiple Regression	$\chi^2$	<i>df</i>	<i>P</i>	Cox and Snell's <i>R</i> <sup>2</sup>	Nagelkerke <i>R</i> <sup>2</sup>
Hosmer Lemeshow test	17.48	8	0.025	0.02	0.04

Significant values are in bold.  
EJV indicates external jugular vein; IJV, internal jugular vein.

Not surprisingly, this finding can be supported by several studies, which have demonstrated that surgical expertise affects the outcome of various operations like microsurgical aneurysm clipping, parathyroid surgery, spinal osteotomies, or surgery for kidney stones.<sup>15-18</sup> More specifically, recent studies even revealed the quality of catheter implantation to correlate with surgical experience.<sup>22,23</sup> It has been reported that cumulative team experience matters more than individual surgeon experience.<sup>24</sup> In the current study the artificial intelligence-based analysis showed that cumulative team experience was a little more important than experience of the surgeon or assistant. It appears that experience is important until a certain point. There was no further reduction of complication rate after reaching board-certification. One might assume that upon reaching a certain level of experience, improvement of surgical skills remains stagnant; a finding, which has been reported in previous studies.<sup>25</sup> In fact, one particular study has shown that the learning curve for tCVC insertions flattens out at 80 procedures.<sup>26</sup>

Within the resident subgroup, complication rates increased with increasing experience. One explanation for this finding could be that more advanced residents were allowed to perform more complex cases. In procedures carried out by beginner and intermediate surgeons, a higher involvement of the more experienced attendings is to be expected, partly because of teaching purposes and to provide patient safety.<sup>27</sup> Moreover, supervision may decrease over time. Another explanation for the rise in complications with increasing

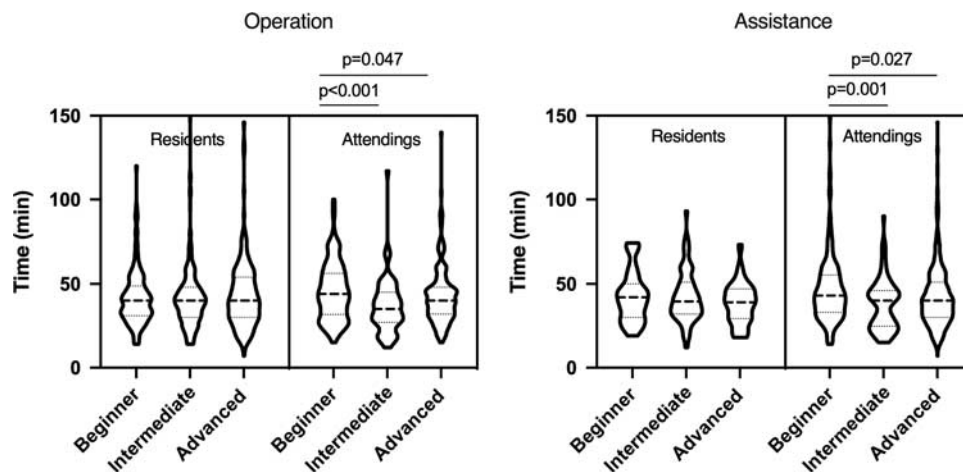
experience of the resident might be overconfidence of the resident, which is typical for frequent and relatively simple cases.<sup>28,29</sup> As overconfidence is associated in particular with confirmation bias and may underlie hindsight bias, approaches should be taken to address this issue and thus potentially reduce the complication rate in this particular group of residents.<sup>30,31</sup> It has been reported that a certain level of competence in informal reasoning normally occurs through the processes of maturation, socialization, and education, but few people actually progress beyond an everyday working level of performance to genuine proficiency.<sup>32</sup> One method which could aid in achieving genuine proficiency, however, is through prompt and reliable feedback about outcomes, a prerequisite for calibrating clinician performance, yet it rarely exists in clinical practice.<sup>33</sup> As such, in order to become highly proficient surgeons, various cognitive debiasing strategies like perspective switching need to be used into everyday clinical practice.<sup>34</sup>

Another factor affecting the occurrence of intra-, as well as postoperative complications was the choice of catheter type. More specifically, even after optimal matching broviac were significantly worse in terms of safety compared with port systems which has been reported previously.<sup>14,35</sup> There are multiple factors that could explain this association. Broviac catheters are only partially implanted and are frequently manipulated for instance in children with total parental nutrition, thus bearing a higher risk for blood stream and wound infections.<sup>10</sup> This may explain the significantly earlier onset of catheter-associated infections in children with broviac

**TABLE 5.** Univariate Show for Each Factor and Multiple Regression Analysis of Surgeon-associated Factors Regarding Surgery-associated Complications

	Surgeon-associated Factors Affecting Outcome				
	<i>b</i>	SE	<i>P</i>	Cox and Snell's <i>R</i> <sup>2</sup>	Nagelkerke <i>R</i> <sup>2</sup>
Surgical experience (y)	-0.01	0.02	0.58	<0.001	0.001
Operation by board-certified surgeon	-0.50	0.02	<b>0.009</b>	0.007	0.012
Senior surgeon	-0.14	0.23	0.54	<0.001	0.001
Cumulative experience (y)	-0.002	0.02	0.88	<0.001	<0.001
Female surgeon	0.44	0.18	<b>0.016</b>	0.006	0.01
Multiple Regression	$\chi^2$	<i>df</i>	<i>P</i>	Cox and Snell's <i>R</i> <sup>2</sup>	Nagelkerke <i>R</i> <sup>2</sup>
Hosmer Lemeshow test	11.44	8	0.18	0.02	0.04

Significant values are in bold.



**FIGURE 1.** Surgical experience affect procedure time. Attendings with intermediate experience were significantly faster than any other experience group. Statistics: analysis of variance with Dunnett’s correction.

catheters in comparison to ports as well the significantly higher complication rates in nononcological patients who more often receive broviac catheters. A further risk factors for post-operative complications identified in this study was the choice of cannulated vein. Using the external jugular vein for tCVC insertion was associated with a reduction in postoperative complications in this study which has been reported before.<sup>36</sup> Hence, we recommend to utilize the external jugular vein using a port system whenever possible.

**Limitations**

Most limitations of the current study are inherent with the retrospective study design, in particular the lack of randomization.

**CONCLUSION**

After tCVC implantation early infection was the most frequent complication. The study suggests that the outcome of tCVC insertion is affected by the type of catheter used, the utilized vessel and above all by surgical experience. Residents had significantly increased complication rates in comparison to board-certified surgeons. The presence of an experienced attending did not compensate for this effect. As a consequence of the current study, strategies like direct feedback after every procedure to achieve proficiency will be implanted in our center; and should be evaluated in future studies.

