

# **UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF**

Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik

Direktor: Prof. Dr. Guido Heydecke

## **Periimplantärer Knochenverlust und Einflussfaktoren bei Implantaten mit einem Platform-Switching Design 5 Jahre nach funktioneller Belastung**

### **Publikationspromotion**

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

vorgelegt von:

**Ioanna Michelaki**

aus Heraklion/Kreta

Hamburg 2015

**Angenommen von der Medizinischen Fakultät am: 29.06.2015**

Veröffentlicht mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

**Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. G. Heydecke**

**Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: Prof. Dr. I. Nergiz**

# Inhaltsverzeichnis

Originalarbeit der Publikationspromotion.....	4
Joda T* / <u>Michelaki I*</u> , Heydecke G. Peri-implant bone loss of dental implants with platform-switching design after 5 years of loading: A cross-sectional study.....	4
Zusammenfassende Darstellung.....	13
Einleitung .....	13
Zielsetzung der Studie .....	16
Material und Methoden .....	17
Ergebnisse .....	21
Diskussion.....	23
Schlussfolgerung.....	27
Literaturverzeichnis .....	28
Anhang .....	31

## **Originalarbeit der Publikationspromotion**

**Joda T\* / Michelaki I\*, Heydecke G. Peri-implant bone loss of dental implants with platform-switching design after 5 years of loading: A cross-sectional study.**

Quintessence International 2015 Jan;46(1):59-66. doi: 10.3290/j.qi.a32820

[\*geteilte Erstautorenschaft]

**Publikation in PubMed gelisteten Fachzeitschrift**



Tim Joda

Ioanna Michelaki

## Peri-implant bone loss of dental implants with platform-switching design after 5 years of loading: A cross-sectional study

Tim Joda, MSc, Dr med dent<sup>1\*</sup>/Ioanna Michelaki, med dent<sup>2\*</sup>/Guido Heydecke, Prof Dr med dent<sup>3</sup>

**Objective:** The aim of this cross-sectional study was to estimate bone loss of implants with platform-switching design and analyze possible risk indicators after 5 years of loading in a multi-centered private practice network. **Method and Materials:** Peri-implant bone loss was measured radiographically as the distance from the implant shoulder to the mesial and distal alveolar crest, respectively. Risk factor analysis for marginal bone loss included type of implant prosthetic treatment concept and dental status of the opposite arch. **Results:** A total of 316 implants in 98 study patients after 5 years of loading were examined. The overall mean value for radio-

graphic bone loss was 1.02 mm (SD  $\pm$  1.25 mm, 95% CI 0.90–1.14). Correlation analyses indicated a strong association of peri-implant bone loss > 2 mm for removable implant-retained prostheses with an odds ratio of 53.8. **Conclusion:** The 5-year-results of the study show clinically acceptable values of mean bone loss after 5 years of loading. Implant-supported removable prostheses seem to be a strong co-factor for extensive bone level changes compared to fixed reconstructions. However, these results have to be considered for evaluation of the included special cohort under private dental office conditions. (doi: 10.3290/j.qia32820)

**Key words:** dental implant, peri-implant bone loss, platform switching, radiographic analysis, risk factor analysis

Implant treatment concepts demonstrate predictable and high survival rates,<sup>1,2</sup> but clinical studies also reveal that biologic and technical failures do occur.<sup>3</sup> A key success factor is the stability of the peri-implant bone.<sup>4</sup> The reasons for peri-implant bone loss are multifactorial and can be related to the characteristics of the implant

system itself, the treatment concepts including prosthetic reconstructions and inflammatory processes, as well as individual patient factors.<sup>5</sup>

Longitudinal radiographic measurement analyses have shown bone loss of 1 mm to 1.5 mm in the first year of loading and 0.2 mm in subsequent years.<sup>6</sup> However, these changes of bone levels were found for implant systems with supracrestal positioning and/or transmucosal healing.

A more recent implant design has been introduced with a switched platform combined with a machined neck configuration. This concept allows for an isocrestal or even subcrestal implant positioning in combination with a diameter-reduced abutment strategy.<sup>7</sup>

The modification of implant neck texture (machined or grooved) showed no significant influence on peri-

<sup>1</sup>Assistant Professor, Division of Fixed Prosthodontics, School of Dental Medicine, University of Bern, Bern, Switzerland; and Department of Prosthetic Dentistry, Center for Dental and Oral Medicine, University Medical Center Hamburg-Eppendorf, Hamburg, Germany.

<sup>2</sup>Lecturer, Department of Prosthetic Dentistry, Center for Dental and Oral Medicine, University Medical Center Hamburg-Eppendorf, Hamburg, Germany.

<sup>3</sup>Professor and Chair, Department of Prosthetic Dentistry, Center for Dental and Oral Medicine, University Medical Center Hamburg-Eppendorf, Hamburg, Germany.

\*These authors contributed equally to this work.

**Correspondence:** Dr Tim Joda, Division of Fixed Prosthodontics, School of Dental Medicine, University of Bern, Freilungstr. 7, CH-3010 Bern, Switzerland. Email: tim.joda@zmk.unibe.ch



implant bone loss, according to the retrospective observational pilot study of Bassetti et al,<sup>8</sup> whereas both designs are more resistant to peri-implant bone loss during the first phases of healing compared to implants with a polished neck.<sup>9</sup>

The platform-switching design has been proposed for a reduction of the vertical bone level adaptations. However, there is limited scientific evidence on the bone protective potential of platform-switched implants and whether the type of prosthetic rehabilitation has a correlative impact on peri-implant bone loss.<sup>10-12</sup>

The question arises, if this type of implant system will meet these expectations in daily practice; and, if the "traditionally" defined criteria for annual bone loss are still valid for the evaluation of platform-switching implant systems.<sup>13</sup>

Today, most of the studies investigate bone loss under ideal circumstances in a controlled setting. Currently, no reliable data are available in the dental literature analyzing dental implants with platform-switching design including the prosthetic reconstruction from private dental offices within a multi-centered approach.

Therefore, the primary aim of this retrospective cross-sectional study in a multi-centered private practice network environment was to survey the extent and the prevalence of radiographically measured bone loss for dental implants with a platform-switching concept; and secondly, the influence of the type of prosthetic reconstruction and the prosthetic status of the opposite arch after 5 years of loading.

## METHOD AND MATERIALS

The investigation was designed as a multi-centered, cross-sectional study with consecutive sampling and retrospective data collection based on medical history and radiographic recordings. Participating centers were private dental practices, which were identified as surgical as well as prosthetic large-scale users of a platform-switching dental implant system (Ankylos, Dentsply Friudent) in the metropolitan areas of Berlin ( $n = 2$ ), Frankfurt ( $n = 3$ ), and Hamburg ( $n = 3$ ) in Germany.

The selection process and the criteria for the included study participants were: patients of at least 18 years of age, absence of systemic diseases or conditions known to alter bone metabolism, a physical status according to the American Society of Anesthesiologists of ASA I or II and treatment concept with at least one implant-supported prosthetic reconstruction – rehabilitated with the aforementioned implant system. Surgical implant placement was set at an isocrestal bone level at the time of surgical placement. Retrospective data collection included all available patients who met the inclusion criteria in the selected private dental offices starting by 2003 and with a follow-up observation of 5 years after prosthetic placement. Moreover, a prerequisite for study inclusion was surgical as well as prosthetic treatment finalization at the same private dental office setting including corresponding radiographic examinations at delivery of the prosthetic reconstruction and after 5 years of loading.

