

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50838/2015  
(22) Anmeldetag: 02.10.2015  
(45) Veröffentlicht am: 15.07.2018

(51) Int. Cl.: **A61N 2/02** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
US 2012197063 A1  
US 2012289764 A1  
WO 0002619 A2  
DE 10242542 A1  
US 4428366 A  
JP 2002233575 A  
WO 0110501 A1  
US 2009216067 A1  
US 2010256439 A1

(73) Patentinhaber:  
PONTEMED AG  
9053 Teufen (CH)

(72) Erfinder:  
Mayr Winfried  
2340 Mödling (AT)

(74) Vertreter:  
SONN & PARTNER Patentanwälte  
1010 Wien (AT)

### (54) Magnetische Stimulationsvorrichtung

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) zur magnetischen Stimulation von Körperregionen (R), mit zumindest zwei Magnetspulen (2, 2') oder zumindest einer auf einem Magnetjoch (6) angeordneten Magnetspule (2, 2'), welche mit einem Stimulator (3) verbunden sind, der einen Leistungsteil (4) aufweist, wobei die zumindest zwei Magnetspulen (2, 2') oder die Pole (7, 8) des Magnetjochs (6) beiderseits der zu simulierenden Körperregion anordenbar sind, und die zumindest zwei Magnetspulen (2, 2') oder die Pole (7, 8) des Magnetjochs (6) über eine Verstellvorrichtung (5) gegenüber der zu stimulierenden Körperregion (R) verstellbar ausgebildet sind. Um das magnetische Stimulationsfeld optimal auf die jeweiligen motorischen Reizpunkte der zu stimulierenden Körperregion (R) richten zu können, sind Antriebe (11) zur Verstellung des Drehgelenks (9) und bzw. oder des Schiebegelenks (10) vorgesehen, welche Antriebe (11) mit Drucksensoren (12) verbunden sind, um das Anliegen der zumindest einen Magnetspule (2, 2') oder der Pole (7, 8) des Magnetjochs (6) an der Körperoberfläche zu erkennen, sodass bei der Stimulation von sich bewegenden Körperteilen (R) die zumindest eine Magnetspule (2, 2') synchron nachführbar ist.

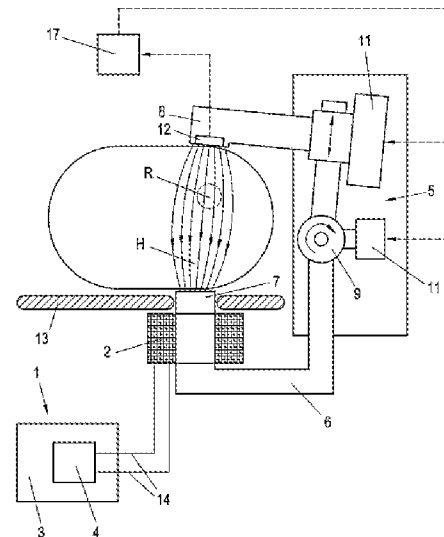


Fig. 4

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur magnetischen Stimulation von Regionen eines menschlichen oder tierischen Körpers, mit zumindest zwei als Luftspulen ausgebildeten Magnetspulen oder zumindest einer auf einem Magnetjoch angeordneten Magnetspule, welche mit einem Stimulator verbunden sind, der einen Leistungsteil zur Erzeugung an die zumindest eine Magnetspule anzulegende elektrische Impulse aufweist, wobei die zumindest zwei als Luftspulen ausgebildeten Magnetspulen oder die Pole des Magnetjochs beiderseits der zu stimulierenden Körperregion anordenbar sind, sodass das in der zumindest einen Magnetspule erzeugte Magnetfeld in der Körperregion induzierbar ist, wobei die zumindest zwei als Luftspulen ausgebildeten Magnetspulen oder die Pole des Magnetjochs über eine Verstellvorrichtung gegenüber der zu stimulierenden Körperregion verstellbar und derart ausgebildet sind, sodass die zu stimulierende Körperregion innerhalb des induzierten Magnetfelds anordenbar ist, wobei die Verstellvorrichtung ein Drehgelenk und bzw. oder ein Schiebegelenk beinhaltet.

**[0002]** Im Gegensatz zur funktionellen Elektrostimulation (FES), bei der ein Muskel oder Nerv zur Durchführung einer Muskelkontraktion oder zur Beeinflussung anderer Nervenfunktionen über kontaktierende Elektroden elektrisch stimuliert wird, um bestimmte physiologische Vorgänge zu unterstützen bzw. zu ersetzen, wird bei der funktionellen Magnetstimulation (FMS) eine Nervenaktivierung, die beispielsweise zu einer Muskelkontraktion führen kann, durch entsprechende Magnetfelder berührungslos ausgelöst.

**[0003]** Die funktionelle Magnetstimulation hat gegenüber funktioneller Elektrostimulation mit an der Hautoberfläche liegenden Elektroden den wesentlichen Vorteil, dass in der Haut liegende Schmerzsensoren wesentlich geringer aktiviert werden und die Anwendung bei vergleichbarer neuromuskulärer Aktivierung als wesentlich angenehmer empfunden wird. Dies beruht auf der Tatsache, dass die Schmerzsensoren in im Vergleich zu tieferliegenden Gewebeanteilen höherohmigen Gewebeschichten liegen. Der Stromfluss bei elektrischer Stimulation bewirkt daher relativ hohe elektrische Feldstärken besonders im Bereich der Schmerzsensorik, während die wirkungsrelevanten induzierten Wirbelströme bei magnetischer Stimulation im niederohmigen tieferliegenden Gewebe wesentlich stärker ausgeprägt sind als in oberflächennahen höherohmigen Gewebe.