**REFERENCES**

1. Rickard CM, Ullman AJ. Bloodstream infection and occlusion of central venous catheters in children. *Lancet Infect Dis.* 2018; 18:815–817.
2. Lebeaux D, Fernández-Hidalgo N, Chauhan A, et al. Management of infections related to totally implantable venous-access ports: challenges and perspectives. *Lancet Infect Dis.* 2014;14: 146–159.
3. Di Carlo I, Pulvirenti E, Mannino M, et al. Increased use of percutaneous technique for totally implantable venous access devices. Is it real progress? A 27-year comprehensive review on early complications. *Ann Surg Oncol.* 2010;17:1649–1656.
4. Niederhuber JE, Ensminger W, Gyves JW, et al. Totally implanted venous and arterial access system to replace external catheters in cancer treatment. *Surgery.* 1982;92:706–712.
5. Orgel E, Ji L, Pastor W, et al. Infectious morbidity by catheter type in neutropenic children with cancer. *Pediatr Infect Dis J.* 2014;33:263–266.

6. Chang L, Tsai J-S, Huang S-J, et al. Evaluation of infectious complications of the implantable venous access system in a general oncologic population. *Am J Infect Control.* 2003;31:34–39.
7. Ares G, Hunter CJ. Central venous access in children: indications, devices, and risks. *Curr Opin Pediatr.* 2017;29:340–346.
8. Chesshyre E, Goff Z, Bowen A, et al. The prevention, diagnosis and management of central venous line infections in children. *J Infect.* 2015;71(suppl 1):S59–S75.
9. Giordano P, Saracco P, Grassi M, et al. Recommendations for the use of long-term central venous catheter (CVC) in children with hemato-oncological disorders: management of CVC-related occlusion and CVC-related thrombosis. On behalf of the coagulation defects working group and the supportive th. *Ann Hematol.* 2015;94:1765–1776.
10. Adler A, Yaniv I, Solter E, et al. Catheter-associated bloodstream infections in pediatric hematology-oncology patients: factors associated with catheter removal and recurrence. *J Pediatr Hematol Oncol.* 2006;28:23–28.
11. Rey C, Alvarez F, De La Rúa V, et al. Mechanical complications during central venous cannulations in pediatric patients. *Intensive Care Med.* 2009;35:1438–1443.
12. Ullman AJ, Marsh N, Mihala G, et al. Complications of central venous access devices: a systematic review. *Pediatrics.* 2015;136: e1331–e1344.
13. Tsuruta S, Goto Y, Miyake H, et al. Late complications associated with totally implantable venous access port implantation via the internal jugular vein. *Support Care Cancer.* 2020;28:2761–2768.
14. Beck O, Muensterer O, Hofmann S, et al. Central venous access devices (CVAD) in pediatric oncology patients—a single-center retrospective study over more than 9 years. *Front Pediatr.* 2019;7:260.
15. Tomatis A, Trevisi G, Boido B, et al. Surgical outcomes and their correlation with increasing surgical experience in a series of 250 ruptured or unruptured aneurysms undergoing microsurgical clipping. *World Neurosurg.* 2019;130:e542–e550.
16. Erinjeri NJ, Udelsman R. Volume-outcome relationship in parathyroid surgery. Best practice & research. *Clin Endocrinol Metab.* 2019;33:101287.
17. Lau D, Deviren V, Ames CP. The impact of surgeon experience on perioperative complications and operative measures following thoracolumbar 3-column osteotomy for adult spinal deformity: overcoming the learning curve. *J Neurosurg Spine.* 2019;32:207–220.
18. Berardinelli F, Cindolo L, De Francesco P, et al. The surgical experience influences the safety of retrograde intrarenal surgery for kidney stones: a propensity score analysis. *Urolithiasis.* 2017;45:387–392.



19. Breiman L. Cutler's Random Forests for Classification and Regression. 2015. *The R Project for Statistical Computing*. 2017: 1–29.
20. Breiman L. Random Forests. *Machine Learning*. 2001;45:5–32.
21. Bowdle A. Vascular complications of central venous catheter placement: evidence-based methods for prevention and treatment. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2014;28:358–368.
22. Fila B, Roca-Tey R, Malik J, et al. Quality assessment of vascular access procedures for hemodialysis: a position paper of the Vascular Access Society based on the analysis of existing guidelines. *J Vasc Access*. 2020;21:148–153.
23. Koolen DA, van Laarhoven HWM, Wobbes T, et al. Single-centre experience with tunnelled central venous catheters in 150 cancer patients. *Neth J Med*. 2002;60:397–401.
24. Elbardissi AW, Duclos A, Rawn JD, et al. Cumulative team experience matters more than individual surgeon experience in cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2013;145:328–333.
25. Nüssler E, Eskildsen JK, Nüssler EK, et al. Impact of surgeon experience on routine prolapse operations. *Int Urogynecol J*. 2018;29:297–306.
26. Fosh B, Canepa M, Eaton M. Long-term venous access insertion: “the learning curve”. *ANZ J Surg*. 2016;86:1038–1041.
27. Ko CY, Escarce JJ, Baker L, et al. Predictors of surgery resident satisfaction with teaching by attendings: a national survey. *Ann Surg*. 2005;241:373–380.
28. Sanchez C, Dunning D. Overconfidence among beginners: is a little learning a dangerous thing? *J Pers Soc Psychol*. 2018;114:10–28.
29. Saposnik G, Redelmeier D, Ruff CC, et al. Cognitive biases associated with medical decisions: a systematic review. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2016;16:138.
30. Cassam Q. Diagnostic error, overconfidence and self-knowledge. *Palgrave Commun*. 2017;3:1–8.
31. Croskerry P. *medicine GN-TA journal of*, 2008 undefined. Overconfidence in clinical decision making. *amjmed.com*. 2008. Available at: [https://www.amjmed.com/article/S0002-9343\(08\)00152-6/abstract](https://www.amjmed.com/article/S0002-9343(08)00152-6/abstract). Accessed April 11, 2021.
32. Gelder T van, Bissett M. of GC-CJ, 2004 undefined. Cultivating expertise in informal reasoning. *psycnet.apa.org*. 2004. Available at: <https://psycnet.apa.org/record/2004-15462-011>. Accessed April 11, 2021.
33. Croskerry P. The feedback sanction. *Acad Emerg Med*. 2000; 7:1232–1238.
34. Croskerry P. The importance of cognitive errors in diagnosis and strategies to minimize them. *Acad Med*. 2003;78:775–780.
35. Ng F, Mastoroudes H, Paul E, et al. A comparison of Hickman line- and Port-a-Cath-associated complications in patients with solid tumours undergoing chemotherapy. *Clin Oncol*. 2007;19:551–556.
36. Alshafei A, Tareen F, Maphango N, et al. Open tunneled central line insertion in children—external or internal jugular vein? *J Pediatr Surg*. 2018;53:2318–2321.

