



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 25 010 T2** 2006.03.09

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 123 059 B1**

(51) Int Cl.⁸: **A61B 19/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 25 010.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/24835**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 970 910.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/24333**

(86) PCT-Anmeldetag: **22.10.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **04.05.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **16.08.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **27.04.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **09.03.2006**

(30) Unionspriorität:

178385 23.10.1998 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:

**Varian Medical Systems Technologies, Inc., Palo
Alto, Calif., US**

(72) Erfinder:

**RIAZIAT, L., Majid, San Jose, US; MARC, Marcel,
San Jose, US; MANSFIELD, Stanley, Sunnyvale,
US; MOSTAFAVI, Hassan, Los Altos, US**

(74) Vertreter:

Viering, Jentschura & Partner, 80538 München

(54) Bezeichnung: **SYSTEM ZUM POSITIONIEREN EINES PATIENTEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein System zum Positionieren eines Patienten gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren und ein System zum Positionieren von Patienten, die sich einer medizinischen Behandlungsprozedur unterziehen.

Stand der Technik

[0002] Das genaue Platzieren und Positionieren von Patienten ist entscheidend, wenn viele Arten von medizinischen Behandlungen durchgeführt werden. Eine Kategorie von medizinischen Behandlungen, in welchen das genaue Platzieren und Verifizieren der Position von Patienten/Patienten-Körperteilen von besonderer Wichtigkeit ist, ist auf dem Gebiet der Strahlungstherapie.

[0003] Die Strahlungstherapie umfasst medizinische Prozeduren, die wahlweise bestimmte Bereiche eines menschlichen Körpers wie etwa krebsartige Tumore hohen Strahlungsdosen aussetzt. Die Absicht der Strahlungstherapie ist, das biologische Zielgewebe zu bestrahlen, sodass das gesundheitsschädliche Gewebe zerstört wird. Um einen Schaden an umliegenden Körpergewebe zu minimieren, verwenden viele konventionelle Behandlungsverfahren "Dosis-Fraktionieren", um die Strahlungsdosis in einer geplanten Serie von Behandlungssitzungen zuzuführen, bei denen jeweils nur ein Teil der gesamten geplanten Dosis zugeführt wird. Gesundes Körpergewebe weist typischerweise eine größere Fähigkeit auf, sich von Schäden zu erholen, die durch eine Strahlungs-Exposition verursacht wurde. Ein Aufteilen der zugeführten Strahlung über viele Behandlungssitzungen gibt gesundem Gewebe die Gelegenheit, sich von einem Strahlungsschaden zu erholen, womit die Menge des permanenten Schadens an gesundem Gewebe reduziert wird, während genügend Strahlungs-Exposition beibehalten wird, um krebsartiges Gewebe zu zerstören.

[0004] Die Wirksamkeit der Strahlungsbehandlung hängt zum großen Teil von der Möglichkeit ab, an dem Körper exakt die gleiche Position bei den verschiedenen Strahlungssitzungen zu bestrahlen. Das Ziel ist es, bei jeder bzw. allen Behandlungssitzungen den Patienten in der gleichen Position relativ zu der Strahlungsquelle zu platzieren. Ungenauigkeiten bei der Positionierung des Patienten können Fehler in der Strahlungsdosis und/oder dem Behandlungsort ergeben, was zu einem unvorhersagbaren Krankheitsrückfall oder zu Schäden an gesundem Gewebe führen kann. Ein Beibehalten der Linearbeschleuniger-/Strahlungs-Quelle in einer präzisen und wiederholbaren Position stellt normalerweise kein Problem dar. Das Problem entsteht, wenn versucht wird, bei jeder Strahlungssitzung die gleiche Körperpositionierung des Patienten wieder zu erzeugen. In konventionellen medizinischen Behandlungssystemen bleibt die genaue Platzierung und Verifizierung einer wiederholten Behandlungsposition an dem menschlichen Körper ein signifikantes Problem beim Implementieren von Dosis-Fraktionier-Behandlungsplänen.

[0005] Ein Ansatz, um ein Patientenpositionieren zu steuern, ist, Markierungen oder Tattoos an speziellen Positionen auf der Patientenhaut zu platzieren. Einige Laser oder Lichtquellen von vorbestimmten Orten aus projizieren Lichtstrahlen auf den Patientenkörper. Um das Patientenpositionieren zu steuern, verschiebt ein Therapeut die Position des Patienten, bis die Markierungen zu den Lichtlinien der Laser oder Lichtquellen ausgerichtet sind. Ein signifikanter Nachteil an diesem Ansatz ist, dass die Genauigkeit und Übereinstimmung der Patientenpositionierung im hohen Maße vom Ausbildungsstand des Therapeuten beim manuellen Positionieren des Patienten abhängt. Zusätzlich ist es bei schwereren Patienten möglich, dass nur die Haut des Patienten in eine genaue Position bewegt wird, ohne das Körperteil zu bewegen, das in der angemessenen Position bestrahlt werden soll. Außerdem schafft dieser Ansatz keinen effizienten Weg, die Positionierqualität in der Patientenakte aufzuzeichnen und zu reflektieren.

[0006] Ein anderer Ansatz, um ein Patientenpositionieren zu steuern, ist, eine Immobilisationsvorrichtung zu verwenden, um den Patienten in eine bestimmte Position zu manövrieren. Eine Immobilisationsvorrichtung wird physikalisch an den menschlichen Körper angebracht, um den Patienten vom Bewegen abzuhalten, sobald ein genaues Positionieren erzielt ist. Ein Nachteil beim Verwenden einer Immobilisationsvorrichtung ist, dass derartige Vorrichtungen nicht für alle Körperteile existieren. Immobilisationsvorrichtungen sind im allgemeinen nur zum Positionieren des Kopfes und Halses von Patienten effektiv. Außerdem kann sich ein Patient bei vielen bekannten Immobilisationsvorrichtungen weiterhin in einem signifikanten Maße innerhalb der Abgrenzungen der Immobilisationsvorrichtung bewegen. Außerdem können diese Vorrichtungen extrem unkomfortabel für den Patienten sein.

[0007] Ein Positionieren eines Patienten mit Videokameras wurde bei stereotaktischer Strahlungschirurgie des Gehirns angewendet, bei der der Schädel des Patienten als ein festes Objekt positioniert wird. Jedoch gibt es Nachteile beim Anwenden von bekannten Positioniertechniken unter Verwendung von Videokameras bei nicht-festen Bereichen des Körpers. Zum Beispiel sind derartige Implementierungen ungeeignet beim effizienten Führen des Therapeuten durch die Schritte gewesen, die für ein Erreichen einer genauen Körperhaltung und Position zu machen sind. Folglich treten Therapeuten-Irritationen auf, die sich aus einem langen Positionierungsprozess ergeben.

[0008] Damit gibt es einen Bedarf für ein System, das sich auf die oben beschriebenen Probleme im Stand der Technik richtet. Es gibt einen Bedarf für ein System, das genau und konsistent die Positionierung eines Patienten für eine medizinische Behandlung steuert.

Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Die Erfindung schafft ein System zum Positionieren eines Patienten gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 1.

[0010] Vorteilhafte weitere Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0011] Die anhängenden Zeichnungen sind einbezogen, um ein weiteres Verständnis der Erfindung zu schaffen und um zusammen mit der detaillierten Beschreibung der Ausführungsformen dazu zu dienen, die Prinzipien der Erfindung zu erläutern.

[0012] [Fig. 1](#) ist ein Prozess-Flussdiagramm, das Aktionen auf hoher Ebene zeigt, die in einer Ausführungsform der Erfindung ausgeführt werden.

[0013] [Fig. 2](#) zeigt eine Vielzahl von Referenz-Körperpositionen, die auf einem Patientenkörper angeordnet sind.

[0014] Die [Fig. 3a](#) bis [Fig. 3e](#) illustrieren die Anwendung einer Ausführungsform der Erfindung, um eine relative und eine absolute Position eines Patienten zu korrigieren.

[0015] [Fig. 4](#) zeigt ein System zum Messen und Korrigieren einer Patientenposition gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0016] [Fig. 5](#) illustriert eine Video-Anzeigevorrichtung und ein Beispiel eines Videobildes.

[0017] [Fig. 6a](#) ist eine Seitenansicht einer Kamera, die mit der Erfindung eingesetzt werden kann.

[0018] [Fig. 6b](#) ist eine Frontansicht der Kamera aus [Fig. 6a](#).

[0019] [Fig. 7a](#) ist eine Schnittansicht eines rück-reflektierenden Markers, der in der Erfindung verwendet werden kann.

[0020] [Fig. 7b](#) ist eine perspektivische Ansicht des rück-reflektierenden Markers aus [Fig. 7a](#).

[0021] [Fig. 8](#) zeigt eine Vorrichtung, die eingesetzt werden kann, um den rück-reflektierenden Marker aus den [Fig. 7a](#) und [Fig. 7b](#) herzustellen.

[0022] [Fig. 9](#) zeigt eine Ausführungsform eines Markerblocks.

[0023] [Fig. 10](#) zeigt einen alternativen Markerblock.

Prozess-Überblick

[0024] **Fig. 1** ist ein Prozess-Flussdiagramm, das Aktionen auf einer hohen Ebene zeigt, die in einer Ausführungsform der Erfindung durchgeführt werden. Das System der Erfindung beginnt mit dem Messen und Speichern von Referenzkoordinaten von verschiedenen Körperpositionen auf einem Patientenkörper (**102**). Vor einem Zuführen einer Strahlungsbehandlung bei jeder Behandlungssitzung sollte der Patient so positioniert sein, dass die aktuellen Koordinaten von diesen Positionen auf dem Patientenkörper zu den Referenzkoordinaten passen. Die Annahme, dass die Strahlungsquelle an ihrer originalen Position angeordnet ist, stellt sicher, dass der Patient in jeder Sitzung konsistent und wiederholbar eine Behandlung an der gleichen Stelle erhält.

