

Die Genauigkeit der Implantatbettauflbereitung unter Zuhilfenahme von Bohrschablonen. Eine mathematische Beschreibung der Toleranzen.

Sprache: Deutsch

Autoren: Dr. Dr. med. Jörg Schlieper¹, Dr. Ing. Dipl. Wirt. Ing. Lars Schlieper², Dr. med. Bernhard Brinkmann¹

¹Praxis für Mund- Kiefer- Gesichtschirurgie, Kollaustr. 239, D-22453 Hamburg, und Abteilung für MKG-Chirurgie, Michaeliskrankenhaus Hamburg, Eichenstr. 34, D-20244 Hamburg

²RWTH Aachen, Verfahrenstechniker und Wirtschaftsingenieur, Alexanderstraße 28, D-52062 Aachen

Datum/Veranstaltung/Ort:

30.11.-2.12.2000

1. Gemeinschaftstagung der Deutschen Gesellschaft für Implantologie im Zahn-, Mund- und Kieferbereich e.V. (DGI), der Österreichischen Gesellschaft für orale Chirurgie und Implantologie (ÖGOCl) und der Schweizerischen Gesellschaft für orale Implantologie (SGI)

Wien

Einleitung

Die prothetisch orientierte Implantatplanung im Sinne der "Rückwärtsplanung" gilt als Planungsverfahren der ersten Wahl. Für die Übertragung der Implantatposition auf die klinische Situation hat sich das relativ einfache Verfahren der Planungs- und Bohrschablonen mit der Möglichkeit der CT-Computergestützten Simulation bewährt (2, 3). Bei dem Verfahren der Planungs- und Bohrschablonen erfolgt nach Aufsetzen der Schablonen auf die Zähne die Implantatbohrung unter Führung über Titanhülsen, die in die Schablone in den gewünschten Implantatpositionen eingelassen sind. Mit Hilfe eines einfachen mathematischen Modells sollen die maximalen Toleranzen, die naturgemäß an der Bohrerspitze nach geführter Bohrung über schablonenverankerte Titanhülsen auftreten, bestimmt werden.

Material und Methode

Drei grundsätzliche Vorgänge (s.u.), die einzeln oder in Kombination auftreten, sind für eine Abweichung der Bohrung von der gewünschten Bohrrichtung zu unterscheiden. Während bei Vorgang 1 und 2 (Abb. 1a) ausschließlich eine geometrische Betrachtung erfolgt, wird Vorgang 3 (Abb. 1b) zusätzlich durch die Materialeigenschaft der Hülsenhalterung beeinflusst. Die maximale Bohrabweichung bei Bohrung mit einem 2 mm Twistdrill Vorbohrer (Firma Nobel Biocare) bis zur 13 mm Längenmarkierung wird für zwei Hülsenarten berechnet: Hülse nach Yildirim (Firma Nobel Biocare), Steco-Titanhülse (Firma steco system technik). Die Werkstückangaben anderer auf dem Markt befindlichen Hülsen erhielten wir von den Firmen nicht. Die Berechnungen zur Bohrerabweichung bei Verkantung erfolgen unter Annahme einer zylinderförmigen Verbindung zwischen Hülse und Zahn aus PMMA-Kunststoff.

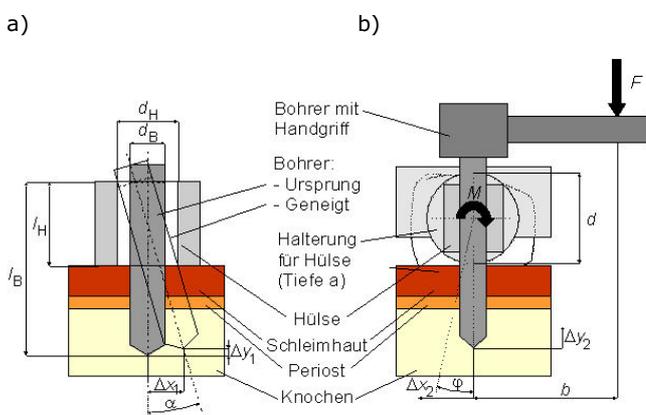


Abb. 1: Darstellung der über eine Schablone mit Bohrhülse geführten Bohrung. Vorgang 2 bei Kippung des Bohrers (a) und Vorgang 3 bei Torsion der Halterung (b).