# 1 Einleitung

Getunnelte zentrale Venenkatheter (tCVC) sind essentiell in der Behandlung von Kindern, die eine langfristige parenterale Ernährung, Chemotherapie, Antibiotikatherapie oder häufige Blutentnahmen benötigen.<sup>1</sup> Bei pädiatrischen Patienten, die über einen längeren Zeitraum auf Infusionen angewiesen sind, wie z.B. Kinder mit Kurzdarmsyndrom, wird in der Regel ein Broviak-Katheter implantiert, während bei Kindern mit hämatologischen oder onkologischen Grunderkrankungen ein vollständig implantierbarer venöser Zugang (Port) bevorzugt wird.<sup>2</sup> Portsysteme werden aufgrund der einfacheren Handhabung und der geringeren Komplikationsrate mit einer höheren Lebensqualität in Verbindung gebracht.<sup>3,4,5,6</sup> Trotz der erheblichen Vorteile für den Patientenkomfort und das Behandlungsmanagement treten katheterbedingte Komplikationen häufig auf (bei 14 % bis 36 % der Patienten innerhalb von 2 Jahren nach der Implantation des tCVC).<sup>7,8,9</sup> Überwiegend handelt es sich dabei um Infektionen, die Migration, den Bruch oder den Verschluss des Katheters und zentrale Venenthrombosen.<sup>7,10,11</sup>

In mehreren Studien wurde festgestellt, dass die chirurgische Erfahrung die Komplikationsrate bei einigen operativen Eingriffen beeinflusst.<sup>12,13,14,15,16,17,18</sup> Im Zusammenhang mit der tCVC-Implantation wurde bisher allerdings noch nicht überprüft, inwiefern die Expertise des Chirurgen einen Einfluss auf das Outcome besitzt.

Weitere Risikofaktoren für die tCVC-Implantation bei Kindern wurden ebenfalls noch nicht untersucht. Die Identifizierung dieser Faktoren könnte dazu beitragen, Komplikationen bei der tCVC-Implantation zu verhindern. Ziel der aktuellen Studie war daher die Untersuchung potenzieller Risikofaktoren, einschließlich demografischer Daten und Laborwerte der Patienten. Weiterhin wurde die folgende Hypothese überprüft: Der Erfahrungsgrad des Chirurgen beeinflusst die postoperativen Komplikationen stärker als patientenbezogene Daten oder die Operationstechnik.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Studiendesign**

Es wurde eine retrospektive Kohortenstudie durchgeführt, in welche alle pädiatrischen Patienten einbezogen wurden, bei denen zwischen Januar 2012 und September 2020 in der Klinik für Kinderchirurgie des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf (UKE) eine operative Implantation eines tCVC durchgeführt wurde. Insgesamt wurden in diesem Zeitraum 1024 Katheter (887 Port- und 137 Broviak-Katheter) implantiert. Am UKE wurden dabei alle tCVC in die äußere oder innere Jugularvene implantiert. Die Ethikkommission der Ärztekammer Hamburg erklärte, dass für die geplante Studie keine formale Ethikerklärung erforderlich sei (WF-195/20).

### **2.2 Datenerhebung**

Die folgenden demografischen und chirurgischen Daten wurden erfasst und analysiert: Alter, Geschlecht, Grunderkrankung, Kathetertyp (klassifiziert als Port- oder Broviak-Katheter), Dauer des Eingriffs (in Minuten), Erfahrungsniveau des Chirurgen (beginnend, fortgeschritten und erfahren in der Gruppe der Assistenzärzte und Oberärzte), intraoperative Komplikationen, kanülierte Vene (innere oder äußere Jugularvene, Vena subclavia oder Vena femoralis), Seite und Tiefe der Katheterimplantation und Dauer des Kathetereinsatzes (in Monaten). Darüber hinaus wurden präoperative Daten zum Gefäßstatus (wie frühere Venenthrombosen, die mittels Gefäßultraschall erfasst wurden) und Labordaten, einschließlich Leukozyten- und Thrombozytenzahlen, erhoben. Bei allen Patienten wurden präoperative Blutproben einen Tag vor der Operation oder am Tag der Operation entnommen und untersucht. Die Katheterimplantation wurde immer gemeinsam von einem Assistenzarzt und einem Oberarzt durchgeführt.

Die Oberärzte und Assistenzärzte wurden je nach Erfahrungsniveau in 6 Gruppen eingeteilt:

- Gruppe 1: beginnender Assistenzarzt (erstes bis zweites Jahr der Facharztausbildung)
- Gruppe 2: fortgeschrittener Assistenzarzt (drittes bis viertes Jahr der Facharztausbildung)
- Gruppe 3: erfahrener Assistenzarzt ( $\geq 5$ . Jahr der Facharztausbildung)
- Gruppe 4: beginnender Oberarzt (erstes bis zweites Jahr nach Facharztausbildung)
- Gruppe 5: fortgeschrittener Oberarzt (drittes bis viertes Jahr nach Facharztausbildung)
- Gruppe 6: erfahrener Oberarzt ( $\geq 5$ . Jahr nach Facharztausbildung)

## **2.3 Ergebnisparameter**

Die Indikationen für die Implantation eines tCVC wurden wie folgt klassifiziert:

(1) onkologische Erkrankungen wie Leukämien, solide Tumore, Hirntumore und hämatologische Erkrankungen; (2) nicht-hämato-onkologische Erkrankungen wie Kurzdarmsyndrome, Erkrankungen des Bewegungsapparats, sowie Stoffwechsel- und Herzerkrankungen. Indem die Erfahrung des Chirurgen mit der Komplikationsrate in Korrelation gesetzt wurde, sollte herausgefunden werden, ob die Erfahrung des Chirurgen einen wesentlichen Einfluss auf die Komplikationen nach der Katheterimplantation hat. Bei den untersuchten Komplikationen handelte es sich um Infektionen, Thrombosen, Dysfunktionen oder Dislokationen des tCVC, wobei das Auftreten von Komplikationen zum Zeitpunkt der Implantation des tCVC bis zu seiner Explantation oder (falls der Katheter noch verwendet wurde) bis März 2021 analysiert wurde. Operationsbedingte Komplikationen wurden als Infektion und Dislokation innerhalb von 14 Tagen definiert.

## **2.4 Analyse der bundesweiten diagnosebezogenen Fallgruppen**

Darüber hinaus wurde eine kontrollierte Fernanalyse der bundesweiten Diagnosis Related Group (DRG) durchgeführt, um die stationären Daten der Forschungsdatenzentren des Statistischen Bundesamtes und der Statistischen Ämter der Länder auszuwerten. Zur Identifikation von Diagnosen und Prozeduren wurde die deutsche Adaption der Internationalen Klassifikation der Krankheiten (ICD) und der Operationen- und Prozedurenschlüssel (OPS) verwendet. Jeder stationäre Fall wurde mit einem Prozedurencode für die Implantation eines Port- oder Broviak-Katheters (OPS 5-399.5) und für ein Revisionsverfahren (5-983) und die Diagnosecodes erfasst.

## **2.5 Statistische Auswertung**

Alle Daten wurden mit SPSS Statistics 26 (IBM, NY, USA) und GraphPad Prism 9 ausgewertet. Die Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen wurden mittels t-Test oder der Varianzanalyse mit Dunnett-Korrektur berechnet. Für Ordinalwerte wurde der Kruskal-Wallis-Test mit Dunnett-Korrektur verwendet. Die Analyse der Receiver-Operating-Characteristic-Kurve erfolgte mit der Wilson/Brown-Methode. Für die Korrelationsanalyse wurden lineare und logistische Regressionsanalysen durchgeführt. Um bekannte Verzerrungen auszugleichen, wurde ein Propensity-Score-Matching mit einem optimalen Matching-Algorithmus mit einer Skala von 0.15 für das Alter, Geschlecht, Diagnose und Reversionseingriffe durchgeführt. Die Daten wurden als Median mit Standardabweichung (SD) angegeben. Das Signifikanzniveau wurde auf  $< 0.05$  festgelegt.