**[0004]** Weiters ist bei der funktionellen Magnetstimulation der Aufwand und das Risiko durch den Wegfall der häufig notwendigen Implantation von Nerven- oder Muskelelektroden bei der funktionellen Elektrostimulation wesentlich niedriger und die Akzeptanz höher. Demgegenüber ist jedoch die gezielte Stimulation bestimmter Nerven oder Muskeln über das Magnetfeld schwieriger als bei der direkten elektrischen Stimulation mit Hilfe von Hautelektroden oder implantierten Elektroden. Insbesondere ist es bei der Stimulation tieferliegender Regionen sehr schwierig bestimmte Punkte, sogenannte motorische Reizpunkte oder Motorpoints mit dem Magnetfeld zu erreichen und beispielsweise die Kontraktion der gewünschten Muskeln zu erzielen.

**[0005]** Ein Beispiel für eine Vorrichtung zur magnetischen Stimulation wird in der WO 2009/126117 A1 beschrieben. Dabei wird mit Hilfe einer Magnetspule ein Magnetfeld in tiefere Gewebeschichten induziert, wodurch eine Depolarisation neuronaler Zellen resultiert, welche zu Muskelkontraktionen bestimmter Muskeln in bestimmten Körperregionen führen.

**[0006]** Ein weiteres Verfahren und eine Vorrichtung zur neuromagnetischen Stimulation ist aus der EP 0 617 982 A1 bekannt geworden, wobei dem Magnetfeld ein fokussierter Ultraschallstrahl überlagert wird, wodurch eine genauere räumliche Stimulation ermöglicht werden soll.

**[0007]** Ein Verfahren und eine Vorrichtung für das Beckenbodentraining mit Hilfe magnetischer Stimulation ist beispielsweise aus der DE 10 2012 012 149 A1 bekannt geworden. Dabei wird zusätzlich zur Magnetstimulation dem Gewebe noch Sauerstoff und bzw. oder Ozon zugeführt um das Training und den Aufbau der Muskulatur noch weiter zu unterstützen.

**[0008]** Weitere Vorrichtungen zur magnetischen Stimulation von Regionen eines menschlichen

oder tierischen Körpers sind beispielsweise aus der US 2012/0197063 A1, der US 2012/0289764 A1, der WO 00/02619 A2, der DE 102 42 542 A1 oder der US 4,428,366 A bekannt geworden. Dabei werden die zur Erzeugung des Magnetfelds notwendigen Magnetspulen beiderseits der zu stimulierenden Körperregion angeordnet.

**[0009]** Auch die JP 2002-233575 A zeigt eine Vorrichtung zur magnetischen Stimulation für medizinische Anwendungen, wobei die Magnetspulen entsprechend der zu stimulierenden Körperregion anordenbar sind.

**[0010]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine oben genannte Vorrichtung zur magnetischen Stimulation zu schaffen, durch welche eine optimale Richtung des magnetischen Felds auf die jeweiligen motorischen Reizpunkte und somit eine optimale Stimulation erzielt werden kann. Gleichzeitig soll die Erfindung die Magnetfeldeinwirkung derart konzentrieren, dass es möglichst selektiv auf das zu stimulierende Gewebeareal einwirkt, jedoch benachbarte Areale, in dem z.B. Implantate liegen, weitgehend ausspart. Nachteile bekannter Stimulationsvorrichtungen sollen verhindert oder zumindest reduziert werden.