[0025] Wenn der Patient sich einer Behandlung mit verschiedenen Behandlungssitzungen unterzieht, ist er vorzugsweise auf einem Behandlungstisch, einer Behandlungscouch oder einer anderen Art von Patienten-Abstützstruktur platziert. Zum Zweck der Erläuterung soll der Term "Behandlungstisch" in diesem Dokument verwendet werden, um jede Tragestruktur zu bezeichnen, die verwendet werden kann, um einen Patienten zu tragen. Anfänglich ist der Patient gewöhnlich in einer falschen Position relativ zu den Referenzkoordinaten. Konsistent mit der Erfindung umschließt die anfängliche Positionieraktion das Korrigieren der Patienten-"Körperhaltung" (**104**). "Körperhaltung" bezieht sich auf die Position von einem oder mehreren Teilen eines Patientenkörpers relativ zu anderen Teilen des Patientenkörpers. In der Prozessaktion **104** wird die gemessene Körperhaltung des Patientenkörpers derart re-positioniert, dass die relativen Positionen der Patienten-Körperteile zu den relativen Positionen der Referenzkoordinaten passen. Um dieses Ziel zu erreichen, stellt das Positioniersystem spezifische Anweisungen bereit, um die relative Position der Patienten-Körperteile zu korrigieren.

[0026] Sobald die Körperhaltung des Patienten korrigiert wurde, sollten die gemessenen Körperpositionen in den richtigen Positionen in Bezug auf den Rest des Patientenkörpers sein. Jedoch können die absoluten Koordinaten der Patienten-Körperpositionen falsch sein. Wenn der Patient in der richtigen Körperhaltung ist, dann werden alle Körperpositionen des Patienten um exakt den gleichen Abweichungs-Parameterwert versetzt sein, wenn sie mit den Referenzkoordinaten verglichen werden. Damit kann der gesamte Patientenkörper als eine Einheit verschoben werden, um den Patienten in die richtigen absoluten Koordinaten zu platzieren, die zu den Referenzkoordinaten passen (**106**).

[0027] Die Kombination der Aktionen, um relative Positionsfehler (**104**) und absolute Positionsfehler (**106**) zu korrigieren und zu validieren, beschleunigt erheblich die Zeit, die für ein Patienten-Einrichten vor einer Behandlungssitzung gebraucht wird. Außerdem ermöglicht die Erfindung während der Behandlungssitzungen eine präzisere Erfassung und Verifizierung der Patientenpositionierung in Echtzeit.

[0028] In einer alternativen Ausführungsform kann, nachdem die relative und absolute Positionierungsaktion durchgeführt wurde, eine zusätzliche Positionierungsaktion im Bezug auf die inneren Organe des Patienten durchgeführt werden. Diese zusätzliche Positionierungsaktion wird durchgeführt, um das innere Zielvolumen anstelle von externen Merkmalen des Patienten einzustellen, und kann verwendet werden, um die inneren Organe des Patienten präzise für eine Behandlung zu positionieren. Jede der obigen Prozessaktionen wird detaillierter unten beschrieben werden.

System der Erfindung

[0029] In einer Ausführungsform fallen die Körperpositionen, die zum Messen von Referenzkoordinaten gewählt werden, in zwei allgemeine Kategorien. Einerseits können eine oder mehrere Körperpositionen zum Messen in der allgemeinen Umgebung der Körperstruktur/des Organs gewählt werden, die/das sich einer Behandlung unterzieht. Andererseits können andere Körperpositionen gewählt werden, wenn sich eine Bewegung von solchen anderen Körperpositionen auf die Orientierung oder Anordnung der Körperstruktur/des Organs auswirkt, die/das sich einer Behandlung unterzieht. Zum Beispiel wird ein Patient, der sich einer Behandlung im Brustbereich unterzieht, vorzugsweise eine oder mehr Referenzpositionen haben, die im Brustkorbbereich gemessen sind, und möglicherweise in anderen Bereichen des Körpers, die sich auf die Position des Brustbereichs auswirken können, wie etwa der obere Arm und der Halsbereich. Ein Patient, der sich einer Behandlung im Prostatabereich unterzieht, wird vorzugsweise eine oder mehrere Referenzpositionen haben, die im Hüftbereich liegen, und möglicherweise in anderen Bereichen des Körpers, die sich auf die Bewegung des Prostatabereichs auswirken, wie etwa die oberen Beinbereiche.

[0030] In [Fig. 2](#) sind der Oberkörper und die Oberarme eines Patienten **202** dargestellt, der auf einem Behandlungstisch **204** ruht. Zum Zweck der Illustration wurden eine Mehrzahl von Körperpositionen **206**, **208**, **210** und **212** auf dem Patienten **202** markiert. Es wird angenommen, dass jede der Körperpositionen **206**, **208**, **210** und **212** zu einer Körperposition korrespondiert, die sich auf die Orientierung/Positionierung eines Körperorgans auswirkt, das einer Behandlung unterzogen wird. Vor der Erstbehandlungssitzung wird jede von diesen Körperpositionen gemessen, um Referenzkoordinaten im kartesischen Koordinatensystem bereitzustellen. In einer Ausführungsform wird das Zentrum des Systems bei den Koordinaten (0, 0, 0) angeordnet angenommen. Alle gemessenen Körperpositionen sind gegebene Koordinaten relativ zu dem Isozentrum. Zum Zweck der Erläuterung sind die Orientierungen der X, Y und Z Achsen in [Fig. 2](#) dargestellt. Andere Orientierungen können innerhalb des Umfangs der Erfindung eingesetzt werden. Zum Beispiel kann in einer alternativen Ausführungsform die Orientierung der X, Y und Z Achsen im Bezug auf die axialen Bewegungen oder Rotationen eines Gerüsts definiert sein, das die Strahlungsquelle oder den Linearbeschleuniger hält.

[0031] Tabelle 1 stellt Beispiele von Referenzkoordinaten bereit, die für die Körperpositionen **206**, **208**, **210** und **212** gemessen sein können:

Tabelle 1

Körperposition	Referenzkoordinaten
Körperposition 206	(-18, 10, -5)
Körperposition 208	(-20, -5, -10)
Körperposition 210	(0, 10, 2)
Körperposition 212	(-10, 0, 4)

[0032] Bezugnehmend auf die [Fig. 3a](#), [Fig. 3b](#), [Fig. 3c](#) und [Fig. 3d](#) illustrieren diese Figuren den Positionierungsprozess gemäß der Erfindung. Der Patient **202** und die markierten Körperpositionen **206**, **208**, **210** und **212** aus [Fig. 2](#) wurden in [Fig. 3a](#) dupliziert. Damit repräsentiert [Fig. 3a](#) die Referenzposition für einen Patienten **202**. Es wird angenommen, dass die Referenzkoordinaten für die Körperpositionen **206**, **208**, **210** und **212** in [Fig. 3a](#) wie in Tabelle 1 fortgesetzt sind.

[0033] [Fig. 3b](#) illustriert ein Beispiel einer anfänglichen Position und Körperhaltung des Patienten **202** vor dem Beginn einer Behandlungssitzung. Es ist angemerkt, dass in [Fig. 3b](#) die Körperhaltung des Patienten unterschiedlich zu der Referenzkörperhaltung des Patienten **202** ist, wie sie in [Fig. 3a](#) gezeigt ist. Mit anderen Worten sind die relativen Positionen zwischen den Körperpositionen **206b**, **208b**, **210b** und **212b**, die in [Fig. 3b](#) dargestellt sind, unterschiedlich zu den relativen Positionen zwischen ihren korrespondierenden Referenz-Körperpositionen **206**, **208**, **210** und **212** in [Fig. 3a](#). Insbesondere sind der Arm und die Schulter des Patienten (Körperpositionen **206b** und **208b**) in der falschen Position relativ zum Rest des Patientenkörpers. Außerdem sind die absolute Position und/oder Orientierung des Patientenkörpers falsch. Insbesondere ist der Patient **202** in [Fig. 3b](#) rotational versetzt von der genauen Referenzposition, die in [Fig. 3a](#) dargestellt ist.

[0034] Um die Körperhaltung des Patienten zu korrigieren, werden spezifische gemessene Körperpositionen an dem Patienten re-positioniert, so dass sie in der korrekten Position relativ zu den anderen gemessenen Körperpositionen sind.

[0035] Die Referenzkoordinate für die Körperposition **206** in [Fig. 3a](#) ist (-18, 10, 5) und die Referenzkoordinate für die Körperposition **208** ist (-20, -5, -10). Das bedeutet, dass die Abweichung zwischen der Referenzkoordinate für die Körperposition **206** und der Referenzkoordinate für die Körperposition **208** in Bezug auf jeder der kartesischen Achsen wie folgt ausgedrückt werden kann:

x-Achse: -2, y-Achse: -15, z-Achse: -15

[0036] In einer Ausführungsform wird die x-Achsen-Abweichung zwischen den zwei Körperpositionen durch Subtrahieren der x-Koordinate für die Körperposition **206** von der x-Koordinate für die Körperposition **208** berechnet. Ähnlich wird die y-Achsen-Abweichung zwischen den zwei Körperpositionen durch Subtrahieren der y-Koordinate für die Körperposition **206** von der y-Koordinate für die Körperposition **208** berechnet. Die z-Achsen-Abweichung zwischen den zwei Körperpositionen wird durch Subtrahieren der z-Koordinate für die Körperposition **206** von der z-Koordinate für die Körperposition **208** berechnet.