Überdies wurde ein auf künstlicher Intelligenz basierender Ansatz mittels Random Forest Analyse gewählt.<sup>19</sup> Random Forest ist eine Regressionsmethode, die nicht-lineare Zusammenhänge erfassen kann, indem sie die Prognose mehrerer Entscheidungsbäume mittelt.<sup>20</sup> Zur Validierung wurde das Modell trainiert, indem die gesamten Daten nach dem Zufallsprinzip in zwei Gruppen aufgeteilt wurden, wobei 70 % der Daten zum Training und 30 % der Daten zum Testen verwendet wurden. Dies wurde 20 Mal mit neuen Zufallsverteilungen der Daten durchgeführt, um Ausreißer zu eliminieren. Daneben wurde der Durchschnitt der Ergebnisse ermittelt. Um zu verhindern, dass das Modell zu sehr an die Daten der aktuellen Studie angepasst wird, was die Verallgemeinerung in der Praxis einschränken könnte, werden bei der Random Forest Methode verschiedene Entscheidungsbäume verwendet, von denen jeder auf einen anderen Bootstrap-Datensatz trainiert wird. Es wurden 200 solcher Entscheidungsbäume eingesetzt.

### 3 Ergebnisse

Insgesamt wurden 1024 Patienten in die Studie einbezogen, von denen 887 einen Port- und 137 einen Broviak-Katheter erhielten. Die Nachbeobachtungszeit betrug mindestens sechs Monate. Die Merkmale der Patienten nach einer Port- oder Broviak-Implantation sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

#### 3.1 Art des Katheters

Unterteilt man die Patientenpopulation nach der Art des implantierten Katheters, so zeigte sich, dass Kinder, die einen Broviak-Katheter erhielten, eine signifikant höhere Rate an Gesamtkomplikationen und an operationsassoziierten Komplikationen aufwiesen, wobei die Operationsdauer zwischen Broviak- und Port-Kathetern vergleichbar war (Tabelle 1 und 2). Patienten, denen ein Broviak-Katheter implantiert wurde, waren deutlich jünger als Patienten mit einem Portkatheter (Tabelle 1). Nach optimalem Propensity-Score-Matching zeigte der Broviak-Katheter ein signifikant schlechteres Outcome in Bezug auf die Operationszeit und postoperative Komplikationen, insbesondere hinsichtlich Infektionen. Auch operationsassoziierte Komplikationen innerhalb der ersten zwei Wochen traten signifikant häufiger auf.

	<b>Port (n=887)</b>	<b>Broviac (n=137)</b>
Age (years)	7.28 (5.48)	5.56 (5.53)
Gender (female)	42%	37%
Hemoglobin (g/dl)	10.42 (2.20)	10.00 (1.94)
Leucocytes (10 <sup>9</sup> /l)	10.72 (18.22)	8.28 (5.53)
Thrombocytes (10 <sup>9</sup> /l)	277.37 (192.43)	306.50 (216.77)
Oncology (including hematology)	79%	42%
Hematologic disease	54%	36%
Solid tumors	25%	6%
Cardiac disease	1%	4%
Metabolic disease	6%	20%
Intestinal disease	0%	7%
Side (left)	30%	42%
Vessel (internal jugular vein)	29%	51%
Duration (min)	42.62 (17.97)	43.13 (18.08)

Tabelle 1: Patientenmerkmale bei Implantation eines Port- oder Broviak-Katheters.

	<b>Port (n=887)</b>	<b>Broviac (n=137)</b>
Postoperative complications	20%	55%
- <i>infection</i>	13%	36%
- <i>time until infection (SD)</i>	7.66 (9.19) weeks	4.69 (6.22) weeks
- <i>thrombosis</i>	1%	1%
- <i>dislocation</i>	4%	12%
- <i>dysfunction</i>	3%	7%
- <i>need for revision</i>	7%	19%
Surgery-associated complications	11%	36%
Time until explantation (SD)	13.72 (12.33) months	4.82 (6.78) months

Tabelle 2: Postoperative Komplikationen nach Implantation eines Port- oder Broviac-Katheters. Operationsbedingte Komplikationen wurden dabei definiert als Dysfunktion, Dislokation oder Infektion innerhalb von 14 Tagen.

### 3.2 Patientenfaktoren

Da der Kathetertyp mit bestimmten Patientenfaktoren korrelieren kann, z. B. mit der Diagnose, die das Outcome beeinflusst, wurden die Patientenfaktoren für Broviac- und Portkatheter getrennt analysiert. Bei den Broviac-Kathetern wurde kein patientenbezogener Faktor mit operationsassoziierten Komplikationen in Verbindung gebracht (Tabelle 3). Die Verwendung der Vena jugularis interna führte jedoch zu einer längeren Operationszeit (46,15 [18,30] vs. 38,56 [15,90],  $P = 0,01$ ), zeigte allerdings keinen Einfluss auf die Komplikationsrate. Revisionsoperationen wirkten sich bei Broviac-Kathetern auf keinen der Ergebnisparameter aus. Bei den Portsystemen führte die Verwendung der Vena jugularis interna anstelle der Vena jugularis externa zu einer längeren Operationsdauer (50,97 [20,04] vs. 38,94 [15,51],  $P < 0,001$ ) und signifikant höheren Komplikationsraten (insgesamt: 25 % vs. 17 %,  $P = 0,01$ , operationsbedingt: 15 % vs. 9 %,  $P = 0,005$ ). Dies zeigte sich auch in der Regressionsanalyse (Tabelle 4). Revisionseingriffe waren mit einer längeren Eingriffszeit (49,56 [24,48] vs. 42,16 [17,37] min,  $P = 0,003$ ) und einer höheren Gesamtkomplikationsrate (38 % vs. 19 %,  $P < 0,001$ ) verbunden, nicht jedoch mit operationsbedingten Komplikationen (16 % vs. 10 %,  $P = 0,17$ ). Beim Vergleich der Diagnosegruppen zeigten Patienten mit einer onkologischen Grunderkrankung eine ähnliche Eingriffszeit (42,16 [17,36] vs. 44,36 [20,06],  $P = 0,14$ ), bei signifikant niedrigeren Komplikationsraten (insgesamt: 18% vs. 28%,  $P = 0,002$ , operationsassoziiert: 9% vs. 17%,  $P = 0,001$ ); dies wurde auch durch die Regressionsanalyse bestätigt.

