



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 59 317 A1** 2005.07.21

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 59 317.9**
 (22) Anmeldetag: **17.12.2003**
 (43) Offenlegungstag: **21.07.2005**

(51) Int Cl.7: **A61B 19/00**
A61B 6/00, A61B 5/055, A61M 25/01,
G06T 15/00

(71) Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Redel, Thomas, Dr., 91099 Poxdorf, DE

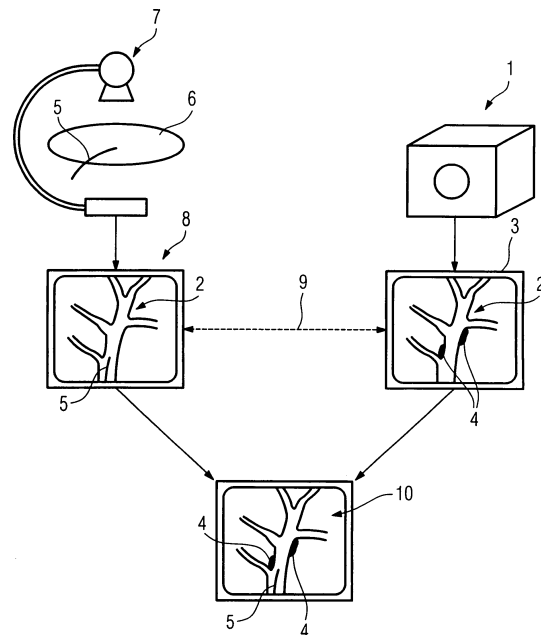
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 198 25 999 A1
DE 102 10 650 A1
DE 102 10 647 A1
DE 101 62 272 A1
DE 100 51 244 A1
DE 100 47 314 A1
US2003/01 30 576 A1
US 63 89 104 B1
WO 96/10 949 A1
WO 02/34 153 A1
WO 01/93 745 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur gezielten Navigation eines medizinischen Instruments, insbesondere eines Katheters**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur gezielten Navigation eines in ein Hohlraumorgan des menschlichen oder tierischen Körpers invasiv eingeführten medizinischen Instruments, insbesondere eines Katheters, an einen pathologischen Ort im Hohlraumorgan, bei welchem Verfahren anhand einer vorab mittels einer nicht-invasiven Untersuchungsmodalität aufgenommenen ersten Bilddarstellung zumindest eines Teils des Hohlraumorgans die Position eines oder mehrerer pathologischer Orte bestimmt und die Bilddarstellung während der nachfolgenden Navigation des Instruments zusammen mit einer kontinuierlichen angiographisch aufgenommenen Angiographie-Bilddarstellung zumindest eines Teils des Hohlraumorgans, in dem sich die Spitze des Instruments befindet, wiedergegeben wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur gezielten Navigation eines in ein Hohlraumorgan des menschlichen oder tierischen Körpers invasiv eingeführten medizinischen Instruments, insbesondere eines Katheters, an einen pathologischen Ort im Hohlraumorgan.

Stand der Technik

[0002] Die koronare Herzerkrankung ist das Ergebnis der zugrunde liegenden koronaren Arteriosklerose und zeigt sich in Symptomen wie stabile und instabile Angina, Herzinfarkt und plötzlichem Herztod. Sie ist damit die hauptsächliche Todesursache in den westlichen Industrieländern und für sehr hohe Kosten im Gesundheitswesen verantwortlich.

[0003] In ca. 85% aller Fälle ist eine bestimmte Form der Arteriosklerose, sogenannte „Vulnerable Plaques“ für die akuten koronaren Symptome verantwortlich. Ein wesentlicher Unterschied dieser „Vulnerable Plaques“ zu stabilen, kalzifizierten Stenosen ist eine nur unwesentliche, meist fehlende Behinderung des Blutflusses in den Koronararterien. Dies ist auf das sogenannte „positive Remodelling“ zurückzuführen. Bei diesem positiven Remodelling vergrößert sich der Plaque zunächst nicht in das Lumen des Gefäßes, sondern in die Gefäßwand selbst. Dadurch sind die „Vulnerable Plaques“ in der konventionellen Angiographie weder zu detektieren noch zu diagnostizieren, eine Differenzierung der verschiedenen Plaquepathologien ist nicht möglich.