The patient-related data included gender, date of birth, and health status. Nicotine abuse was not taken into account. The implant-related information included implant site, date of insertion, timing of implant placement, implant size, bone augmentation technique (if applicable), type of implant-supported reconstruction, and opposite arch restoration, as well as periapical or panoramic radiographs at implant prosthesis delivery and 5 years of loading.

Subjects were excluded if there was evidence of history of medication known to modify bone metabolism, history of radiation therapy in the head and neck region, alcohol and/or drug abuse, presence of clinically active periodontal disease, and if they did not attend follow-up visits for maintenance care.

The responsible practitioners at the eight centers had similar experience in implant dentistry. After the delivery of the prosthetic reconstructions, the patients were enrolled in a maintenance program. The practitioners followed the periodontal maintenance protocol as described by Cohen et al,<sup>14</sup> which includes clinical evaluation to update medical and dental histories, monitor the peri-implant status and condition of implant supported prostheses, plaque control, and oral

hygiene reinstruction. Time intervals of maintenance care were individualized according to the patient's history of periodontitis and compliance.

The main reason for exclusion of patients was the absence of a function time  $\geq 5$  years documented in radiographs and lack of enrolment in a regular maintenance program.

Peri-implant bone loss was calculated after 5 years of prosthetic loading. For this purpose, the radiographically obtained distance from the implant shoulder to the alveolar crest was measured separately for mesial and distal aspects. In cases where implants were documented in multiple radiographs, the largest values were used for further analysis. One calibrated examiner investigated all radiographs with  $\times 7$  magnifying lenses. Measurements were repeated after a 48-hour interval. Changes in bone height over the entire observation period were calculated using the equation:

$$\text{bone loss} / \text{measured bone loss} = \text{known implant length} / \text{measured implant length} \text{ [Fig 1].}$$

All recruitment and data collection procedures as well as radiographic bone loss measurements were carried out by one single calibrated investigator (IM). Data analyses included descriptive study participant statistics, and calculation of peri-implant bone loss at the time of 5 years functional loading, including risk factor analyses for the type of prosthetic restoration. Prosthetic rehabilitation concepts were differentiated for the type of implant reconstruction and status of the opposite arch. A subdivision was made for single crowns (SCs), connected crowns (CCs), fixed dental prostheses (FDPs), and removable prostheses (RPs).

In detail, a multivariate regression analysis was performed, which allowed the evaluation of potential confounders on implant site, and carries out correlations for risk variables. The cluster structures of the data were taken into account. The reported differences between the estimated mean values were adjusted for the clustered study participant. Regarding the organizational level, the study centers were only included as confounders in the analyses.

In addition to descriptive approaches, methods of inductive statistics were performed for the determina-

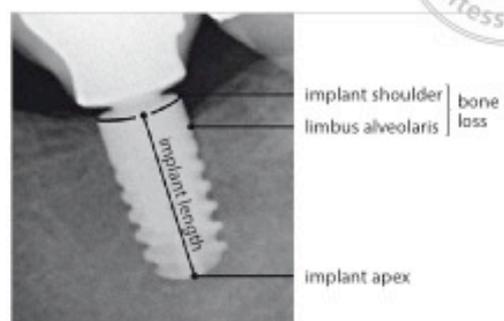


Fig 1 Radiographic measurement of peri-implant bone loss.

tion of the influence of patient-related factors with the calculation of 95% confidence intervals (CIs). The calculations were performed using STATA 11 (StataCorp) with a probability set to .05 ( $P$  value for statistical significance) for a type I error. For multiple testing the  $P$  values for a statistically significant difference and effect were reduced (Bonferroni correction). An accumulation of type I errors was thus neutralized. The study was registered and approved by the Ethics Committee in Hamburg, Germany.

## RESULTS

In total, 316 dental implants with platform-switching design in 98 study patients after 5 years of prosthetic loading were examined. Patients had a mean age of 57.7 years (21.7 to 82.3 years), and a gender distribution of 52.0% women to 48.0% men was found. The average distribution of implants was 3.2 implants per study participant with a total of 197 implants located in the mandible and 119 in the maxilla.

The overall mean value for radiographic bone loss was 1.02 mm (standard deviation [SD]  $\pm 1.25$  mm, 95% CI 0.90–1.14) with a range of 0 mm to 5.88 mm. For the mean peri-implant bone level, statistically significant differences were found between mesial 0.94 mm (SD  $\pm 1.24$ , 95% CI 0.94–1.06) and distal measurements 1.10 mm (SD  $\pm 1.26$ , 95% CI 0.98–1.23) ( $P < .05$ ).

A total of 242 implants (76.6%) demonstrated less than 2 mm bone loss, and 9 implants (2.8%) were lost during the loading period. Moreover, marginal bone



Mean bone loss mesial and/or distal	1.02 mm (SD ± 1.25, CI 95: 0.90 – 1.14)	
Mean bone loss mesial	0.94 mm (SD ± 1.24, CI 95: 0.94 – 1.06)	
Mean bone loss distal	1.10 mm (SD ± 1.26, CI 95: 0.98 – 1.23)	
Bone loss 0–2 mm	242 (76.6%)	
	65 (20.6%)	
Bone loss > 2 mm mesial and/or distal	Mesial	3 (1.0%)
	Distal	8 (2.5%)
	Mesial and distal	54 (17.1%)
Implant loss	9 (2.8%)	
Total	316 (100%)	

loss analysis revealed a prevalence of 20.6% ( $n = 65$  implants) for peri-implant bone level changes > 2 mm (Table 1).

Implant-supported prosthetic reconstructions included single-unit crowns (iSCs) ( $n = 78$ , 24.7%), fixed connected crowns (iCCs) ( $n = 143$ , 45.3%), fixed dental prostheses (iFDPs) ( $n = 53$ , 16.8%), or removable prostheses (iRPs) ( $n = 42$ , 13.3%) (Table 2).

The prosthetic status of the opposite arch showed a variety of tooth-retained ( $n = 226$ , 71.5%) and implant-supported ( $n = 31$ , 9.8%) fixed prostheses, removable dental prostheses ( $n = 43$ , 13.6%), implant-supported removable prostheses ( $n = 3$ , 0.9%), as well as complete dentures ( $n = 13$ , 4.1%) (Table 3).

Correlation analyses for peri-implant bone loss are summarized in Tables 4 and 5. The results indicated an overall low rate of correlation between radiographically measured bone loss and the prosthetic status of the opposite arch (Table 4) with a short-span range of overall odds ratios (OR) between OR 0.1017 and OR 0.4661, respectively.

However, the type of the implant-supported prosthetic reconstruction itself indicated a strong association with OR 53.8225 for iRP and peri-implant bone loss. Moderate correlations could be estimated for iCC with OR 4.5348 and for iFDP with OR 3.6914. iSC was the only type of prosthetic reconstruction that did not demonstrate any correlation, with OR 0.0646 (Table 5).

