

**Wärmeentwicklung im Knochengewebe:
Was ein Blick auf die Bohrtemperatur verrät**

Ist „lappenlos“ ein heißes Thema?

Als zentraler Faktor für den Implantaterfolg ist die Osseointegration fest im Bewusstsein von Implantologen verankert. Entsprechend viele und mitunter auf lange Zeit angelegte Untersuchungen befassen sich mit diesem Aspekt der Implantologie. Deutlich weniger präsent erscheint die Tatsache, dass sich schon kurzzeitige Ereignisse negativ auf das Knochengewebe auswirken können – nämlich dann, wenn es um die Wärmeentwicklung beim eigentlichen Bohrvorgang geht. Als kritischer Wert wird in diesem Zusammenhang eine Temperatur von 47 Grad Celsius über eine Minute genannt [1]. Vor diesem Hintergrund wirft der folgende Beitrag einen Blick darauf, inwiefern sich die Bildung eines Mukoperiostlappens beziehungsweise der Verzicht auf die Bohrtemperatur auswirkt.

von
Prof. Dr. Dr. Dr. Thomas Ziebart,
Universitätsklinikum Marburg



**PROF. DR. DR. DR.
THOMAS ZIEBART**

ist Leiter der MKG-Chirurgie am DRK-Krankenhaus in Alzey mit einem Praxisverbund in Alzey, Bad Kreuznach und Mainz. Seine Forschungs- und Lehrtätigkeit übt er an der Philipps-Universität Marburg aus, wo er auch eine außerordentliche Professur bekleidet. Seine Hauptarbeitsgebiete sind Implantologie, Membrantechniken, Bisphosphonat-assoziierte Osteonekrose und Tumormetabolismus in Kopf-Hals-Karzinomen. Prof. Ziebart ist Facharzt für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie; den Tätigkeitsschwerpunkt Implantologie erlangte er 2014, die Zusatzbezeichnung „Plastische Operationen“ 2015. Im Jahr 2016 legte er zudem die Prüfung zum Fachzahnarzt für Oralchirurgie ab.

Implantat- insertion

Im Rahmen einer In-vitro-Studie [2] gingen Jeong et al. der Frage nach, zu welcher Temperaturveränderung es bei einer bohrschablonengestützten Bohrung bei einer lappenlosen Implantation kommt. Zu diesem Zweck fertigten sie zehn Modelle aus Kunstharz mit zahnlosen Arealen im Molarenbereich an. Eine zwei Millimeter dicke Schicht aus Silikon diente dabei als Weichgewebersersatz. Darunter befindliche Holzblöcke simulierten das Hartgewebe mit einer Knochendichte von D1. 0,5 Millimeter vom Bohrverlauf entfernt brachten die Wissenschaftler zudem Thermoelemente in die Modelle ein, mit denen sich die Temperatur während des Bohrvorgangs in Tiefen von drei und sechs Millimetern in Echtzeit messen ließ (**Abb. 1**).



Abb. 1: Das Prinzip des Versuchsaufbaus: Echtzeit-Messung der Temperatur während des Bohrvorgangs in Tiefen von drei und sechs Millimetern mit Hilfe eines Thermoelements (Temperatursensor)

Auf der einen Seite der Modelle simulierten die Forscher je zwei Bohrungen ohne die Bildung eines Mukoperiostlappens (**Abb. 2**), auf der anderen Seite nahmen sie die beiden Bohrungen vor, nachdem sie die Silikonschicht aufgeklappt hatten. In allen Fällen erfolgten die Bohrungen unter Zuhilfenahme einer Bohrschablone und mit pumpenden Auf- und Abwärtsbewegungen bei einer Rotationsgeschwindigkeit von 1.200 Rota-

tionen pro Minute. Es wurde eine Bohrtiefe von 10 mm gewählt. Alle Bohrungen wurden zum Zwecke der Standardisierung von ein und demselben Chirurgen vorgenommen, welcher jeweils eine Sequenz von fünf Bohrern zum Einsatz brachte (Durchmesser von 2, 2,8, 3,3, 3,8 und 4,3 mm). Darüber hinaus wurde auf eine externe Kühlung mittels Kochsalzlösung zurückgegriffen.



