

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 758 554 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
14.11.2001 Patentblatt 2001/46

(51) Int Cl.7: **A63B 22/08**, A63B 21/005

(21) Anmeldenummer: **96112690.1**

(22) Anmeldetag: **07.08.1996**

(54) **Bewegungstrainingsgerät mit einer Kurbel**

Exercising apparatus with a crank

Appareil d'exercice physique équipé d'un pédalier

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **12.08.1995 DE 19529764**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.02.1997 Patentblatt 1997/08

(73) Patentinhaber: **Reck, Anton**
88422 Betzenweiler (DE)

(72) Erfinder: **Reck, Martin**
D-88422 Betzenweiler (DE)

(74) Vertreter: **Patentanwälte**
Eisele, Otten, Roth & Dobler
Karlstrasse 8
88212 Ravensburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 276 125 WO-A-86/05404
US-A- 5 165 278

EP 0 758 554 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Bewegungstrainingsgerät nach dem Gattungsbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Bekannte, auf dem Markt angebotene Bewegungstrainingsgeräte dieser Art sind sowohl für gesunde Menschen, insbesondere Leistungssportler, als auch für kranke Menschen vorgesehen, deren Extremitäten gelähmt oder teilweise gelähmt sind. Der verwendete Elektromotor kann sowohl bremsen als auch antreiben. Beim aktiven Training steht die Bremswirkung im Vordergrund, beim passiven Training eher die Antriebswirkung. Jedoch haben in der therapeutischen Behandlung Trainingsmischformen eine ganz besondere Bedeutung, wenn es darum geht, noch vorhandene schwache Muskelkräfte zu mobilisieren und zu unterstützen.

[0003] Bei den bekannten Bewegungstrainingsgeräten kann zwar eine Drehzahl vorgewählt oder zeitlich programmiert und es kann auch ein oberer Grenzwert des Drehmoments eingestellt werden, das der Elektromotor ausübt oder durch die aktiven Antriebskräfte der trainierenden Person erfährt. Es gibt aber bei der passiven und der Mischgymnastik Konstellationen, bei denen an bestimmten Winkelpositionen der Kurbel durch eine Änderung des Verhaltens des Elektromotors in den Bewegungsablauf eingegriffen werden müsste, um einen noch besseren Trainingserfolg zu erreichen und Schaden zu verhüten.

[0004] In der europäischen Offenlegungsschrift EP 0 276 125 A2 ist eine computergesteuerte Übungsmaschine offenbart, bei welcher der Benutzer ein Übungsprogramm auswählt. Dementsprechend werden Signale vom Programm zu einer Steuereinrichtung für die Widerstandskraft an einem Betätigungselement übertragen. Sensoren erzeugen Datensignale, die der Kraft an dem Betätigungselement sowie der Geschwindigkeit und der Winkelposition des Betätigungselements entsprechen. Diese Signale werden zur Erzeugung von digitalen Daten gesampelt. Die digitalen Daten werden dazu eingesetzt, eine Anzeige für die Übungsergebnisse zu aktualisieren und Werte zu berechnen, die zur Kontrolle der Widerstandskraft am Betätigungselement notwendig sind. Grundsätzlich kann diese Übungsmaschine für eine aktive Gymnastik und eine passive Gymnastik eingesetzt werden. Innerhalb eines "Mode" für aktives Training und innerhalb eines "Mode" für passives Training sind eine Vielzahl von Trainingsmöglichkeiten realisierbar.

[0005] Ausgehend von dem genannten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, den Anwendungsbereich eines Bewegungsgeräts, das sowohl für aktives als auch passives Training ausgelegt ist, zu erweitern und flexiblere Möglichkeiten für die Gestaltung eines Trainingsablaufes zu schaffen.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß ausgehend vom Oberbegriff des Anspruchs 1 dadurch gelöst, dass ein Trainingsprogramm eine Mischform von pas-

siver und aktiver Gymnastik innerhalb einer Kreisbewegung erlaubt, wobei durch die Einrichtung zur Drehmomentbegrenzung Grenzwerte des Antriebsmoments einerseits und des Bremsmoments andererseits getrennt voneinander einstellbar sind, die für den Antriebs- und Bremsfall entsprechend wirken. Diese Vorgehensweise wird möglich, da ein Rechner die Drehzahl und das Drehmoment nicht einfach analog erfasst, sondern als digitale Größen in einer unmittelbar weiterverwertbaren Form zur Verfügung stellt. Die Steuer- und Regelfunktion ist ebenfalls im Rechner realisiert und kann auf den genannten Kenngrößen aufbauen. Somit ist es möglich, innerhalb einer Kreisbewegung frei programmierbar jedes Bewegungsmuster durchzuführen, insbesondere eine Mischung zwischen aktiver und passiver Gymnastik, bei welcher zwischen Antriebs- und Bremsmoment gewechselt werden kann. Die Umschaltung kann augenblicklich erfolgen. Dabei ist entscheidend, dass die Grenzwerte für das Antriebsmoment und das Bremsmoment getrennt voneinander einstellbar sind.