## DISCUSSION

### Peri-implant bone level change

During recent years, dental research has become increasingly interested in the etiology of peri-implant bone loss.<sup>5</sup> In order to identify predictable risk factors, prospective longitudinal studies are required. Unfortunately, only few such studies have been reported.<sup>15</sup>

An expected 1 mm peri-implant bone loss during the first year and an annual loss thereafter of 0.2 mm are widely accepted as a physiologic reaction and as criteria for treatment success.<sup>6</sup> However, these measures have been defined using clinical results from the first available implants, mostly using machined surfaces, external prosthetic connections, and non-platform-switched designs. Since then, a number of new implant designs have been introduced and surgical as well as prosthetic treatment concepts have been updated. Further developments of implant characteristics and consecutively adapted treatment protocols are associated with a possible reduction of the amount of vertical bone loss.<sup>13</sup> The patients' demand has also evolved over the past years; the main focus of treatment, meanwhile, is not only on function but rather on esthetics. Under these circumstances, the newest implant concepts deal with immediate implant placement after tooth extraction, use of one-piece implants, or immediate implant loading. A case series report of

Table 2 Type of implant prosthetic reconstruction				
	Bone loss 0–2 mm	Bone loss > 2 mm	Implant loss	Total
Single crown	71 (29.3%)	7 (10.8%)	0 (0.0%)	78 (24.7%)
Connected crowns	112 (46.3%)	28 (43.1%)	3 (33.3%)	143 (45.3%)
iFDP	36 (14.9%)	15 (23.1%)	2 (22.2%)	53 (16.8%)
iRP	23 (9.5%)	15 (23.1%)	4 (44.4%)	42 (13.3%)
Total	242 (100%)	65 (100%)	9 (100%)	316 (100%)

iFDP, implant-supported fixed dental prosthesis; iRP, implant-supported removable prosthesis.

Table 3 Prosthetic status of the opposite arch				
	Bone loss 0–2 mm	Bone loss > 2 mm	Implant loss	Total
FDP	172 (71.1%)	49 (75.4%)	5 (55.6%)	226 (71.5%)
iFDP	22 (9.1%)	6 (9.2%)	3 (33.3%)	31 (9.8%)
RDP	36 (14.9%)	6 (9.2%)	1 (11.1%)	43 (13.6%)
iRP	2 (0.8%)	1 (1.6%)	0 (0.0%)	3 (0.9%)
Complete denture	10 (4.1%)	3 (4.6%)	0 (0.0%)	13 (4.1%)
Total	242 (100%)	65 (100%)	9 (100%)	316 (100%)

iFDP, implant-supported fixed dental prosthesis; FDP, fixed dental prosthesis; iRP, implant-supported removable prosthesis; RDP, removable dental prosthesis.

Table 4 Risk factor: prosthetic status of the opposite arch				
	OR	Std. error	z value	Pr (> z )
FDP	0.3861	1.634	-0.582	0.56025
iFDP	0.4217	1.759	-0.491	0.62354
RDP	0.1017	2.024	-1.129	0.25878
iRP	0.2814	2.369	-0.535	0.59245
Complete denture	0.4661	2.376	-0.321	0.74801

iFDP, implant-supported fixed dental prosthesis; FDP, fixed dental prosthesis; iRP, implant-supported removable prosthesis; RDP, removable dental prosthesis; OR, odds ratio.

Table 5 Risk factor: implant prosthetic reconstruction				
	OR	Std. error	z value	Pr (> z )
Single crown	0.0646	1.745	-1.570	0.11652
Connected crown	4.5348	0.796	1.900	0.05742
iFDP	3.6914	0.816	1.600	0.10968
iRP	53.8225	1.217	3.276	0.00105

iFDP, implant-supported fixed dental prosthesis; iRP, implant-supported removable prosthesis; OR, odds ratio.



Soardi et al<sup>16</sup> on 46 patients suggests that a combination of all the aforementioned concepts can be successfully implemented with minimal peri-implant bone loss.

Therefore, it can be questioned if the defined success criteria are still valid for newer implant systems.

In this context, platform switching for maintaining peri-implant bone has gained popularity over the last few years. In a meta-analysis, ten randomized controlled trials (RCTs) with a total of 1,239 implants under 1 year of loading were analyzed. The results showed that marginal bone level changes around platform-switched implants were significantly less compared to platform-matched implants, with a mean difference of 0.37 mm (95% CI 0.20–0.55;  $P < .0001$ ). The range of marginal bone loss in the platform switching groups was 0.55 mm to 0.99 mm.<sup>17</sup>

Another systematic review focused the question on the effect of the platform-switching technique on preservation of peri-implant marginal bone. Three prospective clinical trials and six RCTs met the inclusion criteria. In general, mean marginal bone loss ranged from 0.27 mm to 0.99 mm with follow-up of at least 1 year. A meta-analysis was not conducted because of the heterogeneity of study designs.<sup>18</sup>

The 5-year findings from the present cross-sectional investigation reveal only slightly higher bone level changes, with a mean value of 1.02 mm loss, than the results reported in the aforementioned systematic reviews after 1 year of loading. The reasons can only be speculated upon and could be related to the characteristics of the implant system itself, the surgical techniques, the type of prosthetic suprastructures, or a combination of these issues.<sup>19,20</sup> Additionally, influencing patient factors that need to be taken into account are bone quantity and quality as well as age and gender.<sup>21</sup>

The peri-implant soft tissue thickness might also have an impact on crestal bone changes.<sup>22</sup> Linkevicius et al<sup>22</sup> evaluated crestal bone levels around platform-switched implants placed in thin ( $\leq 2$  mm) and thick ( $> 2$  mm) mucosal tissue. Radiographic examinations were performed after implant prosthetic rehabilitation and at 1 year follow-up post-reconstruction. The thin tissue group implants ( $n = 40$ ) showed significantly greater

bone loss of 1.17 mm compared to the thick tissue group ( $n = 40$ ), revealing 0.21 mm after 1 year of prosthetic loading. The authors concluded that the use of platform-switched implants in thick mucosal tissue would maintain crestal bone level with minimal remodeling.<sup>22</sup>

Moreover, Weng et al<sup>23</sup> investigated the influence of microgap location and configuration on the peri-implant bone morphology in an experimental study in dogs. A tendency was evident in favor of a subcrestal placement in case of platform-switching implant types. However, these results have to be considered as preliminary findings originating from an animal model without prosthetic loading and short-term observation of 3 months after stage-two surgery.<sup>23</sup>

It can be summarized that both the peri-implant soft tissue quality as well as the vertical positioning seem to have an influence on the implant bone level. Indeed, in this study many more implants have been placed in the mandible with on average thinner gingiva compared to the maxilla. Due to the special circumstances in this retrospective cross-sectional analysis, such as limited data access without clinical soft tissue assessment and isocrestal implant placement, a valid correlation to the aforementioned studies can only be assumed. Still, they could be a reasonable explanation for the presented results of this private practice network investigation.

### Implant prosthetic reconstruction

Data on the type of the implant prosthetic reconstruction as potential risk factor are rare in the dental literature. In the present study, the most significant factor associated with peri-implant bone loss proved to be the removable implant prostheses. These results are consistent with data from a study by Marrone et al,<sup>24</sup> who investigated a total of 266 implants with a mean time in function of 8.5 years. Implants covered with overdentures were significantly more strongly associated with peri-implant bone loss than implants with fixed prostheses.

Different factors could contribute to this result: A poorly fitting denture results in non-axial loading of the implants and leads to higher stress levels in the peri-implant bone. Patients with implant-retained remov-

able dentures usually tend to be older than patients with implant-retained fixed reconstructions; age can also affect the immunologic status, the healing potential, and the jawbone density. Despite the fact that removable prostheses offer easy access for oral hygiene maintenance, insufficient plaque control due to age-related incapacity of proper oral hygiene may also lead to peri-implant tissue inflammation.

