

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 691 837 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
14.05.1997 Patentblatt 1997/20

(21) Anmeldenummer: **94911143.9**

(22) Anmeldetag: **10.03.1994**

(51) Int. Cl.⁶: **A61H 1/02**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP94/00740

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 94/22411 (13.10.1994 Gazette 1994/23)

(54) **BEWEGUNGSGERÄT FÜR DAS OBERE SPRUNGGELENK**

MOVEMENT SYSTEM FOR THE UPPER TALOCALCANEAN JOINT

APPAREIL MOTEUR POUR L'ARTICULATION TALO-CALCANEENNE SUPERIEURE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE LI

(30) Priorität: **31.03.1993 CH 993/93**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.01.1996 Patentblatt 1996/03

(73) Patentinhaber: **MEDIREHA GMBH**
D-79224 Umkirch (DE)

(72) Erfinder:
• **STAUBESAND, Jochen**
D-79001 Freiburg i.Br. (DE)

• **GROTENHUIS, Josef, Anton**
NL-6544 ZB Nijmegen (NL)
• **HOLZ, Bernd**
D-7801 Gottenheim (DE)

(74) Vertreter: **Lusuardi, Werther Giovanni, Dr.**
Dr. Lusuardi AG,
Kreuzbühlstrasse 8
8008 Zürich (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 270 734 **EP-A- 0 496 528**
CH-A- 682 049 **US-A- 2 815 020**
US-A- 3 580 244 **US-A- 3 695 255**
US-A- 3 917 261

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).

EP 0 691 837 B1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Bewegung des oberen Sprunggelenkes, gemäss der Gattung des Patentanspruchs 1.

Geräte der genannten Art werden zur passiven und aktiven Gelenkmobilisation eingesetzt. Zumeist handelt es sich dabei um Geräte, welche ohne Berücksichtigung der Besonderheiten des oberen Sprunggelenkes konstruiert wurden.

Die Situation im oberen Sprunggelenk ist aber eine sehr spezielle. An ihren distalen Enden laden Schien- und Wadenbein aus zu den gut sicht- und tastbaren Knöcheln (malleolus lateralis et medialis). In dieser Malleolengabel bewegt sich die Rolle (trochlea) des Sprungbeins (talus). Es handelt sich somit um ein Scharniergelenk, welches sowohl eine Streckung (Dorsalextension) als auch eine Beugung (Plantarflexion) des Fusses gegen den Unterschenkel und umgekehrt um eine quer durch den inneren und äusseren Knöchel verlaufende Achse erlaubt und als oberes Sprunggelenk (articulatio talocruralis) bezeichnet wird.

Durch den engen Kontakt der Malleolengabel mit der Sprungbeinrolle sind andere Bewegungsarten nicht möglich, abgesehen von gewissen Wackelbewegungen, die bei zunehmender Plantarflexion grösser werden, da in dieser Stellung der hintere, schmalere Abschnitt der Sprungbeinrolle in der Malleolengabel liegt.

Aus der Grundstellung, in welcher der Fuss zum Unterschenkel in einem rechten Winkel steht, ist eine Bewegungsamplitude von insgesamt 70° - 80° möglich, wobei zu berücksichtigen ist, dass der Bewegungsaus- schlag erheblichen individuellen, z.B. trainingsbeding- ten Schwankungen unterliegt, und mit zunehmendem Alter sowie bei gelenkversteifenden Prozessen deutlich kleiner wird. Umschlossen wird das obere Sprunggelenk von einer Kapsel, die nach vorn und hinten relativ dünn und schlaff ist, während sie an beiden Seiten durch kräftige Bänder verstärkt wird.

Bewegungen im oberen Sprunggelenk, die beim Gehen, Laufen, Springen u.s.w. erfolgen, wirken zusätzlich auf den venösen Rückstrom ein.

Allgemein ist bekannt, dass die Rückkehr des Blutes aus den Beinvenen zum Herzen durch sogenannte "Muskel- und Gelenkpumpen" gefördert wird. Infolge der aufrechten Körperhaltung des Menschen und der damit verbundenen hydrostatischen Druckbelastung erhalten die Venen der unteren Extremitäten eine Sonderstellung. Die vom Herzen über die Arterien vermit- telte Energie reicht zunächst, jedoch nicht auf Dauer aus, um die Strömung im venösen Gefässgebiet der Beine zu gewährleisten. Zu treibenden Kräften des venösen Rückstroms werden vor allem die Kontraktio- nen der Muskulatur des Beines. Sie führen zur Kom- pression der Venen, deren Klappenventile dafür sorgen, dass das Blut nicht peripherwärts, sondern nur zentral- wärts - also zum Herzen hin - fliessen kann.

Aber auch die Bewegung in den Gelenken, von den

Zehen- über die Fuss-, die Knie- bis zu den Hüftgelen- ken, führt zu Dilatationen und Kompressionen der Venen. Dadurch wird die Wirkung der Muskelpumpe entscheidend unterstützt. Besonders zu beachten ist, dass aktive wie passive Bewegungen in den Gelenken blutströmungsfördernd wirken. Dadurch besteht die Möglichkeit, auch bei durch Narkose, Bewusstlosigkeit, Lähmung oder Fixierung durch Gips- und andere Ver- bände muskelinaktiven Patienten die Gelenkpumpen mit Hilfe "von aussen" kommender Kräfte wirksam wer- den zu lassen.

Eine herausragende Bedeutung kommt hierbei dem oberen Sprunggelenk zu. In seiner Umgebung fin- den sich dichte Hautvenennetze und zusätzlich zahlrei- che Blutgefässe im Fettkörper zwischen Achillessehne und Malleolengabel, die - geradezu wie ein Schwamm - mit jeder Bewegung in der Articulatio talocruralis von distal her gefüllt bzw. herzwärts ausgepresst werden.

Da Blutstillstand in den Venen (= Stase) unstrittig einer der wesentlichen thrombosefördernden Faktoren darstellt, ist jede Massnahme, die der Stase entgegen- wirkt, von vorbeugender Bedeutung, weil sie das Thrombose-Embolie-Risiko senkt.

Eine physikalische Thromboseprophylaxe allein oder zur Unterstützung medikamentöser Therapien ist also ganz allgemein bei bettlägerigen Patienten ange- zeigt. Bekannt ist auch, dass Bewegungen in den obern Sprunggelenken Folgezustände der chronischen venösen Insuffizienz (z.B. "offene Beine") und gelenk- versteifende Prozesse günstig beeinflussen können. Die durch diese Bewegungen bewirkte Beschleunigung des venösen Rückstroms im oberflächlichen und tiefen Venensystem der unteren Extremitäten geht mit einer Steigerung des arteriellen Inflows einher. Dies wirkt sich auch bei arteriellen Durchblutungsstörungen im Bereich der Beine positiv aus. Erste Versuche weisen auch darauf hin, dass solche Bewegungen die Ergeb- nisse von Lymphographien durch Kompression der Lymphgefässe in der Umgebung des Sprunggelenkes verbessern können.

Da durch Pflegepersonal oder Krankengymnasten ausgeführte passive Bewegungen im oberen Sprung- gelenk meist nur begrenzt möglich sind, besteht Bedarf an einem mechanischen Gerät, das diese Funktionen weitgehend übernehmen kann.

Derartige mechanische mit Fusspedalen (= Fuss- auflagen) versehene Geräte mit elektrischem oder pneumatischem Antrieb, wobei die rotierende bzw. die lineare Bewegung des Antriebes in eine hin- und herge- hende Schwenkung des Fusspedals umgesetzt wird, sind bekannt. Ebenso ist bekannt, dass die Drehwinkel- geschwindigkeit regelbar und der Schwenkbereich ver- stellbar ist.

Alle bekannten Geräte werden zudem den praktischen Anforderungen der Klinik nicht gerecht. Sie sind entwe- der zu umständlich, zu schwer, zu laut, zu unhandlich oder zu störanfällig. Deshalb werden sie von Patienten, Pflegepersonal bzw. Beschaffungsstellen nicht ange- nommen. Sie haben sich deshalb auf dem Markt nicht

durchsetzen können.

Ein weiterer Nachteil der bekannten Geräte besteht darin, dass der Schwenkbereich der Pedale oder Fussauflagen von Patient zu Patient auf die Beweglichkeit des Fusses eingestellt werden muss, denn es gibt grosse individuelle Variationen des Bewegungsumfanges im oberen Sprunggelenk.

Klinische Messungen haben Unterschiede ergeben von 0 bis 35 Grad bei der Dorsalextension und von 27 bis 65 Grad bei der Plantarflexion in Abhängigkeit vom Alter, vom Geschlecht und vom Einfluss von Venenkrankheiten und Versteifungen.

Auch Seitendifferenzen kommen häufig vor, d.h. dass Extension und Flexion linksseitig und rechtsseitig verschieden sind.

Beim Einstellen des Schwenkbereiches auf den Bewegungsausschlag des Fusses können Fehler gemacht werden, oder während des Betriebes durch ein unbeabsichtigtes Verstellen Änderungen auftreten, die zu Verletzungen oder Überbeanspruchung führen.

Sowohl aus Gründen der Sicherheit als auch der praktischen Handhabung stellt sich die Forderung nach einem Gerät, das so konstruiert ist, dass der Schwenkbereich des Fusspedals sich automatisch auf das Höchstmass an Beweglichkeit eines Fusses einstellt, so dass auch für einen alters- oder krankheitsbedingt eingeschränkten Bewegungsumfang im oberen Sprunggelenk keine Einstellung durch das Pflegepersonal erforderlich ist. Diese automatische Einstellung soll für beide Füße getrennt erfolgen können, sodass eine selbsttätige Anpassung auch dann erfolgt, wenn der Bewegungsumfang im oberen Sprunggelenk des rechten und linken Fusses ungleich ist.

Weitere Forderungen in Bezug auf Sicherheit und praktische Handhabung sind folgende:

Das Höchstdrehmoment, das im Gerät beim Stillstand der Pedale infolge des Erreichens des Endes einer möglichen Extension oder Flexion von der Umkehrbewegung auftreten kann, muss deutlich unterhalb der Schmerzgrenze liegen und darf beim Stillstand der beiden Fusspedale oder eines davon nicht ansteigen. Mit anderen Worten: Das gewählte Höchstdrehmoment soll in der nahezu geradlinigen Kennlinie im Kraft/Weg-Diagramm einen Knickpunkt darstellen, in dem Sinne, dass nach Überschreiten dieses Knickpunktes die Kennlinie im wesentlichen flach weiterläuft.