[0007] Durch die getrennte Einstellbarkeit der Drehmomentobergrenzen im Antriebs- und Bremsbetrieb kann z.B. die folgende Trainingssituation gelöst werden: Ein Patient mit sehr geringen Muskelkräften möchte, soweit es geht, die Kurbel aktiv gegen einen fühlbaren Widerstand treten. An den Totpunkten der Kurbel benötigt er die Unterstützung des Elektromotors. Diese Konstellation verlangt, dass ein kleines Bremsmoment eingestellt wird, um ein Erfolgserlebnis aufkommen zu lassen. Andererseits bedarf es eines großen Antriebsmoments, damit der Motor an den Totpunkten der Kurbel eine kräftige Unterstützung gibt.

[0008] Mit diesem Bewegungstrainingsgerät kann somit ganz speziellen therapeutischen Bedürfnissen entsprochen und der Trainingserfolg weiter verbessert werden.

[0009] Zur Vermeidung von Verletzungen beim passiven Training ist es wichtig, dass beim Auftreten eines Spasmus, d.h. einer Muskelverkrampfung, das maximale Antriebsdrehmoment nicht überschritten wird. Bei bekannten Bewegungstrainingsgeräten führt das Erreichen eines fest eingestellten Drehmoment-Grenzwerts zur Abschaltung des Geräts, d. h. zum völligen Freilauf der Kurbel, oder zu einer Gegenbewegung zum Lösen des Spasmus. In Weiterbildung der Erfindung wird demgegenüber vorgeschlagen, dass der Grenzwert des Antriebsdrehmoments dem vom Patienten benötigten mittleren Antriebsdrehmoment selbsttätig so nachgeführt wird, dass er stets um einen bestimmten Prozentsatz größer als dieses ist. Unter dem vom Patienten benötigten mittleren Antriebsdrehmoment wird praktisch die obere Umhüllende der Drehmomentkurve verstanden. Somit bleibt die Empfindlichkeit für das Erkennen eines Spasmus immer gleich, auch wenn z.B. bei verbesserter Bewegungsfähigkeit des Patienten im Verlauf des Trainings das benötigte mittlere Antriebsdrehmoment sinkt.

[0010] Statt an der Höhe des Antriebsdrehmoments

lässt sich ein Spasmus auch an der Anstiegsgeschwindigkeit desselben erkennen. Es steigt nämlich ungewöhnlich steil an. Demgemäß wird alternativ vorgeschlagen, einen Grenzwert der ersten Ableitung des Drehmoments zur Spasmuserkennung heranzuziehen.

[0011] Das durchschnittlich benötigte Antriebsdrehmoment ist ein wichtiges technisch fassbares Maß für die Bewegungsfähigkeit der Extremitäten eines gelähmten Patienten. Gewöhnlich verbessert sich die Bewegungsfähigkeit im Verlaufe eines Trainings, so dass es wünschenswert sein kann, die Drehzahl der besseren Bewegungsfähigkeit anzupassen. Es wird deshalb vorgeschlagen, dass der Rechner die Soll-Drehzahl in einer Abhängigkeit vom Antriebsdrehmoment selbstständig bestimmt.

[0012] Zur Erfassung der Winkelposition der Kurbel kann ein an geeigneter Stelle an der Kurbel oder ihrem Antrieb angekoppelter Inkrementalgeber vorgesehen werden. Ein zugehöriger Schaltkreis addiert die einzelnen Impulse und setzt nach Vollendung eines Umlaufs durch ein Referenzsignal den Positionszähler zurück. Bei entgegengesetzter Drehrichtung werden die Impulse subtrahiert. Ferner errechnet der Schaltkreis aus der zeitlichen Abfolge der Impulse die momentane Drehzahl. Aus dem Motorstrom wird das dazu proportionale Drehmoment errechnet. Beide Kenngrößen können als gerichtete Größen aufgenommen werden, so dass sich aus dem Vorzeichen der Drehzahl die Drehrichtung und aus dem Vorzeichen des Drehmoments die Information ergibt, ob es sich, bezogen auf die Drehrichtung, um ein Antriebs- oder um ein Bremsmoment handelt. Abgesehen von ihrer Verwendung zur Regelung und Steuerung der Kurbelbewegung können diese verfügbaren Ist-Kenngrößen der Kurbelbewegung angezeigt oder gespeichert oder auch zur Ansteuerung externer Geräte weitergeleitet werden. Bei Speicherung auf einem leicht transportablen Medium (Memorycard, Diskette) können die gespeicherten Bewegungsabläufe extern zur therapeutischen Beurteilung oder als Grundlage zur Schaffung weiterer Trainingsprogramme dienen.