Cehreli et al<sup>25</sup> performed a systematic review of peri-implant bone loss around implants supporting overdentures that comprised a total of 4,200 implants from 13 different manufacturers. The results indicated that bone loss around mandibular implants did not seem to be influenced either by the implant system or the attachment design as bar, ball, and magnet.

Moreover, the findings of the present study revealed no correlative effect on crestal bone loss with implant-supported single-unit crowns. Jung et al<sup>26</sup> reported in a systematic review on implant-supported crowns also high long-term survival and low complication rates. Bone loss around implant crowns that exceeded the levels considered as normal bone remodeling was 6.3% in 5 years.<sup>26</sup> These results confirm the biologic understanding of rehabilitation concepts of small units.

### Prosthetic status of the opposite arch

Clinical research concerning the effect of the prosthetic status of the opposite arch on peri-implant bone loss is also limited and contradictory. In the present study, no significant differences could be detected in bone loss at implants opposed to fixed dental prostheses on teeth or implants, to removable dental or implant-retained prostheses, or to complete dentures. However, the majority of the implants were opposed to fixed dental prostheses (71.5%). In a 7-year prospective study, Romeo et al<sup>27</sup> examined two types of dentition opposite to fixed implant prostheses: fixed dental prostheses supported by tooth or implant abutments. No significant difference concerning peri-implant bone loss between the groups was shown.

With regard to the study characteristics, it should be considered that the results of the present investigation

are based on a retrospective approach within a network of eight private dental practices. The study aimed at evaluating the prevalence of peri-implant bone loss and a possible association with putative risk factors in patients treated with a certain platform-switching dental implant system. Therefore, the generalizability of the findings is limited. The examination of a three-dimensional phenomenon such as changes in peri-implant bone levels using two-dimensional radiographs represents another drawback. Also, patient selection among the participating study centers was heterogenous. Moreover, bone loss measurements were estimated on the basis of non-standardized radiographs. In spite of these limitations, however, the study represents the results of a large cohort over a long-term loading period and all implants have been placed under practice conditions following a daily dental routine.

In general, patient selection among private practices offers less controlled conditions and more heterogenous samples. In addition, all implants have been placed under practice conditions following a daily dental routine. As the financial opportunities between private practice and university vary substantially, it is of great interest and value for the practitioner to know how the innovations on dental implants (eg, with platform-switching concept) perform, in a setting that reflects what happens in real-life situations rather than in a university environment.

Retrospective, cross-sectional studies like this one can identify associations between risk indicators and peri-implant bone loss, and are therefore useful in generating hypotheses for future research.

## CONCLUSION

Many general dentists who provide dental implant therapy as a treatment modality for missing teeth will be eventually confronted with cases of peri-implant bone loss. As the field of dental implantology continuously develops, up-to-date research on the associations of implant design, surface technologies, and corresponding prosthetic options with peri-implant bone loss is essential.

Within the limitations of this study, it can be concluded that the used implant system with platform-switching concept shows clinically acceptable, low values of mean bone loss after 5 years of loading. The type of the implant prosthetic reconstruction was found to be the most relevant factor and was associated with peri-implant bone loss shown by the multi-level logistic regression model:

- implants that were supporting removable dentures showed higher risk of developing peri-implant bone loss
- implants that were supporting fixed reconstructions showed a relatively low risk
- regarding the prosthetic status of the opposite arch, no association for extensive peri-implant bone loss could be observed.

However, these results should be considered valid only within a special cohort under private dental office conditions. Therefore, the presented risk analysis needs to be further tested in subsequent prospective randomized controlled clinical trials including radiographic as well as clinical evaluations.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank the participating study centers. This study was supported by Dentsply Friudent, Mannheim, Germany.

## REFERENCES

- Buser D, Janner SF, Wittneben JG, Bragger U, Ramseier CA, Salvi GE. 10-year survival and success rates of 511 titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: a retrospective study in 303 partially edentulous patients. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;14:839–851.
- Ostman PO, Hellman M, Sennerby L. Ten years later: results from a prospective single-centre clinical study on 121 oxidized (Ti)oxide Branemark implants in 46 patients. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;14:852–860.
- Albrektsson T, Zarb GA. Current interpretations of the osseointegrated response: clinical significance. *Int J Prosthodont* 1993;6:95–105.
- Branemark PI, Hansson BO, Adell R, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1977;16:1–132.
- Heitz-Mayfield LJ. Peri-implant diseases: diagnosis and risk indicators. *J Clin Periodontol* 2008;35:292–304.
- Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986;1:11–25.
- Romanos GE, Aydin E, Gaertner K, Nentwig GH. Long-term results after sub-crestal or crestal placement of delayed loaded implants [Epub ahead of print 15 May 2013]. *Clin Implant Dent Rel Res*. Doi: 10.1111/cid.12084.
- Bassetti R, Kaufmann R, Ebinger A, Mericske-Stem R, Enkling N. Is a grooved collar implant design superior to a machined design regarding bone level alteration? An observational pilot study. *Quintessence Int* 2014;45:221–229.
- Bratu EA, Tandlich M, Shapira L. A rough surface implant neck with micro-threads reduces the amount of marginal bone loss: a prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:827–832.
- Tandlich M, Ekstein J, Reisman P, Shapira L. Removable prostheses may enhance marginal bone loss around dental implants: a long-term retrospective analysis. *J Periodontol* 2007;78:2253–2259.
- Chung DM, Oh TJ, Lee J, Misch CE, Wang HL. Factors affecting late implant bone loss: a retrospective analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:117–126.
- de Souza JG, Neto AR, Filho GS, Dalago HR, de Souza Junior JM, Bianchini MA. Impact of local and systemic factors on additional peri-implant bone loss. *Quintessence Int* 2013;44:415–424.
- Albrektsson T, Buser D, Sennerby L. Crestal bone loss and oral implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;14:783–791.
- Cohen RE. Research, Science and Therapy Committee, American Academy of Periodontology. Position paper: periodontal maintenance. *J Periodontol* 2003;74:1395–1401.
- Rocchietta I, Nisand A. review assessing the quality of reporting of risk factor research in implant dentistry using smoking, diabetes and periodontitis and implant loss as an outcome: critical aspects in design and outcome assessment. *J Clin Periodontol* 2012;39(suppl 12):114–121.
- Soardi CM, Bianchi AE, Zandanel E, Spinato S. Clinical and radiographic evaluation of immediately loaded one-piece implants placed into fresh extraction sockets. *Quintessence Int* 2012;43:449–456.
- Ateih MA, Ibrahim HM, Ateih AH. Platform switching for marginal bone preservation around dental implants: a systematic review and meta-analysis. *J Periodontol* 2010;81:1350–1366.
- Al-Nsour MM, Chan HL, Wang HL. Effect of the platform-switching technique on preservation of peri-implant marginal bone: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;27:138–145.
- Telleman G, Raghoobar GM, Visink A, Meijer HJ. Impact of platform switching on inter-proximal bone levels around short implants in the posterior region: 1-year results from a randomized clinical trial. *J Clin Periodontol* 2012;39:688–697.
- Vandeweghe S, De Bruyn H. A within-implant comparison to evaluate the concept of platform switching: a randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol* 2012;5:253–262.
- Qian J, Wennerberg A, Albrektsson T. Reasons for marginal bone loss around oral implants. *Clin Impl Dent Relat Res* 2012;14:792–807.
- Linkevicius T, Puišys A, Steigmann M, Vindasiute E, Linkeviciene L. Influence of vertical soft tissue thickness on crestal bone changes around implants with platform switching: A comparative clinical study [Epub ahead of print 28 Mar 2014]. *Clin Implant Dent Rel Res*. Doi: 10.1111/cid.12222.
- Weng D, Nagata M, Bell M, Bosco AF, de Melo LG, Richter EJ. Influence of microgap location and configuration on the peri-implant bone morphology in submerged implants. An experimental study in dogs. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:1141–1147.
- Marrone A, Lasserre J, Bercy P, Breck MC. Prevalence and risk factors for peri-implant disease in Belgian adults. *Clin Oral Implants Res* 2013;24:934–940.
- Cehreli MC, Karasoy D, Kokat AM, Akca K, Eckert S. A systematic review of marginal bone loss around implants retaining or supporting overdentures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010;25:266–277.
- Jung RE, Zembic A, Pjetursson RE, Zwahlen M, Thoma D. Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical, and aesthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with a mean follow-up of 5 years. *Clin Oral Implants Res* 2012;23(suppl 6):2–21.
- Romeo E, Lops D, Margutti E, Ghisolfi M, Chiapasco M, Vogel G. Implant-supported fixed cantilever prostheses in partially edentulous arches. A seven-year prospective study. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:303–311.