<b>Patient factors affecting outcome</b>					
	<b>b</b>	<b>SE</b>	<b>p</b>	<b>Cox and Snell's R<sup>2</sup></b>	<b>Nagelkerke R<sup>2</sup></b>
Age (y)	-.01	.03	.77	.001	.001
Gender (female vs. male)	-.05	.37	.89	<.001	<.001
Side (right vs. left)	.15	.36	.67	.001	.002
Vessel (IJV vs. EJV)	-.05	.37	.90	<.001	<.001
Oncologic disease	-.02	.36	.95	<.001	<.001
Revision surgery	-.49	.44	.26	.009	.013
Multiple regression	<i>X<sup>2</sup></i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Cox and Snell's R<sup>2</sup></i>	<i>Nagelkerke R<sup>2</sup></i>
Hosmer Lemeshow test	8.98	8	.34	.01	.02

Tabelle 3: Univariate Darstellung für jeden Faktor und multiple Regressionsanalyse der Patientenfaktoren in Bezug auf operationsbedingte Komplikationen von Broviak-Kathetern.

EJV bedeutet externe Jugularvene; IJV interne Jugularvene.

<b>Patient factors affecting outcome</b>					
	<b>b</b>	<b>SE</b>	<b>p</b>	<b>Cox and Snell's R<sup>2</sup></b>	<b>Nagelkerke R<sup>2</sup></b>
Age	-.02	.02	.27	.001	.003
Gender (female vs. male)	.11	.22	.60	<.001	.001
Side (right vs. left)	.18	.23	.43	.001	.001
Vessel (IJV vs. EJV)	.62	.25	<b>.006</b>	.01	.02
Oncologic disease	-.74	.23	<b>.002</b>	.01	.02
Revision surgery	.52	.38	.18	.002	.004
Multiple regression	<i>X<sup>2</sup></i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Cox and Snell's R<sup>2</sup></i>	<i>Nagelkerke R<sup>2</sup></i>
Hosmer Lemeshow test	17.48	8	.025	.02	.04

Tabelle 4: Univariate Darstellung für jeden Faktor und multiple Regressionsanalyse der Patientenfaktoren in Bezug auf operationsbedingte Komplikationen von Port-Kathetern.

EJV bedeutet externe Jugularvene; IJV interne Jugularvene.



### 3.3 Chirurgische Erfahrung

Die Erfahrung des Chirurgen korrelierte mit verschiedenen Ergebnisparametern. Wenn ein Oberarzt die Implantation durchführte, war die Eingriffszeit vergleichbar mit der eines Assistenzarztes (Oberarzt 42,41 [18,89] vs. Assistenzarzt 43,06 [16,92] min, P = 0,57), allerdings erwies sich die Häufigkeit von Komplikationen insgesamt (Oberarzt 18% vs. Assistenzarzt 28%, P = 0,001) und intraoperativ (Oberarzt 11% vs. Assistenzarzt 17%, P=0,008) als signifikant geringer. Der Datensatz der aktuellen Studie zeigt, dass Oberärzte keine komplexeren Fälle durchführten, wie es die Rate der Revisionseingriffe vermuten lässt (Oberärzte 6 % gegenüber Assistenzärzten 10 %, P=0,05). Die Regressionsanalyse ergab nur einen sehr schwachen Zusammenhang zwischen chirurgischer Erfahrung und Komplikationen (Tabelle 5). Wurde die Operation von einem Facharzt vorgenommen, waren die mit der Operation verbundenen Komplikationen geringer (Tabelle 5). Hinsichtlich der Komplikationen bestand in der Gruppe der Assistenzärzte eine umgekehrte Assoziation: Eine größere chirurgische Erfahrung korrelierte signifikant mit der Gesamtkomplikationsrate (Beginner 20% vs. Fortgeschrittene 25% vs. Erfahrene 36%, P=0,002) und den operationsassoziierten Komplikationen (10% vs. 14% vs. 23%, P = 0,004).

<b>Surgeon-associated factors affecting outcome</b>					
	<b>b</b>	<b>SE</b>	<b>p</b>	<b>Cox and Snell's R<sup>2</sup></b>	<b>Nagelkerke R<sup>2</sup></b>
Surgical experience (y)	-.01	.02	.58	<.001	.001
Operation by board-certified surgeon	-.50	.02	<b>.009</b>	.007	.012
Senior surgeon	-.14	.23	.54	<.001	.001
Cumulative experience (y)	-.002	.02	.88	<.001	<.001
Gender surgeon	.44	.18	<b>.016</b>	.006	.01
Multiple regression	$\chi^2$	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Cox and Snell's R<sup>2</sup></i>	<i>Nagelkerke R<sup>2</sup></i>
hosmer Lemeshow test	11.44	8	.18	.02	.04

Tabelle 5: Univariate Darstellung für jeden Faktor und multiple Regressionsanalyse der chirurgischen Faktoren in Bezug auf operationsbedingte Komplikationen.

Innerhalb der Gruppe der Assistenzärzte zeigte sich kein Zusammenhang zwischen Erfahrung und Operationsdauer. Oberärzte mit mittlerer Erfahrung erwiesen sich jedoch als signifikant schneller im Vergleich zu jeder anderen Untergruppe (Abb. 1). Die Anwesenheit eines erfahrenen Oberarztes (mit mehr als 10 Jahren chirurgischer Erfahrung) wirkte sich auf die Operationszeit aus (31,37 [16,28] vs. 43,03 [18,53], P = 0,023), nicht aber auf die

Gesamtkomplikationen (23 % vs. 25 %,  $P = 0,63$ ) oder die mit der Operation verbundenen Komplikationen (13 % vs. 15 %,  $P = 0,54$ ) im Vergleich zu einem weniger erfahrenen Chirurgen.

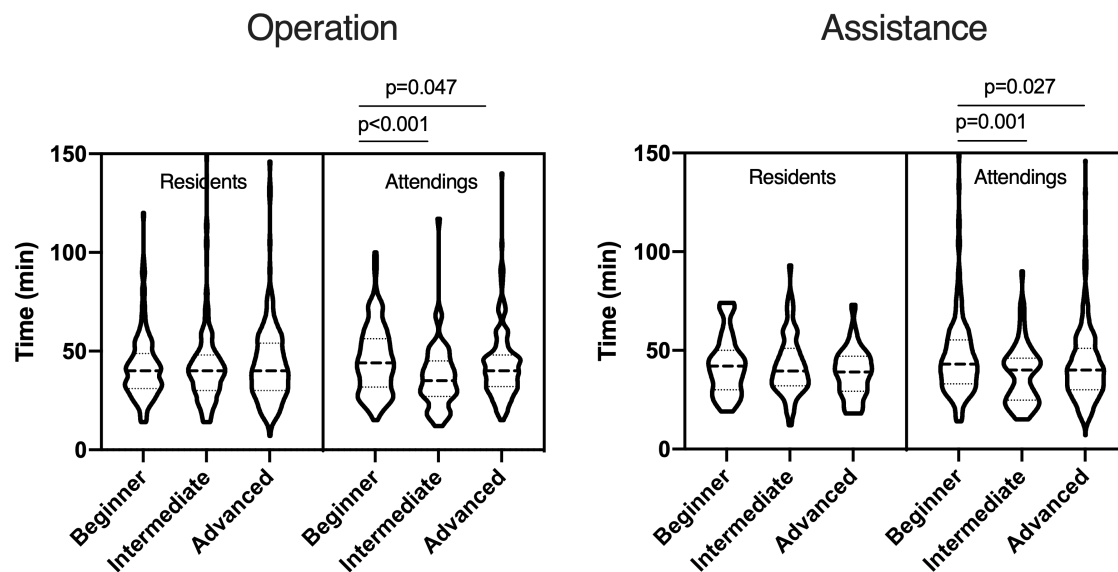


Abbildung 1: Es zeigt sich, dass die chirurgische Erfahrung die Operationsdauer beeinflusst. Oberärzte mit mittlerer Erfahrung waren signifikant schneller als alle anderen Gruppen.