Abb. 2: Simulation von Bohrungen ohne Bildung eines Mukoperiostlappens: Probenkörper werden mit einer 2 Millimeter dicken Schicht aus Modellierwachs überzogen und diese wird vor dem Bohren nicht aufgeklappt. (Bei der Simulation von Bohrungen unter Bildung eines Mukoperiostlappens wird die weichgewebssimulierende Wachsschicht dagegen aufgeklappt.)

Abb. 3: Chirurgische Verschlusschraube und Gingivaformer zugleich: Der Shuttle macht eine Wiedereröffnung der Gingiva in der prothetischen Phase unnötig.



FLAPLESS WEITERGEDACHT

Ein lappenloses Implantationsverfahren heißt MIMI (Champions Implants, Flonheim). Mit einer Besonderheit: Es ergänzt die lappenlose Vorgehensweise (flapless approach) in der chirurgischen Phase um einen entscheidenden Aspekt in der prothetischen Phase. Denn dank des sogenannten Shuttles muss hier keinerlei Wiedereröffnung der Gingiva erfolgen. Der Shuttle fungiert dabei gleichzeitig als chirurgische Verschlusschraube und als Gingivaformer. Das mit der Wiedereröffnung der Gingiva assoziierte Risiko von Weich- und Hartgewebsabbau wird auf diese Weise vermieden (**Abb. 3**). So kombiniert das MIMI-Verfahren die Vorzüge der lappenlosen Insertion mit einem relevanten Vorteil in der prothetischen Phase. Der chirurgische Eingriff erfolgt im Low-Speed-Verfahren, zunächst mit langen, konischen Dreikantbohrern. In der Kompakta sieht das MIMI-Bohrprotokoll eine Umdrehungszahl von 250 U/min vor, in der Spongiosa 50 bis 70 U/min. Dies ermöglicht die sogenannte CNIP-Navigation (Cortical Navigated Implantation Procedure), bei der der Bohrer von der kortikalen Schicht des Kieferknochens geführt wird und dementsprechend stets in der Spongiosa verbleibt (**Abb. 4–9**). Bei der Wahl des letzten Bohrers kommt zudem ein Durchmesser zum Einsatz, der circa 0,5 mm größer ist als der Implantatdurchmesser. Auf diese Weise wird eine krestale Entlastung sichergestellt. Lässt es die Anatomie zu, wird optimalerweise 1 bis 2 mm subkrestal implantiert – so bleibt der „Platform-Switching-Effekt“ vollumfänglich erhalten. Bei schmalen Kieferkämmen ist die Implantation im MIMI-II-Verfahren nach Dr. Ernst Fuchs-Schaller möglich, das ebenfalls auf der CNIP-Navigation basiert. Zusätzlich kann bei Bedarf ein interner, direkter Sinuslift als minimal-invasive Vorgehensweise zur Anhebung des Kieferhöhlenbodens erfolgen.



Abb. 4: Bei der CNIP-Navigation erfolgt die Pilotbohrung langsamtourig von lingual.



Abb. 5: Sobald der Bohrer die spongiöse Schicht erreicht hat, ...

Abb. 6: ... wird die Achse (**Abb. 5**) geändert.

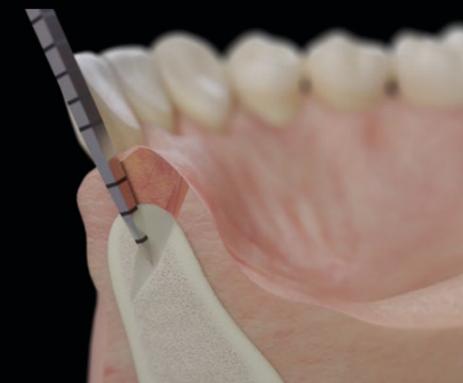


Abb. 7: Die kortikalen Schichten rechts und links leiten den Bohrer in die Tiefe (Abb. 5 und 6), ...

