Dreidimensionale Simulation und Visualisierung des individuellen menschlichen Geburtsvorganges

Martin Meininger[1], Thomas Werner[2], Arthur Wischnik[2]

[1]CREASO GmbH, 82205 Gilching
[2]Frauenklinik, Zentralklinikum Augsburg, 86156 Augsburg
Email: m.meininger@creaso.com

Zusammenfassung. Die Prognose des individuellen menschlichen Geburtsverlaufs ermöglicht die Wahl einer geeigneten Geburtsmodalität. Folgeschäden beim Kind und am Beckenboden der Mutter können dadurch vermieden werden. Die hier vorgestellte Software ANAPELVIS ermöglicht auf der Basis der Entwicklungsumgebung IDL (Interactive Data Language) die dreidimensionale Simulation und Visualisierung des menschlichen Geburtsvorganges auf Grund von pelvimetrischen und fetometrischen Daten.

1 Einleitung

Bei etwa 5-6 % der Schwangerschaften besteht ein Missverhältnis zwischen der Größe des kindlichen Kopfes und des Geburtskanals, d.h. das Kind kann vaginal nicht, oder nur mit der Gefahr einer Schädigung der Gesundheit von Mutter und Kind zur Welt gebracht werden [1,2]. Bisher war eine genaue Diagnose dieses Missverhätnisses jedoch nicht zuverlässig möglich. Wird ein Missverhältnis fälschlicherweise prognostiziert, so wird eine eigentlich vermeidbare Kaiserschnittgeburt durchgeführt. Wird ein Missverhältnis übersehen und eine vaginale Geburt angestrebt, besteht die Gefahr einer Schädigung der Gesundheit von Mutter und Kind.
Ziel dieses Projektes war die zuverlässige Prognose des individuellen Geburtsverlaufs an Hand von anatomischen Daten des mütterlichen Beckens und des kindlichen Kopfes. Die Maße des mütterlichen Beckens werden durch eine MR-Unterschung (Pelvimetrie) gewonnen, die des kindlichen Kopfes während einer Ultraschalluntersuchung.
Die Software ANAPELVIS umfasst die daraus entwickelte Simulation des Geburtsvorganges und die für die Veranschaulichung wichtige 3D-Visualisierung.

2 Methode

Die Implementierung der Software erfolgte komplett in IDL (Interactive Data Language, Research Systems Inc., Boulder, CO). Die Daten der Patientin und des Kindes werden zunächst auf einer Benutzeroberfläche in mehrere Eingabemasken eingegeben. Die Daten werden in einer Patientendatenbank abgelegt, die im Microsoft Access-Format vorliegt. Darauf wird über die IDL-interne ODBC-Schnittstelle (IDL-Dataminer) zugegriffen.

Anhand der anatomischen Daten aus der MR-Untersuchung wird ein System von Ellipsen berechnet, welche die Form des Geburtskanals wiedergeben. Der Kopf des Kindes wird in der Simulation durch einen Ellipsoiden repräsentiert, dessen Halbachsen aus den Ultraschalldaten des kindlichen Kopfes ermittelt werden. In der Simulation wird dann für jede Ellipse berechnet, ob der Querschnitt des Ellipsoiden kleiner als die Fläche der Ellipse ist (passierbar), nach einer medizinisch vertretbaren Verformung des Kopfes kleiner ist (konfiguriert passierbar), oder zu groß ist (Geburtsstillstand).
Die 3D-Visualisierung wurde in der IDL-Objektgrafik realisiert. Diese erlaubt eine objektorientierte Programmierung von 3-dimensionalen Modellen und eine OpenGL-unterstütze Darstellung auf dem Bildschirm. In der 3D-Visualisierung kann der Geburtskanal zunächst als System von Ellipsen und der Kopf des Kindes als Ellipsoid dargestellt werden, analog zur Repräsentation in der Simulation. Diese Elemente können farbkodiert dargestellt werden, d.h., grün bedeutet „passierbar“, gelb bedeutet „konfiguriert passierbar“, rot bedeutet „Geburtsstillstand“. Der Geburtsverlauf lässt sich als Film abspielen, wobei die Farbe des Ellipsoiden dynamisch das jeweilige Ergebnis der Simulation in der entsprechenden Ebene anzeigt.
Zur besseren Anschaulichkeit kann zusätzlich auch ein 3D-Modell des menschlichen Beckens und eines kindlichen Kopfes dargestellt werden. Referenzmodelle lagen als DXF-Daten vor und konnten somit direkt als Gittermodell in IDL eingelesen werden. Um eine möglichst natürliche Darstellung der individuellen Anatomie zu erzielen wird das Modell des kindlichen Kopfes entlang der 3 Hauptachsen entsprechend den gemessenen Ultraschalldaten skaliert. Das Modell des Beckens wird an die gemessene Beckenanatomie anhand von 12 Referenzpunkten mittels eines in IDL neu geschriebenen 3D-Warping-Algorithmus angepasst. Die Koordinaten der Referenzpunkte ergeben sich direkt aus den eingegebenen anatomischen Daten des Beckens. Die Koordinaten der Knotenpunkte berechnen sich aus den Koordinaten im Referenzmodell durch Translationen. Der Translationsvektor wird für jeden Knotenpunkt aus dem mit dem inversen Abstand zum Knotenpunkt gewichteten Mittel der Translationsvektoren der Referenzpunkte berechnet.