Aus der US-A-3 695 255 ist ein Fussbewegungsgerät gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bekannt, bei welchem die Antriebswelle des Motors mit der Pedalwelle mittels eines federnd zusammenziehbaren Verbindungsgestänges verbunden ist. Dadurch wird die Forderung erfüllt, dass beim erzwungenen Stillstand eines Fusspedals infolge Erreichens einer Endlage im Bewegungsumfang des oberen Sprunggelenkes die Motorwelle weiterlaufen kann. Die zweite wesentlich wichtigere Forderung, dass beim Stillstand eines Fusspedals das Höchstdrehmoment beim Weiterlaufen der Motorwelle nicht mehr ansteigen darf, wird jedoch nicht erfüllt. Die offenbarten Schraubenfedern sind konven-

tioneller Art, so dass auch nach Erreichen einer Endlage im Bewegungsumfang eines oberen Sprunggelenkes die Kennlinie dieser Schraubenfedern geradlinig weiter ansteigt und somit die Krafteinwirkung auf das Sprunggelenk weiter ansteigt.

Da aus der Narkose aufwachende Patienten häufig sehr unruhig sind, sollte das Gerät in einfacher Weise an jedem Bett befestigt werden können.

Bei Patienten mit dicken Oberschenkeln ist es notwendig, dass die Fusspedale axial verstellbar sind, sodass die Füße weiter auseinander kommen.

Für Patienten mit X- oder O-Beinen ist es wünschenswert, dass die Fusspedale ausserdem im Befestigungsdrehpunkt nach links und nach rechts verstellbar sind.

Aus der Grundstellung, in welcher der Fuss zum Unterschenkel in einem rechten Winkel steht, ist bei dem erfindungsgemässen Gerät ein Heben (Dorsalextension) von 20° und ein Senken (Plantarflexion) von 40°, d.h. ein Schwenkbereich von insgesamt 60° vorgesehen. Wenn nun bei einem Patienten der rechte Fuss (ausgehend von besagter Grundstellung) eine Dorsalextension von 6° und der linke Fuss eine Plantarflexion von 32° zulässt, dann bleibt das rechte Fusspedal bei "6° Heben" stehen und das linke Pedal schwenkt bis "32° Senken" weiter. Im Stillstand bleibt der rechte Fuss mit dem vorgegebenen Höchstdrehmoment als Druck auf der Fusssohle, und der linke Fuss mit demselben Höchstdrehmoment als Zug auf dem Rist belastet. Die weiterlaufende Motorwelle nimmt durch Umkehr der Kurbelbewegung beide Pedale wieder in die Schwenkbewegung auf. Beim Erreichen der individuellen Endlage der Plantarflexion (z.B. 28°) bleibt alsdann das rechte Pedal stehen, während das linke Pedal beim Erreichen der individuellen Endlage der Dorsalextension (z.B. 10°) steht. In beiden Fällen ist eine Zug-, bzw. Druck-Belastung auf Rist und Sohle mit dem vorgegebenen Höchstdrehmoment gewährleistet. Dieser Höchstwert kann erfindungsgemäss niemals überschritten werden.

Im weiteren soll das Gerät mit wenigen Handgriffen in einfacher Weise umrüstbar sein für ein einzelnes Bein, wahlweise für das linke oder das rechte. Dies gilt z.B. für Unfallverletzte mit Beinoperationen und für manche orthopädischen Operationen an einem Bein. In diesem Falle darf das nicht benutzte Fusspedal nicht mitschwenken, und daher am besten nicht vorhanden sein.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Bewegung des oberen Sprunggelenkes zu schaffen, welche die beschriebenen Nachteile überwindet und insbesondere den Schwenkbereich der beiden Fusspedale automatisch dem jeweils möglichen, durch Krankheit oder Alter eventuell eingeschränkten und oftmals auch links und rechts unterschiedlichen, Bewegungsumfang der Patientenfüsse anpasst.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe mit einer Vorrichtung, welche die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfin-

dung sind in den abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet.

Der Vorteil der erfindungsgemässen Vorrichtung liegt vorallem darin, dass beim erzwungenen Stillstand eines Fusspedals, infolge des Erreichens einer Endlage im Bewegungsumfang eines Fusses, das Drehmoment an der stillstehenden Fusspedalwelle einen vorgegebenen Höchstwert erreicht und nahezu konstant beibehält, während die Motorwelle weiterläuft, so dass der Fuss in seiner möglichen Endlage, sowohl in der Plantarflexion als auch in der Dorsalextension, mit dem vorgegebenen, nahezu konstanten Drehmoment beaufschlagt bleibt, unabhängig davon bei welchem Gradwinkel im Schwenkbereich ein Fusspedal zum Stillstand kommt.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, welches zugleich das Funktionsprinzip erläutert, ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben.

Fig. 1 zeigt einen Längsschnitt durch die erfindungsgemässe Vorrichtung;

Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch die erfindungsgemässe Vorrichtung;

Fig. 3 zeigt eine Ansicht von vorne der erfindungsgemässen Vorrichtung;

Fig. 4 zeigt eine Seitenansicht der erfindungsgemässen Vorrichtung;

Fig. 5 zeigt eine als Hohlstange ausgebildete Schubstange der Vorrichtung nach Fig. 1;

Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung der Wirkungsweise der Hohlstange nach Fig. 5;

Fig. 7 zeigt ein Diagramm mit der Kennlinie der in der Schubstange nach Fig. 5 enthaltenen Tellerfedern;

Fig. 8 zeigt eine schematische Teildarstellung einer Variante der Schubstange für die erfindungsgemässe Vorrichtung;

Fig. 9 zeigt eine schematische Teildarstellung einer zweiten Variante der Schubstange für die erfindungsgemässe Vorrichtung; und

Fig. 10 zeigt eine schematische Teildarstellung einer dritten Variante der Schubstange für die erfindungsgemässe Vorrichtung.

Die in den Fig. 1 bis 4 dargestellte Vorrichtung zur Bewegung des oberen Sprunggelenkes umfasst innerhalb eines Gehäuses 7 zwei horizontal in einer Lagerung 6a,6b liegende, links und rechts koaxial sich erstreckende Fusspedalwellen 1a,1b, auf denen radial

je ein linkes und rechtes Fusspedal 2a,2b drehfest montiert sind.

Jedes Fusspedal 2a,2b ist - wie in Fig. 3 dargestellt - auf einer abgewinkelten Schiene 23a,23b in einem Schlitz 24a,24b axial verschiebbar, so dass die Fusspedalen 2a,2b bei Patienten mit adipösen Oberschenkeln axial weiter auseinander eingestellt werden können. An beliebiger Stelle im besagten Schlitz 24a,24b ist jedes Pedal 2a,2b ausserdem im Befestigungsdrehpunkt nach links oder rechts - wie durch den Pfeil 25 angedeutet - um etwa 10° schwenkbar zur Anpassung des Gerätes an Patienten mit X- oder O-Beinen. Die Fusspedalen 2a,2b werden mittels eines Exzentersternhebels 29 fixiert.

Die obengenannten, abgewinkelten Schienen 23a,23b - in Form von Winkelblechen - sind an der Gehäusesseite mit je einem Adapter 27a,27b mit integrierten Indexbolzen 26 versehen. Die innerhalb des Gehäuses 7 gelagerten Wellen 1a,1b sind am Gehäuseseustritt ebenfalls mit einer Adapterplatte 21a,21b versehen und können mittels einer Rändelschraube 28 mit den Adaptern 27a,27b der Winkelschienen 23a,23b in drei durch die obengenannten Indexbolzen definierten Stellungen miteinander verbunden werden, so dass noch zwei weitere Nullagen neben der Hauptnullage einstellbar sind (schraffierte Stellungen in Fig. 4).

Mittels eines über das Netzteil 34 gesteuerten Getriebemotors 3 wird über die Kupplung 31 und das Kegelradgetriebe 32 die Motorwelle 4 angetrieben. An der drehfest mit der Motorwelle 4 verbundenen Exzenterzscheibe 33a, bzw. 33b ist über einen Dorn 35a, bzw. 35b eine als Hohlstange ausgebildete Schubstange 51a, bzw. 51b befestigt. Die Schubstange 51a, bzw. 51b greift an ihrem anderen Ende - wiederum exzentrisch - am Dorn 22a, bzw. 22b einer drehfest mit der Fusspedalwelle 1a, bzw. 1b verbundenen Adapterplatte 21a,21b an.

Auf diese Weise wird eine alternierende, gegenläufige Schwenkbewegung des linken und rechten Fusspedals 2a,2b zwischen zwei Endlagen innerhalb eines beschränkten Winkelbereiches umgesetzt. In Fig. 2 befindet sich links die Schubstange 51b in der oberen Totpunkt-Stellung, welche der Plantarflexion von ca. 40° entspricht. Rechts in der Figur befindet sich die Schubstange 51a in der unteren Totpunkt-Stellung, welche der Dorsalextension von ca. 20° entspricht.

Wie in Fig. 5 gezeigt, sind in der Schubstange 51a zwei Tellerfederpakete 52,58 mit gegenläufigem Federweg angeordnet, welche kurz vor dem Knickpunkt in der Kennlinie vorgespannt sind. Das Tellerfederpaket 58 ist in der Kammer 57 für die Druckstufe angeordnet und das Tellerfederpaket 52 ist in der Kammer 53 für die Zugstufe angeordnet. Das Tellerfederpaket 58 ist mit dem Druckanker 56 verbunden, das Tellerfederpaket 52 mit dem Zuganker 54. Zug- und Druckanker 54 und 56 weisen an ihrem frei Ende beide ein Lagerauge 55 auf, in welches die Dorne 22a, bzw. 35a eingreifen können.

In Fig. 6 ist der Aufbau und die Funktionsweise der Schubstange 51a näher beschrieben.

Im mittleren Bild der Fig. 6 befindet sich die Schubstange in Ruhelage für Kräfte innerhalb des Bereiches von 0 - 220 Newton.