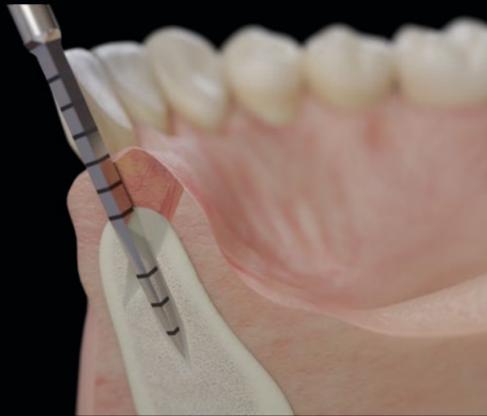


Abb. 8 und 9: ... und das Implantat kann sicher inseriert werden.



KEIN SIGNIFIKANTER UNTERSCHIED ZWISCHEN BEIDEN GRUPPEN

Von insgesamt 40 Bohrungen schlossen die Wissenschaftler je zwei auf jeder Seite von der Studie aus, da die Wand zwischen Bohrschacht und Thermoelementen nicht intakt geblieben war. Anhand der verbliebenen 36 Messungen ergaben sich die folgenden durchschnittlichen Maximaltemperaturen: Bei den bohrschablonen-gestützten lappenlosen Bohrungen wurden 29,5 Grad Celsius (Spannweite von 25,4 bis 34,5 Grad Celsius) in einer Tiefe von 3 mm und 32,6 °C (Spannweite von 27,5 bis 36,6 Grad Celsius) in einer Tiefe von 6 mm gemessen. Für die Bohrungen nach Lappenbildung betrugen diese Werte 29,4 Grad Celsius (Spannweite von 25,4 bis 33,6 Grad Celsius) und 31,3 Grad Celsius (Spannweite von 27,3 bis 35,7 Grad Celsius). Damit konnte kein signifikanter Temperaturunterschied zwischen

den beiden Gruppen festgestellt werden. Als signifikant niedriger erwies sich in beiden Gruppen allerdings die Temperatur am 3-mm-Messpunkt gegenüber derjenigen am 6-mm-Messpunkt.

Wenngleich die Autoren im Diskussionsteil ihrer Arbeit die Verwendung des Silikon-Holz-Modells als Schwachpunkt ihrer Studie identifizieren, so legen die Resultate doch den Schluss nahe, dass es bei einer geführten lappenlosen Bohrung nicht zwangsläufig zu einer signifikant höheren Knochentemperatur kommen müsse als bei einer Bohrung nach Lappenpräparation. Als möglicher Grund wird in diesem Zusammenhang die pumpende Auf- und Abwärtsbewegung genannt, welche es der Kühlflüssigkeit ermögliche, die relevanten Areale besser zu erreichen.

VERFAHRENSVERGLEICH MIT UND OHNE BOHRSCHABLONE

Einen Vergleich der Temperaturentwicklung bei lappenlos und nach Lappenbildung durchgeführtem chirurgischen Vorgehen stellten Migliorati et al. [3] an. Dabei berücksichtigten sie beide Verfahren sowohl in Kombination mit Bohrschablonen als auch bei konventioneller Vorgehensweise ohne Bohrschablone. Dazu setzten sie in ihrer In-vitro-Untersuchung 40 aus Schweinerippen gewonnene Probenkörper mit einer durchschnittlichen kortikalen Knochendicke von 1,9 mm ein. Sie wurden mit Thermoelementen versehen, um die Temperaturveränderung in einer Tiefe von 1,5 mm (Messpunkt A) und 12 mm (Messpunkt B) feststellen zu können. 20 der Probenkörper wurden zudem mit einer 2 mm dicken Schicht aus Modellierwachs überzogen, um Bohrungen ohne Bildung eines Mukoperiostlappens zu simulieren.

Für die Bohrung setzten die Wissenschaftler eine vertikale Bohrrhalterung ein, auf die eine statische Belastungskraft von 2,5 kg einwirkte. Mit einer Rotationsgeschwindigkeit von 1.200 Rotationen pro Minute und einem maximalen Drehmoment von 25 Ncm erfolgten alle Bohrungen zunächst mit einem Bohrerdurchmesser von 2,0 mm und anschließend mit einem von 3,0 mm. Nach je 20 Bohrungen, entsprechend der Bearbeitung aller Probenkörper einer Untersuchungsgruppe, griffen die Wissenschaftler auf einen neuen Satz Bohrer mit identischen Spezifikationen zurück. Während des Bohrvorgangs wurde eine Kochsalzlösung auf Raumtemperatur (22,5 Grad Celsius) als Kühlflüssigkeit zum Einsatz gebracht.