[0004] Zu diesem Zweck wurden verschiedene bildgebende invasive Methoden entwickelt, die verschiedenen Eigenschaften der „Vulnerable Plaques“ zur Diagnose auszunutzen, bzw. die Morphologie hochauflösend darzustellen. Als invasive bildgebende Untersuchungsverfahren sind z. B. die intravaskuläre Ultraschall-Untersuchung (IVUS = intravaskulär ultrasound) oder die optische Kohärenztomographie (OCT = optical kohärenztomographie) zu nennen, während als nicht-invasive Untersuchungsverfahren beispielsweise die Magnetresonanz- und die Computertomographieuntersuchung zu nennen sind. Der Hauptnachteil der interessanten invasiven OCT-Methode ist, dass das Blut aus den zu untersuchenden Gefäßteilen durch Spülen und/oder unter Verwendung eines Ballons, der den Blutfluss verhindert, entfernt werden muss. Zudem ist ein langwieriges Abfahren aller möglichen Gefäßäste nötig, da mittels der parallel dazu durchgeführten, der Katheterbewegungserfassung dienenden Röntgenangiographieüberwachung die „Vulnerable Plaques“ nicht lokalisiert werden können. Dies führt zu verlängerten Untersuchungszeiten im Katheterlabor, bei Nutzung der invasiven Bildgebungsmethode erhöht sich das Patientenrisiko, ferner ist eine erhöhte Strahlenbelastung

gegeben. Der Hauptnachteil der nicht-invasiven Methoden ist demgegenüber u. a. die mangelnde Ortsauflösung, so dass insbesondere eine Aussage über das wesentliche Kriterium zur Risikoeinschätzung eines sich abzeichnenden akuten Vorfalles, nämlich der Dicke der fibrösen Plaquekappe, nicht möglich ist. Es ist aber gerade aus diagnostischer Sicht wichtig, das tatsächliche Risiko eines Vorfalles, resultierend aus einem Aufreißen der Plaquekappe abschätzen zu können.

Aufgabenstellung

[0005] Der Erfindung liegt damit das Problem zugrunde, ein Verfahren anzugeben, das zur Verringerung des Patientenrisikos und zur Reduzierung der Strahlenbelastung während der zur Untersuchung des Hohlraumorgans zwingend durchzuführenden invasiven Methode ein einfaches Navigieren und damit schnelles Auffinden und Lokalisieren der relevanten pathologischen Orte, insbesondere der „Vulnerable Plaques“ zulässt.

[0006] Zur Lösung dieses Problems ist bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß vorgesehen, dass anhand einer vorab mittels einer nicht-invasiven Untersuchungsmodalität aufgenommenen ersten Bilddarstellung zumindest eines Teils des Hohlraumorgans die Position eines oder mehrerer pathologischer Orte bestimmt und die Bilddarstellung während der nachfolgenden Navigation des Instruments zusammen mit einer kontinuierlichen angiographisch aufgenommenen Angiographie-Bilddarstellung zumindest eines Teils des Hohlraumorgans, in dem sich die Spitze des Instruments befindet, wiedergegeben wird.

[0007] Die erfindungsgemäße Lösung sieht die aufeinander folgende Nutzung einer nicht-invasiven Untersuchungsmodalität wie beispielsweise eine Magnetresonanz- oder Computertomographieuntersuchung und einer invasiven Untersuchungsmodalität (wie z. B. IVUS- oder OCT-Untersuchungen), die jeweils separate, unterschiedliche Aussagegehalte beinhaltende Bilddarstellungen des Hohlraumorgans bzw. des aufgenommenen Teils liefern. Über die erste, nicht-invasiv aufgenommene Bilddarstellung, also z. B. das MR- oder CT-Bild können die „Vulnerable Plaques“ anhand der größeren entzündlichen Prozesse im Bild lokalisiert werden, das heißt, man erhält hierüber eine Information über die Lage der pathologischen Orte im Hohlraumorgan. Diese Bilddarstellung wird während der invasiven Untersuchung wiedergegeben. Das heißt, der behandelnde Arzt hat kontinuierlich Kenntnis darüber, wo genau die interessierenden Orte, zu denen der Katheter zu führen ist, liegen. Die Navigation wird ihm nun weiterhin dadurch erleichtert, dass parallel zur Katheterbewegung eine Röntgenangiographiekontrolle durchgeführt wird und das Angiographie-Bild ebenfalls konti-

nuierlich dargestellt wird. Auf diese Weise kann der Arzt ohne weiteres einen sofortigen Abgleich der Ist-Position der Katheterspitze mit der tatsächlichen Lage eines anzufahrenden „Vulnerable Plaques“ vornehmen. Die Bewegung des Instruments kann dabei manuell, computerunterstützt oder vollständig computergeführt erfolgen.