[0037] Um die relativen Positionierfehler zwischen den Körperpositionen **206b** und **208b** zu korrigieren, sollte die relative Abweichung zwischen diesen zwei Körperpositionen so manipuliert werden, dass sie zu der Abweichung passt, die für ihre korrespondierenden Referenzkoordinaten gemessen wurde. Wenn z.B. der Patient **202** in [Fig. 3b](#) falsch positioniert wurde, so dass die Körperposition **206b** zu der Koordinate (0, 0, 0) hin bewegt wurde, kann die Körperposition **208b** zu der Koordinate (-2, -15, -15) hin bewegt werden, um die gleiche relative Position zwischen diesen zwei Körperpositionen wieder herzustellen, wie sie für ihre korrespondierenden Referenzkoordinaten ermittelt wurden. Die gleiche relative Positionierung kann durch Bewegen der Körperposition **206b** anstelle der Körperposition **208b** erzielt werden, solange, wie die Abweichung zwischen den zwei Körperpositionen auf die Referenzabweichung korrigiert wird. Alternativ können beide Körperpositionen während dieses Prozesses bewegt werden, solange das Endergebnis ist, dass die relative Abweichung zwischen diesen beiden Körperpositionen mit der relativen Abweichung der korrespondierenden Referenzkoordinaten übereinstimmt.

[0038] Ähnlich kann die Abweichung zwischen der Referenzkoordinate für die Körperposition **210** (0, 10, 2) und die Referenzkoordinate für die Körperposition **212** (-10, 0, 4) ausgedrückt werden als:
x-Achse: -10, y-Achse: -10, z-Achse: -2

[0039] Damit, wenn die Körperposition **210b** in [Fig. 3b](#) zur Koordinate (0, 0, 0) hin bewegt wird, dann kann die Körperposition **212b** zur Koordinate (-10, -10, -2) hin bewegt werden, um die gleiche relative Positionierung beizubehalten, die gemessen und zwischen ihren korrespondierenden Referenzkoordinaten eingerichtet wurde.

[0040] In einer Ausführungsform stellt das Positioniersystem spezifische Anweisungen bereit, um die Positionierung der Körperteile des Patienten zu korrigieren. Es gibt eine Anzahl von Techniken, um einen Positionierungsplan oder ein Positionierungsrezept bereitzustellen, um die Körperhaltung des Patienten zu korrigieren. In einem Ansatz wird die Sammlung von markierten Körperpositionen mathematisch als ein festes Objekt so übersetzt, dass sie mit der Sammlung von Referenzpositionen überlappt. Mit anderen Worten werden die Anordnungsdaten für die gesamte Sammlung von markierten Körperpositionen mathematisch über die Anordnungsdaten für die Sammlung von Referenzpositionen gelegt. Anschließend werden die Anordnungsdaten für die gesamte Sammlung von markierten Körperpositionen logisch als eine einzelne Einheit verschoben, um zu versuchen, eine beste Gesamtübereinstimmung zwischen der Sammlung von markierten Körperpositionen und der Sammlung von Referenzpositionen zu finden. Dies kann entweder durch ein Zentrum einer Masse-Translation oder durch ein Übereinstimmen von so vielen markierten Körperpositionen wie möglich mit Referenzpositionen getan werden. Der verbleibende Restfehler zwischen der Position von jeder nicht übereinstimmenden markierten Körperposition und ihrer korrespondierenden Referenzposition definiert den Körperhaltungsfehler, der mit dieser Körperposition assoziiert ist. Auf diese Weise kann das System spezifische Anweisungen bereitstellen, die präzise dahin führen, wie jedes Körperteil bewegt werden soll, um den Körperhaltungsfehler auf ein akzeptables Maß zu korrigieren. Diese spezifischen Anweisungen können von einem Therapeuten verwendet werden, um Körperhaltungskorrekturen auszuführen.

[0041] Zur Illustration dient die Sammlung von markierten Körperpositionen **206b**, **208b**, **210b** und **212b** in [Fig. 3b](#). Wenn die gesamte Sammlung von markierten Körperpositionen in [Fig. 3b](#) mathematisch als ein festes Objekt übersetzt wurde, um mit der Sammlung von Referenzpositionen in [Fig. 3a](#) zu überlappen, dann könnte der Punkt der besten Überlappung dort sein, wo die Körperposition **210b** auf einer Linie mit der Referenzposition **210** und die Körperposition **212b** auf einer Linie mit der Referenzposition **212** liegt. Der Ausrichtungsfehler zwischen den relativen Positionen der Körperpositionen **206b** und **208b** und der Referenzposition **206** und **208** wäre dann als Körperhaltungsfehler definiert.

[0042] In einem Anzeigebild kann das Positioniersystem visuelle Anweisungen präsentieren, um den Körperhaltungsfehler zu korrigieren. Anweisungspfeil **213** in [Fig. 3b](#) ist ein Beispiel einer visuellen Anweisung, die einem Therapeuten präsentiert werden kann, um eine spezifische bildliche Führung zum Korrigieren des Körperhaltungsfehlers bereitzustellen. Der Anweisungspfeil **213** kann über oder schemenhaft über das Bild des Patienten gelegt werden, um die Korrektur des Körperhaltungsfehlers zu erleichtern. [Fig. 3e](#) zeigt eine vergrößerte Ansicht des Anweisungspfeils **213** aus [Fig. 3b](#).

[0043] Wie dargestellt, stellt der Anweisungspfeil **213** eine spezifische Führung für die Richtung der Korrektur sowie für die erforderliche Größe der Korrektur bereit.

[0044] In einer alternativen Ausführungsform wird die Körperhaltungskorrektur durch Auswählen einer einzelnen gemessenen Körperposition als Haupt-Referenzpunkt bewerkstelligt. Jede andere gemessene Körperpo-

sition wird so positioniert, dass ihre Position relativ zu dem Haupt-Referenzpunkt mit der relativen Abweichung übereinstimmt, die zwischen den gleichen zwei Punkten für die Referenzkoordinate festgestellt und gemessen wurde. Alternativ kann die Körperhaltungskorrektur in einer Ketten-Annäherung bewerkstelligt werden, in welcher eine erste gemessene Körperposition relativ zu einer zweiten gemessenen Körperposition re-positioniert wird. Sobald die erste und die zweite gemessene Körperposition genau relativ zueinander positioniert wurden, wird eine dritte gemessene Körperposition relativ zu der zweiten gemessenen Körperposition positioniert. Sobald die zweite und die dritte gemessene Körperposition genau relativ zueinander positioniert wurden, wird eine vierte gemessene Körperposition relativ zu der dritten gemessenen Körperposition positioniert. Dieses wird fortgeführt, bis alle verbleibenden gemessenen Körperpositionen genau positioniert wurden.

[0045] [Fig. 3c](#) zeigt Patient **202**, sobald die Körperhaltungsfehler aus [Fig. 3b](#) korrigiert wurden. Es kann wahrgenommen werden, dass, sobald die Körperhaltung des Patienten korrigiert wurde, die relativen Abweichungen von allen gemessenen Körperpositionen mit den relativen Abweichungen übereinstimmen, die für ihre korrespondierenden Referenzkoordinaten gemessen und ermittelt wurden. Damit stimmt die relative Positionierung zwischen den Körperpositionen **206c**, **208c**, **210c** und **212c** in [Fig. 3c](#) mit der relativen Positionierung zwischen den Referenzkoordinaten für die Körperpositionen **206**, **208**, **210** und **212** in [Fig. 3a](#) überein. Insbesondere wurde der obere Arm und die Schulter des Patienten **202** (Körperpositionen **206c** und **208c**) in die gleiche Position relativ zum Rest des Körpers re-positioniert, wie sie für die Referenzkoordinaten gemessen und bestimmt wurde.

[0046] Sobald eine Körperhaltungskorrektur und Verifikation durchgeführt wurde, muss die absolute Position des Patientenkörpers korrigiert und/oder verifiziert werden. Sogar wenn Körperhaltungsfehler korrigiert wurden, ist es möglich, dass die Koordinaten der gemessenen Körperpositionen nicht mit den absoluten Koordinaten der Referenzkoordinaten übereinstimmen können. Im Beispiel aus [Fig. 3c](#) ist, obwohl die Körperhaltung des Patienten korrigiert wurde, die absolute Position des Patienten **202** nicht korrekt, da der Patientenkörper rotational von der Referenzposition versetzt ist, die in [Fig. 3a](#) gezeigt ist. Jedoch sollte, da die Körperhaltungskorrektur bereits durchgeführt wurde, jeder Teil des Patientenkörpers um exakt die gleichen Abweichungsparameter versetzt sein. Damit kann, eher als individuelle Teile des Patienten manövrieren zu müssen, um eine genaue Positionierung zu erreichen, der gesamte Patientenkörper als eine Einheit in die genaue Position manövriert werden, um mit der absoluten Position der Referenzkoordinaten übereinzustimmen.

[0047] Im Beispiel in [Fig. 3c](#) wird der gesamte Patientenkörper in der durch den Pfeil **302** gekennzeichneten Richtung rotiert. In einer Ausführungsform wird diese Bewegung des gesamten Patientenkörpers durch ein Bewegen der Tragestruktur bewirkt, auf der der Patient ruht, z.B. des Behandlungstischs. [Fig. 3d](#) zeigt einen Patienten **202**, sobald der gesamte Patientenkörper re-positioniert wurde. In [Fig. 3d](#) wurden die absoluten Koordinaten der Körperpositionen **206d**, **208d**, **210d** und **212d** so positioniert, dass sie mit ihren korrespondierenden Referenzkoordinaten übereinstimmen.

[0048] Gemäß einer Ausführungsform kann eine zusätzliche Positionieraktion in Bezug auf die inneren Behandlungsbereiche des Patienten durchgeführt werden. In bestimmten Umständen kann sich die innere Körperstruktur oder das Organ, das behandelt werden soll, von einer vorherigen Anordnung/Position verschieben, sogar obwohl die externen Körperpositionen so platziert wurden, dass sie mit den Referenzkoordinaten übereinstimmen.