Statistik: Varianzanalyse mit Dunnett's Korrektur.

Die Random-Forest-Analyse ergab, dass die wichtigsten Faktoren, die mit einer chirurgischen Komplikation assoziiert waren, das Alter des Patienten (0,16), die kumulative Teamerfahrung (0,15), die Erfahrung des Chirurgen (0,13), die Erfahrung des Assistenten (0,12), der Kathetertyp (0,06) und das Geschlecht des Chirurgen (0,04) waren, wobei Frauen bessere Ergebnisse erzielten.

### 3.4 Ergebnisse der bundesweiten diagnosebezogenen Fallgruppen

Um die Ergebnisse der aktuellen Studie mit den Resultaten anderer Zentren mit einem ähnlichen Aufbau zu vergleichen, wurde eine bundesweite Datenbankanalyse durchgeführt. Sie ergab, dass in Deutschland pro Jahr 3534 Katheter (chirurgisch oder ultraschallgesteuert) bei Patienten im Alter von 0 bis 17 Jahren implantiert wurden, von denen 44 % weiblich waren. Das Durchschnittsalter betrug 6,65 (5,98) Jahre. Die durchschnittliche Krankenhausverweildauer betrug 24,74 (41,25) Tage. Bei der Mehrheit der Patienten (59 %) wurde ein tCVC aufgrund einer onkologischen Grunderkrankung implantiert. Bei 164 von 3534 Patienten wurde der Code für "Revisionsverfahren" (5-983) verwendet, was auf eine Revisionsrate von mindestens 4 % hindeutet. Es gab keine Unterschiede in der Geschlechterverteilung (46 % Frauen, 54 % Männer). Die Patienten,

die sich einer Revisionsoperation unterzogen, waren jünger (5,14 [5,36] Jahre) und die Verweildauer im Krankenhaus war länger (31,59 [56,02] Tage).

## 4 Diskussion

Trotz enormer Fortschritte im medizinischen und chirurgischen Management sind die Komplikationsraten nach der Implantation von tCVC, einem Verfahren, das als einfach gilt, nach wie vor hoch.<sup>12,21</sup> Die Analyse der nationalen Datenbank ergab, dass jedes Jahr eine Vielzahl von Katheterimplantationen durchgeführt wird. In dieser aktuellen Studie, in der über 1000 Eingriffe untersucht wurden, war der auffälligste Faktor, der das Outcome nach einer Katheterimplantation beeinflusste, der Erfahrungsgrad des Chirurgen. Eine Operation, die von einem Oberarzt durchgeführt wurde, war mit einem deutlich geringeren Risiko für postoperative Komplikationen verbunden. Es überrascht nicht, dass dieses Ergebnis durch mehrere Studien gestützt wird, die gezeigt haben, dass chirurgische Fachkenntnisse das Outcome verschiedener Operationen wie z. B. mikrochirurgisches Aneurysma-Clipping, Nebenschilddrüsenoperationen, Wirbelsäulenosteotomien oder Operationen bei Nierensteinen beeinflussen.<sup>15,16,17,18</sup> Neuere Studien haben sogar gezeigt, dass die Qualität der Katheterimplantation mit der chirurgischen Erfahrung korreliert.<sup>22,23</sup> Zudem wurde berichtet, dass die kumulative Teamerfahrung wichtiger sei als die Erfahrung des einzelnen Chirurgen.<sup>24</sup> In der aktuellen Studie bestätigte die auf künstlicher Intelligenz basierende Analyse, dass die kumulative Teamerfahrung etwas wichtiger war als die Erfahrung des Chirurgen oder des Assistenten. Es scheint, dass Erfahrung bis zu einem gewissen Punkt wichtig ist. Nach Erreichen des Facharztstitels war keine weitere Verringerung der Komplikationsrate festzustellen. Man könnte annehmen, dass die Verbesserung der chirurgischen Fertigkeiten ab einem bestimmten Erfahrungsniveau stagniert; eine These, die aus früheren Studien bekannt ist.<sup>25</sup> Tatsächlich hat eine bestimmte Analyse gezeigt, dass die Lernkurve für tCVC-Implantationen bei 80 Verfahren abflacht.<sup>26</sup> Neben der chirurgischen Erfahrung scheint auch die Häufigkeit der durchgeführten Operationen mit der Komplikationsrate zu korrelieren. Mehrere Studien haben festgestellt, dass das Outcome einiger operativer Eingriffe von der Anzahl der vollzogenen Prozeduren pro Jahr abhängt. Chirurgen, die jährlich ein bestimmtes Kontingent der entsprechenden Operationen durchführen, erzielen durchschnittlich geringere Komplikationsraten.<sup>27,28,29</sup>

In der Untergruppe der Assistenzärzte stieg die Komplikationsrate mit zunehmender Erfahrung. Eine Erklärung für dieses Ergebnis könnte sein, dass fortgeschrittenere Assistenzärzte komplexere Fälle durchführen durften. Hinzu kommt, dass bei Eingriffen, die von beginnenden und fortgeschrittenen Chirurgen vorgenommen werden, eine stärkere Beteiligung der erfahreneren Oberärzte zu erwarten ist, unter anderem aus Gründen der Lehre und der Patientensicherheit.<sup>30</sup> Diese oberärztliche Aufsicht wird mit der Zeit reduziert. Eine andere Erklärung für den Anstieg der Komplikationen mit zunehmender Erfahrung des

Assistenzarztes könnte die Selbstüberschätzung des Chirurgen sein, die für häufige und relativ einfache Operationen typisch ist.<sup>31, 32</sup> Da diese Selbstüberschätzung insbesondere mit Confirmation Bias in Verbindung gesetzt wird und möglicherweise auch dem Hindsight Bias zugrunde liegt, sollten Ansätze ergriffen werden, um dieses Problem anzugehen und damit möglicherweise die Komplikationsrate in dieser speziellen Gruppe von Assistenzärzten zu senken.<sup>33, 34</sup> Es wurde berichtet, dass ein gewisses Maß an Kompetenz im informellen Denken normalerweise durch Reifungs-, Sozialisations- und Bildungsprozesse entsteht, aber nur wenige Menschen tatsächlich über ein alltägliches Leistungsniveau hinaus zu echter Kompetenz gelangen.<sup>35</sup> Eine Methode, die bei dem Erwerb echter Kompetenz helfen könnte, ist die zeitnahe und zuverlässige Rückmeldung von Ergebnissen, eine Voraussetzung für die Kalibrierung der Leistung von Klinikern, die jedoch in der klinischen Praxis nur selten gegeben ist.<sup>36</sup> Um hochkompetente Chirurgen auszubilden, müssen daher verschiedene kognitive Entlastungsstrategien, wie der Perspektivenwechsel in der täglichen klinischen Praxis, eingesetzt werden.<sup>37</sup>