Dieser Wert entspricht einem Ausrastdrehmoment von ca. 5 Nm. Das Tellerfederpaket 52 ist auf der Hülse 62 mit endständiger Scheibe 65 gelagert. Innerhalb der Hülse 62 ist der Zuganker 54 gleitbar angeordnet der mit seiner Scheibe 61 am Ring 64 anstösst. Das Tellerfederpaket 58 ist auf dem hohl ausgebildeten Druckanker 56 mit Scheibe 63 gelagert und stösst ebenfalls an den Ring 64.

Im oberen Bild der Fig. 6 ist dargestellt, wie bei einer Expansion mit einer Zugkraft von 220 N oder grösser das Tellerfederpaket 52 durch den in der Hülse 62 gleitbar angeordneten Zuganker 54, mittels dessen fest verbundener Scheibe 61, welche an der Hülse 62 anstösst, komprimiert wird.

Da der Zuganker 54 gleitbar innerhalb des hohl ausgebildeten Zugankers 56 gelagert ist, werden keine Kräfte auf das Tellerfederpaket 58 ausgeübt. Die Expansion der Schubstange 51a beträgt bei den vorgesehenen Abmessungen 8 mm.

Im unteren Bild der Fig. 6 ist dargestellt, wie bei einer Kompression mit einer Druckkraft von 220 N oder grösser das Tellerfederpaket 58 von der fest mit dem Zuganker 56 verbundenen Scheibe 63 komprimiert wird, währenddem das Tellerfederpaket 52 unbelastet bleibt. Die Kompression der Schubstange 51a beträgt bei den vorgesehenen Abmessungen ebenfalls 8 mm.

Die Kennlinie der in den erfindungsgemässen Tellerfederpaketen 52,58 verwendeten Tellerfedern ist diagrammässig in Fig. 7 dargestellt. Auf der Abszisse ist der Tellerfederhub s in Millimetern angegeben, auf der Ordinate ist die Kraft F in Newton angegeben. Die unschraffierte Fläche stellt den Vorspannbereich, die schraffierte Fläche den Arbeitsbereich der Tellerfeder dar. Wie aus dem Diagramm ersichtlich, ist die dick ausgezogene Kennlinie der Tellerfeder kurz vor ihrem Knickpunkt vorgespannt. Das im wesentlichen konstante maximale Drehmoment beim erzwungenen Stillstand der Fusspedalwelle 1a;1b liegt auf der, im wesentlichen flachen Kennlinie nach dem Knickpunkt.

Statt der in den Figuren 1 - 7 erläuterten Ausführungsform, in welcher Tellerfedern zur Drehmomentbegrenzung verwendet werden, sind auch andere Mittel 8,9,10 zu diesem Zweck einsetzbar.

Beispielsweise sind auch andere mechanische Federn einsetzbar, die eine vergleichbare Kennlinie aufweisen, so z.B. spezielle gewickelte Spiralfedern mit stark degressiver Kennlinie., Gummifederelemente u.ä. Allerdings bedingen andere mechanische Federelemente einen wesentlich grösseren Bauraum als Tellerfederpakete beanspruchen. Dies deshalb, weil verschiedene Federn derart zu einem System zusammengestellt werden müssen, dass die Aufeinanderfolge der jeweils geradlinigen Kennlinien des Kraft/Weg-Diagramms der Einzelfedern Knickungen aufweist, welche zu einer Abflachung des Gesamtsystems führen.

Besonders muss betont werden, dass mit Federn,

welche eine im wesentlichen geradlinige Kennlinie aufweisen, das Beibehalten eines nahezu konstanten Drehmomentes über den gesamten Schwenkbereich beim erzwungenen Stillstand nicht erreichbar ist. Handelsübliche zylindrische Druckfedern mit einer gleichbleibenden Federrate c in N/mm sind für die vorliegende erfindungsgemässe Lösung somit nicht brauchbar.

In Fig. 8 besteht das Mittel 8 zur Drehmomentbegrenzung aus zwei in axialer Richtung miteinander verbundenen, mit gegenläufiger Hubbewegung der Kolben 85 und seitliche mit je einem Akkumulator 84 versehenen Hydraulikzylindern 83. Die beiden Kolben 85 befinden sich dabei in einer Endlage und die Kolbenstangen 86 sind jeweils über die Dornen 22a,22a und 35a,35b mit den Adapterplatten 21a,21b der Fusspedalwellen 6a,6b bzw. den Exzentrerscheiben 33a,33b der Motorwelle 4 verbunden. Die beiden Flächen A_1 und A_2 der Kolben 85 sind gleich gross ausgebildet. Der Gasdruck der Akkumulatoren 84 entspricht dabei dem wählbaren Höchstwert für das zu übertragende Drehmoment.

In Fig. 9 besteht das drehmomentbegrenzende Mittel 9 aus zwei in axialer Richtung miteinander verbundenen, mit gegenläufiger Hubbewegung der Kolben 95 und mit gasgefülltem Hubraum 97 ausgerüsteten Pneumatikzylindern 93. Die beiden Kolben 95 befinden sich dabei in einer Endlage und die Kolbenstangen 96 sind über die Dornen 22a,22b und 35a,35b mit den Adapterplatten 21a,21b der Fusspedalwellen 1a,1b bzw. den Exzentrerscheiben 33a,33b der Motorwelle 4 verbunden. Die beiden Flächen A_1 und A_2 der Kolben 95 sind gleich gross ausgebildet. Der Gasdruck im Hubraum 97 entspricht dabei dem wählbaren Höchstwert für das zu übertragende Drehmoment.

Grundsätzlich kann das drehmomentbegrenzende Mittel auch aus einer geeigneten Elektronik bestehen. In einem solchen Fall sind zweckmässigerweise - statt eines einzigen Motors - zwei Motoren vorzusehen, da die beiden Füsse voneinander unabhängig in ihrem Bewegungsumfang angesteuert werden sollen. Vorzugsweise werden zwei Direktantriebe in der Sprunggelenkachse selbst vorgesehen. Als Motoren kommen Elektromotoren mit Positions-, bzw. Lageerkennung in Frage, insbesondere Schrittmotoren oder Servomotoren. Die beiden Motoren müssen miteinander kommunizieren können (Synchronisation), um nicht ausser Tritt zu kommen, d.h. es ist eine echte 2-Achskarte erforderlich, welche die zwei Motoren regelt, bzw. steuert. Die grundsätzliche Arbeitsweise bei einer elektronischen Drehmomentbegrenzung kann in folgende Schritte unterteilt werden:

1. Referenzfahrt:

Die beiden Motoren fahren auf ihre jeweiligen Endschalter zum referenzieren. Dieser Schritt kann bei Einsatz eines Absolutwegmesssystems (z.B. Potentiometer oder Resolver) entfallen. Bei Relativwegmesssystemen (z.B. Encoder) muss dieser Schritt nach dem Einschalten des Gerätes ohne Patient durchge-

führt werden.

2. Einmessen:

Die Elektronik (Mikroprozessor) steuert die Verstärker der beiden Motoren mit langsamer Drehzahl und kleinem Drehmoment an. Die für den Patienten individuellen Grenzwerte seines Bewegungsumfanges werden über den Leistungsanstieg (Strom und/oder Spannung) oder den Schleppfehler der beiden Motoren erfasst und in der Elektronik gespeichert.

3. Behandlungsstart:

Die beiden Motoren fahren mit ihrer vollen Leistung innerhalb des gemessenen Winkelbereiches im Reversierbetrieb, wobei die Synchronisation entweder über unterschiedliche Winkelgeschwindigkeiten der linken und rechten Fusseite oder durch unterschiedliche Pausenlänge in den Umkehrlagen erreicht werden kann (Programmierung).

In Fig. 10 ist eine weitere Ausführungsform der Erfindung beschrieben, bei welcher die Mittel zur Drehmomentbegrenzung einen hydraulischen Zylinder 10 mit durchgehender Kolbenstange 103 und seitliche eine Gleichrichterschaltung 104, bestehend aus vier Rückschlagventilen 105 und einem regelbaren Überdruckventil 106 umfasst. Die durchgehende Kolbenstange 103 auf der einen Seite und das Gehäuse 107 auf der anderen Seite sind mit einem Schwenkauge 108 versehen zur Verbindung mit den Adapterplatten 21a,21b mittels der Dornen 22a und 35a, wobei der eingestellte Federdruck des Überdruckventils 106 dem wählbaren Höchstwert für das übertragende Drehmoment entspricht.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bewegung des oberen Sprunggelenkes, die zwei horizontal in einer Lagerung (6a,6b) liegende, links und rechts koaxial sich erstreckende Fusspedalwellen (1a,1b) mit Exzentrerscheiben (33a,33b) umfasst, auf denen radial je ein linkes und rechtes Fusspedal (2a,2b) drehfest montiert sind und mittels eines Motors (3) mit auf beiden Wellenenden angeordneten Exzentrerscheiben (33a,33b) und mittels Schubstangen (51a,51b), welche die Exzentrerscheiben (33a,33b) verbinden, derart antreibbar sind, dass die rotierende Bewegung der Motorwelle (4) in eine alternierende, gegenläufige Schwenkbewegung des linken und rechten Fusspedals (2a,2b) zwischen zwei Endlagen innerhalb eines beschränkten Winkelbereiches umgesetzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Schubstangen (51a,51b) mit federnden Vorrichtungen (8;9;10) mit, in Abhängigkeit von der anzuwendenden Kraft, veränderbaren Länge ausgebildet sind, derart dass die Schubstangen (51a,51b) sowohl für Zug als auch für Druck