[0049] Ein erstes Verfahren, um innere Positionsmessungen und Korrekturen durchzuführen, weist das Verwenden eines Abbildungssystems wie etwa eines Röntgen-Abbildungssystems auf, das spezifische innere charakteristische Punkte innerhalb des Patientenkörper detektieren kann. Solche charakteristischen Punkte können insbesondere Knochenstrukturen in der Nähe des zu behandelnden Organs sein. Das Abbildungssystem wird verwendet, um Referenzpositionen für die Körperstrukturen zu messen, die als charakteristische Punkte ausgewählt werden. Bei einer folgenden Behandlungssitzung wird das Abbildungssystem verwendet, um diese Positionen der gleichen charakteristischen Strukturen innerhalb des Patienten zu messen. Der Patient unterzieht sich feinen Körpereinstellungen, bis die charakteristischen Strukturen an den vorangegangenen gemessenen Referenzpositionen positioniert sind.

[0050] Ein zweites Verfahren, um innere Positionsmessungen und Korrekturen durchzuführen, weist das Verwenden eines Abbildungssystems auf, das direkt die Organe oder Körperstrukturen abbilden kann, die einer Behandlung unterzogen werden, wie etwa Ultraschall oder MRT-Abbildungssysteme. Das Abbildungssystem misst eine Referenzposition und Orientierung des Organs oder der Körperstruktur, die einer Behandlung unterzogen wird. Zum Beispiel, wenn ein Ultraschall-Abbildungssystem verwendet wird, dann kann das System die Position von einem Organ oder einer Körperstruktur in Bezug auf die Ultraschallsonde detektieren. Die ex-

akte Position der Ultraschallsonde wird in Bezug auf den Rest des Systems gemessen. Einer oder mehrere Marker (die detaillierter unten beschrieben werden) können an der Ultraschallsonde befestigt sein, um ihre Position zu bestimmen. Basierend auf der Position der Ultraschallsonde kann die Position des inneren Organs oder der Körperstruktur relativ zu dem Rest des Systems berechnet werden. Bei einer folgenden Behandlungssitzung unterzieht sich der Patient feinen Körpereinstellungen, um die Organe oder Körperstrukturen in die Original-Referenzposition und Orientierung zu platzieren.

[0051] [Fig. 4](#) zeigt ein Patientenmessungs- und Positioniersystem **400** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. In [Fig. 4](#) ist ein Patient **402** dargestellt, der durch einen Behandlungstisch **404** getragen wird. Eine Mehrzahl von Markern **406** (vorzugsweise rück-reflektierende oder reflektierende Marker) sind an einer Mehrzahl von Körperpositionen an dem Patienten **402** fixiert. Ein Verfahren, um besondere Körperpositionen auszuwählen, über welchen rück-reflektierende Marker **406** befestigt sind, wurde oben beschrieben. In einer Ausführungsform weist jeder rück-reflektierende Marker **406** reflektierendes Material auf, das Licht entweder im sichtbaren oder im nicht-sichtbaren Wellenlängenbereich reflektieren kann. Zwei oder mehr Kameras **408** sind positioniert, um Licht zu detektieren und aufzunehmen, das von den Markern **406** reflektiert wird. Das Ausgangssignal der Kameras **408** wird zu einem Computer **410** oder einer anderen Art von Verarbeitungseinheit gesendet, die die Fähigkeit hat, Videobilder aufzunehmen. Gemäß einer besonderen Ausführungsform weist der Computer **410** einen Intel-Pentium™-basierten Prozessor auf, auf dem Microsoft Windows NT™ läuft, und weist eine Video-Frame-Grabber-Karte auf, die eine Multi-Kanalvorrichtung ist und die einen separaten Kanal für jede Kamera **408** hat, die in dem System verwendet wird.

[0052] Bei einer Operation projizieren eine oder mehrere Beleuchtungsquellen (welche in der bevorzugten Ausführungsform Infrarot-Quellen sind) Licht auf den Patienten **402** auf dem Behandlungstisch **404**. Das erzeugte Licht wird von den rück-reflektierenden Markern **406** reflektiert, wodurch die Position von diesen rück-reflektierenden Markern **406** indiziert werden. Die Kameras **408**, welche auf den Patienten **402** gerichtet sind, erfassen und detektieren das reflektierte Licht von den rück-reflektierenden Markern **406**. Jede Kamera **408** erzeugt Videobilder, die die Position der rück-reflektierenden Marker **406** in ihrem Videorahmen zeigen. Die erzeugten Videobilder werden zur weiteren Verarbeitung zu dem Computer **410** gesendet.

[0053] Der Computer **410** erhält die Videobilder von den Kameras **408**. Im Allgemeinen zeigen die aufgenommenen Videobilder von jeder Kamera **408** nur die Position der rück-reflektierenden Marker **406** relativ zu der bestimmten Kamera **408**, die das Bild produziert. Die zwei Sets von Bildern, die von den jeweiligen Kameras **408** aufgenommen werden, werden durch den Computer **410** verwendet, um die absoluten Koordinaten von jedem rück-reflektierenden Marker **406** zu triangulieren. Bei einer ersten Behandlungssitzung werden die Referenzkoordinaten von jedem rück-reflektierenden Marker **406** gemessen und in dem Computer **410** gespeichert. Anschließend kann bei jeder weiteren Behandlungssitzung das System **400** in Echtzeit die absoluten Koordinaten von jedem rück-reflektierenden Marker **406** messen und in Echtzeit die Koordinaten der Marker **406** mit den gespeicherten Referenzkoordinaten vergleichen. Obwohl nur zwei Kameras **408** in [Fig. 4](#) gezeigt sind, kann jede Anzahl von Kameras **408** in dem System **400** eingesetzt werden, um Videobilder des Patienten **402** und der rück-reflektierenden Marke **406** aufzunehmen. Informationen bezüglich der Anordnung und Orientierung von jeder Kamera **408** werden dem Computer **410** bereitgestellt, um die Triangulationsberechnung zu ermöglichen.

[0054] Eine mögliche Ineffizienz beim Zuordnen der rück-reflektierenden Marker **406** ist, dass die Marker irgendwo in dem Videorahmen auftauchen können, und alle Bildelemente des Videorahmens können zu untersuchen sein, um die Anordnung der rück-reflektierenden Marker **406** zu bestimmen. Damit umfasst in einer Ausführungsform die anfängliche Bestimmung der Anordnung der rück-reflektierenden Marker **406** eine Untersuchung aller Bildelemente in dem Videorahmen. Wenn der Videorahmen 640×480 Bildelemente aufweist, dann werden alle 307200 (640×480) Bildelemente anfänglich untersucht, um die Anordnung der Marker **406** zu finden.

[0055] Für ein Echtzeitzuordnen der rück-reflektierenden Marker **406** könnte ein Untersuchen von jedem Bildelement für jeden Videorahmen, um die Anordnung der Marker **406** in Echtzeit zu bestimmen, eine signifikante Menge an Systemressourcen verbrauchen. Daher kann in einer Ausführungsform die Echtzeitzuordnung der rück-reflektierenden Marker **406** durch Verarbeiten einer kleinen Region des Videorahmens ermöglicht werden, die hierin als "Zuordnungsgitter" bezeichnet wird, das basierend auf einer Schätzung der Anordnung der bereits identifizierten Marker **406** in dem Videorahmen platziert ist. Die vorangegangenen bestimmte Anordnung eines Markers **406** wird verwendet, um einen anfänglichen Suchrahmen (d.h., das Zuordnungsgitter) für diesen gleichen Marker in Echtzeit zu definieren. Das Zuordnungsgitter ist ein relativ kleiner Bereich des Videorahmens, der an der vorherigen Position des Markers **406** zentriert ist. Das Zuordnungsgitter wird nur ausgeweitet,

wenn es nicht den neuen Ort des Markers **406** enthält. Als ein Beispiel ist die Situation zu betrachten, wenn die vorangegangene ermittelte Position eines bestimmten Markers Bildelement (50, 50) in einem Videorahmen ist. Wenn das Zuordnungsgitter auf ein 50 × 50 Bereich des Videorahmens begrenzt ist, dann wird das Zuordnungsgitter in diesem Beispiel die Bildelemente enthalten, die innerhalb des Bereiches zusammengefasst sind, der durch die Koordinaten (25, 50), (75, 50), (50, 25) und (50, 75) definiert ist. Die anderen Bereiche des Videorahmens werden nur abgesucht, wenn der Marker **406** nicht innerhalb dieses Zuordnungsgitters gefunden wird.

[0056] Bei jeder Behandlungssitzung werden die rück-reflektierenden Marker **406** an den gleichen vorbestimmten Positionen auf den Körper des Patienten **402** fixiert. Zu Beginn von jeder Behandlungssitzung werden die Koordinaten für jeden rück-reflektierenden Marker **406** durch den Computer **410** trianguliert. Wenn die relative oder die absolute Positionierung der rück-reflektierenden Marker **406** falsch ist, dann erzeugt der Computer spezifische Informationen, die verwendet werden können, um diese Fehler zu korrigieren. Diese Echtzeitrückmeldung bezüglich der Position der rück-reflektierenden Marker **406** kann während der Behandlungssitzung bereitgestellt sein, so dass jeder Positionsfehler, der während der Behandlung auftritt, detektiert und korrigiert werden kann.