**[0011]** Gelöst wird die erfindungsgemäße Aufgabe dadurch, dass Antriebe zur Verstellung des Drehgelenks und bzw. oder des Schiebegelenks vorgesehen sind, welche Antriebe mit Drucksensoren verbunden sind, um das Anliegen der zumindest einen Magnetspule oder der Pole des Magnetjochs an der Körperoberfläche zu erkennen, sodass bei der Stimulation von sich bewegendem Körperteilen die zumindest eine Magnetspule synchron nachführbar ist. Gemäß einer ersten Ausführungsvariante der Stimulationsvorrichtung sind zumindest zwei als Luftspulen ausgebildete Magnetspulen vorgesehen, welche beiderseits der zu stimulierenden Körperregion anordenbar und über die Verstellvorrichtung verstellbar miteinander verbunden sind. Die zumindest zwei als Luftspulen ausgebildeten Magnetspulen schließen somit das zu stimulierende Areal ein und bewirken eine entsprechende Konzentration des Magnetfelds in den tieferliegenden Körperregionen, wo die zu stimulierenden motorischen Reizpunkte oder Motorpoints angeordnet sind. Durch die verstellbare Anordnung der Luftspulen kann die zu simulierende Körperregion, beispielsweise eine Extremität, optimal zwischen den Magnetspulen angeordnet und ein hochkonzentriertes Magnetfeld in dieser Körperregion und somit eine optimale Stimulation erzielt werden. Gemäß einer zweiten Ausführungsvariante ist die zumindest eine Magnetspule auf einem Magnetjoch angeordnet, wobei die Pole des Magnetjochs beiderseits der zu stimulierenden Körperregion anordenbar und über die Verstellvorrichtung verstellbar miteinander verbunden sind. Im Falle dieser Ausführungsvariante wird die zu stimulierende Körperregion zwischen den Polen des Magnetjochs angeordnet und eine Anpassung an die Größe der zu stimulierenden Körperregion durch entsprechende Verstellung der Pole des Magnetjochs erzielt. Auch in diesem Fall kann eine gezielte Konzentration des stimulierenden Magnetfelds in den tieferliegenden Körperregionen und somit eine optimale Stimulation der jeweiligen Motorpoints erreicht werden. Durch die verstellbare Anordnung der zumindest einen Magnetspule gegenüber der zu stimulierenden Körperregion kann eine optimale Anordnung der zumindest einen Magnetspule in Bezug auf die zu stimulierende Körperregion erzielt und somit eine optimale Stimulation der jeweiligen motorischen Reizpunkte oder Motorpoints bewirkt werden. Die Verstellvorrichtung wird entsprechend an die zu stimulierende Körperregion angepasst. Für kompliziertere Adaptierungen an die Form der jeweiligen Körperregion ist die Kombination eines Drehgelenks mit einem Schiebegelenk vorteilhaft. Durch die Antriebe zur Verstellung des Drehgelenks und bzw. oder des Schiebegelenks kann eine automatische Anpassung der Position der Magnetspulen bzw. Pole des Magnetjochs erfolgen. Die Antriebe sind mit Drucksensoren verbunden, um das Anliegen der zumindest einen Magnetspule oder des Magnetpols an der Körperoberfläche zu erkennen. Als Drucksensoren kommen verschiedenste optische oder mechanische Sensoren in Frage. Auf diese Weise kann beispielsweise eine atmungssynchrone Bewegung der Stimulationsvorrichtung bei einer Stimulation im Bereich des Brustkorbes bzw. des Zwerchfells erfolgen. Bei einer motorischen Verstellvorrichtung könnte eine solche Bewegung auch mit Hilfe entsprechender Sensoren synchron zur Atmung erfolgen.

**[0012]** Die Verstellvorrichtung kann im Falle der beiderseits zu stimulierenden Körperregion angeordneten zumindest zwei Luftspulen aus magnetisch nicht leitfähigem bzw. magnetisch

isolierendem Material, insbesondere Kunststoff, gebildet sein. Dadurch wird ein magnetischer Kurzschluss der von den zumindest zwei Luftspulen ausgehenden magnetischen Feldlinien vermieden. Darüber hinaus ist Kunststoff billig herstellbar und weist ein niedriges Gewicht auf.

**[0013]** Im Falle der Verwendung zumindest einer auf einem Magnetjoch angeordneten Magnetspule zur Erzeugung des magnetischen Feldes ist die Verstellvorrichtung aus magnetisch leitfähigem Material, beispielsweise Eisen, gebildet, sodass sie einen Teil des magnetischen Kreises bzw. Magnetjochs bilden kann.

**[0014]** Um die Behandlung für den Patienten bequemer gestalten zu können, kann eine Liege oder ein Sitz vorgesehen sein, wobei unterhalb der Liege oder des Sitzes allenfalls in einer entsprechenden Anpassung zumindest eine Magnetspule angeordnet ist. Auf diese Weise können auch liegende oder sogar schlafende Patienten oder Intensivpatienten stimuliert werden. Beispielsweise kann eine Stimulation des Zwerchfells während der Intensivpflege vorgenommen werden, z.B. um den Patienten auf die Entwöhnung vom Respirator vorzubereiten.

**[0015]** Eine noch gezieltere Stimulation kann dadurch erreicht werden, dass Elemente zum Konzentrieren des Magnetfelds vorgesehen sind. Dabei kommen verschiedene Elemente zur Konzentration des Magnetfelds, insbesondere Konzentrationsspulen oder Permanentmagnete, zur Anwendung.

**[0016]** Die Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnungen, welche Ausführungsbeispiele der Erfindung zeigen, näher erläutert. Darin zeigen:

**[0017]** Fig. 1 eine Prinzipskizze der erfindungsgemäßen funktionellen magnetischen Stimulation tieferer Körperregionen;

**[0018]** Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen magnetischen Stimulationsvorrichtung mit zwei als Luftspulen ausgeführten Magnetspulen;

**[0019]** Fig. 3 ein Blockschaltbild einer weiteren Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen magnetischen Stimulationsvorrichtung mit einer Magnetspule und einem Magnetjoch;

**[0020]** Fig. 4 eine Prinzipskizze einer Liege mit einer erfindungsgemäßen magnetischen Stimulationsvorrichtung; und

**[0021]** Fig. 5 eine Detailansicht einer magnetischen Stimulationsvorrichtung mit Elementen zur Konzentration des Magnetfelds.