[0013] Der Rechner ist vorzugsweise als Mikrocontroller realisiert. Die Steuerung kann ein fest vorgegebenes zeitliches oder ein von den Ist-Kenngrößen der Kurbelbewegung oder extern ermittelten Kenngrößen abhängiges Bewegungsprogramm ablaufen lassen.

[0014] Es wurde schon erwähnt, dass es aus unterschiedlichen Beweggründen sinnvoll ist, die Kenngrößen der Kurbelbewegungen zu speichern. Eine weitere diesbezügliche Variante besteht vorteilhafterweise darin, dass ein Lernspeicher für diese Kenngrößen vorgesehen ist, der durch einen Eingabemodus aktiviert werden kann und dann einen am Gerät ausgeführten Bewegungsablauf speichert, den das Gerät auf Befehl wiederholen kann. Z.B. kann ein Therapeut einen bestimmten Modell-Bewegungsablauf dadurch einspeichern, dass er diesen Bewegungsablauf an der Kurbel ausführt, indem er selbst die Pedale bewegt oder mittels einer von Hand betätigten Fernbedienung vom Motor

bewegen lässt.

[0015] Schließlich wird vorgeschlagen, dass an dem Bewegungstrainingsgerät eine Anschlussmöglichkeit für ein Muskelstimulationsgerät vorgesehen ist, wobei die einzelnen Stimulationskanäle, die an den betreffenden Muskelgruppen durch Elektroden angeschlossen sind, in Abhängigkeit von einer oder mehreren Kenngrößen der Kurbelbewegung angesteuert werden. Dadurch können die durch Stimulation unterstützten Antriebsbewegungen des Patienten durch selbsttätiges Abbremsen und/oder Antreiben der Kurbel einer gleichförmigen Drehbewegung angenähert werden.

[0016] Auch während der Muskelstimulation können Spasmen auftreten. Es wird daher vorgeschlagen, dass im Rechner Vorkehrungen getroffen sind, um in diesem Fall die Stimulationsimpulse sofort zu unterbrechen und weitere zu verhindern.

[0017] Bei der funktionellen Elektrostimulation der Muskeln mit der Absicht, eine möglichst gleichförmige Kurbeldrehbewegung zu erzielen, müssen verschiedene Parameter optimal ausgewählt werden. Es geht dabei um die richtige Winkelstellung der Kurbel, bei der der Stimulationsimpuls ausgelöst wird, um die zeitliche Länge der Stimulation bzw. den zu durchlaufenden Winkel, um die Form des Stimulationsstromes, der gewöhnlich ein modulierte Signal ist, und um die Intensität, d. h. die Stromstärke. Es wird vorgeschlagen, eine besondere Testanordnung vorzusehen, mit der die Stimulationsergebnisse, die in Form von Kurbel-Winkeldrehungen zustande kommen, in Abhängigkeit von Veränderungen der einzelnen Stimulationsparameter genau vermessen und verglichen werden können, um diese automatisch zu optimieren. Winkeldrehung bedeutet hierbei das ganze Phänomen, also auch das dabei aufgetretene und registrierte Drehmoment.

[0018] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der einzigen Zeichnung erläutert, die ein Blockschaltbild eines Bewegungstrainingsgerätes darstellt.

[0019] Die elektromechanische Ausrüstung 1 dieses Gerätes umfasst zunächst eine Kurbel, die von einer permanent magnetisch erregten Gleichstrommaschine, kurz Motor 2, angetrieben wird. Außerdem ist an dem Motor ein Inkrementalgeber 3 fest angekuppelt, der auf dem Vollwinkel 2.000 Positionen unterscheidet. Bei einer Antriebsuntersetzung von 20:1 ergibt das 40.000 erfassbare Winkelpositionen bei einer Kurbelumdrehung. An den Pedalen 4 der Kurbel oder anderen Anschlusorganen können die Extremitäten einer trainierenden Person angreifen.