3 Ergebnis

Das Programmpaket ANAPELVIS wird mittlerweile an einigen führenden deutschen Kliniken für Forschungs- und Routinezwecke eingesetzt. Die benötigte Zeit für das Ausmessen und Eingeben der anatomischen Daten aus dem MR und der Sonographie in das Programm beträgt etwa 5 – 10 Minuten. Die eigentliche Simulation wird auf einem Windows-PC mit 450 MHz Taktfrequenz in weniger als einer Sekunde berechnet. Das Programm erwies sich damit als für die klinische Routine tauglich.
Medizinische Studien ergaben eine Spezifität von 86% und eine Sensitivität von 79% für die Diagnose eines Missverhältnisses [2]. Dadurch können einerseits unnötige Kaiserschnittgeburten umgangen, andererseits Risikogeburten vermieden, bzw. deren Verlauf vorausgeplant werden. Die potentielle gesundheitliche Gefährdung für Mutter und Kind während der Geburt konnte so verringert werden.

Durch die realistische 3-dimensionale Darstellung von kindlichem Kopf und weiblichem Becken kann den werdenden Müttern der prognostizierte Geburtsverlauf erläutert, und die ärztliche Empfehlung – vaginale Geburt oder Kaiserschnitt – anschaulich vermittelt werden.
ANAPELVIS stellt derzeit das einzige System dieser Art dar. Während es auch andere Programme zur Darstellung des menschlichen Geburtsvorganges gibt, ist dieses das einzige, dass auch einen medizinischen Vorhersagewert für den Verlauf der Geburt liefert.

4 Schlussfolgerung

Dieses Projekt zeigt zum einen, wie durch Einsatz moderner Software-Technologie medizinische Fragestellungen, wie hier der menschliche Geburtsvorgang, im Modell simuliert werden können, um dann geeignete medizinische Verfahren einzusetzen. Zum anderen zeigt es auch wie der Patientin, die bei medizinischen Fragestellungen immer im Mittelpunkt stehen sollte, die Ergebnisse der Simulation anschaulich nahegebracht werden können. Beides gelang in diesem Projekt auf Basis der Entwicklungsumgebung IDL, wodurch Benutzeroberfläche, Datenbankanbindung, Simulation und 3D-Visualisierung in einer einheitlichen Softwareumgebung realisiert werden konnten.

5 Literatur

1. Schwarz J, Wischnik A: Rechnergestützte Geburtsplanung und -visualisierung zur Prävention des menschlichen Geburtstraumas. Procs BVM 98: #123, 1998.
2. Wischnik A, Werner T, Bohndorf K: Zur Prävention des menschlichen Geburtstraumas. II. Mitteilung: Wissensbasierte Geburtsplanung und –visualisierung mittels bildgebender Verfahren und PC-gestützter Simulation. Geburtshilfe Frauenheilkd 59:77—84, 1999.