[0008] Aufgrund der Möglichkeit einer wesentlich effektiveren und zielgerichteteren Navigation reduziert sich für den Patienten das mit der invasiven Untersuchungsmethode stets verbundene Risiko beträchtlich, nachdem es nicht mehr erforderlich ist, alle möglichen Gefäßäste abzufahren, um die Plaque zu lokalisieren, nachdem ein pathologischer Ort eben gezielt angefahren werden kann. Das heißt, die Zeitdauer der invasiven Untersuchung reduziert sich beträchtlich. Dies gilt zwangsläufig auch für die Dauer der aus der Angiographiekontrolluntersuchung resultierende Strahlenbelastung. Zur Erleichterung der Erfassung der pathologischen Orte in der ersten Bilddarstellung durch den Arzt am Bildmonitor ist es zweckmäßig, wenn der oder die pathologischen Orte in der ersten Bilddarstellung markiert dargestellt werden. Diese Markierung, z. B. durch farblisches Hervorheben, kann beispielsweise durch den Benutzer selbst erfolgen, indem er vor der invasiven Untersuchung zunächst die das nicht-invasiv aufgenommene Bild begutachtet und am Monitor beispielsweise unter Verwendung des üblichen Monitorcursors und einer geeigneten Bearbeitungssoftware die pathologisch relevanten Orte markiert. Alternativ zur manuellen Markierung ist es auch denkbar, unter Verwendung eines geeigneten Bildanalysesystems basierend auf geeigneten Analysealgorithmen eine automatische Lokalisierung der pathologischen Orte im Bild vorzunehmen, das heißt, die Markierungen werden automatisch eingezeichnet oder gesetzt, soweit dies die Bilddarstellung bzw. die Pathologie zulässt.

[0009] Im Hinblick auf eine einfache Erfassung der Bildinformationen in der ersten Bilddarstellung sowie der Angiographie-Bilddarstellung sieht eine vorteilhafte Weiterbildung des Erfindungsgedankens vor, dass die mehrdimensionale Art der ersten Bilddarstellung der der Angiographie-Bilddarstellung entspricht. Die Angriographie-Bilder liegen zweidimensional vor, weshalb auch die erste Bilddarstellung, beispielsweise erhalten aus der MR- oder der CT-Untersuchung, zweidimensional ist. Ist der MR- oder CT-Datensatz dreidimensional, wird aus ihm zweckmäßigerweise die entsprechende zweidimensionale Projektion errechnet und dargestellt. Ferner kann z. B. zu jedem Angiographie-Einzelbild ein Positionsdatsatz unter Verwendung eines Positionserfassungssystems aufgenommen werden, wozu kateterseitig ein entsprechender Positionssensor, der die Erfassung einer Bewegung um vorzugsweise sechs Freiheitsgrade (in x-, y- und z-Richtung der Koordinatenachsen sowie um die jeweilige Rotation um diese

Achse) zulässt. Hieraus ist die räumliche Lage des Katheters in der MR- oder CT-Darstellung, die dann auch als 3D-Bild zusätzlich angegeben werden kann, möglich.

[0010] Eine besonders vorteilhafte Weiterbildung des Erfindungsgedankens sieht vor, die erste Bilddarstellung und die Angiographie-Bilddarstellung miteinander zu registrieren und miteinander fusioniert darzustellen. Hiernach wird also das Angiographie-Bild dem MR- oder CT-Bild bzw. der jeweiligen Schnittebenendarstellung überlagert. Der Arzt erhält damit Informationen über die Anatomie des Untersuchungsbereichs aus der MR- oder CT-Darstellung, die Information über die tatsächliche Position der Katheterspitze erhält er aus der überlagerten Angiographie-Bilddarstellung. Aufgrund der Registrierung der beiden Bilddarstellungen ist es möglich, auch bei einer kontinuierlichen Katheterbewegung und damit einer kontinuierlichen Änderung der Aufnahmeposition das Angiographie-Bild stets lagegenau im MR- oder CT-Bild einzublenden und damit eine kontinuierlich angepasste, „mitbewegte“ Fusionsdarstellung zu ermöglichen.