Ergebnisse

Die maximale Bohrabweichung an der Bohrerspitze errechnet sich wie folgt:

Vorgang 1

(bei Parallelverschiebung des Bohrers): die maximale Bohrabweichung entspricht der Toleranz zwischen Bohrer und Hülse (a).

a) $\Delta x_1 = a$

Vorgang 2

(Kippung des Bohrers auf dem Niveau der Hülsenoberkante, Abb 1a, Tabelle 2):

für den Winkel α (Winkelabweichung des Bohrers zur Hülsenachse bei Rotation und Translation) ergibt sich:

b) $\alpha = \arccos [1 / (d_B^2 + L_H^2) \cdot (d_B \cdot d_H + (L_H^2 \cdot (d_H^2 - d_B^2 + L_H^2))^{0,5})]$

Hieraus können die Bohrabweichungen an der Bohrerspitze in der x- und y-Achse hergeleitet werden:

c) $\Delta x_2 = L_B \cdot \sin \alpha - d_H / 2 + d_B / (2 \cdot \cos \alpha)$

d) $\Delta y_2 = L_B \cdot (1 - \cos \alpha)$

d_B : Durchmesser Bohrer, d_H : Durchmesser Hülse, L_B : Länge Bohrer, L_H : Länge Hülse

Vorgang 3

(bei Torsion der Halterung, Abb. 1b, Tabelle 3):

durch die Torsion der Hülsenhalterung ergibt sich folgende Winkelabweichung φ für den Bohrer:

e) $\varphi = F \cdot b \cdot a \cdot 32 / (2 \cdot G \cdot \pi \cdot d^4)$

f) $\Delta x_3 = L_B \cdot \sin \varphi$

g) $\Delta y_3 = L_B \cdot (1 - \cos \varphi)$

φ : Winkelabweichung Bohrer, F: Kraft Hebelarm, b: Hebelarmstrecke, a: Länge Torsionsstück, d: Querschnitt Torsionsstück

Treten die Fälle 2 und 3 gleichzeitig ein, kann vereinfacht Δx_1 und Δx_2 sowie Δy_1 und Δy_2 addiert werden.

| Hülsenart | Durchmesser (mm) | Toleranz (mm) | Werkstoff | G-Modul (MPa) |
|-----------------------|------------------|---------------|-----------|---------------|
| Yildrim | 2,1 | + 0,05 | Ti1 | ----- |
| Steco | 2,35 | ±0,01 | Ti4 | ----- |
| Bohrer | 2 | + 0,04 | CrMnMoNi | ----- |
| Verbindung Hülse-Zahn | | | PMMA | 1050 |

Tab. 1: Werkstückangaben

| Hülsenart | Δx min | Δx max | Δy min | Δy max |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Yildrim | 0,16 | 0,41 | 0,001 | 0,008 |
| Steco | 0,25 | 0,29 | 0,006 | 0,009 |

Tab. 2: Abweichung der Bohrerspitze (mm) eines 2 mm Bohrers von der geplanten Bohrerspitzenposition in horizontaler (Δx) und vertikaler (Δy) Richtung. Angenommen wird die Bohrung über 3 unterschiedliche Hülsen bis zur 13 mm Bohrermarkierung.

| Länge der Lücke | Verbindung Hülse-Zahn | Δx bei Durchmesser | Länge | F=1 bis 5 N/mm ² |
|-----------------|-----------------------|----------------------------|----------------|-----------------------------|
| 1 Zahn | 5 mm | 2,5 mm | 0,002 bis 0,01 | |
| 3 Zähne | 5 mm | 10,5 mm | 0,01 bis 0,05 | |

Tab. 3: Abweichung (Δx) bei Torsion der Verbindung Hülse-Zahn

Schlussfolgerung

Die maximale horizontalen Abweichungen (Δx) bei Kippung des Bohrers (Abb. 1a, Tabelle 2) und bei Torsion der Verbindung Hülse-Zahn (Abb. 1b, Tabelle 3) liegen zwischen 0,2 und 0,4 mm. Die Bohrabweichung bei Torsion ist hierbei vernachlässigbar. Die horizontale Abweichung bei Parallelverschiebung des Bohrers (Vorgang 1) entspricht der Toleranz zwischen Bohrer und Hülse und liegt maximal zwischen 0,19 mm (Yildrim Hülse) und 0,4 (Steco Hülse). In Anbetracht der Tatsache, dass bei weiteren freihändigen oder aber wie bei der steco Hülse zum Teil geführten Bohrungen weitere Toleranzen auftreten und dann deutlich über 0,5 mm liegen, ist eine bessere Abstimmung der Werkstücke Bohrer - Hülse aufeinander zu fordern.