**[0022]** Fig. 1 zeigt eine Prinzipskizze der erfindungsgemäßen funktionellen magnetischen Stimulation tieferer Körperregionen. Die Vorrichtung 1 zur magnetischen Stimulation von Regionen R eines menschlichen oder tierischen Körpers beinhaltet zumindest eine Magnetspule 2, welche über entsprechende Anschlussleitungen 14 mit einem Stimulator 3 verbunden ist, der einen Leistungsteil 4 aufweist. Der Leistungsteil 4 erzeugt die elektrischen Impulse oder Signale, welche an die zumindest eine Magnetspule 2 angelegt werden. Derartige Impulse weisen idealerweise Rechteckform auf, können aber für bestimmte Anwendungen auch andere Formen, wie z.B. Dreiecksform oder Sinusform, besitzen, durch welche Wechselfelder in der Magnetspule 2 erzeugt werden können. Durch die elektrischen Impulse wird in der zumindest einen Magnetspule 2 ein Magnetfeld H erzeugt, welches in der Körperregion R induziert wird und dort an gewünschten Punkten, sog. Motorpoints, Wirkungen hervorruft, die beispielsweise zu Muskelkontraktionen der gewünschten Körperregion R führen können. Beispielsweise kann durch eine derartige funktionelle magnetische Stimulation des Zwerchfells eine Beatmung eines Patienten durchgeführt werden.

**[0023]** Um eine konzentriertere Anordnung des Magnetfelds H in der zu stimulierenden Region R zu erzielen, ist die zumindest eine Magnetspule 2 erfindungsgemäß mit einer Verstellvorrichtung 5 verbunden, um die zumindest eine Magnetspule 2 gegenüber der zu stimulierenden Körperregion R verstellen zu können. Somit kann eine optimale Anpassung des Magnetfelds H in Bezug auf die zu stimulierende Region R vorgenommen werden.

**[0024]** Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild einer Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen magnetischen Stimulationsvorrichtung 1 mit zwei als Luftspulen ausgeführten Magnetspulen 2, 2'. Die beiden Magnetspulen 2, 2' sind über die Verstellvorrichtung 5 miteinander verbunden und so angeordnet, dass die zu stimulierende Körperregion R zwischen den Magnetspulen 2, 2' anordenbar ist. Durch die Verstellvorrichtung 5 kann eine optimale Anpassung der Lage der Magnetspulen 2, 2' in Bezug auf die zu stimulierende Körperregion R erzielt werden. Im Falle der Konstruktion mit zwei gegenüberliegenden Magnetspulen 2, 2' ist die Verstellvorrichtung 5 vorzugsweise aus magnetisch nicht leitfähigem bzw. magnetisch isolierendem Material, beispielsweise Kunststoff, gebildet, um keinen magnetischen Kurzschluss der von den Magnetspulen 2, 2' ausgehenden Feldlinien zu verursachen. Die Verstellvorrichtung 5 beinhaltet ein Drehgelenk 9 und bzw. oder ein Schiebegelenk 10. Durch die Verstellmöglichkeit zumindest einer Magnetspule 2, 2' kann das Magnetfeld H auch besser in der zu stimulierenden Region R konzentriert werden, da die Magnetspulen 2, 2' näher an diese Körperregion R herangeführt werden können. Beispielsweise kann die obere Magnetspule 2 im Falle der Stimulation des Oberkörpers auch etwas in das Haut- und Fettgewebe der jeweiligen Körperregion R eingedrückt werden. Bei der Stimulation von sich bewegenden Körperteilen, beispielsweise dem Thorax, ist eine Nachführung der zumindest einen Magnetspule 2, 2' synchron mit der Atmung denkbar. Dabei wird eine automatisierte und angetriebene Verstellvorrichtung 5, bei der das Drehgelenk 9 und bzw. oder Schiebegelenk 10 mit einem Antrieb verbunden ist, synchron zur Atmung die Bewegung gesteuert (s. Fig. 4).

**[0025]** In Fig. 3 ist ein Blockschaltbild einer weiteren Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen magnetischen Stimulationsvorrichtung 1 mit einer Magnetspule 2 und einem Magnetjoch 6 dargestellt. In diesem Fall sind die Pole 7, 8 des Magnetjochs 6 über die Verstellvorrichtung 5 verstellbar miteinander verbunden und schließen die zu stimulierende Körperregion R ein. Zur Sicherstellung eines geschlossenen Magnetkreises sind in diesem Fall die Komponenten der Verstellvorrichtung 5 aus magnetisch leitfähigem Material, beispielsweise Eisen, gebildet. Auch im Falle dieser Ausführungsvariante kann die Verstellvorrichtung 5 aus einem Drehgelenk 9 und bzw. oder einem Schiebegelenk 10 bestehen.