[0020] Der Motor 2 wird von einer Vier-Quadranten-Leistungs-Elektronik 5 gespeist. Sie erhält ihre Signale von einer Regelung 6 und einer Steuerung 7, die in einem Rechner 8 integriert sind. Die Ausgangswerte der in dem Kasten 1 zusammengefassten elektromechanischen Ausrüstung und Sensorik, d.h. der Motorstrom und die Signale des Inkrementalgebers 3, gelangen über eine Leitung 9 an die Regelung 6 und Steuerung

7 des Rechners. Daraus werden die sogenannten Ist-Kenngrößen der Kurbelbewegung, nämlich Winkelposition sowie Drehzahl und Drehmoment, als gerichtete Größen gewonnen. Andererseits werden der Regelung 6 und der Steuerung 7 über Leitungen 10 weitere Kennwerte zugeführt, die an externen Sensoren gewonnen wurden. Ein Beispiel hierfür sind die Winkelwerte eines am Knie eines Patienten angebrachten Winkelstellungsgebers. Hierauf wird unten noch eingegangen. Über einen Eingang 11 werden der Steuerung die von Hand einzugebenden Signale zugeführt, z.B. eine Geschwindigkeitseinstellung, Ein- und Ausschaltimpulse usw. Ein Informationsausgang 12 erlaubt es, beliebige Kenngrößen anzuzeigen, insbesondere der trainierenden Person selbst, oder extern zu speichern. Schließlich ist noch ein Ausgang 13 vorgesehen, um Peripheriegeräte, z.B. ein Muskelstimulationsgerät anzusteuern.

[0021] Im Folgenden werden einige ausgewählte Funktionen beispielhaft erläutert, die mit dem beschriebenen Bewegungstrainingsgerät durchgeführt werden können. Daraus ergeben sich weitere Vorteile und überraschende Wirkungen der Erfindung.

Ein/Ausstiegshilfe:

[0022] Um Querschnittsgelähmten das Einlegen und Befestigen der Beine in die Pedale des Bewegungstrainers und andererseits den Ausstieg zu erleichtern, werden die Pedale bei geringer Drehzahl in die für den Patienten günstigen Positionen (z.B. linker Fuß in Tiefstellung, anschließend rechter Fuß in Tiefstellung) gebracht und dort mit maximalem Drehmoment positioniert.

Spezielle orthopädische Rehabilitation:

[0023] Nach orthopädischen Operationen ist es meist notwendig, das betreffende Gelenk, wie z.B. das Kniegelenk, gezielt passiv und aktiv zu bewegen. Dazu wird der Fuß des betreffenden Beines am Pedal des Bewegungstrainingsgerätes angeschlossen.

[0024] Kommt es darauf an, einen bestimmten Winkelbereich der Kniebewegung einzuhalten, so kann z.B. die Kurbel in einem bestimmten Winkelbereich hin und her bewegt werden, der dem gewünschten Winkelbereich der Kniebewegung entspricht. Damit die durchgeführte Bewegung des Knies dem vorgegebenen Bewegungsausmaß entspricht, kann am Kniegelenk des Patienten ein Winkelsensor angebracht und mit dieser Informationsquelle die Bewegung des Kniegelenks geregelt durchgeführt werden. Die Bewegung wird mit einer bestimmten oberen Grenze für das Antriebs- oder Bremsmoment vollzogen. Sollte der Patient zu nahe am Gerät sitzen, so fordert ihn das Gerät über eine Ausgabebeeinlichkeit auf, sich ein wenig vom Gerät zu entfernen.

[0025] Kommt es - möglicherweise zusätzlich - auf einen gleichmäßigen Bewegungsablauf im Knie- oder Hüftgelenk an, so kann dies durch eine entsprechende

Steuerung der Kurbelgeschwindigkeit erreicht werden. Bekanntlich hat eine gleichförmige Kurbelgeschwindigkeit eine ungleichförmige Geschwindigkeit an den genannten Gelenken zur Folge. Durch eine Variation der Kurbelgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Position innerhalb des Winkelbereichs lässt es sich jedoch erreichen, dass die Winkelgeschwindigkeit entweder der Knie- oder der Hüftgelenke während der Tretbewegung über einen großen Winkelbereich annähernd konstant bleibt.