[0011] Die Registrierung kann nach einer ersten Erfindungsalternative anhand anatomischer Landmarken, die in beiden Bilddarstellungen vorhanden sind, erfolgen. Über eine geeignete Bildanalysesoftware bzw. geeignete Analysealgorithmen werden die miteinander zu registrierenden Bilddatensätze auf übereinstimmende anatomische Strukturen wie beispielsweise besondere Gefäßabzweigungen etc. hin untersucht und anhand dieser Übereinstimmungen miteinander registriert. Das heißt, anhand dieser anatomischen Landmarken kann die die Registrierung bewirkende Abbildungsvorschrift, die es ermöglicht, die Pixel der beiden zweidimensionalen Bilder bzw. die Voxel der dreidimensionalen Darstellungen jeweils aufeinander abzubilden, ermittelt werden.

[0012] Alternativ zur Registrierung anhand der anatomischen Landmarken kann die Registrierung über kontinuierlich zu jeder aufgenommenen Angiographie-Bilddarstellung erfassten Positionsdaten, die die Position und/oder Orientierung des Instruments im Koordinatensystem des Positionserfassungssystems angeben, erfolgen, anhand welcher Positionsdaten die Registrierung mit zu der ersten Bilddarstellung im Koordinatensystem der Untersuchungsmodalität erfassten Positionsdaten erfolgt. Wie bereits beschrieben besteht die Möglichkeit, zu jeder Angiographie-Bilddarstellung die Raumpositionsdaten aufzunehmen. Solche liegen von Haus aus auch dem MR- oder CT-Bilddatensatz zugrunde, das heißt auch dort ist zu jedem Einzelbild der jeweilige Positionsdatsatz bekannt. Hierüber ist es möglich, die beiden Koordinatensysteme miteinander zu registrieren, mithin also die Abbildungsvorschrift zu ermitteln.

Ausführungsbeispiel

[0013] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus dem im folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiel sowie anhand der Zeichnung.

[0014] In dieser ist in Form einer Prinzipdarstellung der grundsätzliche Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens gezeigt.

[0015] Über eine erste Untersuchungsmodalität **1**, hier eine Magnetresonananzanlage, wird zunächst ein erster Bilddatensatz des Untersuchungsbereichs, im gezeigten Beispiel eines Gefäßbaumes **2**, aufgenommen. Das Bild, sei es als zweidimensionales oder dreidimensionales Bild, wird an einem Monitor **3** ausgegeben, um im Gefäßbaum **2** pathologisch relevante Orte **4** zu markieren. Bei diesen Orten kann es sich beispielsweise um die Positionen „Vulnerable Plaques“ handeln. Zur Markierung kann beispielsweise ein Monitorcursor verwendet werden, über den die entsprechenden Positionen angefahren werden können, die dann beispielsweise farblich hervorgehoben werden. Alternativ ist es auch denkbar, dass diese Markierung und vorhergehend die Lokalisation dieser Orte automatisch über die Bildverarbeitungseinrichtung erfolgt.

[0016] Dieser Datensatz wird vor der invasiven Untersuchung aufgenommen, er wird anschließend während der invasiven Untersuchung im Katheterlabor zur Verfügung gestellt.

[0017] Im Rahmen der invasiven Untersuchung wird ein Katheter **5** in den Gefäßbaum **2** des Patienten **6**, der hier nur symbolisch dargestellt ist, eingeführt. Während der Katheterbewegung wird kontinuierlich unter Verwendung einer Röntgenangiographieeinrichtung **7** eine Röntgenangiographie vorgenommen, das heißt, es werden kontinuierlich Einzelbilder aufgenommen, die die Katheterspitze im Gefäßbaum **2** zeigen. Dies ist in Form des Monitors **8** dargestellt, an dem exemplarisch der im Moment aufgenommene Gefäßbaum **2** mit dem darin befindlichen Katheter **5** dargestellt ist.