## **Zusammenfassende Darstellung**

### **Einleitung**

Die Entdeckung der Biokompatibilität der Titanoberfläche durch Brånemark im Jahr 1966 markierte den Beginn der oralen Implantologie und hat somit die Zahnmedizin revolutioniert (Brånemark 1983). Die Verwendung von Implantaten bietet heutzutage eine anerkannte und etablierte Alternative zu konventionellen prothetischen Behandlungen für die Wiederherstellung der Kaufunktion und der Ästhetik. Generell zeigen heutige Implantatbehandlungskonzepte hohe Überlebensraten von 95% über einen Zeitraum von 10 Jahren (Buser et al. 2012, Ostman et al. 2012). Langzeitstudien zeigen aber auch, dass Komplikationen auftreten können, die in technische und biologische unterteilt werden (Albrektsson et al. 1993). Technische Komplikationen können den Implantatkörper, die Implantatschrauben, die Abutments oder die prothetische Rekonstruktion betreffen. Unter biologischen Komplikationen versteht man destruktive Entzündungsprozesse des Weich- und Hartgewebes rund um ein Implantat (periimplantäre Mukositis / Periimplantitis), und diese können zum Knochenverlust führen. Da ein solcher Knochenverlust im schlimmsten Fall in einem Implantatverlust resultieren kann, ist die Stabilität des periimplantären Knochenniveaus für den langfristig klinischen und ästhetischen Erfolg einer Implantatbehandlung von großer Bedeutung (Brånemark et al. 1977) und Fokus dieser Studie.

Die Veränderungen des periimplantären Knochenniveaus werden am besten durch Röntgenaufnahmen beobachtet und analysiert (Heitz-Mayfield et al. 2008).

Aus radiologischen Langzeitstudien ist eine begrenzte krestale Knochenresorption von 1 mm bis 1,5 mm im ersten Jahr und 0,2 mm in den nachfolgenden Jahren als akzeptabel zu betrachten und ist sogar eines der Erfolgskriterien einer Implantatbehandlung (Albrektsson et al. 1986). Diese Resorptionen weisen in der Regel keine Entzündungssymptomatik auf und sind daher mit einem Bone-Remodelling Prozess assoziiert. Obwohl dieser Knochenverlust klinisch akzeptiert ist, ist er trotzdem unerwünscht, da der periimplantäre Knochen auch für die Stabilität des periimplantären Weichgewebes und somit für die periimplantäre Ästhetik essentiell ist.

Der periimplantäre Knochenverlust ist ein multifaktorielles Phänomen und kann mit den Eigenschaften des Implantatsystems, den Behandlungskonzepten sowie mit individuellen Patientenfaktoren zusammenhängen (Heitz-Mayfield et al. 2008).

In den letzten Jahren ist ein neues Implantatkonzept mit „Platform-Switching Design“ eingeführt worden. Bei diesem Konzept handelt es sich um ein spezielles Implantat-Abutment System, bei dem der Abutment-Durchmesser kleiner als der Implantat-Durchmesser ist. Dadurch wird die Implantat-Abutment Verbindung und deren bakterielle Kolonisation nach zentral verlegt. Eine große Zahl an klinischen Studien belegt das Potential von Platform-Switching Design, eine Knochenresorption zu minimieren (Atieh et al. 2010, Herekar et al. 2014, Strietzel et al. 2014). Es gibt allerdings nur wenige Studien, die potentielle Risikofaktoren für einen Knochenverlust an Platform-Switching Implantaten untersuchen (Canullo et al. 2012, Kutun-Misirlioglu et al. 2014, Jo et al. 2014, Linkevicius et al. 2014).

Die meisten zur Verfügung stehenden Daten und Studien über periimplantären Knochenverlust beruhen auf dem Patientengut großer universitärer Einrichtungen

unter idealen Bedingungen: Homogene Stichproben, ein sehr erfahrenes Spezialistenteam und der neueste Stand der Technik machen die Generalisierung der Daten schwierig. Die Frage stellt sich, ob entsprechende Implantatsysteme die Erwartungen auch unter Praxisbedingungen erfüllen können. Zurzeit sind keine zuverlässigen Daten aus multizentrischen Untersuchungen zur Risikofaktorenanalyse an Platform-Switching Implantaten verfügbar. Die rechtzeitige Identifikation und Beurteilung von bestehenden individuellen Gegebenheiten als Risikofaktoren für periimplantären Knochenverlust würden eine Frühdiagnose gewährleisten. Die Aufnahme der Risikopatienten in einem intensiven Nachsorgeprogramm würde die Vorhersage des Implantaterfolgs ermöglichen.

## **Zielsetzung der Studie**

Ziel der hier vorgelegten retrospektiven Querschnittsstudie war:

1. Die Bestimmung des periimplantären Knochenverlusts bei Implantaten mit Platform-Switching Design nach 5 Jahren unter prothetischer Belastung
2. Die Untersuchung einer möglichen Assoziation von periimplantären Knochenveränderungen mit:
  - a. Der Art der implantatgetragenen prothetischen Rekonstruktion
  - b. Der Art des prothetischen Status des Gegenkiefers

## Material und Methoden

Die Untersuchung wurde als eine multizentrische Querschnittsstudie mit konsekutiver Stichprobe und retrospektiver Datenerhebung konzipiert, basierend auf Patientenanamnese und radiologische Aufnahmen. Die teilnehmenden privaten Zahnarztpraxen waren chirurgische und prothetische Großanwender eines Platform-Switching Implantatsystems (Ankylos, DENTSPLY Friadent GmbH, Mannheim, Deutschland) in den Ballungsräumen von Berlin (n = 2), Frankfurt (n = 3) und Hamburg (n = 3) in Deutschland. Die Studie wurde von der Ethikkommission in Hamburg / Deutschland begutachtet und bewilligt (Geschäftsnummer PV3437).