Literatur

1. Besimo, Ch.E., Lambrecht, J.Th., Jahn, M.: Präzision implantologischer Planung bei schablonengeführter digitaler Auswertung von Computertomogrammen. Z Zahnärztl Implantol 14 (1998).
2. Dominghaus H.: Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften. VDI Verlag Düsseldorf (1988).
3. Schlieper J., Brinkmann B.: Computergestützte Planung der Implantatprothetik - erste klinische Erfahrungen mit dem Programm coDiagnostiX® Z Zahnärztl Implantol 16 (2000).

Dieses Poster wurde übertragen von Dr. Dr. med. Jörg Schlieper.

Kontakt-Adresse:

Dr. Dr. med. Jörg Schlieper
 Praxis für MKG-Chirurgie
 Kollaustr. 239
 22453 Hamburg

Poster Faksimile:



B. Brinkmann, J. Schlieper
 Praxis für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
 Kollaustr. 239, D-22483 Hamburg
 Abteilung für MKG-Chirurgie
 Michaelisstr. 239
 Eichenstr. 34, D-20244 Hamburg

Die Genauigkeit der Implantatbetaufbereitung unter Zuhilfenahme von Bohrschablonen. Eine mathematische Beschreibung der Toleranzen.

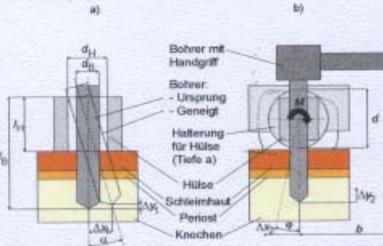
Schlieper J., Schlieper L., Brinkmann B.

RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN
RWTH AACHEN
 L. Schlieper
 Verfahrenstechniker und Wirtschaftsingenieur
 Alexanderstraße 28
 D-52062 Aachen

Einleitung
 Die profetisch orientierte Implantatplanung im Sinne der „Rückwärtsplanung“ gilt als Planungsverfahren der ersten Wahl. Für die Übertragung der Implantatposition auf die klinische Situation hat sich das relativ einfache Verfahren der Planungs- und Bohrschablonen mit der Möglichkeit der CT-Computergestützten Simulation bewährt (2, 3). Bei dem Verfahren der Planungs- und Bohrschablonen erfolgt nach Aufsetzen der Schablone auf die Zähne die Implantatbohrung unter Führung über Titanhülsen, die in die Schablone an den gewünschten Implantatpositionen eingelassen sind. Mit Hilfe eines einfachen mathematischen Modells sollen die maximalen Toleranzen, die naturgemäß an der Bohrspitze nach geführter Bohrung über schabloneverankerte Titanhülsen auftreten, bestimmt werden.

Material und Methode
 Drei grundsätzliche Vorgänge (s.u.), die einzeln oder in Kombination auftreten, sind für eine Abweichung der Bohrung von der gewünschten Bohrrichtung zu unterscheiden. Während bei Vorgang 1 und 2 (Abb. 1a) ausschließlich eine geometrische Betrachtung erfolgt, wird Vorgang 3 (Abb. 1b) zusätzlich durch die Materialeigenschaft der Hülsenhalterung beeinflusst. Die maximale Bohrabweichung bei Bohrung mit einem 2 mm Twistdrill Vorbohrer (Firma Nobel Biocare) bis zur 13 mm Längsmarkierung wird für zwei Hülsenarten berechnet: Hülsen nach Yiktrim (Firma Nobel Biocare), Steco-Titanhülsen (Firma stecco system technik). Die Werkstückangaben anderer auf dem Markt befindlichen Hülsen erhalten wir von den Firmen nicht. Die Berechnungen zur Bohrabweichung bei Verankerung erfolgen unter Annahme einer zylinderförmigen Verbindung zwischen Hülsen und Zahn aus PMMA-Kunststoff.

Abb. 1 Darstellung der über eine Schablone mit Bohrhülse geführten Bohrung. Vorgang 2 bei Kippung des Bohrers (a) und Vorgang 3 bei Torsion der Halterung (b).



Ergebnisse
 Die maximale Bohrabweichung an der Bohrspitze errechnet sich wie folgt:

Vorgang 1
 (bei Parallelverschiebung des Bohrers)
 die maximale Bohrabweichung entspricht der Toleranz zwischen Bohrer und Hülsen (a).
 a) $\Delta x_1 = a$

