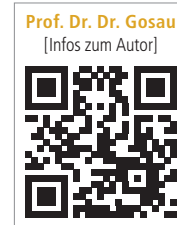
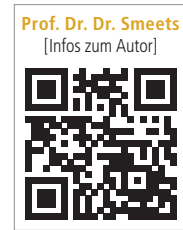


In der dentalen Implantologie spielt die Regeneration des Knochens für die Osseointegration des Implantats eine entscheidende Rolle. Eine schlechte knöcherne Integration bzw. eine bindegewebige Implantatintegration kann sich dabei negativ auf die Stabilität sowie den kurz- als auch langfristigen implantologischen Erfolg auswirken. Neben patientenindividuellen Einflussfaktoren sowie der Erfahrung des Behandlers können sich auch die verschiedenen Einflussfaktoren des Bohrvorgangs entscheidend auf die knöcherne Integration auswirken. Der folgende Beitrag gibt einen kurzen Überblick über die pathologischen Vorgänge der Hitzeschädigung beim Bohrvorgang sowie die Einflussgrößen auf die Hitzeentstehung.



Einflussfaktoren auf die Hitzeentwicklung beim Bohrvorgang

Dr. med. Ole Jung, Marie-Luise Schröder, Dr. med. Dr. med. dent. Anders Henningsen, Univ.-Prof. Dr. Dr. med. Ralf Smeets, Simon Burg, Prof. Dr. Dr. Martin Gosau, Dr. Mike Barbeck

Bereits zu Beginn der 1950er-Jahre untersuchten Vaughn und Peyton die Hitzeentwicklung beim medizinischen Bohrvorgang.¹ Dabei ergründeten sie den Einfluss der Rotation des Bohrers auf die Temperaturentwicklung an extrahierten Molaren und stellten fest, dass die Temperatur beim Bohrvorgang steigt, wenn die Bohrgeschwindigkeit erhöht wird.

Die Temperaturerhöhung beim Bohren entsteht vor allem durch Reibung des Bohrkopfes am Knochen, durch Reibung entstandener Knochensplitter am Steg, durch den aufgebrachten Druck sowie die Schubverformung in der Schubzone.² Aufgrund der schlechten Wärmeleitfähigkeit von Knochen kann die am Bohrloch entstehende Hitze nur unzureichend abgeleitet werden, wodurch pathologische Änderungen des Knochengewebes entstehen.³

Eine Schädigung des Knochens durch Hitze ist dabei neben der Temperatur auch zeitabhängig. Der allgemeine Grenzwert, bei dessen Überschreitung eine thermale Schädigung des Knochengewebes eintritt, wird auf 47°C für eine Minute

angegeben.⁴ Dabei ist die Studienlage hinsichtlich des Grades der Schädigung, der Zeit sowie der definitiven Temperaturhöhe beim Überschreiten dieses Grenzwertes insgesamt nicht eindeutig. Pathophysiologisch betrachtet, zeigt sich zunächst ein Sistieren des Blutflusses durch direkte thermische Schädigung der Kapillaren mit einer begleitenden Hyperämie im umgebenden Areal.⁵ Durch den Mangel an Nährstoffen kommt es zu einem Absterben der Osteozyten, was histologisch durch leere Lakunen gekennzeichnet ist.⁶ Die thermale Nekrose führt zu einer Aktivierung der Osteoklasten, wodurch der Knochenabbau verstärkt wird.⁷ Diese Vorgänge führen in ihrer Gesamtheit zu einer Resorption des vorhandenen Knochens und zum Ersatz durch minderwertiges Bindegewebe.⁸ Klinisch kann eine zu hohe Knochentemperatur beim Bohrvorgang in einer verminderten Stabilität und Lockerung eingebrachter Implantate resultieren, was eine verzögerte Heilung oder den kompletten Ersatz des Implantats nach sich ziehen kann.⁹ Ein Revisionseingriff birgt wiederum erhöhte Operationsrisiken und

führt zu einer gesteigerten finanziellen Gesamtbelastung für den Patienten.¹⁰ Bis heute ist die Studienlage hinsichtlich der unterschiedlichen Einflussfaktoren höchst uneinheitlich. Die Hitzeentwicklung beim Bohren wird durch interne, externe sowie patientenindividuelle Faktoren beeinflusst (Abb. 1).

Interne Faktoren

Bohrereigenschaften

Hier haben vor allem der Bohrerdurchmesser, die Bohrerform sowie das Bohrermaterial Einfluss auf die Temperaturentwicklung. Die Studienlage ist nicht eindeutig. Einige Studien beschreiben höhere Temperaturen mit steigendem Durchmesser, andere Studien zeigten höhere Temperaturen bei der Benutzung kleiner Durchmesser auf.^{11,12} Auch Größe, Anzahl und Winkel der Spannuten können einen Einfluss auf die Temperaturentwicklung haben. So transportiert bspw. ein Bohrer mit drei Nuten und kleinerem Winkel durch seine höhere Schneideeffizienz die Temperatur effektiver nach außen.^{3,9}

Hitzeentstehung

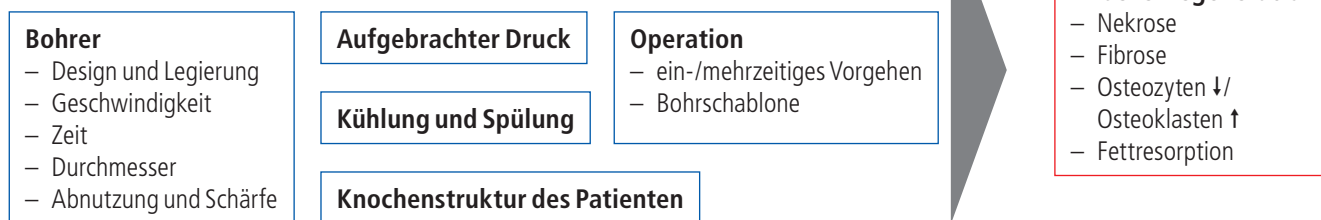


Abb. 1: Grobe Übersicht zu den Einflussfaktoren auf die Hitzeentstehung am Knochen während des Bohrvorgangs.