Eingeschlossen wurden alle Patienten ab dem 18. Lebensjahr, die folgende Eigenschaften aufwiesen: keine systemischen Erkrankungen oder bekannte Zustände, die den Knochenstoffwechsel beeinflussen, ein physischer Zustand kategorisiert als ASA I oder ASA II (Keats 1978), und mindestens eine implantatgetragene prothetische Rekonstruktion mit dem vorher genannten Implantatsystem. Die retrospektive Datenerhebung schloss alle verfügbaren Patienten ab 2003 ein, die alle Einschlusskriterien erfüllten und eine Follow-up Periode von mindestens 5 Jahren hatten. Sowohl der chirurgische Eingriff als auch die prothetische Versorgung sollten in der selben Praxis stattgefunden haben. Röntgenuntersuchungen direkt nach der Eingliederung der prothetischen Rekonstruktion und 5 Jahren danach sollten verfügbar sein.

Es wurden zunächst die Patientenakten analysiert und ausgewertet. Die patientenbezogenen Variablen enthielten Geschlecht, Geburtsdatum und Gesundheitszustand. Nikotinabusus wurde nicht berücksichtigt. Die implantatbezogenen Variablen enthielten Implantatstelle, Datum der Implantation,

Implantatgröße, Art der implantatgetragenen Rekonstruktion und prothetischer Status der Gegenkiefer, sowie periapikale Röntgenaufnahmen oder Panoramaschichtaufnahmen zum Zeitpunkt der Eingliederung der implantatgetragenen Restauration und 5 Jahre nach prothetischer Belastung. Alle analysierten Implantate waren zum Zeitpunkt der Implantation epikrestal positioniert worden. Ausgeschlossen wurden Patienten, die Strahlentherapie im Kopf- und Halsbereich erhalten hatten, Patienten mit Alkohol- und/oder Drogenabusus, Patienten mit klinisch aktiver Parodontitis, und Patienten die nicht zu den Nachsorgeterminen (Follow-up) erschienen sind.

Die verantwortlichen Behandler in den acht Praxen verfügten über ähnlich viel Erfahrung in Implantologie. Nach der Eingliederung der prothetischen Rekonstruktionen waren die Patienten einem individuellen Nachsorgeprogramm zugeordnet worden. Die Behandler sind dem Nachsorgekonzept von Cohen et al. gefolgt. Dieses umfasst die klinische Evaluation und die Aktualisierung der medizinischen und zahnmedizinischen Anamnese, das Monitoring des periimplantären Status und den Zustand der implantatgetragenen Rekonstruktionen, sowie die Plaquekontrolle und die Mundhygiene-Reinstruktion. Die Zeitintervalle zwischen den Nachsorgeterminen wurden in Abhängigkeit von der Parodontitisanamnese und der Patientencompliance individualisiert festgelegt (Cohen et al. 2003).

Der Knochenverlust wurde radiologisch nach 5 Jahren unter prothetischer Belastung bestimmt. Hierfür wurde die radiologische Distanz von der Implantatschulter zum Kieferkamm separat für mesiale und distale Bereiche gemessen. In Fällen, wo die Implantate in mehreren Röntgenaufnahmen abgebildet waren, wurden die höchsten Werte für die weitere Analyse verwendet. Ein kalibrierter

Untersucher hat alle Röntgenbilder mit 7-facher Vergrößerung untersucht. Die Messungen wurden nach einem 48h-Intervall wiederholt. Die Veränderungen des Knochenniveaus über die gesamte Beobachtungsperiode wurden mithilfe der folgenden Formel berechnet:

$$\frac{\text{Knochenverlust}}{\text{röntgenologisch gemessener Knochenverlust}} = \frac{\text{bekannte Implantatlänge}}{\text{röntgenologisch gemessene Implantatlänge}}$$

Die Rekrutierung und Datenerhebung sowie die radiologische Auswertung des Knochenverlusts wurden von einem einzigen kalibrierten Untersucher (IM) durchgeführt.

Die Datenanalyse schloss eine deskriptive Statistik und Berechnung des periimplantären Knochenverlusts nach 5 Jahren unter prothetischer Belastung sowie Risikofaktorenanalyse für die Art der implantatgetragenen Rekonstruktion und den Status der Gegenkieferbezaahnung ein. Eine Unterteilung wurde für Einzelkronen (SC), verblockte Einzelkronen (CC), festsitzenden Zahnersatz (FDP) und herausnehmbare Prothesen (RP) vorgenommen. Um Korrelationen zwischen den Risikovariablen und periimplantärem Knochenverlust zu detektieren, wurde eine multivariate Regressionsanalyse durchgeführt. Die Clusterstrukturen der Daten wurden berücksichtigt. Die Unterschiede zwischen den beobachteten Mittelwerten wurden für den Cluster-Studienteilnehmer angepasst. Die Studienzentren wurden als Störfaktoren in die Analysen einbezogen.

Zusätzlich wurden Methoden der induktiven Statistik zur Bestimmung des Einflusses von patientenbezogenen Faktoren bei der Berechnung der 95% Konfidenzintervalle (CIs) durchgeführt. Die Berechnungen wurden mit STATA 11 (StataCorp LP, College Station, USA) durchgeführt und die Wahrscheinlichkeit (p-

Wert für die statistische Signifikanz) für einen Typ-I-Fehler wurde auf 0,05 festgesetzt. Für Mehrfachvergleiche wurden die p-Werte für eine statistisch signifikante Differenz und Effekt reduziert (Bonferroni-Korrektur). Eine Alphafehler-Kumulierung wurde somit neutralisiert.

## Ergebnisse

Es wurden 316 Implantate mit Platform-Switching Design bei 98 Studienpatienten nach 5 Jahren unter prothetischer Belastung untersucht. Die Patienten hatten einen Altersdurchschnitt von 57.7 Jahren (Altersbereich: 21.7 bis 82.3 Jahre), und eine Geschlechterverteilung von 52.0% Frauen zu 48.0% Männer. Die durchschnittliche Verteilung der Implantate waren 3.2 Implantate pro Studienteilnehmer mit insgesamt 197 Implantaten im Unterkiefer und 119 im Oberkiefer.

Der Gesamtmittelwert für den radiologischen Knochenverlust betrug 1.02 mm (SD  $\pm$  1.25, CI 95: 0.90 – 1.14) mit einer Spannweite von 0 mm bis 5,88 mm. Statistisch signifikante Unterschiede wurden zwischen mesialen 0,94 mm (SD  $\pm$  1.24, CI 95: 0.94 – 1.06) und distalen Werten 1,10 mm (SD  $\pm$  1.26, CI 95: 0.98 – 1.23) [ $p < 0.05$ ] gefunden.

Die Analyse des marginalen Knochenverlusts zeigte eine Prävalenz von 76.6% ( $n = 242$  Implantate) für periimplantäre Änderungen des Knochenlevels  $< 2$  mm und von 20,6% ( $n = 65$  Implantate) für Änderungen  $> 2$  mm. Über die gesamte Beobachtungsperiode traten 9 Implantatverluste (2.8%) auf.

Die implantatgetragenen prothetischen Rekonstruktionen wurden in Einzelkronen (iSC,  $n=78$ , 24.7%), verblockten Kronen (iCC,  $n=143$ , 45.3%), festsitzenden Prothesen (iFDP,  $n=53$ , 16.8%), und herausnehmbare Prothesen (iRP,  $n=42$ , 13.2%) unterteilt. Der prothetische Status des Gegenkiefers zeigte eine Vielfalt von zahngetragenem ( $n=226$ , 71.6%) und implantatgetragenem ( $n=31$ , 9.8%) festsitzendem Zahnersatz, zahngetragenem ( $n=43$ , 13.6%) und implantatgetragenem herausnehmbarem Prothesen ( $n=3$ , 0.9%), sowie Vollprothesen ( $n=13$ , 4.1%).