gefedert sind, wobei die federnden Vorrichtungen (8;9;10) für Zug und Druck mit der gleichen Kraft vorgespannt sind und bewirken, dass beim erzwungenen Stillstand eines Fusspedales (2a,2b), infolge Erreichens einer Endlage im Bewegungsumfang eines oberen Sprunggelenkes, das von der Motorwelle (4) auf die Fusspedalwelle (1a;1b) übertragene, der Vorspannkraft entsprechende Drehmoment nicht überschritten werden kann, dadurch bedingt, dass die Kennlinie der Vorspannkraft, dargestellt in einem Kraft/Weg-Diagramm geradlinig verläuft, beim Überschreiten der Vorspannkraft die Kennlinie einen Knickpunkt aufweist und danach im wesentlichen flach verläuft.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Fusspedal (2a,2b) auf einer Winkelschiene (23a,23b) in einem Schlitz (24a,24b) axial verschiebbar angeordnet ist, und an beliebiger Stelle im Schlitz (24a,24b) ausserdem im Befestigungsdrehpunkt nach links und nach rechts um etwa 10° schwenkbar ist, und die Winkelschiene (23a,23b) gehäuseseitig mit einem Adapter (27a,27b) versehen ist, der mittels einer Rändelschraube (28) befestigt werden kann mit einem Adapter (21a,21b) der Wellen (1a,1b) derart, dass beide Adapter in drei verschiedenen Positionen zueinander indexiert und verbunden werden können, so dass ausser der senkrechten Nulllage noch zwei weitere Nulllagen einstellbar sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Drehmomentbegrenzung in jeder Schubstange (51a,51b) angeordnete federnde Vorrichtung aus zwei Tellerfederpaketen (52,58) besteht, vorzugsweise mit Tellerfedern unterschiedlicher Federkonstante, wobei für jedes Paket Anzahl, Durchmesser und Materialdicke der einzelnen Tellerfedern derart gewählt und vorgespannt sind, dass die Vorspannkraft den gewünschten Knickpunkt im Kraft/Weg-Diagramm (7) erreicht und beim Überschreiten dieser Kraft infolge eines erzwungenen Stillstandes einer Fusspedalwelle (1a, 1b) in Zug- und Druck-Richtung die Kraftkennlinie im wesentlichen flach weiter läuft bedingt durch die Eigenschaften der Tellerfedern.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Drehmomentbegrenzung in jeder Schubstange (51a,51b) angeordnete federnde Vorrichtung (8) aus zwei in axialer Richtung miteinander verbundenen, mit Kolben (85) in gegenläufiger Hubbewegung und seitlich mit einem Akkumulator (84) versehenen Hydraulikzylinder (83) besteht, wobei der Gasdruck im Akkumulator (84) der federnden Vorspannkraft entspricht und beim Überschreiten dieser Kraft infolge eines erzwungenen Stillstandes einer Fusspedalwelle (1a,1b) in Zug- und Druck-Richtung die Kraftkennli-

nie in Abhängigkeit vom Gasvolumen und bedingt durch die Gleichheit der Flächen der Kolben (85) (A1,A2) nur unwesentlich ansteigt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Drehmomentbegrenzung in jeder Schubstange (51a,51b) angeordnete federnde Vorrichtung (9) aus zwei in axialer Richtung miteinander verbundenen, mit Kolben (95) in gegenläufiger Hubbewegung und mit gasgefülltem Hubraum (97) ausgerüstete Pneumatikzylinder (93) besteht, wobei der Gasdruck im Hubraum (97) der federnden Vorspannkraft entspricht und beim Überschreiten dieser Kraft infolge eines erzwungenen Stillstandes einer Fusspedalwelle (1a,1b) in Zug- und Druck-Richtung die Kraftkennlinie in Abhängigkeit vom Gasvolumen und bedingt durch die Gleichheit der Flächen der Kolben (95) (A1,A2) nur unwesentlich ansteigt. 5
10
15
20
6. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Drehmomentbegrenzung in jeder Schubstange (51a,51b) angeordnete federnde Vorrichtung (10) aus einem hydraulischen Zylinder mit durchgehender Kolbenstange (103) und seitlich einer Gleichrichterschaltung (104) besteht, welche vier Rückschlagventile (105) und eine regelbares Überdruckventil (106) umfasst, wobei die Einstellung des Überdruckventils (106) der federnden Vorspannkraft entspricht und beim Überschreiten dieser Kraft infolge eines erzwungenen Stillstandes einer Fusspedalwelle (1a,1b) durch das Öffnen des Überdruckventils (106) die Kraftkennlinie in Zug- und Druck-Richtung exakt flach weiterverläuft bedingt durch die Gleichrichterschaltung der Rückschlagventile (105). 25
30
35
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Motor (3) ein Getriebemotor ist. 40
8. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schubstangen (51a,51b) mit den federnden Vorrichtungen (8;9;10) zur Drehmomentbegrenzung eine elektronische Steuerung für den Motor (3), vorzugsweise mit einem Mikroprozessor umfassen. 45
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Motor (3) aus zwei einzelnen Elektromotoren besteht. 50
10. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die federnde Vorrichtung in den Schubstangen (51a,51b) zur Drehmomentbegrenzung ein Druckfedersystem umfasst, das derart gewickelt ist, dass es eine stark degressive Kennlinie im Kraft/Weg-Diagramm aufweist. 55

11. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die federnde Vorrichtung in den Schubstangen (51a,51b) zur Drehmomentbegrenzung ein System aus Gummi- oder Kunststoff-Federn umfasst, deren Formgebung derart gewählt ist, dass das System eine stark degressive Kennlinie im Kraft/Weg-Diagramm aufweist.

Claims

1. Apparatus for the mobility of the talo-crural articulation, with two pedal shafts (1a, 1b) horizontally provided in a bearing (6a, 6b) and laterally extending to the left and to the right, with eccentric disks (33a, 33b) on each of which respective left and right pedals (2a, 2b) are fixedly mounted, said disks being drivable by means of an electric motor (3) having eccentric disks (33a, 33b) mounted on the ends of the two shafts and by means of connecting rods (51a, 51b) connected to said eccentric disks (33a, 33b) such that the rotational movement of the shaft (4) of said electric motor is converted into alternated and opposed tilting movements of said left and right pedals (2a, 2b) inside an angular range limited by two end positions, characterized in that said connecting rods (51a, 51b) are configured with resilient devices (8; 9; 10) the length of which is variable as a function of the force to be exerted, such that said connecting rods (51a, 51b) are rendered resilient in traction and in compression, said resilient devices (8; 9; 10) being prestressed by the same force in traction and in compression, the effect of which being that when a pedal (2a, 2b) is prescribed to stop because an end position is reached in the amount of movement of one talo-crural articulation, the torque transferred by said electric motor (4) on said pedal shafts (1a; 1b) and corresponding to said prestressing force cannot be exceeded because the force characteristic line in a force-elongation diagram extends along a straight line, and when said prestressing force is exceeded, said characteristic line has an inflection point and extends from there substantially flat.
2. An apparatus as claimed in claim 1, characterized in that each said pedal (2a, 2b) is positioned on an angled rail (23a, 23b) such as to be able to glide axially within a slot (24a, 24b) and is further able to be inclined of an angle of approximately 10° to the left and to the right around the point of fixation thereof, at any position in said slot (24a, 24b), and on the casing side, said angled rail (23a, 23b) is provided with an adapter (27a, 27b) able to be fixed with an embossed nut (28) on an adapter (21a, 21b) provided on said shafts (1a, 1b), such that both adapters are able to be moved and attached to each other in three different positions, such that not only the neutral vertical position, but also two other neutral positions are able to be set.

3. An apparatus as claimed in claim 1 or 2, characterized in that said resilient device provided in each connecting rod (51a, 51b) in order to limit said torque is comprised of two sets of disk springs (52, 58) having preferably disk springs with different elastic constants, wherein the number, diameter and thickness of material of the individual disk springs for each set are selected and prestressed such that said prestressing force reaches the desired inflection point in said force-elongation diagram (7), and when said force is exceeded as the result of a prescribed stop for one of said pedal shaft (1a, 1b) either in the direction of traction or the direction of compression, said force characteristic line extends substantially flat as a result of said disk springs proprieties. 5 10
4. An apparatus as claimed in claim 1 or 2, characterized in that said resilient device (8) provided in each connecting rod (51a, 51b) in order to limit said torque is comprised of two hydraulic cylinders (83) connected to each other in the axial direction, provided with pistons (85) the strokes of which are mutually opposed and provided with a side accumulator (84), the gas pressure in said accumulator (84) corresponding to the elastic prestressing force, and when said force is exceeded as a result of a prescribed stop for one of said pedal shafts (1a, 1b), either in the direction of traction or in the direction of compression, said force characteristic line slopes upwards only negligeably under the dependance of the volume of said gas and because the surface areas (A1, A2) of said pistons (85) are equal. 20 25 30
5. An apparatus as claimed in claim 1 or 2, characterized in that said resilient device (9) provided in each connecting rod (51a, 51b) in order to limit said torque est comprised of two pneumatic cylinders (93) attached to each other in the axial direction, provided with pistons (95) the strokes of which are opposed and of a displacement chamber (97) filled with gas, the pressure of said gas in said displacement chamber (97) corresponding to said elastic prestressing force, and when said force is exceeded as a result of a prescribed stop for one of said pedal shafts (1a, 1b), either in the direction of traction or in the direction of compression, said force characteristic line slopes upwards only negligeably under the dependance of the volume of said gas and because the surface areas (A1, A2) of said pistons (95) are equal. 35 40 45 50
6. An apparatus as claimed in claim 1 or 2, characterized in that said resilient device (10) provided in each connecting rod (51a, 51b) in order to limit said torque is comprised of an hydraulic cylinder through which a piston rod (103) extends, and of a rectifying circuit (104) positioned laterally, comprising four 55

one-way valves (105) and one controlable pressure valve (106), the settings of said pressure valve (106) corresponding to said elastic prestressing force, and when said force is exceeded as a result of a prescribed stop for one of said pedal shafts (1a, 1b), as a result of the opening of said pressure valve (106), either in the direction of traction or in the direction of compression, said force characteristic line extends exactly flat as a result of said rectifying circuit with said one-way valves (105).

7. An apparatus as claimed in one of claims 1 to 6, characterized in that said electric motor (3) is a geared electric motor.
8. An apparatus as claimed in claim 1 or 2, characterized in that said connecting rods (51a, 51b) provided with said resilient devices (8; 9; 10) in order to limit said torque comprise an electronic control for the electric motor (3), preferably with a microprocessor.
9. An apparatus as claimed in claim 8, characterized in that said electric motor (3) is comprised of two individual electric motors.
10. An apparatus as claimed in claim 1 or 2, characterized in that said resilient device provided in said connecting rods (51a, 51b) in order to limit said torque comprises a compression spring assembly coiled such that it has a strongly decreasing characteristic line in the force-elongation diagram.
11. An apparatus as claimed in claim 1 or 2, characterized in that said resilient device provided in said connecting rods (51a, 51b) in order to limit said torque comprises a rubber or plastic spring assembly the shape of which is selected such that the assembly has a strongly decreasing characteristic line in the force-elongation diagram.