[0057] In einer Ausführungsform ist die Körperhaltungskorrektur manuell durch einen Therapeuten oder Assistenten durchgeführt. Der Computer **410** stellt Anweisungen auf einer Video-Anzeigevorrichtung **412** bezüglich der spezifischen Bewegung der gemessenen Körperposition bereit, die verwendet werden, um die genaue relative Positionierung des Patientenkörpers zu begründen. Zum Beispiel kann die Video-Anzeigevorrichtung **412** Informationen bezüglich der exakten x, y und z Achseneinstellungen anzeigen, die an bestimmten Körperpositionen benötigt werden, um Körperhaltungsfehler zu korrigieren. Alternativ kann der Behandlungstisch **404** Körper-Manipulations-Fixierungen aufweisen, die durch den Computer **410** gesteuert werden. In dieser Ausführungsform werden die computergesteuerten Fixierungen durch den Computer **410** bewegt, sodass die Körperhaltung des Patienten **402** automatisch eingestellt wird, um die genaue relative Positionierung der verschiedenen Körperpositionen zu begründen.

[0058] Sobald die genaue Körperhaltung etabliert ist, wird der Patient **402** in die genaue absolute Position verschoben. In einer Ausführungsform weist der Behandlungstisch **404** eine bewegbare Struktur auf, die die Lage und die Drehung betreffend eingestellt werden kann. Der gesamte Körper des Patienten **402** wird als eine einzige Einheit durch den Behandlungstisch **404** verschoben, um die genauen absoluten Koordinaten zu erreichen und um mit den Referenzkoordinaten exakt übereinzustimmen. In der bevorzugten Ausführungsform wird die Bewegung des Behandlungstisches **404** durch den Computer **410** gesteuert. Sobald die Körperhaltungseinstellungen durchgeführt sind, regelt der Computer die Bewegung des Behandlungstisches **404** so, dass er den Patienten **402** in die genaue absolute Position bringt. In einer alternativen Ausführungsform wird der Behandlungstisch **404** manuell durch einen Assistenten oder einen Therapeuten manövriert, um den Patienten **402** in der korrekten absoluten Position zu platzieren. Eine Video-Anzeigevorrichtung **412** stellt Informationen im Bezug auf die genaue Bewegung des Behandlungstisches **404** bereit, die die Positionskorrektur bewirken. Feineinstellungen an der Patientenposition, um Positionsfehler von inneren Organen oder Körperstrukturen zu korrigieren, können ebenfalls durch Bewegen des Behandlungstisches **404** durchgeführt werden.

[0059] In einer Ausführungsform wird die Bewegung durch den Computer **410** gesteuert. Bezugnehmend auf [Fig. 5](#) stellt in einer Ausführungsform das System **400** ein Videobild **502** des Patienten (oder bestimmter Körperpositionen auf dem Patienten) auf einer Video-Anzeigevorrichtung **412** bereit. Das Videobild wird bereitgestellt, um einem Therapeuten oder einem Assistenten beim Positionieren des Patienten zu assistieren. Innerhalb des Videobildes **502** sind Referenzpositionen der rück-reflektierenden Marker als illuminierte Punkte **504** angezeigt. Das Echtzeitbild und die Position **508** der rück-reflektierenden Marker wird ebenfalls auf der Video-Anzeigevorrichtung **412** als illuminierte Punkte **508** angezeigt (in [Fig. 5](#) als "x" Markierungen dargestellt), welche vorzugsweise eine unterschiedliche Form und Farbe als die Bilder der Referenzkoordinaten **504** haben. Das Echtzeitbild **510** des Patienten kann ebenfalls angezeigt werden. In einer Ausführungsform kann das Referenzbild **506** des Patienten ebenfalls auf der Video-Anzeigevorrichtung **412** angezeigt werden. Das Referenzbild **506** kann eingeschaltet werden, um das Echtzeitbild **510** des Patienten zu ersetzen, so dass nur ein einzelnes Bild des Patienten zu jedem Zeitpunkt angezeigt wird, obwohl sowohl das Referenz- als auch die Echtzeitpositionen der Marker simultan angezeigt werden.

[0060] Alternativ kann das Referenzbild **506** über oder superpositioniert über das Echtzeitbild **510** des Patienten gelegt werden, sodass beide Sätze von Bildern des Patienten zur gleichen Zeit angezeigt werden. Die Echtzeithatur der Bildanzeige erlaubt, jede Bewegung der Marker oder bestimmter Körperpositionen auf dem Patienten unmittelbar auf der Video-Anzeigevorrichtung **412** anzuzeigen. Damit kann das Bild auf der Vi-

deo-Anzeigevorrichtung **412** verwendet werden, um bei der Korrektur der Körperhaltung und der absoluten Positionsfehler zu assistieren. Zum Beispiel ermöglicht die simultane Anzeige von sowohl den Referenz- als auch den Echtzeitpositionen der Marker einem Therapeuten, visuell Einstellungen zu ermitteln, die benötigt werden, um die zwei Sätze von Markerbildern auszurichten und Positionsfehler zu korrigieren. Außerdem ermöglicht die Anzeige der Referenz- und der Echtzeitbilder des Patienten einem Therapeuten, visuell Einstellungen zu bestimmen, die benötigt werden, um Körperhaltungsfehler zu korrigieren.

[0061] Die [Fig. 6a](#) und [Fig. 6b](#) zeigen eine Ausführungsform einer Kamera **408**, die in der Erfindung verwendet werden kann. Die Kamera **408** ist eine ladungsgekoppelte Vorrichtung (CCD) Kamera mit einer oder mehreren photoelektrischen Kathoden und einer oder mehreren CCD-Vorrichtungen. Eine CCD-Vorrichtung ist eine Halbleitervorrichtung, die eine Ladung in örtlichen Bereichen speichern kann und die über angemessene Steuersignale diese Ladung auf einen Auslesepunkt übertragen kann. Wenn Lichtphotonen von der abzubildenden Szene auf die photoelektrischen Kathoden fokussiert sind, werden Elektronen proportional zur Lichtintensität freigesetzt, die die Kamera aufgenommen hat. Die Elektronen werden in Ladungsspeichern festgehalten, die innerhalb der CCD-Vorrichtung angeordnet sind. Die Verteilung der festgehaltenen Elektronen in den Ladungsspeichern repräsentiert das Bild, das von der Kamera aufgenommen wurde. Die CCD-Vorrichtung überträgt diese Elektronen zu einem Analog-nach-Digital-Wandler. Das Ausgangssignal des Analog-nach-Digital-Wandlers wird zu dem Computer **410** gesendet, um das Videobild zu verarbeiten und die Positionen der rück-reflektierenden Marker zu berechnen. Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist die Kamera **408** eine Monochrom-CCD-Kamera mit einem RS-170 Ausgangssignal und 640×480 Pixel Auflösung. Alternativ kann die Kamera **408** eine CCD-Kamera mit CCIR-Ausgangssignal und 756×567 Pixelauflösung aufweisen.

[0062] In einer speziellen Ausführungsform der Erfindung ist ein Infrarotbeleuchter **602** ("IR-Beleuchter") zusammen mit der Kamera **408** angeordnet. Der IR-Beleuchter **602** erzeugt einen oder mehrere Strahlen von infrarotem Licht, die in die gleiche Richtung wie die Kamera **408** gerichtet sind. Der IR-Beleuchter **602** weist eine Oberfläche auf, die als Ring um die Linse **606** des Kamerakörpers **608** angeordnet ist. Die Oberfläche des IR-Beleuchters **602** enthält eine Mehrzahl von individuellen LED-Elementen **604** zum Erzeugen von Infrarotlicht. Die LED-Elemente **604** sind in einem spiralförmigen Muster auf dem IR-Beleuchter **602** angeordnet. Infrarotfilter, die ein Teil der Kamera **408** sein können, werden entfernt oder außer Funktion gesetzt, um die Sensitivität der Kamera auf infrarotes Licht zu verbessern.

[0063] Die Positionen und die Orientierungen der Kameras **408** sollten kalibriert sein, um sicher zu stellen, dass die absoluten Koordinaten der rück-reflektierenden Marker **406** genau berechnet werden. Um die Kamera **408** zu kalibrieren, wird ein Referenzziel auf dem Behandlungstisch in einer spezifischen Anordnung platziert. Das Referenzziel enthält einen Satz von gut-definierten Zielelementen in bekannter Höhe und Orientierung. Die Daten, die durch die Kameras **408** für das Referenzziel aufgenommen werden, werden verwendet, um präzise Positions- und Orientierungs-Kalibrationen durchzuführen. Mehr Informationen bezüglich der Kalibrationen von mehreren Kameras in einem Video-/optischen Abbildungssystem können in "Close-range-Camera-Calibration", Photogrammetric Engineering, 37, 855-866 (1971) und The Handbook of Non-Topographic-Photogrammetry, Second Edition, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (1989), gefunden werden, die beide hierin via Bezugnahme mitaufgenommen sind.

[0064] Die [Fig. 7a](#) und [Fig. 7b](#) zeigen eine Ausführungsform eines rück-reflektierenden Marker **700**, der in der Erfindung eingesetzt werden kann. Ein rück-reflektierender Marker **700** weist eine erhöhte reflektierende Fläche **702** zum Reflektieren von Licht auf. Die erhöhte reflektierende Fläche **702** weist vorzugsweise eine annähernd semi-sphärische Form auf, sodass Licht unabhängig vom Einfallswinkel der Lichtquelle reflektiert werden kann. Eine flache Fläche **704** umgibt die erhöhte reflektierende Fläche. Die Unterseite der flachen Fläche **704** stellt einen Befestigungsbereich zum Anbringen des rück-reflektierenden Markers **700** an speziellen Positionen auf einem Patientenkörper bereit. Gemäß einer Ausführungsform weist ein rück-reflektierender Marker **406** ein rück-reflektierendes Material 3M#7610WS auf, das von der 3M Corporation erhältlich ist. In einer Ausführungsform weist der rück-reflektierende Marker **700** einen Durchmesser von etwa 0.5 cm und eine Höhe des höchsten Punkts der erhöhten reflektierenden Fläche **702** von etwa 0.1 cm auf.