Die Korrelationsanalysen zeigten eine insgesamt niedrige Korrelation zwischen radiologisch gemessenem Knochenverlust und prothetischem Status der Gegenkiefer mit Odds Ratios (OR) zwischen 0.1017 und 0.4661. Allerdings zeigte die Art der implantatgetragenen Rekonstruktion eine starke Assoziation von iRP und periimplantären Knochenverlust mit OR 53.8225. iCC zeigten eine moderate Korrelation mit Knochenverlust mit OR 4.5348, genauso wie iFDP mit OR 3.6914. iSC ist die einzige prothetische Versorgungsart, wo keine Korrelation mit dem Knochenverlust (OR 0.0646) nachgewiesen werden konnte.

## Diskussion

Aus den Daten der vorliegenden Arbeit konnten folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- 1) Implantate mit Platform-Switching Design wiesen einen periimplantären Knochenverlust von 1.02 mm nach 5 Jahren unter funktioneller Belastung auf.
- 2) Implantate, die mit einer herausnehmbaren Suprakonstruktion versorgt wurden, zeigten ein erhöhtes Risiko für periimplantären Knochenverlust.
- 3) Zwischen periimplantärem Knochenverlust und dem prothetischen Status des Gegenkiefers war keine Korrelation nachweisbar.

Die einzigen Daten in der Literatur zum periimplantären Knochenverlust an Platform-Switching Implantaten sind in dem systematischen Review von Al-Nsour et al. zusammengefasst. Eingeschlossen wurden drei prospektive Vergleichsstudien und sechs RCTs. Der mittlere Knochenverlust bewegte sich zwischen 0.27 mm und 0.99 mm nach einem Follow-up von mindestens einem Jahr (Al-Nsour et al. 2012). Die 5-Jahres-Ergebnisse der vorliegenden Querschnittsuntersuchung zeigen nur minimal höhere Veränderungen des Knochenniveaus im Vergleich zu den Ergebnissen des genannten systematischen Reviews, mit einem Mittelwert von 1.02 mm nach 5 Jahren unter funktioneller Belastung. Plausible Erklärungen dafür können Unterschiede bei den Eigenschaften des Implantatsystems und den Operationstechniken sowie patientenbezogene Einflussfaktoren sein (Qian et al. 2012, Linkevicius et al. 2014). Laut der aktuellen Vergleichsstudie von Linkevicius et al. könnte auch der Biotyp der periimplantären Weichgewebe eine Auswirkung auf das krestale Knochenniveau an Platform-Switching Implantaten haben. In jener

Studie zeigten Implantate mit dünnem periimplantärem Biotyp ( $\leq 2$  mm) im Vergleich zu Implantaten mit dickem periimplantärem Biotyp ( $\geq 2$  mm) einen signifikant höheren Knochenverlust von 1.17 mm gegenüber 0.21 mm nach jeweils einem Jahr unter prothetischer Belastung. Dieser Faktor könnte in der hier vorgelegten Studie auch einen Einfluss haben, da mit 62.3% die Mehrheit der Implantate im Unterkiefer eingesetzt wurden, wo - anders als im Oberkiefer - im Regelfall ein dünner periimplantärer Biotyp vorliegt.

Die implantatprothetische Versorgungsart als potentieller Risikofaktor für krestalen Knochenabbau ist selten in der Literatur beschrieben (Marrone et al. 2013, Cehreli et al. 2010). In der vorliegenden Studie erwiesen sich implantatgetragene herausnehmbare Prothesen als der statistisch signifikanteste Einflussfaktor auf periimplantären Knochenabbau. Verschiedene Faktoren könnten zu diesem Ergebnis beitragen: eine schlecht passende Prothese führt zu einer nicht-axialen Belastung der Implantate und somit zu höheren Stressbelastungen des periimplantären Knochens. Patienten mit implantatgetragenen herausnehmbaren Zahnersatz sind in der Regel älter als Patienten mit implantatgetragenen festsitzenden Zahnersatz; Alter kann auf den Immunstatus, das Heilungspotenzial und die Dichte des Kieferknochens einwirken. Trotz der Tatsache, dass herausnehmbare Prothesen die Erhaltung der Mundhygiene erleichtern, könnte eine unzureichende Plaquekontrolle durch altersbedingte Einschränkungen der Mundhygienefähigkeit auch zu Entzündungen des periimplantären Gewebes führen. Dasselbe Phänomen beobachtet man an natürlichen Zähnen, die mit herausnehmbaren Teilprothesen versorgt sind. Das Prothesendesign, die Art der Pfeilverankerung und die Passung der Prothese spielen eine entscheidende Rolle bei der Kraftübertragung auf das Restgebiss. Zähne, die als Pfeiler für die Befestigung einer Prothese dienen,

insbesondere endständige Pfeilerzähne, werden durch herausnehmbare Prothesen deutlich stärker belastet als beim festsitzenden Zahnersatz. Dies kann zur Zahnlockerung und marginaler Knochenresorption führen.

In unserer Studie konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen Knochenabbau und Gegenbezahnung festgestellt werden. Allerdings stand die Mehrheit der Implantate gegenüber einer zahngetragenen festsitzenden prothetischen Versorgung (71.6%). Die Studienlage zum Einfluss vom prothetischen Status des Gegenkiefers auf den periimplantären Knochen ist begrenzt. Zwei prospektive Kohortenstudien haben den Einfluss zweier verschiedener Arten der Gegenkieferbezahnung (zahngetragene oder implantatgetragene festsitzende Rekonstruktion) auf Implantate untersucht, die festsitzend versorgt wurden. Nach einer durchschnittlichen Beobachtungszeit von 4 bzw. 8.2 Jahren ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen periimplantärem Knochenverlust und der zwei Arten der Gegenkieferbezahnung (Romeo et al. 2003, 2009). Dabei ist zu beachten, dass in den Studien von Romeo et al. Implantate untersucht worden sind, die mit festsitzenden Extensionsbrücken und ohne Platform-Switching Konzept versorgt waren.

In Hinsicht auf das Studiendesign ist zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse dieser Untersuchung auf einem retrospektiven Ansatz basieren. Entsprechende Studien liefern empirische Evidenz zur Erstellung von Hypothesen aber keine entscheidenden Beweise. Zusätzlich beruht die Bewertung des periimplantären Knochenverlusts auf nicht-standardisierten Röntgenaufnahmen. Demzufolge ist eine identische Positionierung von Patient, Bildträger und Zentralstrahl zwischen den Verlaufskontrollen nicht immer gewährleistet. Die Untersuchung des dreidimensionalen Phänomens der Änderungen des periimplantären

Knochenniveaus mit zweidimensionalen Röntgenaufnahmen stellt einen grundsätzlichen systemischen Nachteil dar.