Revendications

1. Dispositif pour la mobilisation de l'articulation talocrurale, qui comporte deux arbres de pédale (1a, 1b) placés horizontalement dans un palier (6a, 6b), et s'étendant coaxialement à gauche et à droite, présentant des disques excentriques (33a, 33b), sur chacun desquels une pédale de gauche et une pédale de droite (2a, 2b) respectives sont montées à rotation solidaire, et qui peuvent être entraînés au moyen d'un moteur (3) présentant des disques excentriques (33a, 33b) disposés sur les extrémités des deux arbres et au moyen de bielles (51a, 51b) qui sont reliées aux disques excentriques (33a, 33b), de telle sorte que le déplacement de rotation de l'arbre du moteur (4) soit converti en un déplacement d'inclinaison alternée et opposée de la pédale de gauche et de la pédale de droite (2a, 2b), à

l'intérieur d'une plage angulaire limitée par deux positions extrêmes, caractérisé en ce que les biel-
les (51a, 51b) sont configurées avec des dispositifs
élastiques (8; 9; 10) dont la longueur peut être
modifiée sous la dépendance de la force à exercer,
de telle sorte que les bielles (51a, 51b) soient ren-
dus élastiques tant en traction qu'en compression,
les dispositifs élastiques (8; 9; 10) étant précon-
traints par la même force pour la traction et la com-
pression et ayant pour effet que lorsque l'arrêt
d'une pédale (2a, 2b) est imposé parce qu'une
position extrême a été atteinte dans l'amplitude du
déplacement d'une articulation talo-crurale, le cou-
ple de rotation transféré par l'arbre du moteur (4)
sur les arbres de pédale (1a, 1b) et correspondant
à la force de précontrainte, ne peut être dépassé à
cause du fait que la caractéristique de la force de
précontrainte représentée dans un diagramme
force-déplacement s'étend en ligne droite, et que
lorsque la force de précontrainte est dépassée, la
caractéristique présente un point d'inflexion et
s'étend ensuite essentiellement à plat.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en
ce que chaque pédale (2a, 2b) est disposée sur un
rail coudé (23a, 23b) de manière à pouvoir coulis-
ser axialement dans une fente (24a, 24b), et peut
en outre, en un emplacement quelconque dans la
fente (24a, 24b), et, être inclinée d'environ 10° vers
la gauche et vers la droite autour de son point de
fixation, et du côté du boîtier, le rail coudé (23a,
23b) est doté d'un adaptateur (27a, 27b) qui peut
être fixé au moyen d'un écrou moleté (28) sur un
adaptateur (21a, 21b) des arbres (1a, 1b), de telle
sorte que les deux adaptateurs peuvent être dépla-
cés et reliés l'un à l'autre en trois positions différen-
tes, de sorte qu'en plus de la position neutre
verticale, il est encore possible de régler deux
autres positions neutres.

3. Dispositif selon les revendications 1 ou 2, caracté-
risé en ce que le dispositif élastique disposé dans
chaque bielle (51a, 51b) en vue de la limitation du
couple de rotation est constitué de deux ensembles
de ressorts en plateau (52, 58) comportant de pré-
férence des ressorts en plateau présentant diffé-
rentes constantes élastiques, tandis que pour
chaque ensemble, le nombre, le diamètre et l'épais-
seur de la matière des ressorts en plateau indivi-
duals sont sélectionnés et précontraints de telle
sorte que la force de précontrainte atteigne le point
d'inflexion voulu dans le diagramme force-déplace-
ment (7), et que lorsque cette force est dépassée
suite à un arrêt imposé à un arbre de pédale (1a,
1b), tant dans le sens de la traction que dans le
sens de la compression, la caractéristique de la
force se poursuit essentiellement à plat à cause
des propriétés des ressorts en plateau.

4. Dispositif selon les revendications 1 ou 2, caracté-
risé en ce que le dispositif élastique (8) disposé
dans chaque bielle (51a, 51b) en vue de la limita-
tion du couple de rotation est constitué de deux
vérins hydrauliques (83) reliés l'un à l'autre dans la
direction axiale, dotés de pistons (85) à course
opposée et dotés d'un accumulateur latéral (84), la
pression de gaz dans l'accumulateur (84) corres-
pondant à la force de précontrainte élastique et,
lorsque cette force est dépassée suite à un arrêt
imposé à un arbre de pédale (1a, 1b) tant dans le
sens de la traction que dans le sens de la compres-
sion, la caractéristique de la force ne monte plus
que de manière négligeable, sous la dépendance
du volume de gaz et à cause de l'égalité des surfa-
ces (A1, A2) des pistons (85).
5. Dispositif selon les revendications 1 ou 2, caracté-
risé en ce que le dispositif élastique (9) disposé
dans chaque bielle (51a, 51b) en vue de la limita-
tion du couple de rotation est constitué de deux
vérins pneumatiques (93) reliés l'un à l'autre dans
la direction axiale, dotés de pistons (95) à course
opposée et d'une chambre de déplacement (97)
remplie de gaz, la pression du gaz dans la chambre
de déplacement (97) correspondant à la force de
précontrainte élastique, et lorsque cette force est
dépassée suite à un arrêt imposé à un arbre de
pédale (1a, 1b), tant dans le sens de la traction que
dans le sens de la compression, la caractéristique
de la force ne monte plus que de manière négligea-
ble sous la dépendance du volume de gaz, et à
cause de l'égalité des surfaces (A1, A2) des pistons
(95).
6. Dispositif selon les revendications 1 ou 2, caracté-
risé en ce que le dispositif élastique (10) disposé
dans chaque bielle (51a, 51b) en vue de la limita-
tion du couple de rotation est constitué d'un vérin
hydraulique traversé par une tige de piston (103) et
d'un circuit redresseur (104) situé sur le côté, qui
comporte quatre clapets anti-retour (105) et une
soupape de surpression réglable (106), le réglage
de la soupape de surpression (106) correspondant
à la force de précontrainte élastique, et lorsque
cette force est dépassée suite à un arrêt imposé à
un arbre de pédale (1a, 1b), à cause de l'ouverture
de la soupape de surpression (106), tant dans le
sens de la traction que dans le sens de la compres-
sion, la caractéristique de la force se poursuit exac-
tement à plat, à cause du circuit redresseur des
soupapes anti-retour (105).
7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6,
caractérisé en ce que le moteur (3) est un groupe
motoréducteur.
8. Dispositif selon les revendications 1 ou 2, caracté-
risé en ce que les bielles (51a, 51b) comportant les

dispositifs élastiques (8; 9; 10) en vue de la limitation du couple de rotation comportent une commande électronique pour le moteur (3), de préférence avec un microprocesseur.

5

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que le moteur (3) est constitué de deux moteurs électriques individuels.

10. Dispositif selon les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le dispositif élastique prévu dans les bielles (51a, 51b) en vue de la limitation du couple de rotation comporte un système à ressort de compression qui est enroulé de manière à présenter une caractéristique fortement dégressive dans le diagramme force-déplacement.

10

15

11. Dispositif selon les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le dispositif élastique prévu dans les bielles (51a, 51b) en vue de la limitation du couple de rotation comporte un système constitué de ressorts en caoutchouc ou en plastique dont la forme est choisie de telle sorte que le système présente une caractéristique fortement dégressive dans le diagramme force-déplacement.