Ein weiterer Faktor, der das Auftreten von intra- und postoperativen Komplikationen beeinflusste, war die Wahl des Kathetertyps. Genauer gesagt waren Broviak-Katheter selbst nach optimaler Anpassung in Bezug auf die Sicherheit signifikant risikoreicher als Portsysteme, was bereits früher berichtet wurde.<sup>14, 38</sup> Dies könnte damit begründet werden, dass Broviac-Katheter im Vergleich zu Portsystemen nur teilweise implantiert werden. Die Wahrscheinlichkeit einer Manipulation der Broviac-Katheter ist daher größer. Ein höheres Risiko für Blutstrom- und Wundinfektionen, sowie das signifikant frühere Auftreten von katheterassoziierten Infektionen könnte so erklärt werden.<sup>10</sup> Die Implantation von Broviac-Kathetern erfolgt daneben häufiger bei Kindern mit einer nicht-onkologischen Grunderkrankung. Daraus könnten auch die signifikant höheren Komplikationsraten in dieser Patientengruppe resultieren.

Ein weiterer in dieser Studie identifizierter Risikofaktor für postoperative Komplikationen war die Wahl der kanülierten Vene. Die Verwendung der Vena jugularis externa für die Einführung des tCVC war in dieser Studie mit einer Reduktion der postoperativen Komplikationen verbunden, was bereits zuvor festgestellt wurde.<sup>39</sup> Neuere Studien haben zudem gezeigt, dass die Implantationstechnik das Outcome von Katheterimplantationen bei Kindern beeinflusst. Im Vergleich zur offenen Gefäßpräparation treten bei der ultraschallgestützten interventionellen Technik geringere Komplikationsraten auf.<sup>40, 41</sup>

Daher ist zu empfehlen, wann immer möglich, eine ultraschallgestützte Implantation eines Portsystems in die Vena jugularis externa vorzunehmen.

## 5 Zusammenfassung

Die vorliegende Studie legt nahe, dass das Outcome nach der Implantation eines tCVC von der Art des verwendeten Katheters, dem kanülierten Gefäß, dem Alter des Patienten, dem Geschlecht des Chirurgen und vor allem von der chirurgischen Erfahrung beeinflusst wird. Assistenzärzte wiesen im Vergleich zu Fachärzten signifikant höhere Komplikationsraten auf. Die Anwesenheit eines erfahrenen Oberarztes konnte diesen Effekt nicht kompensieren. Die häufigste Komplikation, die nach einer tCVC-Implantation auftrat, waren Frühinfektionen. Als Konsequenz der aktuellen Studie werden im UKE Strategien zur Kompetenzsteigerung eingeführt (bspw. die direkte Rückmeldung nach jedem Eingriff). Diese sollten in zukünftigen Studien evaluiert werden.

The study suggests that the outcome of tCVC insertion is affected by the type of catheter used, the utilized vessel, the age of the patient, the sex of the surgeon and above all by surgical experience. Residents had significantly increased complication rates in comparison to board-certified surgeons. The presence of an experienced attending did not compensate for this effect. After tCVC implantation early infection was the most frequent complication. As a consequence of the current study, strategies like direct feedback after every procedure to achieve proficiency will be implanted in our center; and should be evaluated in future studies.

## Literaturverzeichnis

1. Rickard, C. M. & Ullman, A. J. Bloodstream infection and occlusion of central venous catheters in children. *The Lancet Infectious Diseases* vol. 18 815–817 (2018).
2. Lebeaux, D. *et al.* Management of infections related to totally implantable venous-access ports: challenges and perspectives. *Lancet. Infect. Dis.* **14**, 146–159 (2014).
3. Di Carlo, I., Pulvirenti, E., Mannino, M. & Toro, A. Increased use of percutaneous technique for totally implantable venous access devices. Is it real progress? A 27-year comprehensive review on early complications. *Ann. Surg. Oncol.* **17**, 1649–1656 (2010).
4. Niederhuber, J. E. *et al.* Totally implanted venous and arterial access system to replace external catheters in cancer treatment. *Surgery* **92**, 706–712 (1982).
5. Orgel, E., Ji, L., Pastor, W. & Schore, R. J. Infectious morbidity by catheter type in neutropenic children with cancer. *Pediatr. Infect. Dis. J.* **33**, 263–266 (2014).
6. Chang, L., Tsai, J.-S., Huang, S.-J. & Shih, C.-C. Evaluation of infectious complications of the implantable venous access system in a general oncologic population. *Am. J. Infect. Control* **31**, 34–39 (2003).
7. Ares, G. & Hunter, C. J. Central venous access in children: indications, devices, and risks. *Curr. Opin. Pediatr.* **29**, 340–346 (2017).
8. Chesshyre, E., Goff, Z., Bowen, A. & Carapetis, J. The prevention, diagnosis and management of central venous line infections in children. *J. Infect.* **71 Suppl 1**, S59–75 (2015).
9. Giordano, P. *et al.* Recommendations for the use of long-term central venous catheter (CVC) in children with hemato-oncological disorders: management of CVC-related occlusion and CVC-related thrombosis. On behalf of the coagulation defects working group and the supportive th. *Ann. Hematol.* **94**, 1765–1776 (2015).
10. Adler, A. *et al.* Catheter-associated bloodstream infections in pediatric hematology-oncology patients: factors associated with catheter removal and recurrence. *J. Pediatr. Hematol. Oncol.* **28**, 23–28 (2006).
11. Rey, C. *et al.* Mechanical complications during central venous cannulations in pediatric patients. *Intensive Care Med.* **35**, 1438–1443 (2009).
12. Ullman, A. J., Marsh, N., Mihala, G., Cooke, M. & Rickard, C. M. Complications of Central Venous Access Devices: A Systematic Review. *Pediatrics* **136**, e1331-44 (2015).
13. Tsuruta, S. *et al.* Late complications associated with totally implantable venous access port implantation via the internal jugular vein. *Support. care cancer Off. J. Multinatl. Assoc. Support. Care Cancer* **28**, 2761–2768 (2020).
14. Beck, O. *et al.* Central Venous Access Devices (CVAD) in Pediatric Oncology Patients-A Single-Center Retrospective Study Over More Than 9 Years. *Front. Pediatr.* **7**, 260 (2019).
15. Tomatis, A., Trevisi, G., Boido, B., Perez, R. & Benech, C. A. Surgical Outcomes and Their Correlation with Increasing Surgical Experience in a Series of 250 Ruptured or Unruptured Aneurysms Undergoing Microsurgical Clipping. *World Neurosurg.* **130**, e542–e550 (2019).
16. Erinjeri, N. J. & Udelsman, R. Volume-outcome relationship in parathyroid surgery. *Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab.* **33**, 101287 (2019).