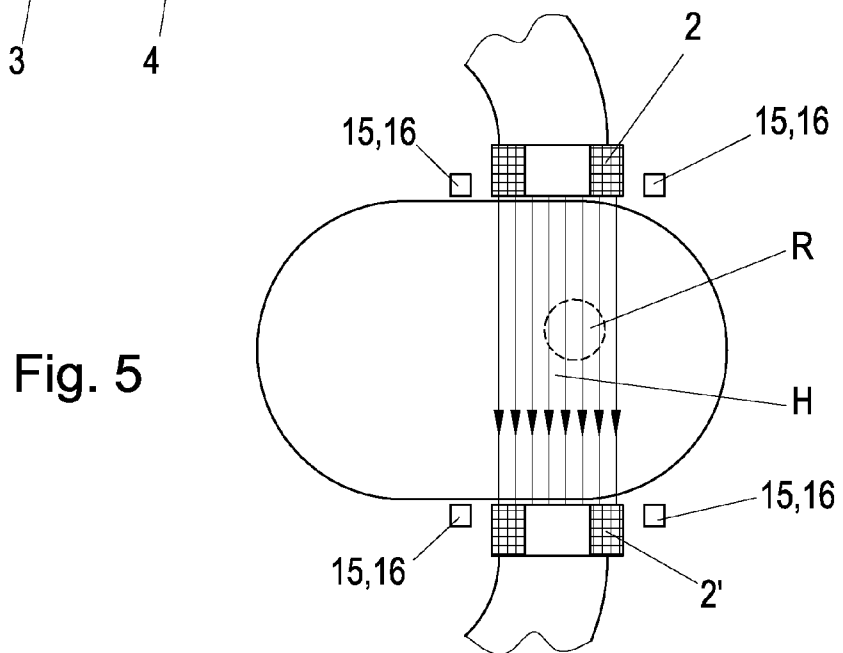
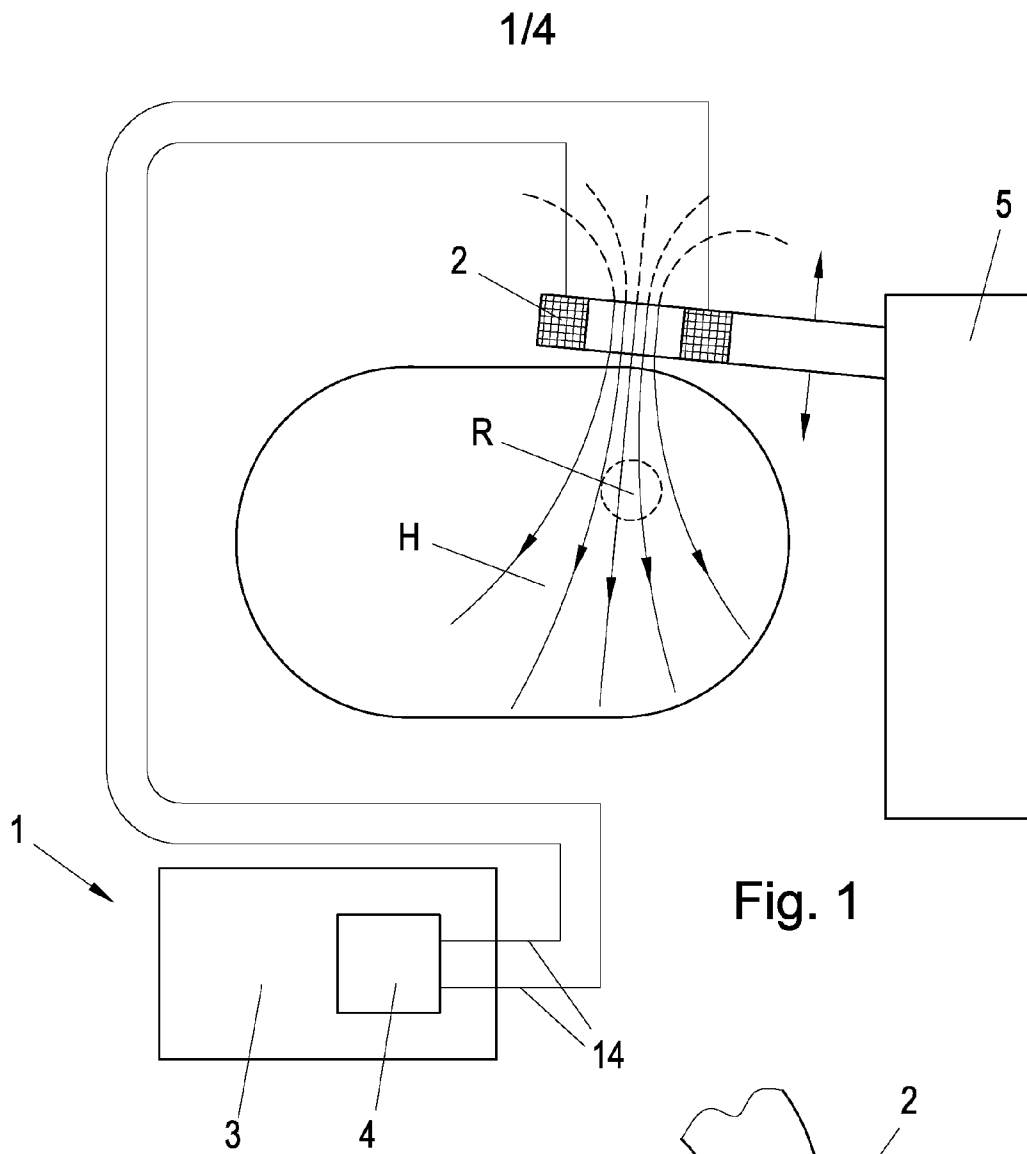
**[0026]** In Fig. 4 ist eine Prinzipskizze einer Liege 13 mit einer erfindungsgemäßen magnetischen Stimulationsvorrichtung 1 wiedergegeben. Die magnetische Stimulationsvorrichtung 1 ist aus zumindest einer Magnetspule 2 und einem Magnetjoch 6 gebildet und so gestaltet, dass die Pole 7, 8 des Magnetjochs 6 im Wesentlichen gegenüberliegend angeordnet sind, sodass die zu stimulierende Körperregion R zwischen den Polen 7, 8 des Magnetjochs 6 angeordnet werden können. Die Magnetspule 2 bzw. ein Magnetpol 7 ist unterhalb der Liege 13 bzw. in einer darin befindlichen Aussparung angeordnet. Der Patient bzw. die zu stimulierende Körperregion R liegt auf der Liege 13 auf, wodurch eine Stimulation auch im liegenden Zustand bzw. im Tiefschlaf bei Intensivpatienten ermöglicht wird. Die Verstellvorrichtung 5 ist ähnlich der Variante gemäß Fig. 3 aufgebaut, wobei das Drehgelenk 9 und das Schiebegelenk 10 mit jeweils einem Antrieb 11 verbunden ist, um eine automatische Verstellung zu ermöglichen. Zu diesem Zweck sind die Antriebe 11 mit einer entsprechenden Antriebssteuerung 17 verbunden. Um eine unzulässig hohe Druckausübung auf die zu stimulierende Körperregion R zu vermeiden, können Drucksensoren 12 an den Polen 7, 8 des Magnetjochs 6 angeordnet sein, die mit der Antriebssteuerung 17 verbunden sein können.