20

25

30

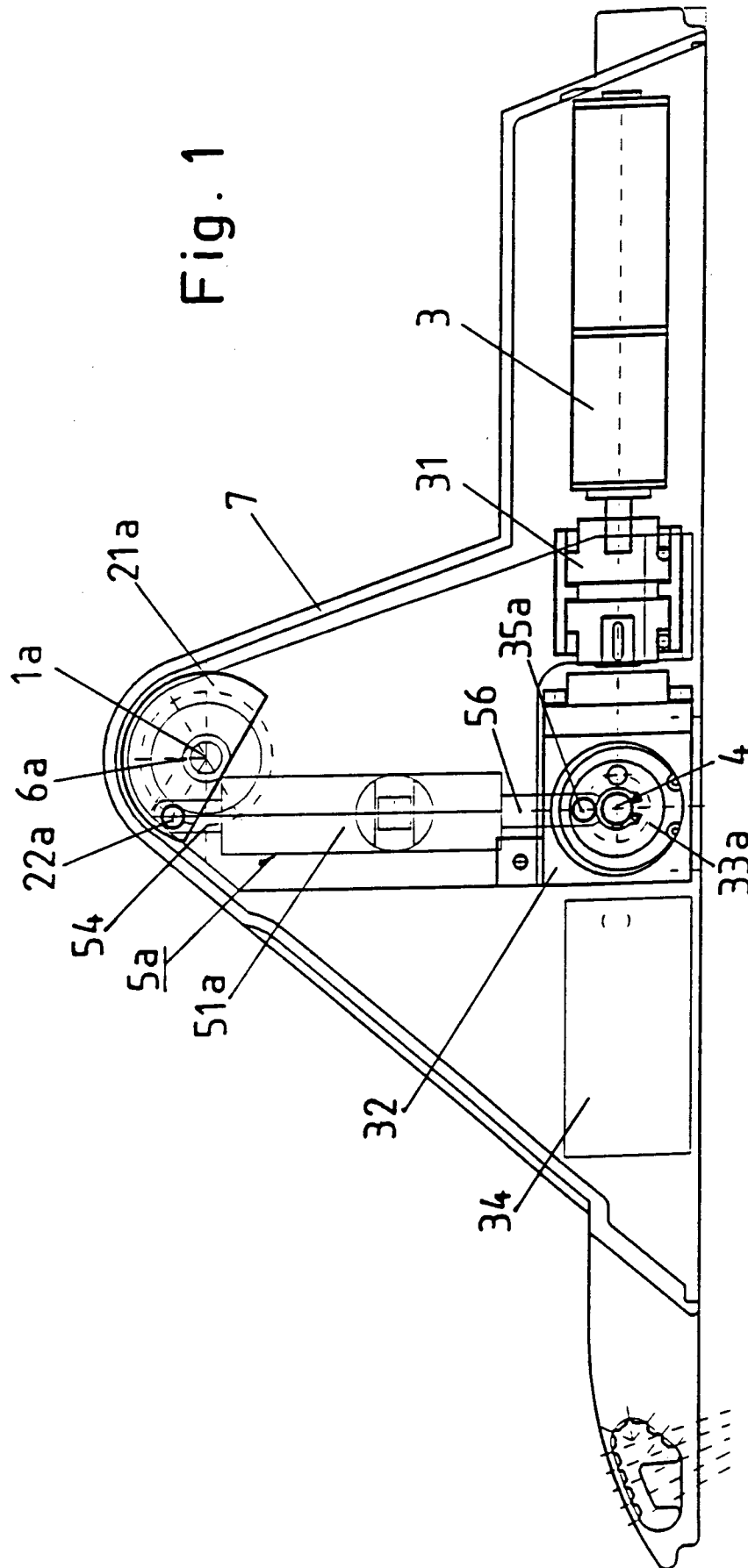
35

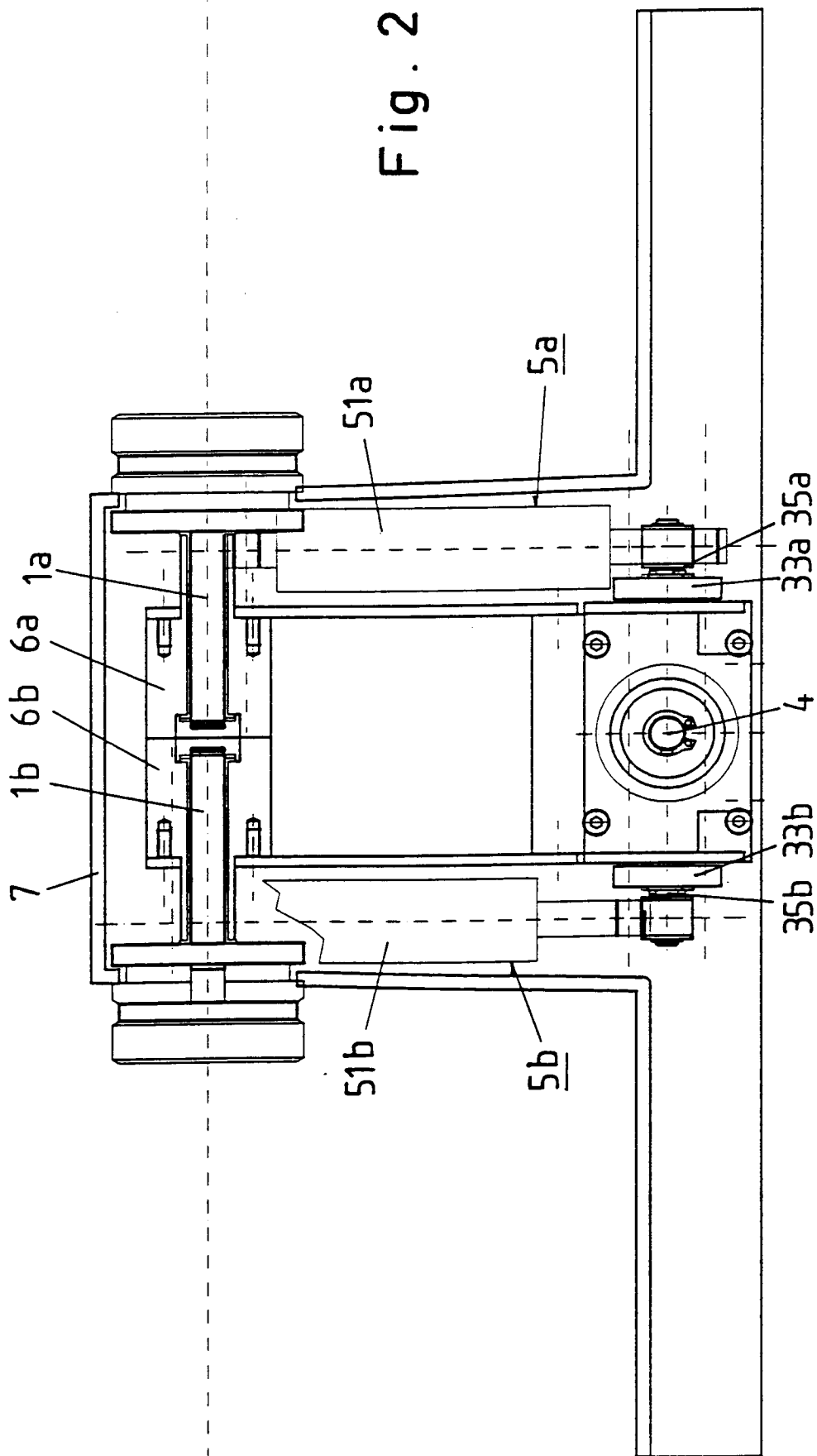
40

45

50

55





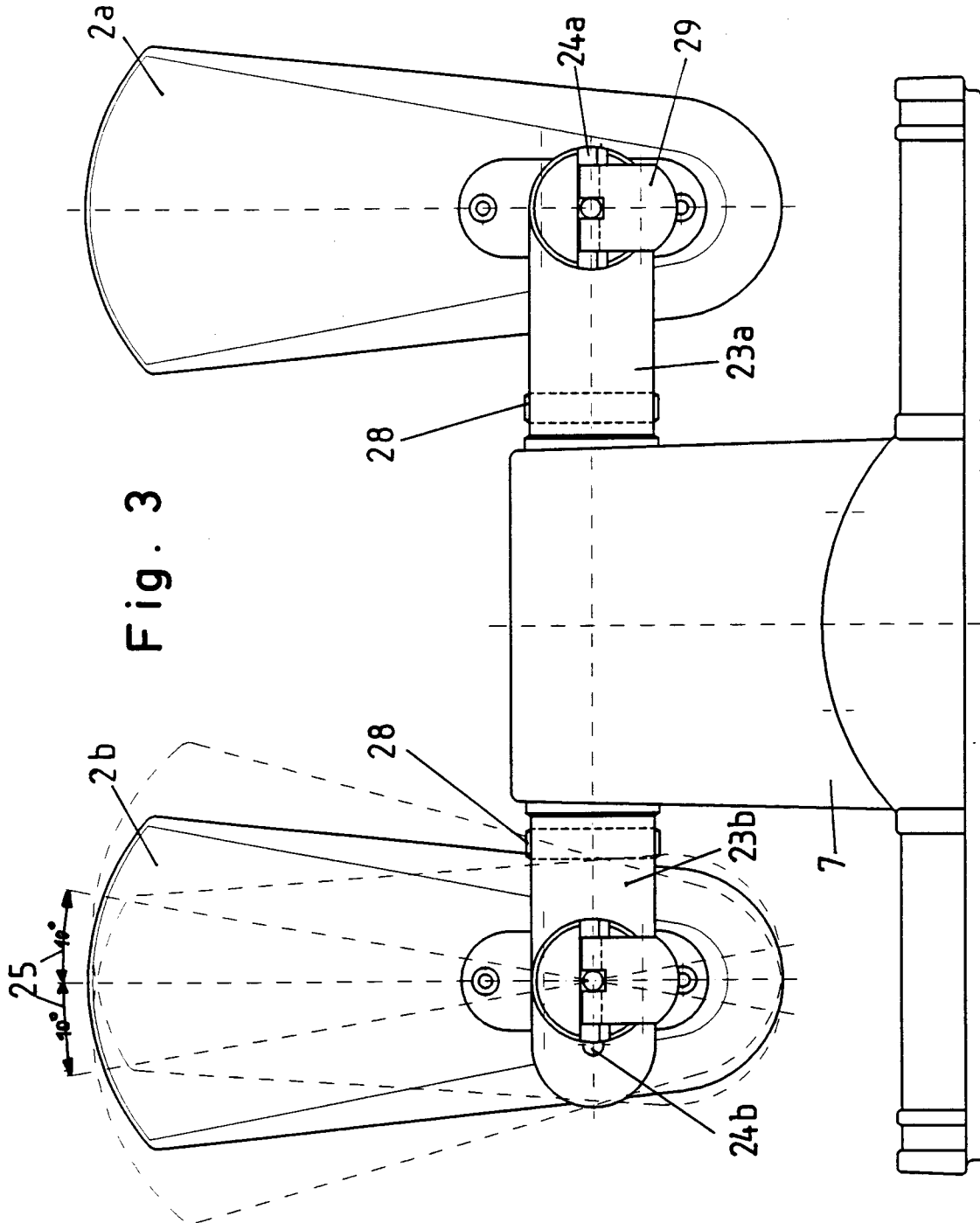
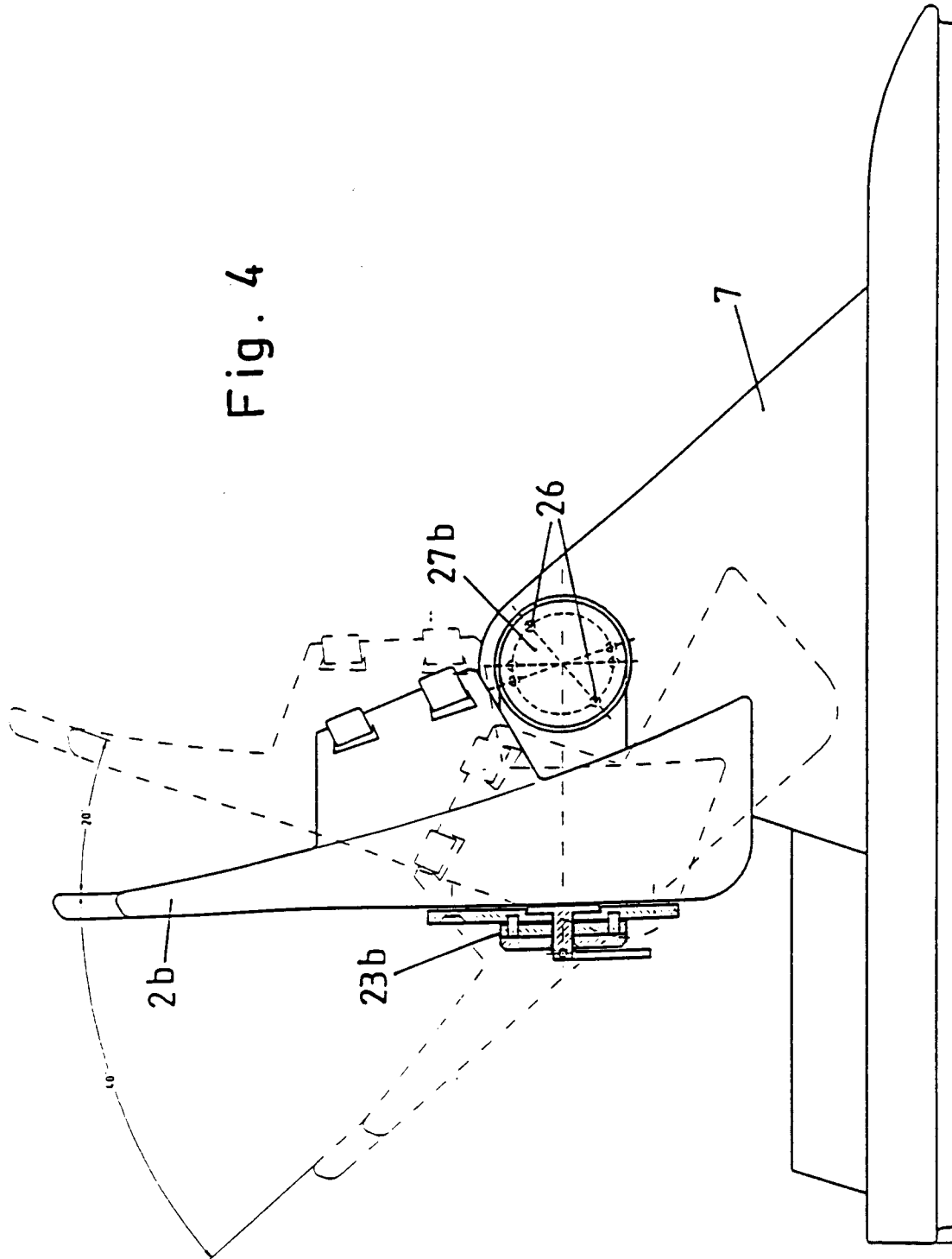


