

Stefan Seipel
Dr.sc.hum.

Interaktive dreidimensionale Therapieplanung in der oralen Implantologie und Methode zur intraoperativen Instrumentennavigation

Geboren am 22.03.1968 in Alzenau-Wasserlos (i.UFr.)

Reifeprüfung am 26.06.1987 in Alzenau (i.UFr.)

Sudiengang der Fachrichtung Medizinische Informatik vom WS88/89 bis SS93

Vordiplom am 11.10.1990 an der Universität Heidelberg/Fachhochschule Heilbronn

Diplom am 14.09.1993 an der Universität Heidelberg/Fachhochschule Heilbronn

Promotionsfach: Medizinische Biometrie und Informatik

Doktorvater: Prof. Dr. C.O. Köhler

In der vorliegenden Arbeit wird eine neuen Methode zur Implantatplanung auf der Basis von Computertomographie (CT) und eine Methode zur Unterstützung der Implantatchirurgie durch computergestützte Instrumentennavigation erarbeitet.

Aufbauend auf preiswerter Informationstechnologie wurde ein interaktives, echt dreidimensionales Planungssystem entwickelt, das eine breite Nutzung in den zahnärztlichen Praxen gestattet. Es ermöglicht die Planung und Beurteilung von oralen Implantaten im Kontext der dreidimensionalen Verhältnisse des Kieferknochens und der Kauebene und wird somit den prothetischen Gesichtspunkten der Implantatplanung gerecht.

Dies wurde erreicht, indem das Konzept der voxelbasierten Modellierung und Visualisierung von virtuellen Studienmodellen eingeführt wurde. Aufbauend auf einem mehrkanaligem Voxeldatenmodell, in dem die originalen CT-Daten, semantische Attribute und Schattierungskoeffizienten berücksichtigt werden, werden verschiedene neue Algorithmen zur schnellen, direkten Volumenvisualisierung und zur voxelgetreuen Modellierung von Implantaten entwickelt. Die Algorithmen zur dreidimensionalen Volumenrekonstruktion bilden die Basis für eine effiziente Handhabung virtueller Studienmodelle auf gewöhnlichen Personalcomputern.

Um unter dem Aspekt der Osseointegration eine verbesserte Planung von dentalen Implantaten zu erreichen, werden Methoden zur Auswertung und zur akustischen Vermittlung der implantatbezogenen, lokalen Knocheneigenschaften entwickelt. Sie ermöglichen eine simultane, auditive Wahrnehmung der aktuellen Knochenqualität, während ein Implantat unter Berücksichtigung seiner räumlichen Lage mit sechs Freiheitsgraden mit Hilfe einer intuitiven Navigationsmetapher gesteuert wird.

Durch die voxelbasierte Repräsentation des virtuellen Studienmodells wird darüber hinaus die Möglichkeit gegeben, kritische Regionen bei der Implantatplanung (z.B. den mandibulären Nervenkanal) mit hoher Genauigkeit zu attributieren. Hierzu wird ein an die klinische Betrachtungsweise des Knochens angelehntes Werkzeug präsentiert, mit dem sich die Eigenschaft der Risikoregion in einen CT-Datensatz überführen läßt. Durch

diese voxelgetreue Beschreibung von Risikoregionen wird zu einer sichereren Implantatplanung beigetragen, da bei der Manipulation von Implantaten kritische Situationen automatisch erkannt und entsprechende Warnungen erzeugt werden können.

Um die Durchführung geplanter Implantatbehandlungen zu unterstützen, wird eine Methode zur Registrierung der intraoralen Situation und zur Navigation des dentalen Bohrinstrumentes vorgestellt. Die Referenzierung der zu behandelnden Kiefer geschieht dabei durch Verwendung von radiopaken Markierungen, die während der Bildakquisition an drei tätowierten Stellen auf der Mundschleimhaut angebracht werden. Die Ausstattung eines Hand- bzw. Winkelstückes mit magnetischen Positionsgebern erlaubt sowohl eine schnelle intraorale Einmessung dieser Referenzpunkte mit der Spitze des Bohrinstrumentes wie auch eine Navigation desselben während der Ansteuerung von geplanten Eintrittsstellen.

Im weiteren wird eine Studie mit neun Probanden präsentiert, in der das interaktive Navigationsvermögen bei der virtuellen Implantatplanung mit Hilfe von 6D-Eingabegeräten und unter akustischer Vermittlung lokaler Knocheneigenschaften untersucht wird. In bezug auf die entwickelte Methode zur Instrumentennavigation wird ein in-vitro Experiment beschrieben, das erste Orientierungswerte für die zu erwartende Navigationsgenauigkeit liefert.