Lösen eines Spasmus:

[0026] Ist ein Spasmus z.B. durch Erreichen der Obergrenze des Antriebsdrehmoments erkannt, so kann er mit Hilfe einer Wipp-Bewegung gelöst werden. Dabei beginnt die Wipp-Bewegung mit einem kleinen Winkelausschlag, der so lange vergrößert wird, bis die Wipp-Bewegung wieder in eine Dreh-Bewegung übergeht. Beispielsweise kann der Therapeut dieses oder ein anderes Bewegungsmuster dem Bewegungstrainingsgerät durch einmalige Ausübung "lehren", so dass es dann im Bedarfsfall von selbst abläuft.

Getrennte Einstellung der Drehmoment-Obergrenzen im Antriebs- und Bremsbetrieb:

[0027] Ein Patient macht nur passives Training. Sein Knochengerüst ist nur schwach belastbar. Er darf aus Sicherheitsgründen nur mit einem sehr kleinen Antriebsmoment angetrieben werden. Um jedoch eine runde Tretbewegung zu realisieren, muss der Motor an bestimmten Winkelpositionen der Kurbel stark bremsen. Unter der Voraussetzung, dass kein Getriebe und somit nur eine geringe Schwungmasse vorhanden ist, vielmehr ein Riementrieb den Motor und die Kurbel direkt verbindet, würden die Beine von ihrer höchsten Stellung nach unten "durchfallen". Um das zu vermeiden, muss ein verhältnismäßig großes Bremsmoment vorgegeben werden können.

Aufwärmübung, Trainingsvorschlag:

[0028] Vor jedem Training am Bewegungstrainingsgerät sollte eine kleine Aufwärmphase durchgeführt werden. Dabei kann der physische Zustand des Patienten ("Leichtgängigkeit") über die Kenngrößen der Kurbelbewegung erfasst und automatisch berücksichtigt werden. Danach kann der Rechner einen Trainingsvorschlag machen (Drehzahl, Dauer usw.), der nach den Ergebnissen des Aufwärmtrainings nach Erfahrungswerten errechnet ist.

Automatisch angepasste Begrenzung des Antriebsmoments:

[0029] Das maximale Antriebsmoment, das zum Erkennen eines Spasmus dient, wird laufend automatisch

derart verändert, dass es um einen gewissen Prozentsatz über dem für die Bewegung der Extremitäten des Patienten benötigten Antriebsmoment liegt. Dieser automatisch nachgeführte Antriebsmoment-Grenzwert kann nur rampenförmig ansteigen und fallen und das hat den Vorteil, dass das Antriebsmoment auch bei starkem Abbremsen, beispielsweise durch einen Spasmus, nie sprunghaft ansteigen kann. Es ist also immer ein "Sanft-Anlauf" gewährleistet. Durch die enge Bindung des maximalen Antriebsmoments an das aktuelle Antriebsmoment bleibt die Ansprechempfindlichkeit der Antispastiksteuerung während des ganzen Trainings konstant.

Automatische Anpassung der Drehzahl:

[0030] Bei den meisten Patienten verändert sich der physische Zustand während des Trainings. Da die Drehzahl ein wichtiges Kriterium für das Ausmaß und die Anstrengung einer Übung ist, kann der Sollwert der Drehzahl in Abhängigkeit von der "Leichtgängigkeit" des Patienten automatisch nachgeführt werden. Diese Nachführung erfolgt in Abhängigkeit vom aufgewandten Antriebsdrehmoment.

Interaktive Trainingsprogramme:

[0031] Der Patient kann das Training durch sein Verhalten beeinflussen. Das hat den Vorteil, dass die geistige und physische Passivität des Patienten während des Trainings verringert wird. Es kann vorgesehen werden, dass sich die Drehzahl in gewissen Grenzen erhöht, je "leichtgängiger" der Patient wird. Mit abnehmendem Aktiv-Anteil kann die Drehzahl selbsttätig herabgesetzt werden. Auch kann ein Drehrichtungswechsel für den Fall vorgesehen werden, dass die Aktivgymnastik noch weiter abnimmt.

Aktivierung eines externen Messgeräts:

[0032] Bei einer bestimmten Konstellation der Kenngrößen der Kurbelbewegung, die auf eine bestimmte physische Situation schließen lässt, wird ein externes Messgerät aktiviert, um eine Messung vorzunehmen.