[0018] Das aus dem 3D-MR-Datensatz berechnete 2D-Projektionsbild und das aufgenommene 2D-Röntgenangiographie-Bild zeigen wie beschrieben beide das gleiche Hohlraumorgan, nämlich den Gefäßbaum **2**. Es besteht nun zum einen die Möglichkeit, beide Darstellungen an einem oder zwei Monitoren parallel dem behandelnden Arzt anzuzeigen. Wie in der Figur jedoch dargestellt ist, erfolgt eine Fusion der beiden Bilddarstellungen, wozu diese vorab, wie durch den Doppelpfeil **9** dargestellt ist, miteinander registriert werden. Im Rahmen dieser Registrierung wird eine Abbildungsvorschrift ermittelt, die es ermöglicht, die Pixel oder Voxel der jeweiligen Bilddarstellungen un-

mittelbar einander zuzuordnen und aufeinander abzubilden. Die Registrierung kann entweder anhand anatomischer Landmarken durch geeignete Bildanalyse erfolgen, wozu die jeweiligen Bilder auf übereinstimmende, auffällige anatomische Strukturen untersucht werden. Alternativ dazu besteht die Möglichkeit, die Registrierung anhand von zu jedem Einzelbild der Röntgenangiographie erfassten Positionsdaten in einem Koordinatensystem eines nicht näher gezeigten Positionserfassungssystems vorzunehmen, die mit im MR-Datensatz vorhandenen Positionsdaten des dortigen MR-Koordinatensystems registriert werden. Beide Registrierungsverfahren sind hinreichend bekannt und müssen nicht näher beschrieben werden.

[0019] In jedem Fall bietet die Registrierung die Möglichkeit, beide Einzelbilddarstellungen miteinander zu fusionieren und ein Fusionsbild **10** auszugeben. In diesem sind zum einen die pathologischen Orte **4** sichtbar, diese Bildinformation stammt aus der MR-Bilddarstellung. Diese Orte sind in der Angiographie-Bilddarstellung nicht sichtbar. Aus der Angiographie-Darstellung stammt aber die Bildinformation bezüglich des Katheters **5**. Wie das Fusionsbild zeigt, kann im fusionierten Bild exakt die Lage des Katheters **5** bezüglich der Position der pathologischen Orte **4** erkannt werden. Es ist damit eine einfache Navigation des Katheters **5** im Gefäßbaum **2** an einen beliebigen pathologisch relevanten und markierten Ort möglich. Dieser kann folglich einfach und schnell angefahren und gegebenenfalls auch vor Ort dann behandelt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur gezielten Navigation eines in ein Hohlraumorgan des menschlichen oder tierischen Körpers invasiv eingeführten medizinischen Instruments, insbesondere eines Katheters, an einen pathologischen Ort im Hohlraumorgan, bei welchem Verfahren anhand einer vorab mittels einer nicht-invasiven Untersuchungsmodalität aufgenommenen ersten Bilddarstellung zumindest eines Teils des Hohlraumorgans die Position eines oder mehrerer pathologischer Orte bestimmt und die Bilddarstellung während der nachfolgenden Navigation des Instruments zusammen mit einer kontinuierlichen angiographisch aufgenommenen Angiographie-Bilddarstellung zumindest eines Teils des Hohlraumorgans, in dem sich die Spitze des Instruments befindet, wiedergegeben wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der oder die pathologischen Orte in der ersten Bilddarstellung markiert dargestellt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die mehrdimensionale Art der

ersten Bilddarstellung der der Angiographie-Bilddarstellung entspricht.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Bilddarstellung und die Angiographie-Bilddarstellung miteinander registriert sind und miteinander fusioniert dargestellt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Registrierung anhand anatomischer Landmarken, die in beiden Bilddarstellungen vorhanden sind, erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass kontinuierlich zu jeder aufgenommenen Angiographie-Bilddarstellung die Position und/oder Orientierung des Instruments im Koordinatensystem eines Positionserfassungssystems erfasst wird, anhand welcher Positionsdaten die Registrierung mit zu der ersten Bilddarstellung im Koordinatensystem der Untersuchungsmodalität erfassten vorhandener Positionsdaten erfolgt.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