**[0027]** Schließlich zeigt Fig. 5 eine Detailansicht einer magnetischen Stimulationsvorrichtung 1 mit Elementen zur Konzentration des Magnetfelds H, die beispielsweise durch geeignet angeordnete Permanentmagnete 16 gebildet sein können.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur magnetischen Stimulation von Regionen (R) eines menschlichen oder tierischen Körpers, mit zumindest zwei als Luftspulen ausgebildeten Magnetspulen (2, 2') oder zumindest einer auf einem Magnetjoch (6) angeordneten Magnetspule (2, 2'), welche mit einem Stimulator (3) verbunden sind, der einen Leistungsteil (4) zur Erzeugung an die zumindest eine Magnetspule (2, 2') anzulegende elektrische Impulse (I) aufweist, wobei die zumindest zwei als Luftspulen ausgebildeten Magnetspulen (2, 2') oder die Pole (7, 8) des Magnetjochs (6) beiderseits der zu stimulierenden Körperregion (R) anordenbar sind, sodass das in der zumindest einen Magnetspule (2, 2') erzeugte Magnetfeld (H) in der Körperregion (R) induzierbar ist, wobei die zumindest zwei als Luftspulen ausgebildeten Magnetspulen (2, 2') oder die Pole (7, 8) des Magnetjochs (6) über eine Verstellvorrichtung (5) gegenüber der zu stimulierenden Körperregion (R) verstellbar und derart ausgebildet sind, sodass die zu stimulierende Körperregion (R) innerhalb des induzierten Magnetfelds (H) anordenbar ist, wobei die Verstellvorrichtung (5) ein Drehgelenk (9) und bzw. oder ein Schiebegelenk (10) beinhaltet, **dadurch gekennzeichnet**, dass Antriebe (11) zur Verstellung des Drehgelenks (9) und bzw. oder des Schiebegelenks (10) vorgesehen sind, welche Antriebe (11) mit Drucksensoren (12) verbunden sind, um das Anliegen der zumindest einen Magnetspule (2, 2') oder der Pole (7, 8) des Magnetjochs (6) an der Körperoberfläche zu erkennen, sodass bei der Stimulation von sich bewegenden Körperteilen (R) die zumindest eine Magnetspule (2, 2') synchron nachführbar ist.
2. Magnetische Stimulationsvorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verstellvorrichtung (5) aus magnetisch isolierendem Material, insbesondere Kunststoff, gebildet ist.
3. Magnetische Stimulationsvorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verstellvorrichtung (5) aus magnetisch leitfähigem Material, beispielsweise Eisen, gebildet ist.
4. Magnetische Stimulationsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Liege (13) oder ein Sitz (14) vorgesehen ist, wobei unterhalb der Liege (13) oder des Sitzes (14) zumindest eine Magnetspule (2) angeordnet ist.
5. Magnetische Stimulationsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass Elemente (15) zum Konzentrieren des Magnetfelds (H), beispielsweise Permanentmagnete (16), vorgesehen sind.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen



2/4

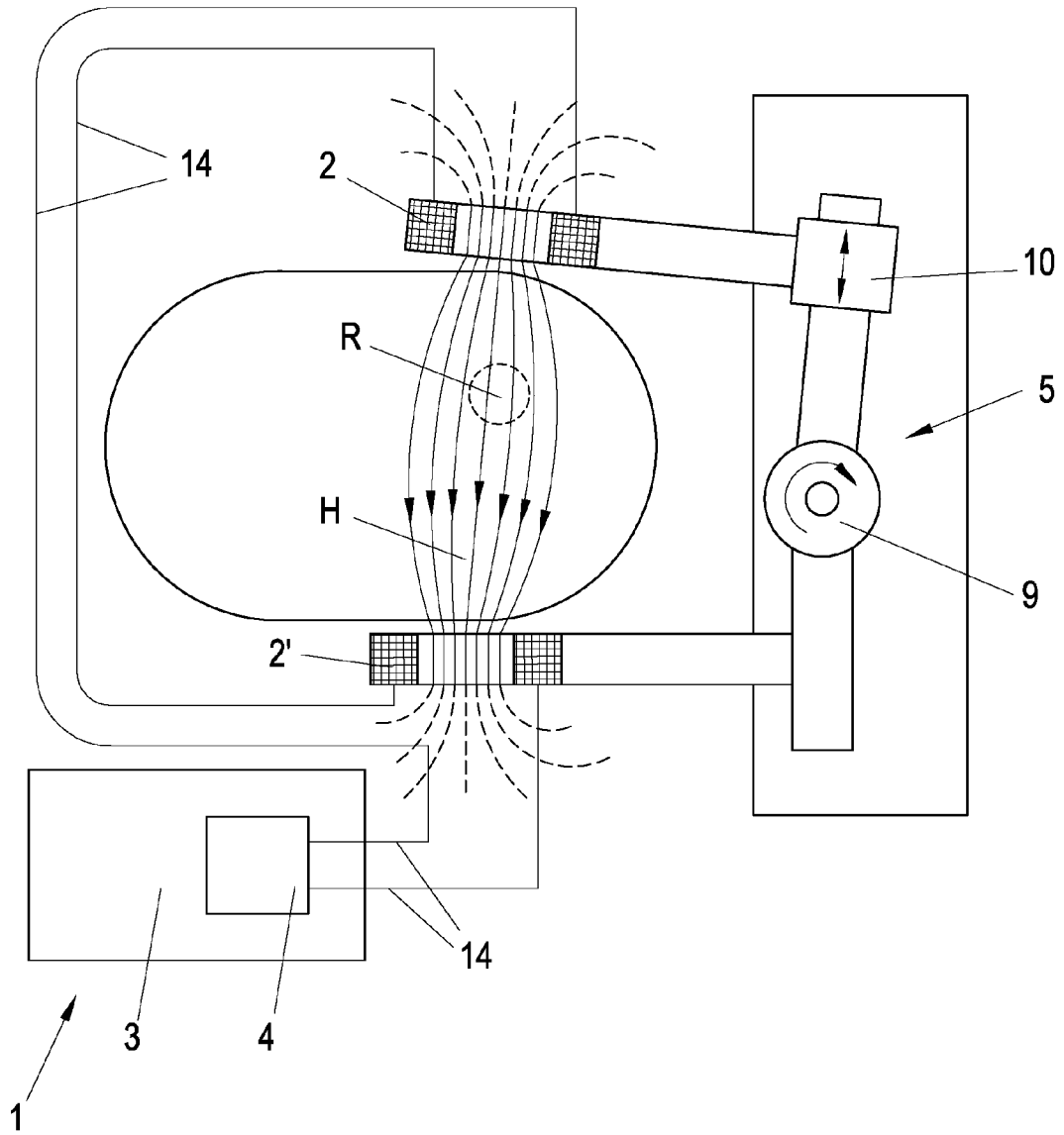


Fig. 2



3/4

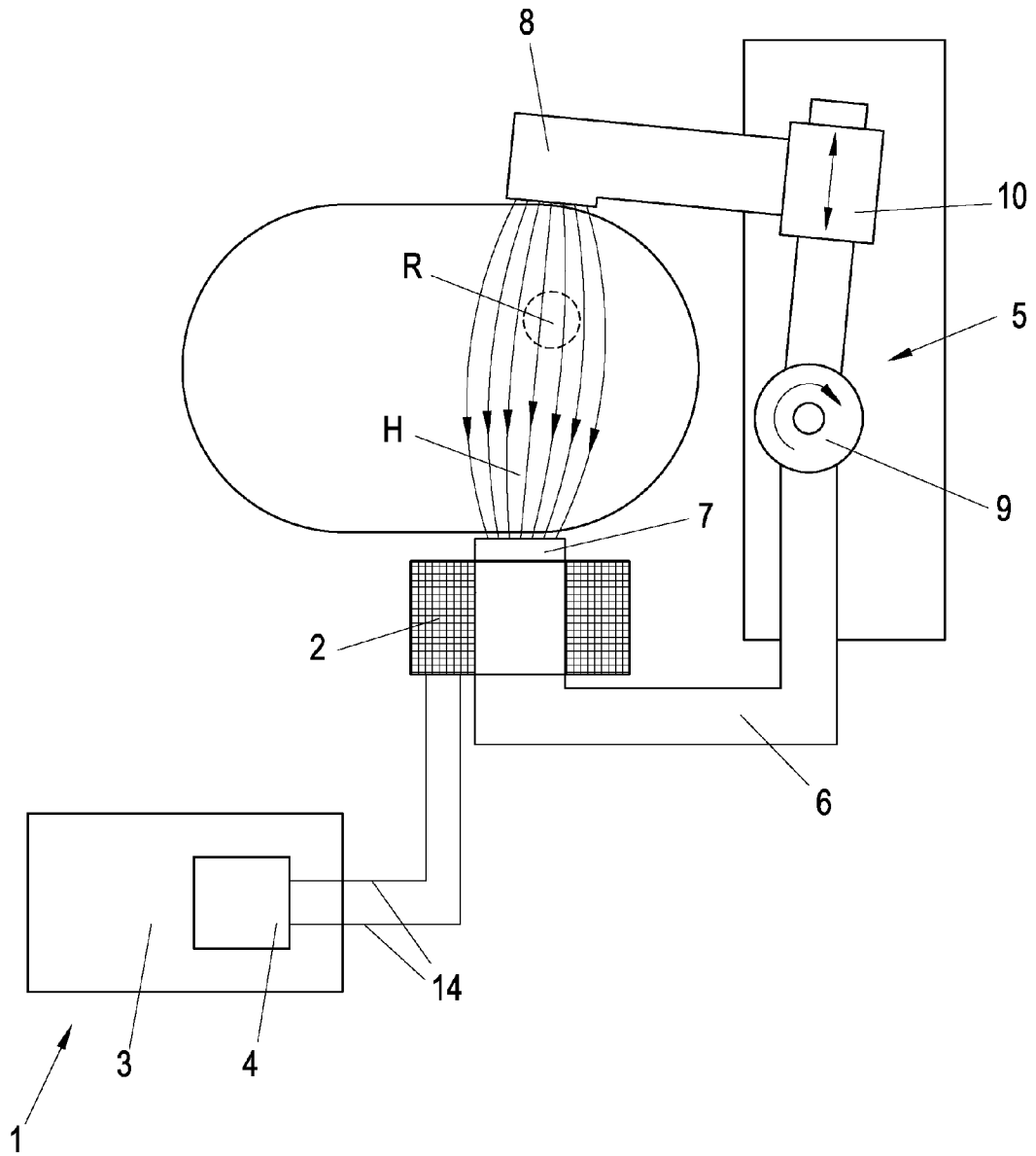