Den größten Temperaturunterschied stellten die Wissenschaftler in der Gruppe der mit simulierter Lappenbildung und Bohrschablonenunterstützung durchgeführten Bohrungen (open-flap guided surgery = OGS) fest. Hier betrug der Median 2,55 Grad Celsius. Mit 2,50 Grad Celsius lag der Median der Temperaturunterschiede bei den lappenlos durchgeführten Bohrungen unter Verwendung einer Bohrschablone (flapless guided surgery = FGS) nur knapp darunter, der Unterschied zwischen beiden Gruppen erwies sich als nicht statistisch signifikant. In den beiden Gruppen, bei denen auf den Einsatz einer Bohrschablone verzichtet wurde, fielen die Messwerte signifikant niedriger aus: Beim chirurgischen Vorgehen nach Lappenbildung (open-flap standard surgery = OSS) betrug der Median der Temperaturunterschiede 0,82 Grad Celsius,

beim lappenlosen Vorgehen (flapless standard surgery = FSS) 0,70 Grad Celsius. Signifikante Unterschiede stellten die Wissenschaftler zudem unter anderem zwischen den beiden Messpunkten und zwischen den beiden Bohrerdurchmessern fest. So ergaben sich an Messpunkt A im Durchschnitt signifikant höhere Temperaturunterschiede als an Messpunkt B, beim Bohren mit einem Durchmesser von 2 mm lagen die Werte signifikant höher als beim Bohren mit einem Durchmesser von 3 mm.

Im Diskussionsteil ihrer Untersuchung weisen die Autoren darauf hin, dass es bei den konventionellen Bohrungen ohne Bohrschablone nur zu einer minimalen Wärmeentwicklung gekommen sei – unabhängig davon, ob lappenlos gearbeitet wurde oder nicht. Bei Verwendung einer Bohrschablone hingegen lagen die Messwerte signifikant höher, insbesondere bei der lappenlosen Vorgehensweise. Allerdings bewegten sich die gemessenen Temperaturen immer noch deutlich unter dem kritischen Niveau von 47 Grad Celsius, sodass bei ausreichender Kühlung und achtsamer chirurgischer Vorgehensweise die Verwendung von Bohrschablonen eine ebenso sichere Methode darstelle.

Fazit

Trotz ihres unterschiedlichen Versuchsaufbaus kommen beide Studien zumindest in Teilen zu ähnlichen Ergebnissen: Beide Forschungsgruppen stellten bei der Verwendung von Bohrschablonen keine signifikanten Temperaturunterschiede zwischen lappenlos und nach Lappenbildung durchgeführten Bohrungen fest. Berücksichtigt man darüber hinaus die Erkenntnisse von Migliorati et al. [3] zur Bohrung ohne den Einsatz von Bohrschablonen, so erscheint die Entscheidung für eine lappenlose Chirurgie beziehungsweise für die Bildung eines Mukoperiostlappens weniger Einfluss auf die Bohrtemperatur zu haben als die Verwendung einer Bohrschablone. Immerhin sorgt der Verzicht auf eine Bohrschablone in ihrer Untersuchung für signifikant niedrigere Temperaturen sowohl in der lappenlosen als auch in der Volllappen-Gruppe. Obwohl in keiner der Studien das eingangs genannte kritische Temperaturniveau erreicht wurde, so stellt sich mit ausschließlicher Blick auf die Bohrtemperatur die Implantation ohne Bohrschablone als die sicherere Vorgehensweise dar.



[1] Eriksson AR, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1983;50(1):101–7.

[2] Jeong SM, Yoo JH, Fang Y, Choi BH, Son JS, Oh JH. The effect of guided flapless implant procedure on heat generation from implant drilling. *J Craniomaxillofac Surg*. 2014 Sep; 42(6): 725–9. doi: 10.1016/j.jcms.2013.11.002. Epub 2013 Nov 14. PMID: 24332815.

[3] Migliorati M, Amorfini L, Signori A, Barberis F, Biavati AS, Benedicenti S. Internal bone temperature change during guided surgery preparations for dental implants: an in vitro study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2013 Nov–Dec; 28(6): 1464–9. doi: 10.11607/jomi.2854.