Funktionelle Elektrostimulation in Abhängigkeit von den Kenngrößen der Kurbelbewegung:

[0033] Ein praktischer Fall ist die Elektrostimulation der Beuge- und der Streckmuskeln an beiden Beinen (vier Stimulationskanäle), wobei die Parameter der verschiedenen Stimulationskanäle in Abhängigkeit von den Ist-Kenngrößen der Kurbelbewegung gewählt werden. Durch eine wenig differenzierte Ansteuerung der Muskeln entstehen meist ungleichförmige, stockende Bewegungen, während ein Rundlauf der Kurbel erwünscht ist und von dem Patienten angenehm empfunden wird. Die frei programmierbare Regelanordnung er-

laubt es, eine kontinuierliche Tretbewegung herbeizuführen durch abwechselnde Beschleunigung und Abbremsung der Bewegung an den entsprechenden Winkelabschnitten. Dazu wird vorteilhafterweise kein Schwungrad benötigt, das bei auftretenden Spasmen zu Verletzungen führen könnte.

Automatische Optimierung der Stimulationsparameter:

[0034] Die Stimulationstherapie wird mit einer erfahrungsgemäßen mittleren Voreinstellung begonnen. Bei dem anschließenden Optimierungsverfahren werden die Stimulationsparameter (z.B. Einschaltzeit und -winkel, Form der Stromkurve, Intensität) mit Hilfe der Rückkopplung der Kenngrößen automatisch optimal eingestellt. Dies kann nacheinander für jede einzelne Muskelgruppe geschehen.

"Teach in"-Verfahren:

[0035] Der Therapeut kann einem Bewegungstrainingsgerät ein beliebiges Bewegungsmuster lehren, indem er einen bestimmten Eingabemodus wählt, und das gewünschte Bewegungsmuster an den Pedalen bzw. über die Fernbedienung vollzieht. Das Gerät nimmt das ausgeführte Bewegungsmuster auf und speichert dieses ab. Danach kann es das gelernte Bewegungsmuster wiedergeben.

Patentansprüche

1. Bewegungstrainingsgerät mit einer Kurbel, Kurbelarmen, die mit dem Fuß- oder Armpaar einer trainierenden Person verbindbar sind, und ferner umfassend einen Elektromotor, der mit der Kurbel getrieblich verbunden ist, eine Leistungs-Elektronik zur Bestromung des Motors, welche es ermöglicht, diesen zum Antreiben und zum Bremsen der Kurbel zu verwenden, eine Einrichtung zur Drehzahlregelung, eine Einrichtung zur Drehmomentbegrenzung, eine Programmsteuereinrichtung, die es ermöglicht, ein Trainingsprogramm vorzugeben und ablaufen zu lassen, einen Rechner, der die Drehzahl und das Drehmoment als momentane Ist-Kenngrößen der Kurbelbewegung in einer digitalen und somit frei verwertbaren Form erfasst, so dass diese Ist-Kenngrößen zur digitalen Regelung und Steuerung der Kurbelbewegung zur Verfügung stehen, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Trainingsprogramm eine Mischform von passiver und aktiver Gymnastik innerhalb einer Kreisbewegung erlaubt, wobei durch die Einrichtung zur Drehmomentbegrenzung Grenzwerte des Antriebsmoments einerseits und des Bremsmoments andererseits getrennt voneinander einstellbar sind, die für den Antriebs- und Bremsfall entsprechend wirken.

2. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rechner bei einem passiven Training zum Zweck der Erkennung eines Spasmus den oberen Grenzwert des Antriebsdrehmoments im Rahmen eines nach Sicherheitsgesichtspunkten festgelegten Maximalgrenzwerts der oberen Umhüllenden des Antriebsdrehmoments selbsttätig so nachführt, dass der obere Grenzwert stets um einen bestimmten Prozentsatz größer als die Umhüllende ist. 5
3. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rechner bei einem passiven Training zum Zweck der Erkennung eines Spasmus die Anstiegsgeschwindigkeit des Antriebsdrehmoments errechnet und auswertet. 10
4. Bewegungstrainingsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rechner (8) die Sollzahl in einer Abhängigkeit vom Antriebsdrehmoment selbsttätig bestimmt. 15
5. Bewegungstrainingsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erfassung der Winkelposition, der Drehrichtung und der Drehgeschwindigkeit der Kurbel ein am Kurbelantrieb angekoppelter Inkrementalgeber (3) vorgesehen ist. 20
6. Bewegungstrainingsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rechner (8) ein Bewegungsprogramm in Abhängigkeit von der Zeit oder von den verfügbaren Kenngrößen ablaufen lassen kann. 25
7. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** es jedes gewünschte Bewegungsmuster in Abhängigkeit von der Winkelposition der Kurbel ausführen kann. 30
8. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Erkennen eines Spasmus die Kurbel beginnend mit einer Gegenbewegung in eine sanft hin und her gehende Schwenkbewegung mit zunehmendem Winkelausschlag versetzt wird, die schließlich wieder in eine Umlaufbewegung in einer Richtung übergeht. 35
9. Bewegungstrainingsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rechner (8) die digital zur Verfügung stehenden Ist-Kenngrößen der Kurbelbewegung auswertet, um daraus Rückschlüsse auf den Zustand des Patienten zu ziehen, diesen Zustand durch signifikante Kennwerte anzuzeigen oder auf den Trainingsablauf entsprechend einzuwirken. 40
10. Bewegungstrainingsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Lernspeicher für die Kenngrößen der Kurbelbewegung vorgesehen ist, der durch einen Eingabemodus aktiviert werden kann und dann einen am Gerät ausgeführten Bewegungsablauf speichert, den das Gerät wiederholen kann. 45
11. Bewegungstrainingsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Anschlussmöglichkeit für ein Muskelstimulationsgerät vorgesehen ist, wobei die Parameter der Stimulationskanäle in Abhängigkeit von den Ist-Kenngrößen der Kurbelbewegung bestimmt werden und wobei die durch Stimulation unterstützten Bewegungen des Patienten durch selbsttätiges Bremsen und/oder Antreiben der Kurbel einer gleichförmigen Drehbewegung angenähert werden. 50
12. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** Vorkehrungen getroffen sind, um bei Auftreten eines Spasmus weitere Stimulationsimpulse zu unterbinden. 55
13. Bewegungstrainingsgerät nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Anordnung zur selbsttätigen Optimierung der Stimulationsparameter vorgesehen ist.

Claims

1. Movement training apparatus with a crank, crank arms which can be connected to the feet or arms of a training person, and also comprising an electric motor which is connected by gearing to the crank, power electronics for powering the motor, enabling this to be used to drive and brake the crank, a apparatus for speed adjustment, a apparatus for torque limitation, a programme control apparatus which allows a training programme to be input and run, a computer which detects the speed and torque as actual instantaneous parameters of the crank movement in a digital and thus freely usable form, so these actual parameters are available for digital adjustment and control of the crank movement, **characterised in that** a training programme allows a mixed form of passive and active physical exercise within a circular movement, limits to the drive moment, on the one hand, and to the braking moment, on the other hand, which act appropriately for the event of driving and braking, being adjustable separately from one another by means of the apparatus for torque limitation.
2. Movement training apparatus according to claim 1, **characterised in that**, during passive training, the

computer automatically tracks the upper limit of the drive torque in the scope of a maximum limit established according to safety considerations of the upper envelope of the drive torque for the purpose of recognition of a spasm, in such a way that the upper limit is always greater than the envelope by a specific percentage.

3. Movement training apparatus according to claim 1 or 2, **characterised in that**, during passive training, the computer calculates and evaluates the rate of increase in the drive torque for the purpose of recognising a spasm.
4. Movement training apparatus according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the computer (8) automatically determines the desired speed as a function of the drive torque.
5. Movement training apparatus according to one any of the preceding claims, **characterised in that** an incremental encoder (3) coupled to the crank drive is provided to detect the angular position, the direction of rotation and the speed of rotation of the crank.
6. Movement training apparatus according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the computer (8) can allow a movement programme to run as a function of the time or the available parameters.
7. Movement training apparatus according to claim 6, **characterised in that** it can carry out any desired movement pattern as a function of the angular position of the crank.
8. Movement training apparatus according to claim 6, **characterised in that**, on recognition of a spasm and starting with a counter movement, the crank is set into a gentle to and fro pivoting movement with increasing angular deflection which finally again passes into a rotating movement in one direction.
9. Movement training apparatus according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the computer (8) evaluates the available actual digital parameters of the crank movement to draw conclusions on the state of the patient, to display this state by significant parameters or to act accordingly on the training run.
10. Movement training apparatus according to any one of the preceding claims, **characterised in that** a learning memory for the parameters of the crank movement is provided which can be activated by an input mode and which then stores a movement run which has been carried out on the apparatus which

the apparatus can repeat.

11. Movement training apparatus according to any one of the preceding claims, **characterised in that** a connection option is provided for a muscle stimulation apparatus, the parameters of the stimulation ducts being determined as a function of the actual parameters of the crank movement and the movements of the patient supported by stimulation being approximated to a similar rotational movement by automatic braking and/or driving of the crank.
12. Movement training apparatus according to claim 11, **characterised in that** these precautions are taken to prevent further stimulation impulses in the event of a spasm.
13. Movement training apparatus according to claim 11, **characterised in that** an arrangement for automatic optimisation of the stimulation parameters is provided.