[0065] [Fig. 8](#) zeigt eine Vorrichtung **802**, die eingesetzt werden kann, um die rück-reflektierenden Marker **700** herzustellen. Die Vorrichtung **802** weist einen Basisbereich **804** mit einem daran fixierten elastischen Ring **806** auf. Der elastische Ring **806** ist an einem Boden-Gussteil **808** mit einer Auswölbung befestigt, die sich von ihrem Zentrum aus erstreckt. Ein Betätigungshebel **810** kann betätigt werden, um den oberen Bereich **812** entlang der Abstützstangen **814** zu bewegen. Der obere Bereich **812** weist ein abgefedertes oberes Gussteil **814** auf. Das obere Gussteil **814** ist mit einer semi-sphärischen Aussparung auf seiner Unterseite ausgebildet. Bei einer Betätigung wird ein Stück des rück-reflektierenden Materials auf dem unteren Gussteil **808** platziert. Der

Betätigungshebel **810** wird betätigt, um den oberen Bereich **812** in Richtung des Basisbereich **804** zu bewegen. Das rück-reflektierende Material wird zusammengedrückt und zwischen dem unteren Gussteil **808** und dem oberen Gussteil **814** geformt. Das obere Gussteil **814** bildet das obere Äußere von dem rück-reflektierenden Material in einer semi-sphärischen Form.

[0066] In einer alternativen Ausführungsform weist ein Marker **406** einen Markerblock mit einer oder mehreren Referenzpositionen auf seiner Oberfläche auf. Jede Referenzposition auf dem Markerblock weist vorzugsweise ein rück-reflektierendes oder ein reflektierendes Material auf, das durch eine optische Abbildungsvorrichtung wie etwa eine Kamera **408** detektierbar ist.

[0067] [Fig. 9](#) zeigt eine Ausführungsform eines Markerblocks **900** mit einer zylindrischen Form mit mehreren Referenzpositionen, die rück-reflektierende Elemente **902** aufweisen und an seiner Oberfläche angeordnet sind. Der Markerblock **900** kann als ein fester Block (z.B. aus Styropor) ausgebildet sein. Blöcke, die in dieser Art und Weise hergestellt sind, können vielfach wiederverwendet werden, sogar bei mehreren Patienten. Die rück-reflektierenden Elemente **902** können aus dem gleichen Material gebildet sein, dass verwendet wird, um rück-reflektierende Marker **406** der [Fig. 7a](#) und [Fig. 7b](#) zu bilden. Der Markerblock ist vorzugsweise aus einem Material ausgebildet, das leichtgewichtig genug ist, um nicht die normale Atmung des Patienten zu behindern.

[0068] Ein Vorteil des Verwendens eines Markerblocks wie etwa des Markerblocks **900** ist, dass es mit einem a-priori-Wissen von den relativen Positionen der Referenzpositionen/rück-reflektierenden Elemente **902** auf dem Markerblock **900** möglich ist, alle 6 Freiheitsgrade des Markerblockes aus einer einzelnen Kamerasicht heraus zu ermitteln. Mit anderen Worten ist nur eine einzelne Kamera erforderlich, um die absoluten Koordinaten eines Markerblocks **900** abzuleiten. Dies ergibt sich, weil die relative Positionierung zwischen den rück-reflektierenden Elementen **902** auf der Oberfläche des Markerblocks **900** bekannt sind und die absoluten Koordinaten und Ansicht-Orientierungen der Kamera **408** ebenfalls bekannt sind. Das durch die Kamera **408** detektierte Bild des Markerblocks **900** indiziert die Positionierung der sichtbaren Referenzpositionen/rück-reflektierenden Elemente **902** relativ zu der Ansicht-Orientierung der Kamera. Weil die tatsächlichen relativen Positionen zwischen den rück-reflektierenden Elementen **902** bekannt sind, können die detektierten relativen Koordinaten der sichtbaren rück-reflektierenden Elemente **902** von dem Kamerabild verwendet werden, um die absoluten Koordinaten des Markerblocks **900** abzuleiten.

[0069] Ein Markerblock kann in jeder Form oder Größe ausgebildet sein, solange die Größe, die Abstände und die Positionierung der Referenzpositionen so konfiguriert sind, dass eine Kamera oder eine andere optische Abbildungsvorrichtung ein Bild aufnehmen und erzeugen kann, dass genau die Positionierung von zumindest zwei/drei oder mehreren der Referenzpositionen zeigt. Z.B. zeigt [Fig. 10](#) einen alternativen Markerblock **1000** mit einer hemisphärischen Form, die eine Mehrzahl von rück-reflektierenden Elementen **1002** aufweist, die an ihrer Oberfläche angebracht sind.

[0070] Der Markerblock kann in Formen ausgebildet sein, die zu bestimmten Körperteilen passen. Z.B. können Gussformen oder Abdrücke, die zu spezifischen Positionen auf dem Körper passen, als Markerblocks eingesetzt werden. Markerblöcke, die so geformt sind, dass sie zu bestimmten Bereichen des Körpers passen, ermöglichen das wiederholte Platzieren der Markerblöcke an bestimmten Positionen auf dem Patienten. Alternativ können die Markerblöcke so ausgebildet sein, dass sie zu bestimmten Fixierungen passen, die an einem Patientenkörper angebracht werden. Z.B. kann ein Markerblock innerhalb von Vertiefungen bzw. Kerben ausgebildet sein, die es ihm erlauben, an einer Brille angebracht zu sein. In noch einer anderen Ausführungsform sind die Fixierungen integral mit Markerblöcken ausgebildet, die reflektierende oder rück-reflektierende Marker auf sich aufweisen.

[0071] Eine alternative Ausführungsform des Markerblocks weist nur eine einzelne Referenzposition/ein reflektierendes Element auf seiner Oberfläche auf. Diese Ausführungsform des Markerblocks wird an Stelle von einem rück-reflektierenden Marker **406** verwendet, um bestimmte Positionen auf einem Patientenkörper mit einer optischen Abbildungsvorrichtung zu detektieren.

[0072] In einer vorangegangenen Spezifikation wurde die Erfindung unter Bezug auf spezifische Ausführungsformen davon beschrieben. Jedoch ist es offensichtlich, dass verschiedene Modifikationen und Änderungen daran durchgeführt werden können, ohne sich von dem Umfang der Erfindung zu entfernen, wie er in den anhängenden Ansprüchen definiert ist. Z.B. können, eher als unter Verwendung von reflektierenden oder rück-reflektierenden Markern, die Koordinaten für verschiedene Körperpositionen auf einem Patienten durch Erzeugen von Bildern von bestimmten charakteristischen Punkten auf einem Patientenkörper erhalten werden. Entsprechend sind die Spezifikation und die Zeichnungen eher in einem illustrativen als in einem restriktiven

Sinn zu sehen.

Patentansprüche

1. System zum Positionieren eines Patienten, aufweisend:
eine Mehrzahl von Markern (406), die an unterschiedlichen Stellen des Patienten angeordnet sind,
eine oder mehrere Marker-Detektionsvorrichtungen (408), wobei jede der einen oder mehreren Marker-Detektionsvorrichtungen (408) so konfiguriert ist, dass sie die Stellen der Mehrzahl von Markern (406) indizierende Informationen ausgibt,
eine Patienten-Tragestruktur, über welche der Patient abgestützt wird, wobei die Patienten-Tragestruktur bewegbar konfiguriert ist, um den Patienten über Anweisungen zum Manövrieren des Patienten zu positionieren, und
eine Steuerungsvorrichtung (410), um die ausgegebenen Informationen von jeder der einen oder mehreren Marker-Detektionsvorrichtungen (408) zu erhalten,
dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungsvorrichtung (410) einen Prozessor aufweist, der konfiguriert ist, um:
die Stellen der Mehrzahl von Markern (406) zu ermitteln,
eine Mehrzahl von Referenzpositionen für die jeweiligen Körperteile zu ermitteln,
eine erste relative Abweichung zwischen den Stellen von der Mehrzahl von Markern zu berechnen,
eine zweite relative Abweichung zwischen der Mehrzahl von Referenzpositionen zu berechnen,
eine Anweisung zum Ändern eines Körperteils von dem Patienten relativ zu einem anderen Körperteil des Patienten bereitzustellen, sodass die erste relative Abweichung zur zweiten relativen Abweichung korrespondiert, und
eine Anweisung zum Manövrieren des Patienten als eine einzige Einheit bereitzustellen, sodass die absolute Positionierung der Mehrzahl von Markern zu der jeweiligen absoluten Positionierung der Mehrzahl von Referenzpositionen korrespondiert.
2. System nach Anspruch 1, in welchem die Mehrzahl von Markern (406) rück-reflektierende Marker aufweist.
3. System nach Anspruch 1, in welchem die Mehrzahl von Markern (406) Markerblöcke (900) aufweist, wobei jeder der Markerblöcke (900) ein oder mehrere rück-reflektierende Elemente (902) aufweist.
4. System nach Anspruch 1, in welchem die eine oder die mehreren Marker-Detektionsvorrichtungen (408) eine oder mehrere Kameras (408) aufweisen.
5. System nach Anspruch 4, in welchem die eine oder die mehreren Kameras (408) CCD-Kameras aufweisen.
6. System nach Anspruch 4, in welchem jede der einen oder der mehreren Kameras (408) zusammen mit einer Lichtquelle angeordnet ist.
7. System nach Anspruch 6, in welchem die Lichtquelle eine Infrarot-Lichtquelle aufweist.
8. System nach Anspruch 4, in welchem ein Videobild des Patienten auf einer Video-Abbildungsanordnung (412) abgebildet ist.
9. System nach Anspruch 8, in welchem das Videobild Bilder von der Mehrzahl von Markern (406) aufweist.
10. System nach Anspruch 8, in welchem das Videobild Echtzeit-Bilder von der Mehrzahl von Markern (406) aufweist.
11. System nach Anspruch 8, in welchem das Videobild Bilder von Referenzpositionen für die Mehrzahl von Markern (406) aufweist.
12. System nach Anspruch 8, in welchem das Videobild ein Echtzeit-Bild des Patienten aufweist.
13. System nach Anspruch 8, in welchem das Videobild ein Bild von einer Referenzposition für den Patienten aufweist.