Freiwinkel und Freifläche

Hier ist die Studienlage nicht eindeutig. Allgemein führen höhere Freiwinkel zu niedrigeren Temperaturen. Höhere Freiwinkel führen wiederum zu größeren Freiflächen, was einen Temperaturanstieg verursachen kann.^{13,14}

Schmale Spitzenwinkel verhindern ein Verrutschen des Bohrers durch einen verbesserten Aufsatz zu Beginn des Bohrvorgangs, können aber wiederum zu einem verminderten Kontakt der Schneidefläche zum Knochen führen, was die Bohrzeit und die Temperatur erhöhen kann. Auch hier ist die Studienlage nicht eindeutig.^{9,13,14}

Bohrerlegierung und Beschichtung

Das Material, aus welchem die Bohrköpfe bestehen, kann einen Einfluss auf die Temperaturerhöhung im Knochen beim Bohrvorgang haben. Nickel-Titan-Bohrer führten beispielsweise im Vergleich zu Titan-Bornitrid-Bohrern zu weniger Hitzeentwicklung. Aufgrund der Vielzahl der verschiedenen Legierungen und Beschichtungen auf dem Markt sind hier weitere Studien nötig.^{15,16}

Verschleiß

Die mehrfache Nutzung bzw. Abnutzung des Bohrers führt zu einer stärkeren Oberflächenrauheit und damit zu einer höheren Reibung und Temperaturerhöhung. Klare Empfehlungen und Untersuchungen, ab wann ein Bohrer abgenutzt ist, fehlen.¹⁷

Externe Faktoren

Bohrgeschwindigkeit und Vorschubrate

Die hierzu verfügbaren Studienergebnisse sind nicht eindeutig. Einige Stu-

dien zeigten einen inversen Zusammenhang zwischen Bohrgeschwindigkeit und Vorschubrate sowie Temperaturentwicklung, andere wiederum konnten höhere Temperaturen bei höheren Geschwindigkeiten feststellen.^{1,18–21}

Bohrenergie

Die Bohrenergie ist definiert als die Energie, die benötigt wird, um ein Bohrloch zu produzieren. Je kleiner die Bohrenergie, desto kleiner die Hitzeentwicklung. Die Bohrenergie ist wiederum von Faktoren wie dem angesetzten Winkel, dem verwendeten Bohrer oder der Entstehung von Knochensplittern abhängig.^{9,13}

Kühlung

Eine suffiziente Kühlung und Spülung kann einen Temperaturanstieg über den Grenzwert verhindern. Unterschiedliche Auffassungen bzw. uneinheitliche Ergebnisse in der Literatur gibt es zu den verschiedenen Kühlsystemen (interne vs. externe Kühlung), die einzusetzende Menge und die Temperatur der Flüssigkeit.^{22–26}

Bohrtiefe

Die Bohrtiefe ist vor allem abhängig von der Dicke der Kortikalis. Je tiefer die Bohrung in die Kortikalis vordringt, desto mehr Hitze entsteht beim Bohrvorgang.²

Angewendete Methodik

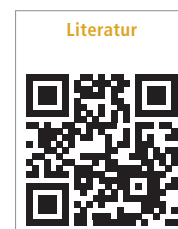
Einige Studien konnten aufzeigen, dass ein mehrstufiges Verfahren die Temperatur im Knochen reduzieren kann, andere zeigten keine Reduktion.^{2,21,27} Die Ergebnisse zur Nutzung von chirurgischen Bohrschablonen sind uneinheitlich.^{28,29}

Patientenindividuelle Faktoren

Ebenfalls können patientenindividuelle Faktoren einen Einfluss auf die Temperaturerhöhung beim Bohrvorgang im Knochen haben. Der wichtigste Einflussfaktor ist in diesem Fall die Knochenmineraldichte. Bei hoher Knochenmineraldichte, welche von der Lokalisation des Knochens und den patientenindividuellen Faktoren wie Alter und Geschlecht abhängt, entsteht deutlich mehr Hitze beim Bohren.^{9,20}

Fazit

Die Hitzentwicklung im Rahmen der Implantologie ist ein nicht zu unterschätzender Einflussfaktor auf den Gesamterfolg der Behandlung. Dabei sollten die pathophysiologischen Hintergründe sowie die verschiedenen Faktoren seitens des Behandlers verinnerlicht werden. Insgesamt ist aufgrund der teilweise nicht eindeutigen Studienlage weitere Forschung nötig, was neben einer gesteigerten Qualität auch der Gesamtsicherheit zugutekommt.



Kontakt

Dr. med. Ole Jung

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
Martinistraße 52, 20246 Hamburg
ol.jung@uke.de