17. Lau, D., Deviren, V. & Ames, C. P. The impact of surgeon experience on perioperative complications and operative measures following thoracolumbar 3-column osteotomy for adult spinal deformity: overcoming the learning curve. *J. Neurosurg. Spine* **32**, 207–220 (2019).
18. Berardinelli, F. *et al.* The surgical experience influences the safety of retrograde intrarenal surgery for kidney stones: a propensity score analysis. *Urolithiasis* **45**, 387–392 (2017).
19. Breiman, L. Cutler's Random Forests for Classification and Regression. 2015. *R Proj. Stat. Comput.* (2017).
20. Breiman, L. *Random Forests*. vol. 45 (2001).
21. Bowdle, A. Vascular complications of central venous catheter placement: evidence-based methods for prevention and treatment. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* **28**, 358–368 (2014).
22. Fila, B. *et al.* Quality assessment of vascular access procedures for hemodialysis: A position paper of the Vascular Access Society based on the analysis of existing guidelines. *J. Vasc. Access* **21**, 148–153 (2020).
23. Koolen, D. A., van Laarhoven, H. W. M., Wobbes, T. & Punt, C. J. A. Single-centre experience with tunnelled central venous catheters in 150 cancer patients. *Neth. J. Med.* **60**, 397–401 (2002).
24. Elbardissi, A. W., Duclos, A., Rawn, J. D., Orgill, D. P. & Carty, M. J. Cumulative team experience matters more than individual surgeon experience in cardiac surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **145**, 328–333 (2013).
25. Nüssler, E., Eskildsen, J. K., Nüssler, E. K., Bixo, M. & Löfgren, M. Impact of surgeon experience on routine prolapse operations. *Int. Urogynecol. J.* **29**, 297–306 (2018).
26. Fosh, B., Canepa, M. & Eaton, M. Long-term venous access insertion: 'the learning curve'. *ANZ J. Surg.* **86**, 1038–1041 (2016).
27. Kazaure, H. S. & Sosa, J. A. Volume-outcome relationship in adrenal surgery: A review of existing literature. *Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab.* **33**, 101296 (2019).
28. Ellsworth, B. L. *et al.* Examining National Guideline Changes Association With Hemithyroidectomy Rates by Surgeon Volume. *J. Surg. Res.* **283**, 858–866 (2023).
29. Fischer, C., Alvarico, S. J., Wildner, B., Schindl, M. & Simon, J. The relationship of hospital and surgeon volume indicators and post-operative outcomes in pancreatic surgery: a systematic literature review, meta-analysis and guidance for valid outcome assessment. *HPB Off. J. Int. Hepato Pancreato Biliary Assoc.* **25**, 387–399 (2023).
30. Ko, C. Y., Escarce, J. J., Baker, L., Sharp, J. & Guarino, C. Predictors of surgery resident satisfaction with teaching by attendings: a national survey. *Ann. Surg.* **241**, 373–380 (2005).
31. Sanchez, C. & Dunning, D. Overconfidence among beginners: Is a little learning a dangerous thing? *J. Pers. Soc. Psychol.* **114**, 10–28 (2018).
32. Saposnik, G., Redelmeier, D., Ruff, C. C. & Tobler, P. N. Cognitive biases associated with medical decisions: a systematic review. *BMC Med. Inform. Decis. Mak.* **16**, 138 (2016).
33. Croskerry, P. & Norman, G. Overconfidence in clinical decision making. *Am. J. Med.* **121**, S24-9 (2008).
34. Cassam, Q. Diagnostic error, overconfidence and self-knowledge. *Palgrave*

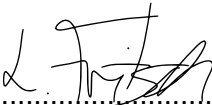


- Commun.* **3**, 17025 (2017).
35. van Gelder, T., Bissett, M. & Cumming, G. Cultivating expertise in informal reasoning. *Can. J. Exp. Psychol. = Rev. Can. Psychol. Exp.* **58**, 142–152 (2004).
  36. Croskerry, P. The feedback sanction. *Acad. Emerg. Med. Off. J. Soc. Acad. Emerg. Med.* **7**, 1232–1238 (2000).
  37. Croskerry, P. The importance of cognitive errors in diagnosis and strategies to minimize them. *Acad. Med.* **78**, 775–780 (2003).
  38. Ng, F. *et al.* A comparison of Hickman line- and Port-a-Cath-associated complications in patients with solid tumours undergoing chemotherapy. *Clin. Oncol. (R. Coll. Radiol).* **19**, 551–556 (2007).
  39. Alshafei, A. *et al.* Open tunneled central line insertion in children - External or internal jugular vein? *J. Pediatr. Surg.* **53**, 2318–2321 (2018).
  40. Bawazir, O. A. & Bawazir, A. Ultrasound guidance for Port-A-Cath insertion in children; a comparative study. *Int. J. Pediatr. Adolesc. Med.* **8**, 181–185 (2021).
  41. Soundappan, S. S. V, Lam, L., Cass, D. T. & Karpelowsky, J. Open Versus Ultrasound Guided Tunneled Central Venous Access in children: A Randomized Controlled Study. *J. Surg. Res.* **260**, 284–292 (2021).

## Erklärung des Eigenanteils

Die Konzeption der Studie erfolgte nach Beratung durch Prof. Dr. Reinshagen und Dr. Michael Boettcher (Klinik für Kinderchirurgie, Altonaer Kinderkrankenhaus und Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf). Die Erstellung des ersten Manuskriptes, sowie die Erhebung und Analyse der Daten erfolgte durch mich. Die statistische Auswertung erfolgte gemeinsam mit Dr. Michael Boettcher (Klinik für Kinderchirurgie, Altonaer Kinderkrankenhaus und Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf) durch mich. Die Begutachtung und Überarbeitung des Manuskripts erfolgte durch Prof. Dr. Reinshagen, Dr. Michael Boettcher, Dr. Melanie Le, Dr. Julia Elrod, Dr. Deindre Vincent (Klinik für Kinderchirurgie, Altonaer Kinderkrankenhaus und Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf) und Dr. Wilhelm Wössmann (Klinik für Kinder-Hämatologie und Kinder-Onkologie, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf).

Ich versichere, das Manuskript in Kooperation mit Prof. Dr. Reinshagen verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Unterschrift:  .....

## **Danksagung**

An erster Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Konrad Reinshagen für die Überlassung des Dissertationsthemas und für die uneingeschränkte Unterstützung herzlich danken.

Mein Dank gilt vor allem Herrn Dr. Michael Boettcher für seine mir jederzeit erwiesene wertvolle Unterstützung hinsichtlich thematischer und wissenschaftlicher Hinweise sowie Hilfe bei der thematischen Abhandlung der Arbeit.

Weiterhin möchte ich Frau Dr. Melanie Le und Frau Dr. Julia Elrod für die Unterstützung bei der Datenerhebung danken.

## **Lebenslauf**

**entfällt aus datenschutzrechtlichen Gründen.**

## 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 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:  .....