14. System nach Anspruch 2, wobei die Mehrzahl von rück-reflektierenden Markern (**406**) aufweist: eine erhöhte reflektierende Fläche (**702**), und eine flache Fläche (**704**), die an der Basis der erhöhten reflektierenden Fläche angeordnet ist.

15. System nach Anspruch 14, wobei die erhöhte reflektierende Fläche (**702**) eine hemisphärische Form aufweist.

16. System nach Anspruch 3, wobei jeder Markerblock (**900**) aufweist:
einen Oberflächenbereich,
eine erste Referenzstelle auf dem Oberflächenbereich,
eine zweite Referenzstelle auf dem Oberflächenbereich,
wobei die erste Referenzstelle und die zweite Referenzstelle auf dem Oberflächenbereich so positioniert sind, dass beide Referenzstellen gleichzeitig durch die Marker-Detektionsvorrichtungen (**408**) detektierbar sind.

17. System nach Anspruch 16, in welchem die erste und die zweite Referenzstelle die rück-reflektierenden Elemente (**902**) aufweisen.

18. System nach Anspruch 16, in welchem die Markerblock (**900**) eine Form aufweist, die einer Patienten-Körperstelle entspricht.

19. System nach Anspruch 16, in welchem der Markerblock (**900**) so positioniert ist, dass er Licht von dem einen oder den mehreren rück-reflektierenden Elementen (**902**) zu den Marker-Detektionsvorrichtungen (**408**) reflektiert.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

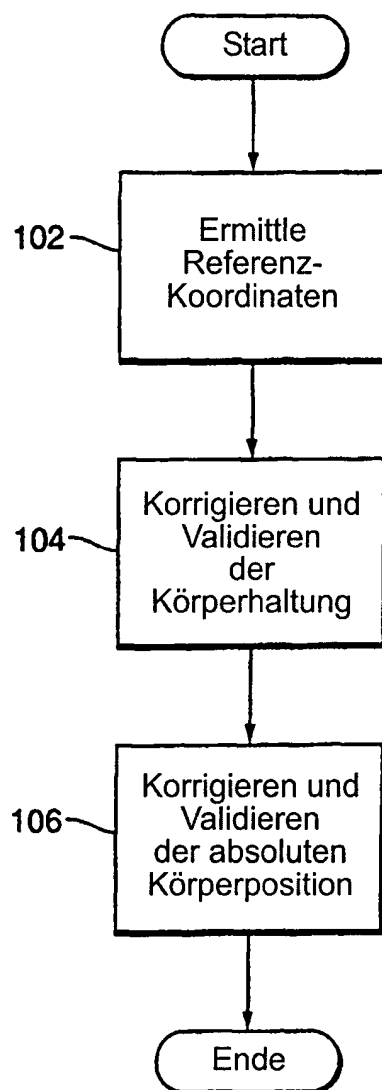


FIG. 1

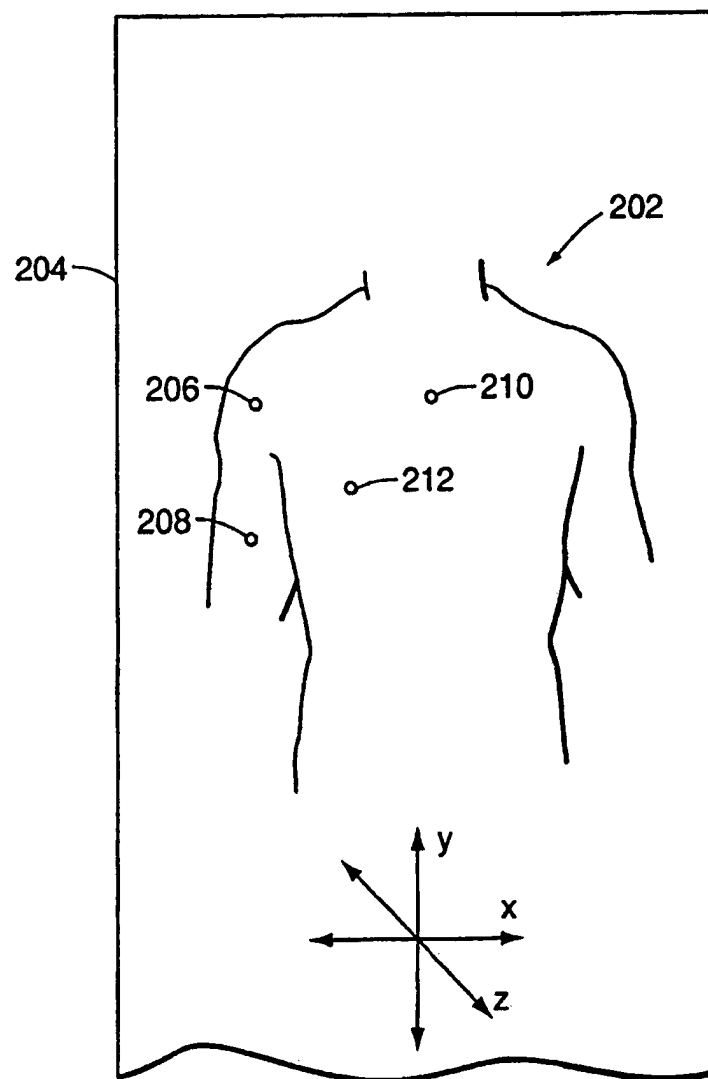


FIG. 2

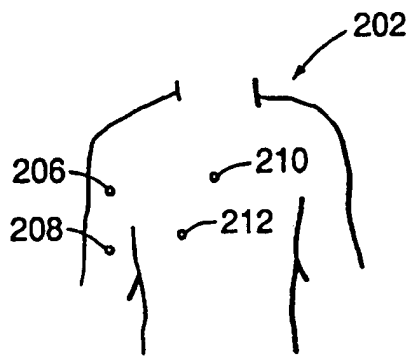


FIG. 3a

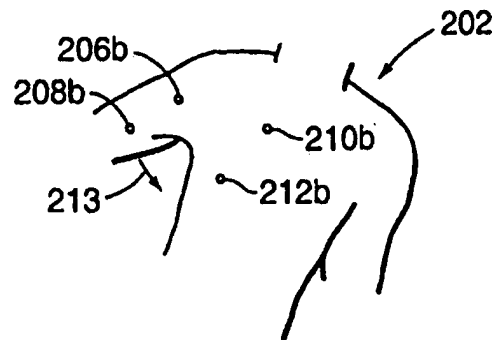


FIG. 3b

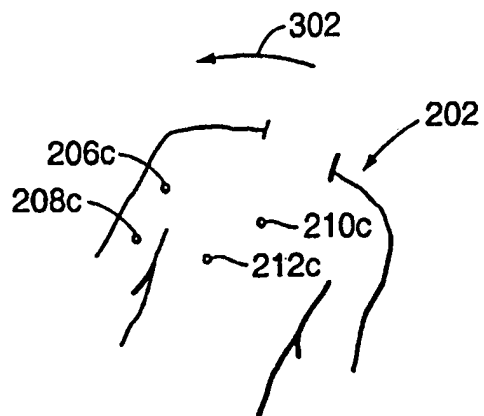


FIG. 3c

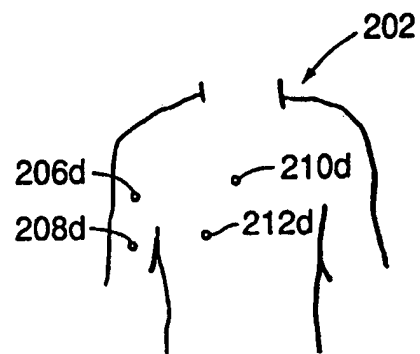


FIG. 3d

FIG. 3e

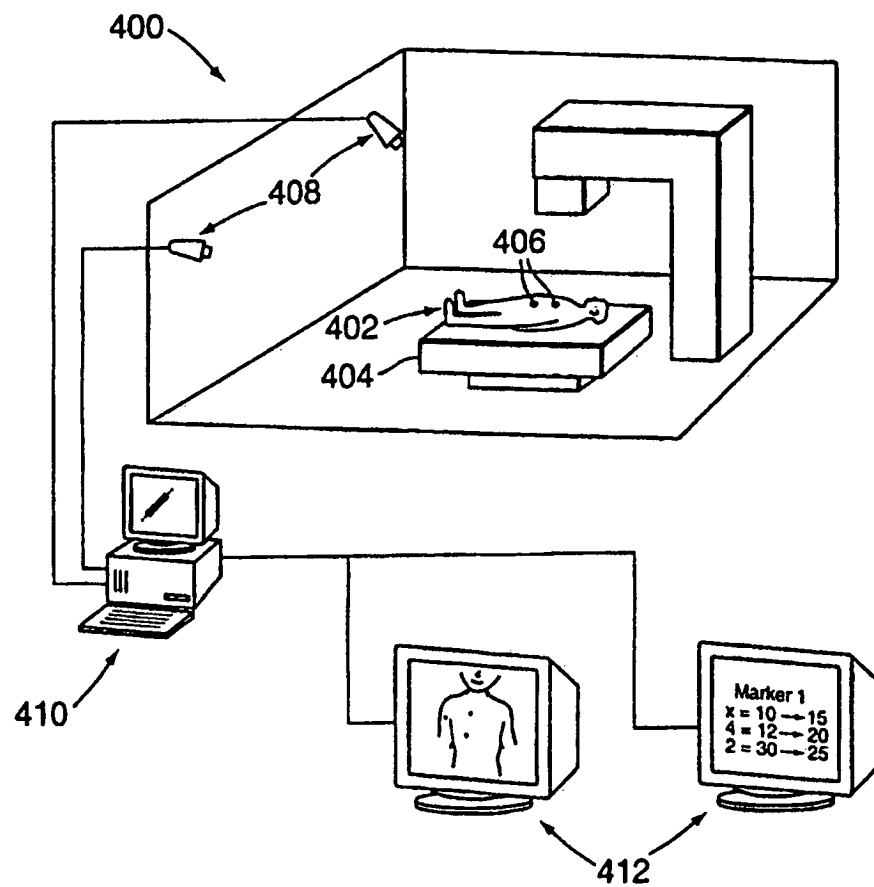
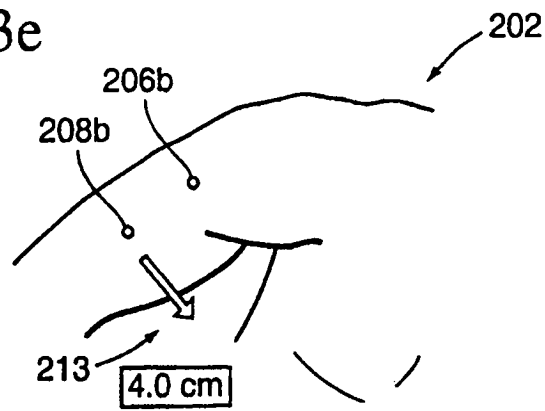