Fig. 4



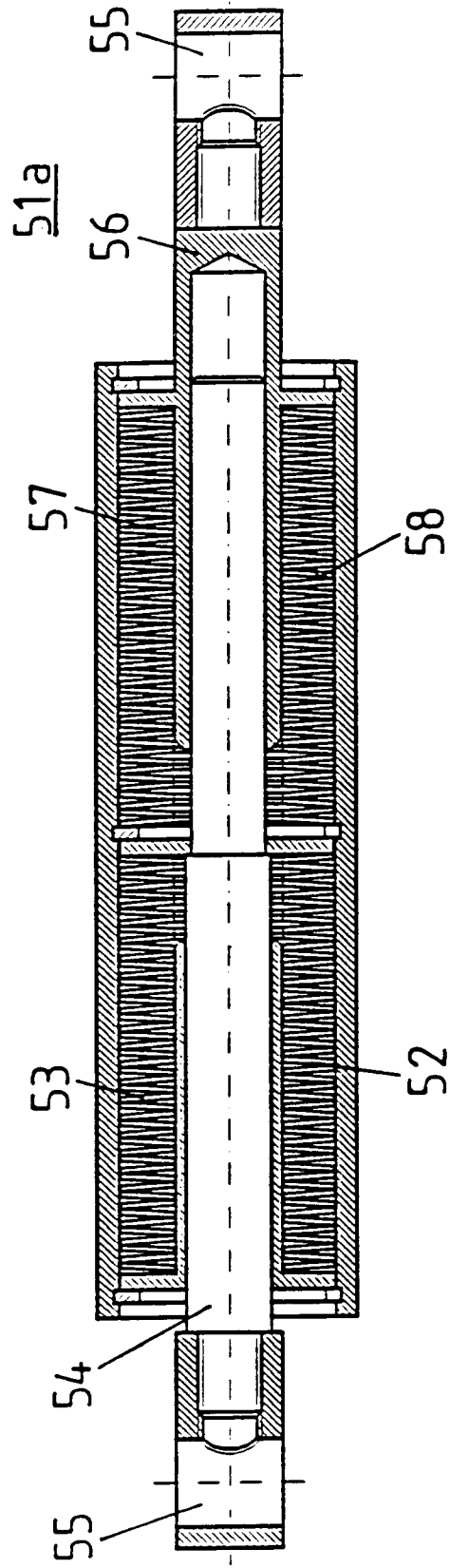


Fig. 5

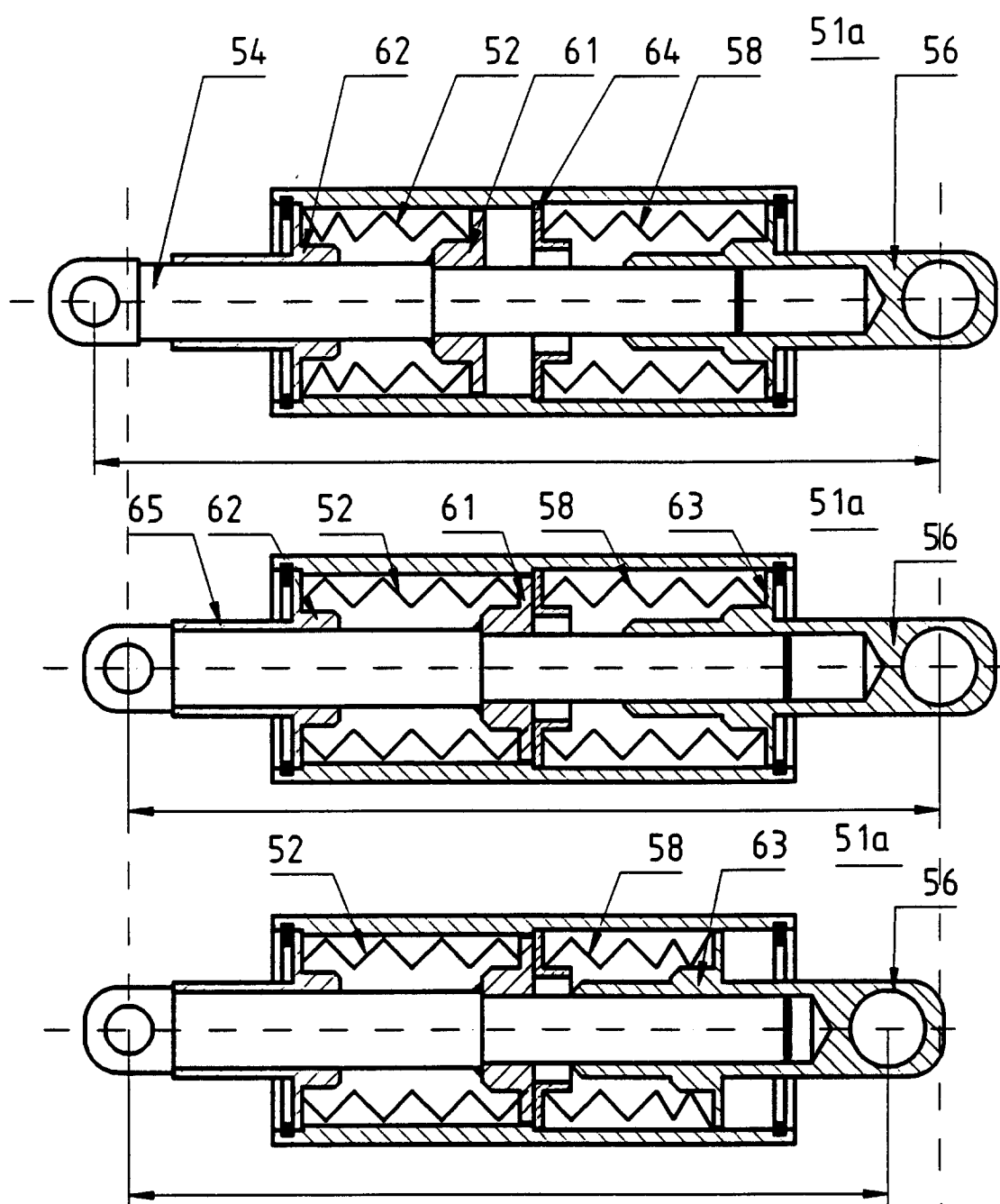
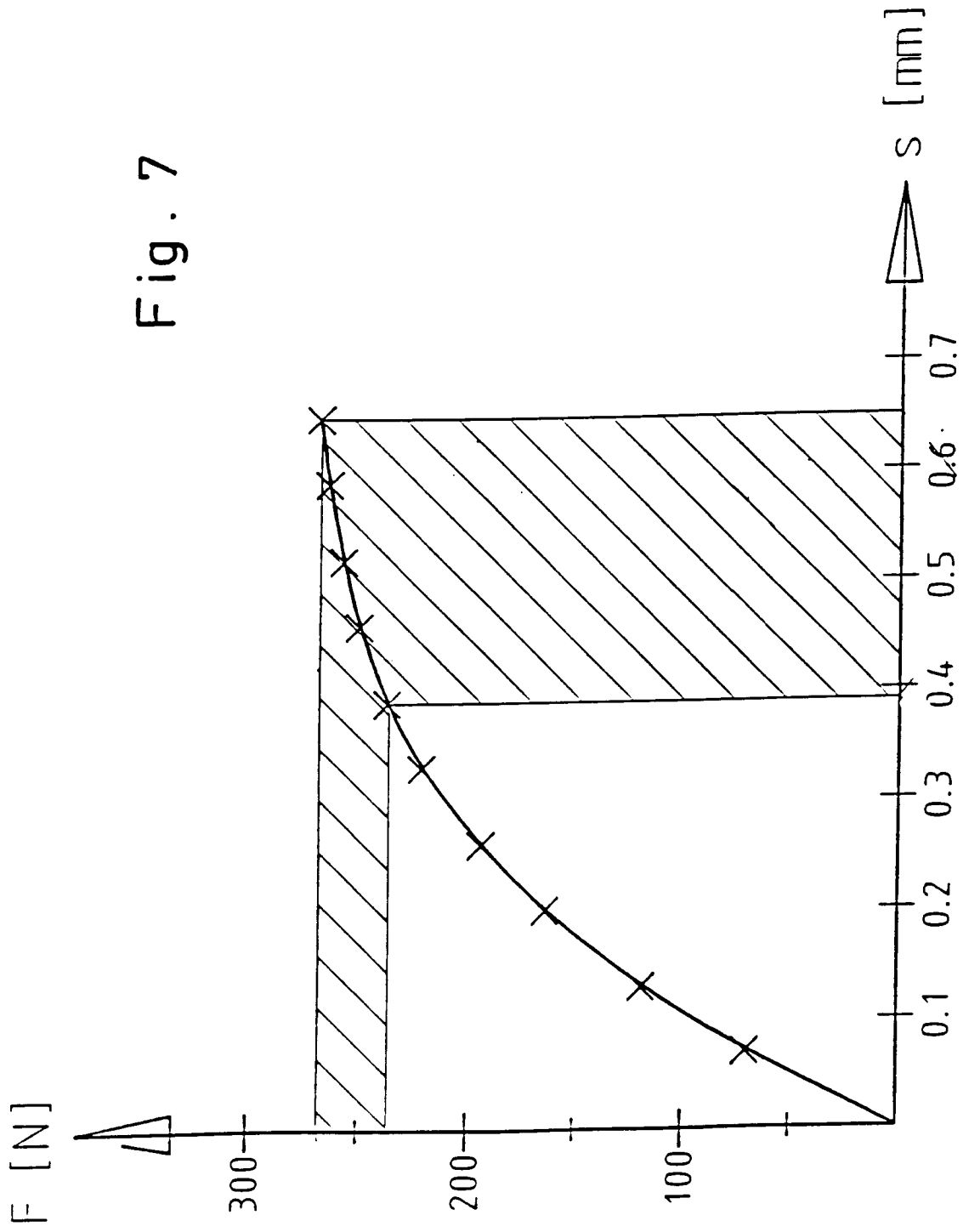