Revendications

1. Appareil d'exercice, comportant une manivelle, des bras de manivelle, qui peuvent être reliés aux pieds ou aux bras d'une personne s'exerçant et présentant de plus un moteur électrique qui est relié, par transmission, à la manivelle, une électronique de puissance pour alimenter le moteur, laquelle permet d'utiliser celui-ci pour l'entraînement et le freinage de la manivelle, un dispositif pour la régulation de la vitesse de rotation, un dispositif pour la limitation du couple, un dispositif de commande à programme, qui permet de prédéfinir un programme d'exercice et de le faire se dérouler, un calculateur qui détecte la vitesse de rotation et le couple comme grandeurs caractéristiques réelles instantanées du mouvement de la manivelle sous une forme numérique et, ainsi, librement exploitable, de sorte que ces grandeurs caractéristiques sont disponibles pour la commande et le réglage numériques du mouvement de la manivelle, **caractérisé en ce qu'un** programme d'exercice permet un mélange de gymnastique passive et active à l'intérieur d'un mouvement circulaire, des valeurs limites du moment d'entraînement, d'une part, et du moment de freinage, d'autre part, pouvant être réglées de façon séparée les unes des autres par le dispositif pour limiter le couple, lesquelles agissent de façon correspondante pour le freinage et l'entraînement.
2. Appareil d'exercice selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le calculateur, dans le cas d'un exercice passif, dans le but de reconnaître un spasme, surveille la valeur limite supérieure du cou-

ple d'entraînement dans le cadre d'une valeur limite maximale, déterminée selon des points de vue de sécurité, des enveloppantes supérieures du couple d'entraînement, de sorte que la valeur limite supérieure est toujours plus grande que l'enveloppante, d'un pourcentage déterminé.

3. Appareil d'exercice selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le calculateur, dans le cas d'un exercice passif, dans le but de reconnaître un spasme, calcule et exploite la vitesse d'augmentation du couple d'entraînement. 5
4. Appareil d'exercice selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le calculateur (8) détermine automatiquement la vitesse de rotation de consigne de façon dépendant du couple d'entraînement. 10
5. Appareil d'exercice selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, pour détecter la position angulaire, le sens de rotation, et la vitesse de rotation de la manivelle, il est prévu un capteur incrémentiel (3) couplé à l'entraînement de la manivelle. 15
6. Appareil d'exercice selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le calculateur (8) peut faire se dérouler un programme de mouvement de façon dépendant du temps ou des grandeurs caractéristiques disponibles. 20
7. Appareil d'exercice selon la revendication 6, **caractérisé en ce qu'il** peut effectuer chaque modèle de mouvement souhaité de façon dépendant de la position angulaire de la manivelle. 25
8. Appareil d'exercice selon la revendication 6, **caractérisé en ce que**, lors de la reconnaissance d'un spasme, la manivelle, en commençant par un contre-mouvement, passe à un mouvement pivotant allant doucement en va-et-vient avec une amplitude angulaire croissante, qui, enfin, repasse à un mouvement rotatif dans un sens. 30
9. Appareil d'exercice selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le calculateur (8) exploite les grandeurs caractéristiques réelles, disponibles numériquement, du mouvement de la manivelle pour en tirer des conclusions sur l'état du patient, afficher cet état par des valeurs caractéristiques significatives ou agir de façon correspondante sur le déroulement de l'exercice. 35
10. Appareil d'exercice selon une des revendications précédentes, 40

caractérisé en ce qu'une mémoire adaptative pour les grandeurs caractéristiques du mouvement de la manivelle est prévue, qui peut être activée par un mode d'entrée et, alors, mémorise un déroulement de mouvement effectué sur l'appareil, que peut répéter l'appareil.

11. Appareil d'exercice selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'une** possibilité de raccordement pour un appareil de stimulation musculaire est prévue, les paramètres des canaux de stimulation étant déterminés de façon dépendant des grandeurs caractéristiques réelles du mouvement de la manivelle et les mouvements, assistés par stimulation, du patient étant approchés, par entraînement et/ou freinage automatiques de la manivelle, d'un mouvement de rotation uniforme. 45
12. Appareil d'exercice selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** l'on prend des mesures pour interrompre d'autres impulsions de stimulation lors de l'apparition d'un spasme. 50
13. Appareil d'exercice selon la revendication 11, **caractérisé en ce qu'il** est prévu un agencement pour l'optimisation automatique des paramètres de stimulation. 55