Trotz der methodischen Einschränkungen stellt die vorliegende Studie eine groß angelegte Kohortenuntersuchung über eine lange Funktionsperiode der Implantate dar. Das Patientenkollektiv stammte aus einem Praxisnetzwerk von acht Privatkliniken und wies dadurch eine gewisse, aber erwünschte Heterogenität auf, da die Implantate von unterschiedlichen Behandlern und mit unterschiedlichen Behandlungsmethoden versorgt worden sind. Die vorliegende Studie beruht also auf wenig kontrollierten Behandlungsbedingungen in der Alltagsroutine, wohingegen andere Studien auf kontrollierten idealen Behandlungsbedingungen (homogene Stichproben, ein sehr erfahrenes Spezialistenteam, neuester Stand der Technik) an universitären Einrichtungen beruhen. Retrospektive Querschnittstudien wie diese können Assoziationen zwischen Risikoindikatoren und periimplantären Knochenverlust nach Behandlung in der Alltagsroutine identifizieren, und sind daher wertvoll für die Generierung von Hypothesen für die zukünftige Forschung. Die vorgestellte Risikoanalyse sollte in nachfolgenden prospektiven klinischen RCTs mit radiologischer aber auch klinischer Datenerhebung weiter untersucht werden.

## **Schlussfolgerung**

Das verwendete Implantatsystem mit Platform-Switching Konzept weist einen klinisch akzeptablen, niedrigen mittleren Knochenverlust 5 Jahre nach funktioneller Belastung auf. Durch das logistische Multilevel-Regressionsmodell wurde belegt, dass die Art der implantatgetragenen Rekonstruktion, und zwar die implantatgetragene herausnehmbare Prothesen, der stärkste Einflussfaktor für periimplantären Knochenverlust war. Die Art des prothetischen Status des Gegenkiefers zeigte dagegen keine Assoziation mit periimplantärem Knochenverlust.

## Literaturverzeichnis

Al-Nsour MM, Chan HL, Wang HL (2012) Effect of the platform-switching technique on preservation of peri-implant marginal bone: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Impl* 27:138-45.

Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR (1986) The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Impl.* 1:11–25.

Albrektsson T, Zarb GA (1993) Current interpretations of the osseointegrated response: clinical significance. *Int J Prosthodont.* 6:95–105.

Atieh MA, Ibrahim HM, Atieh AH (2010) Platform switching for marginal bone preservation around dental implants: a systematic review and meta-analysis. *J Periodontol.* 81:1350–1366.

Brånemark PI, Hansson BO, Adell R (1977) Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 16:1–132.

Brånemark PI (1983) Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent.* 50(3):399-410.

Buser D, Janner SF, Wittneben JG, Bragger U, Ramseier CA, Salvi GE (2012) 10-year survival and success rates of 511 titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: a retrospective study in 303 partially edentulous patients. *Clin Impl Dent Relat Res.* 14:839–851.

Canullo L, Iannello G, Peñarocha M, Garcia B (2012) Impact of implant diameter on bone level changes around platform switched implants: preliminary results of 18 months follow-up a prospective randomized match-paired controlled trial. *Clin Oral Implants Res.* 23(10):1142-6.

Cehreli MC, Karasoy D, Kökat AM, Akca K, Eckert S (2010) A systematic review of marginal bone loss around implants retaining or supporting overdentures. *Int J Oral Maxillofac Impl.* 25:266-77.

Cohen RE (2003) Research, Science and Therapy Committee, American Academy of Periodontology. Position paper: periodontal maintenance. *J Periodontol.* 74(9):1395-401.

Heitz-Mayfield LJ (2008) Peri-implant diseases: diagnosis and risk indicators. *J Clin Periodontol.* 35:292–304.

Herekar M, Sethi M, Mulani S, Fernandes A, Kulkarni H (2014) Influence of platform switching on periimplant bone loss: a systematic review and meta-analysis. *Implant Dent.* 23(4):439-50.

Jo DW, Yi YJ, Kwon MJ, Kim YK (2014) Correlation between interimplant distance and crestal bone loss in internal connection implants with platform switching. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 29(2):296-302.

Keats AS (1978) The ASA classification of physical status – a recapitulation. *Anaesthesiology* Oct;49(4):233-6.

Kutan-Misirlioglu E, Bolukbasi N, Yildirim-Ondur E, Ozdemir T (2014) Clinical and Radiographic Evaluation of Marginal Bone Changes around Platform-Switching Implants Placed in Crestal or Subcrestal Positions: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* doi: 10.1111/cid.12248.

Linkevicius T, Puisys A, Steigmann M, Vindasiute E, Linkeviciene L (2014) Influence of Vertical Soft Tissue Thickness on Crestal Bone Changes Around Implants with Platform Switching: A Comparative Clinical Study. *Clin Implant Dent Relat Res.* doi: 10.1111/cid.12222.

Marrone A, Lasserre J, Bercy P, Brex MC (2013) Prevalence and risk factors for peri-implant disease in Belgian adults. *Clin Oral Impl Res.* 24:934-40.

Ostman PO, Hellman M, Sennerby L (2012) Ten years later. Results from a prospective single-centre clinical study on 121 oxidized (TiUnite) Branemark implants in 46 patients. *Clin Impl Dent Relat Res.* 14:852–860.

Romeo E, Lops D, Margutti E, Ghisolfi M, Chiapasco M, Vogel G (2003) Implant-supported fixed cantilever prostheses in partially edentulous arches. A seven-year prospective study. *Clin Oral Implants Res.* Jun;14(3):303-11.

Romeo E, Tomasi C, Finini I, Casentini P, Lops D (2009) Implant-supported fixed cantilever prosthesis in partially edentulous jaws: a cohort prospective study. *Clin Oral Implants Res.* Nov;20(11):1278-85.

Strietzel FP, Neumann K, Hertel M (2014) Impact of platform switching on marginal peri-implant bone-level changes. A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* doi: 10.1111/clr.12339.

Qian J, Wennerberg A, Albrektsson T (2012) Reasons for Marginal Bone Loss around Oral Implants. *Clin Impl Dent Relat Res.* 14:792-807.

## **Erklärung des Eigenanteils an der Publikation**

Im Rahmen der Vorbereitung der Studie führte ich eine umfassende Literaturrecherche zu dem angestrebten Forschungsthema durch und war beteiligt bei der Konkretisierung der Fragestellung im Hinblick auf die Datenerhebung. Desweiteren definierte ich die Kriterien für die zu untersuchenden Risikofaktoren. Im weiteren Verlauf führte ich die Datenerhebung vollständig und selbständig durch. Dies beinhaltete die Rekrutierung der Patienten, die Analyse der Patientenakten und die Auswertung der Röntgenbilder. Die erhobenen Daten wurden von mir digitalisiert und in eine Datenbank überführt, welche ebenfalls von mir erstellt wurde. Bei der Auswertung der Ergebnisse hatte ich praktische und fachliche Unterstützung durch Dr. Joda. Dr. Joda und ich hatten einen gleichwertigen Anteil an der Verfassung der Publikation.

## **Danksagung**

Zunächst danke ich herzlich Prof. Dr. Guido Heydecke für die freundliche Überlassung des äußerst interessanten Themas und die Betreuung der Arbeit.

Ebenfalls besonders danken möchte ich Dr. Tim Joda für die konstruktiven Anmerkungen sowie für seine tatkräftige Unterstützung.

Mein Dank gilt außerdem allen teilnehmenden Praxen für die Bereitstellung der nötigen Unterlagen und die Möglichkeit, deren Patientenakten für die Durchführung der Untersuchung nutzen zu dürfen.

Ein großes Dankeschön gebührt meinen Eltern für ihre bedingungslose Unterstützung.

## **Eidesstattliche Erklärung**

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: .....