Vorgang 2
 (Kippung des Bohrers auf dem Niveau der Hülsenoberkante, Abb. 1a, Tabelle 2):
 für den Winkel α (Winkelabweichung des Bohrers zur Hülsenachse bei Rotation und Translation) ergibt sich:
 b) $\alpha = \arccos \left[\frac{1}{\sqrt{(d_2^2 + L_2^2) + (d_1^2 + L_1^2) + (d_2^2 - d_1^2 + L_2^2)^2}} \right]$
 Hieraus können die Bohrabweichungen an der Bohrspitze in der x- und y-Achse hergeleitet werden:
 c) $\Delta x_2 = L_2 \cdot \sin \alpha - d_1 / 2 + d_2 / 2 \cdot \cos \alpha$
 d) $\Delta y_2 = L_2 \cdot (1 - \cos \alpha)$
 d_1 : Durchmesser Bohrer, d_2 : Durchmesser Hülsen, L_1 : Länge Bohrer, L_2 : Länge Hülsen

Vorgang 3
 (bei Torsion der Halterung, Abb. 1b, Tabelle 3):
 durch die Torsion der Hülsenhalterung ergibt sich folgende Winkelabweichung φ für den Bohrer:
 a) $\varphi = F \cdot b \cdot a - \pi / (2 \cdot G \cdot \pi \cdot d^4)$
 b) $\Delta x_3 = L_3 \cdot \sin \varphi$
 c) $\Delta y_3 = L_3 \cdot (1 - \cos \varphi)$
 φ : Winkelabweichung Bohrer, F: Kraft Hebelarm, b: Hebelarmstärke, π : Länge Torsionsstück, d: Querschnitt Torsionsstück

Treten die Fälle 2 und 3 gleichzeitig ein, kann vereinfacht Δx_1 und Δx_2 sowie Δy_1 und Δy_2 addiert werden.

Tab. 1 Werkstückangaben

| Hülsenart | Durchmesser (mm) | Toleranz (mm) | Werkstoff | Q-Modul (MPa) |
|------------------------|------------------|---------------|------------|---------------|
| Yiktrim | 2,1 | + 0,05 | Ti1 | — |
| stecco | 2,35 | +/- 0,01 | Ti4 | — |
| Bohrer | 2 | + 0,04 | CrAlNiMoNi | — |
| Verbindung Hülsen-Zahn | — | — | PMMA | 1050 |

Tab. 2 Abweichung der Bohrspitze (mm) eines 2 mm Bohrers von der geplanten Bohrspitzenposition in horizontaler (Δx) und vertikaler (Δy) Richtung. Angenommen wird die Bohrung über 3 unterschiedliche Hülsen bis zur 13 mm Bohrmarkierung.

| Hülsenart | Δx x mm | Δx max | Δy x mm | Δy max |
|-----------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| Yiktrim | 0,16 | 0,41 | 0,001 | 0,008 |
| Stecco | 0,25 | 0,29 | 0,006 | 0,009 |

Tab. 3 Abweichung (Δx) bei Torsion der Verbindung Hülsen-Zahn.

| Länge der Lücke | Durchmesser | Länge | F = 1 bis 5 N/mm ² | Δx bei |
|-----------------|-------------|---------|-------------------------------|----------------|
| 1 Zahn | 5 mm | 2,5 mm | 0,002 bis 0,01 | — |
| 3 Zähne | 5 mm | 10,5 mm | 0,01 bis 0,05 | — |

Schlussfolgerung
 Die maximale horizontalen Abweichungen (Δx) bei Kippung des Bohrers (Abb. 1a, Tabelle 2) und bei Torsion der Verbindung Hülsen-Zahn (Abb. 1b, Tabelle 3) liegen zwischen 0,2 und 0,4 mm. Die Bohrabweichung bei Torsion ist hierbei vernachlässigbar. Die horizontale Abweichung bei Parallelverschiebung des Bohrers (Vorgang 1) entspricht der Toleranz zwischen Bohrer und Hülsen und liegt maximal zwischen 0,16 mm (Yiktrim Hülsen) und 0,4 (Stecco Hülsen). In Anbetracht der Tatsache, dass bei weichen freihändigen oder aber wie bei der stecco Hülsen zum Teil geführten Bohrungen weite Toleranzen auftreten und dann deutlich über 0,5 mm liegen, ist eine bessere Abstimmung der Werkstücke Bohrer - Hülsen aufeinander zu fordern.

Literatur
 1 Besimo, Ch.E., Lambrecht, J.Th., Jahn, M.: Präzision implantologischer Planung bei schablonegeführter digitaler Auswertung von Computertomogrammen. Z Zahnärztl Implantol 14 (1998).
 2 Dominghaus H.: Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften. VDI Verlag Düsseldorf (1988).
 3 Schlieper J., Brinkmann B.: Computergestützte Planung der Implantatprothetik - erste klinische Erfahrungen mit dem Programm eDiagnostik® Z Zahnärztl Implantol 16 (2000).