Fig. 3

4/4

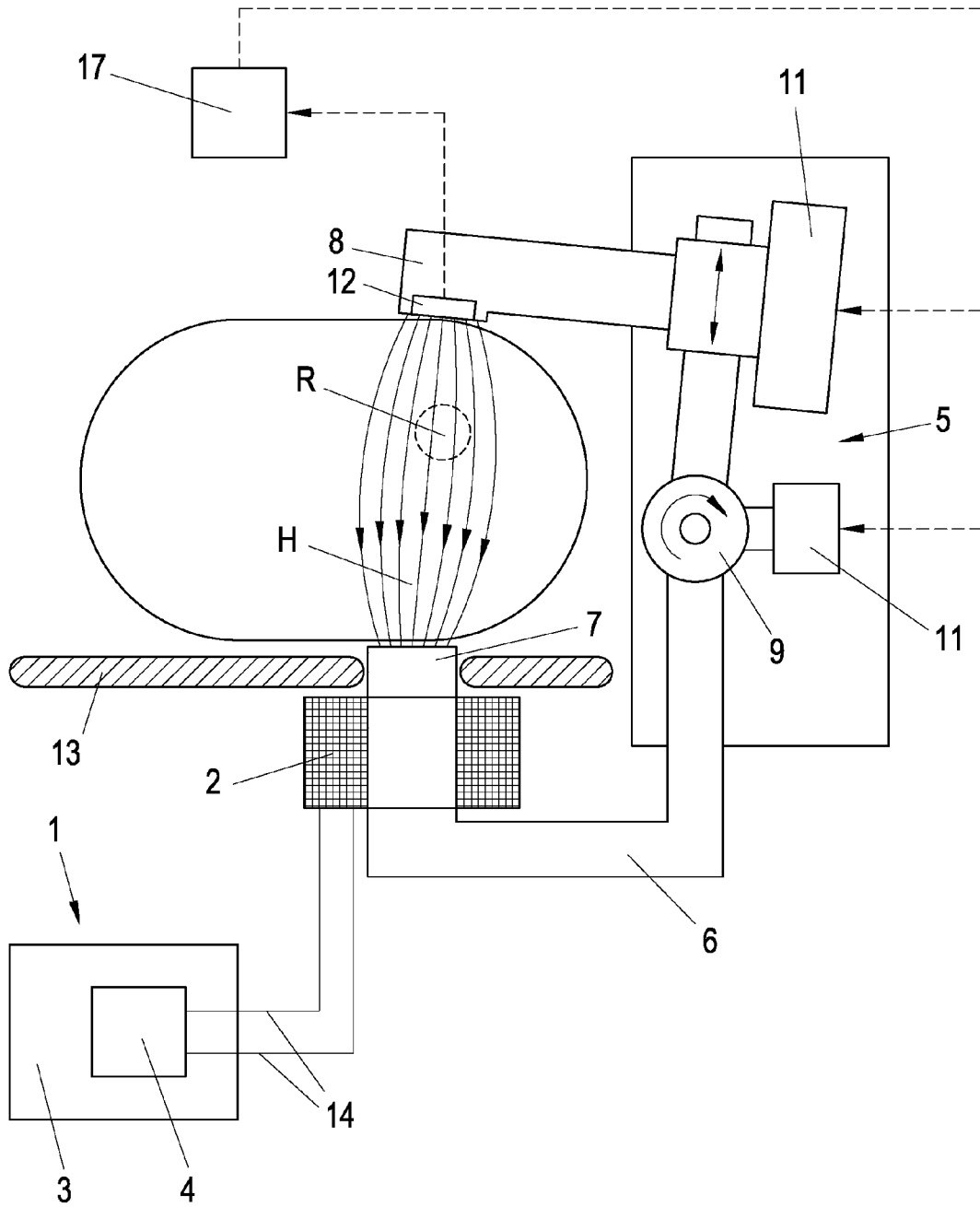


Fig. 4