Fig. 6



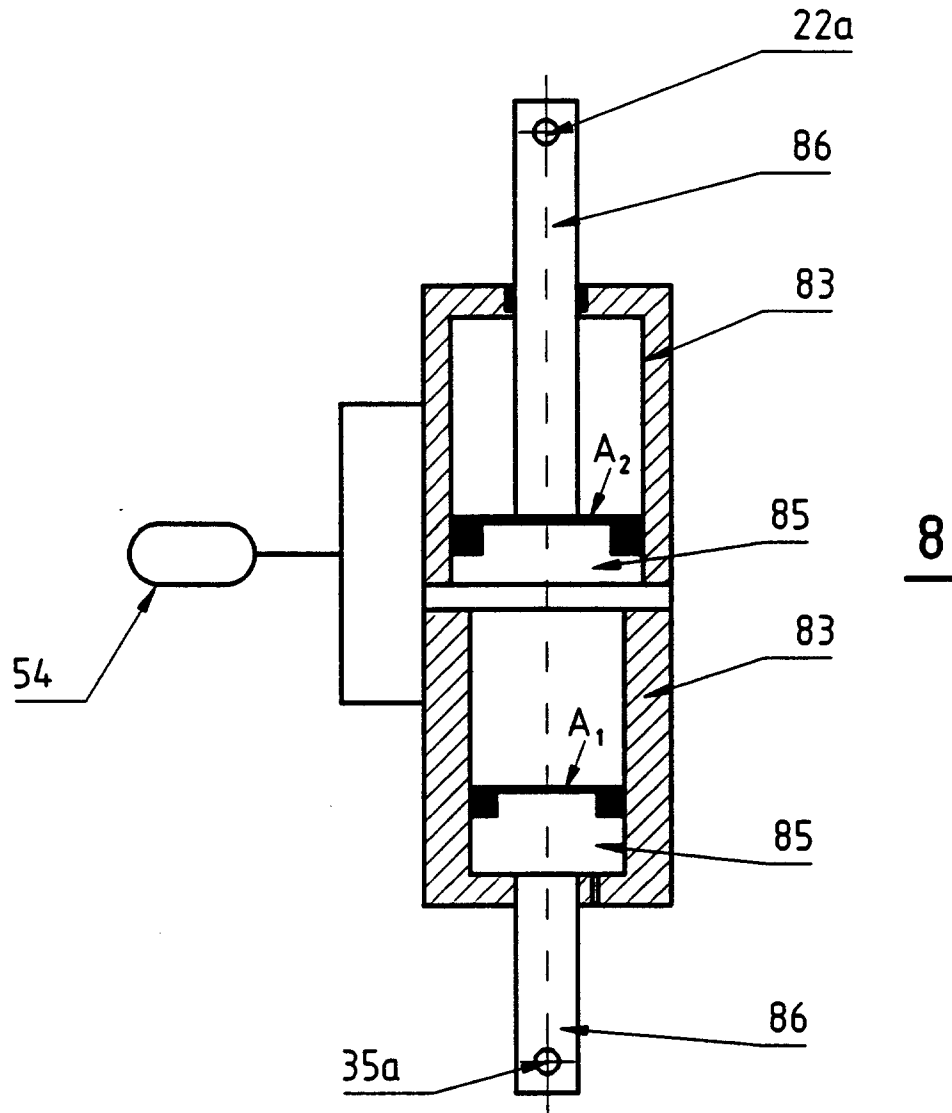


Fig. 8

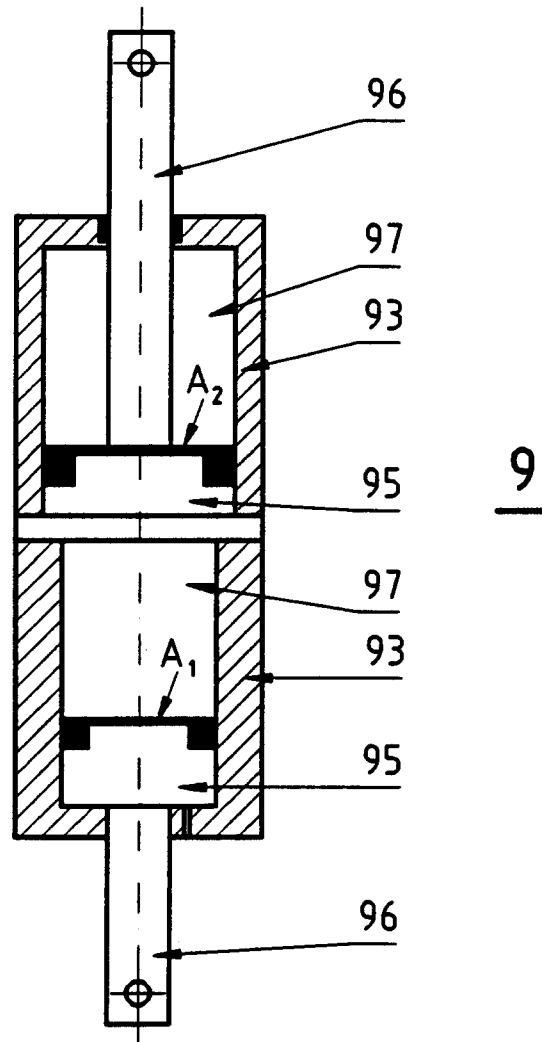


Fig. 9

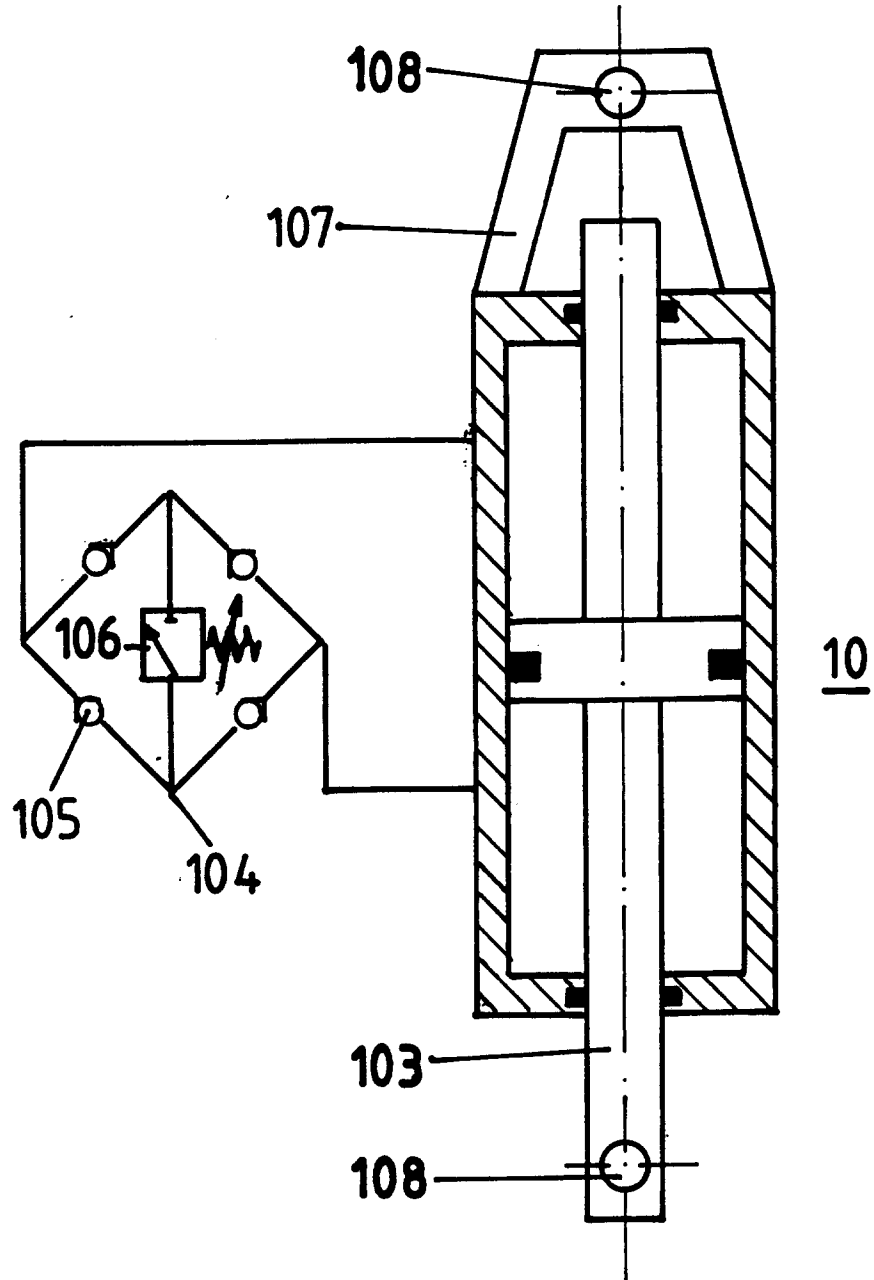


Fig. 10