FIG. 4

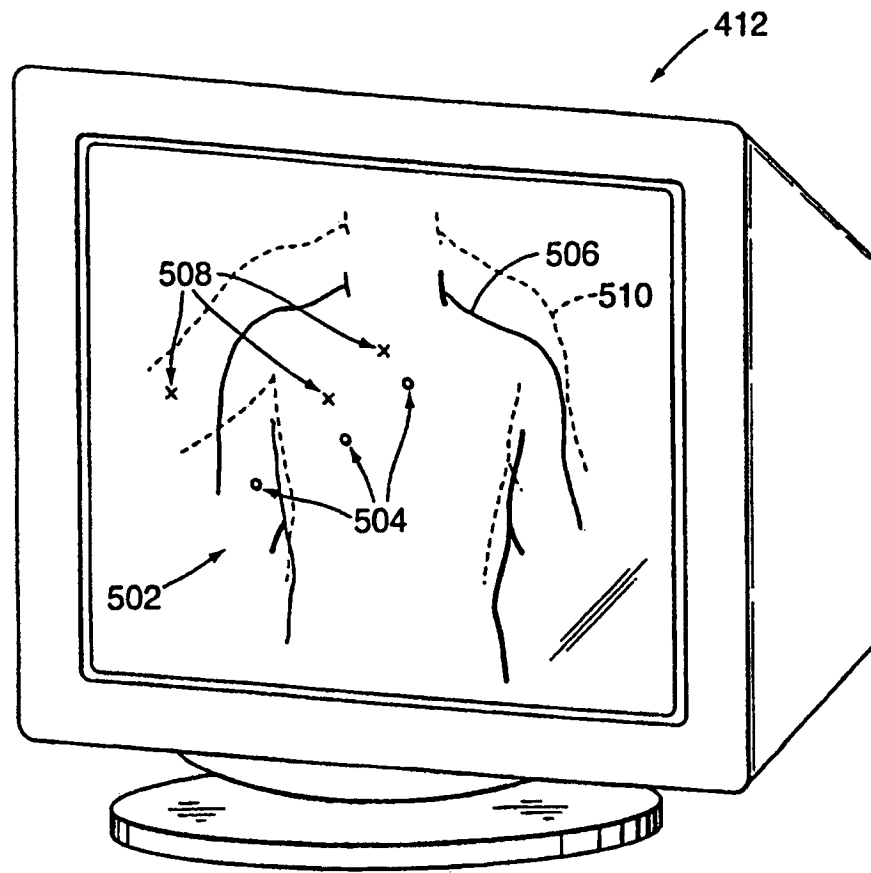


FIG. 5

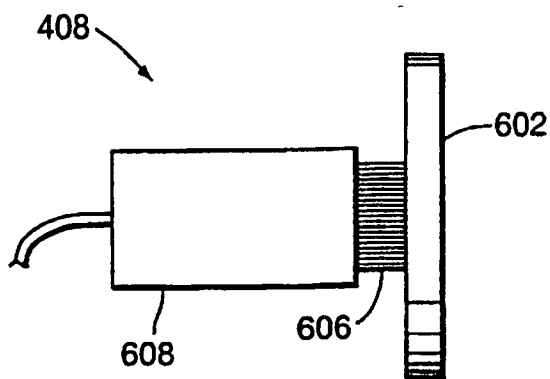


FIG. 6a

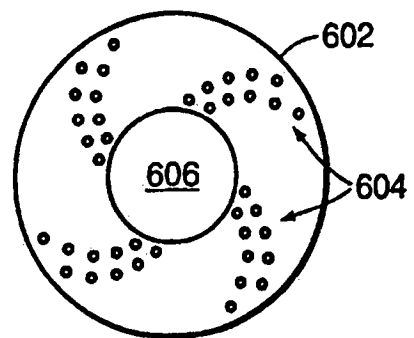


FIG. 6b

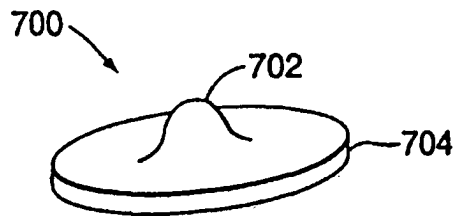


FIG. 7a

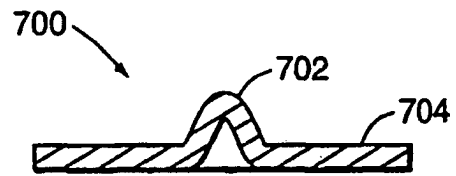


FIG. 7b

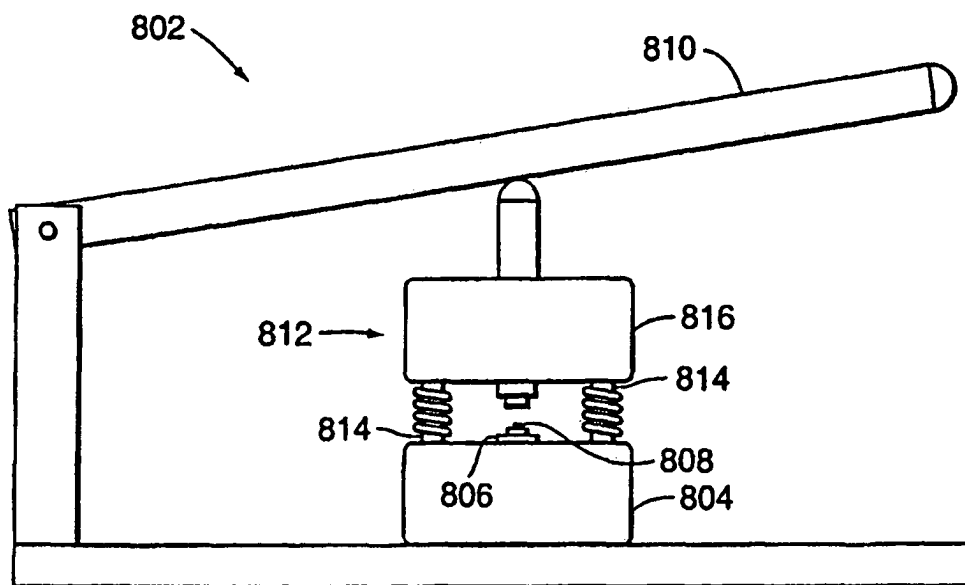


FIG. 8

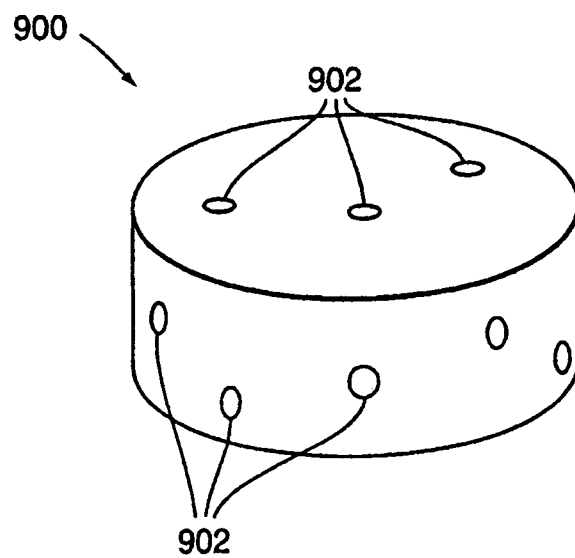


FIG. 9

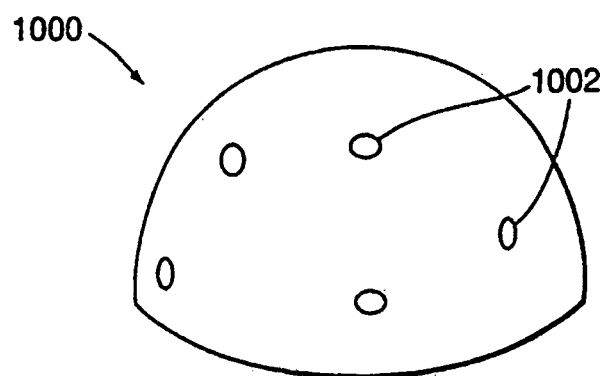


FIG. 10