

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Meßanordnung zur Bestimmung der Schubladenverschiebung

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Meßanordnung zur Bestimmung der Schubladenverschiebung der Tibia gegenüber dem Femur an einem Bein eines Probanden.

Die Tibia läßt sich in der Verspannungsstruktur des Kniegelenks in sogenannten Schubladenbewegungen gegenüber dem Oberschenkel schubladenartig nach vorn oder hinten schieben, wobei die Femurkondylen eine Gleitbewegung auf dem zugewandten Tibiaplateau vollführen. Solche Gleit- oder Translationsbewegungen treten neben einer einfachen Abrollbewegung auch bei der aktiven Extension/Flexion des Kniegelenks auf und spiegeln dessen ligamentären Zustand wieder. Zur klinischen Untersuchung der Schubladenphänomene ist der sogenannte "Lachmann-Test" bekannt, bei dem ein Untersucher Ober- und Unterschenkel eines in Rückenlage liegenden Patienten kniegelenknah umfaßt und den Schienbeinkopf im Sinne einer ventralen Schublade unter Kraftausübung nach vorne zieht. Dieser Test ist subjektiv und liefert keine quantitativen Ergebnisse über das Ausmaß einer Schublade. Er eignet sich insbesondere nicht für systematische Untersuchungen des Zusammenhangs zwischen der Schubladenfreiheit und dem Zustand der Bandkomplexe.

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine objektive Messung der Schubladenverschiebung am Kniegelenk insbesondere auch in funktionellen Situationen, wie beim Stehen, Gehen und Laufen, zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird nach der Erfindung durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Die Erfindung geht von dem Gedanken aus, sowohl die räumliche Lage des Femurs als auch der Tibia im Kniegelenksbereich durch gesonderte Messungen in einem gemeinsamen Bezugssystem zu erfassen. Um dies zu ermöglichen, sind gemäß der Erfindung ein am Unterschenkel eines Beines fixierbares Referenzgestell, zwei an dem Referenzgestell im Abstand voneinander gestellfest angeordnete, im Bereich der proximalen Tibia und des distalen Femurs gegen die Vorderseite des Beines ausrichtbare Abstandssensoren, und eine mit den Ausgangssignalen der Abstandssensoren beaufschlagbare Auswerteeinrichtung zur Bestimmung der Schubladenverschiebung vorgesehen. Damit lassen sich objektive, exakte Meßwerte sowohl bei von außen ausgelösten passiven als auch bei aktiven Schubladenbewegungen gewinnen, ohne daß es erforderlich wäre, das Bein zu immobilisieren. Auch muß das Referenzgestell aufgrund der parallelen Erfassung der Ausgangssignale beider Abstandssensoren nicht vollkommen starr in Verbindung mit dem Unterschenkel stehen, was insbesondere bei aktiven Schubladentests ohnehin nur unzureichend möglich ist.

Vorteilhafterweise ist ein Abstandssensor gegen die vordere Kniescheibenfläche (Facies anterior patellae) als äußere Bezugsfläche für die Lage der Femurrollen und der andere Abstandssensor gegen die vordere Schienbeinrauigkeit (Tuberositas tibiae) als Bezugsfläche für die Lage des Tibiakopfes ausgerichtet.

Um die Ausgangssignale der Abstandssensoren in direkte Beziehung zu den zu messenden Transversalverschiebungen setzen zu können, weisen die Abstandssensoren zueinander parallele Meßstrecken auf, die parallel zum Tibiaplateau in im wesentlichen antero-posteriorer Richtung verlaufen. Damit läßt sich die Schubladenverschiebung nach Maßgabe eines Differenzwertes der Ausgangssignale der Abstandssensoren in einfacher Weise bestimmen.

Zur Einstellung einer geeigneten Meßposition sind die Abstandssensoren vorzugsweise in allen drei Raumrichtungen begrenzt verschiebbar und in ihrer Verschiebelage gestellfest arretierbar an dem Referenzgestell angeordnet.

5

Die Abstandssensoren können einen kapazitiven, induktiven oder als Ohmscher Widerstand ausgebildeten Wegmeßsensor aufweisen, dessen Meßstrecke gegenüber einem gestellfesten Bezugspunkt festgelegt ist. Damit läßt sich die jeweilige momentane räumliche Lage der sensierten Beinflächen in einem durch das Referenzgestell gebildeten gemeinsamen Bezugssystem erfassen. In einer einfachen Ausführung sind die Abstandssensoren als Linearpotentiometer ausgebildet, deren Schleifer mit ihren freien Enden federbelastet an die Vorderseite des Beines andrückbar sind.

10
15

Alternativ können die Abstandssensoren zur berührungslosen Messung als Ultraschall-, Infrarot- oder Lasersensoren ausgebildet sein.

20

Vorteilhafterweise ist das Referenzgestell über ein Stützpolster an der Vorderseite des Unterschenkels abstützbar. Das Stützpolster ermöglicht eine weitgehend schmerzfreie anatomische Anpassung, wobei insbesondere Schaumstoffe, wie Styropor oder Polyurethan günstige Eigenschaften aufweisen. Das Referenzgestell ist geeignet leicht gebaut, um am Unterschenkel getragen zu werden, wobei es mittels zirkulär um den Unterschenkel spannbarer Klettverschlußbänder fixierbar ist. Mit diesen Maßnahmen kann in vorteilhafter Weise eine starre Befestigung des Referenzgestells am Unterschenkel sichergestellt werden, so daß sich Relativbewegungen des Referenzgestells weitgehend vermeiden lassen.

25
30

Vorteilhafterweise lassen sich äußere Kräfte über eine vorzugsweise eine Bandschlinge aufweisende Kraftübertragungsvorrichtung in den Unterschenkel einleiten, wobei die auf-

35

geprägte Kraft betragsmäßig durch einen Kraftaufnehmer bestimmbar ist.

Bei mobilen Ausführungen ist es vorteilhaft, wenn die Auswerteeinrichtung eine tragbare Anzeigeeinheit aufweist, mittels welcher die erfaßten Werte der Abstandssensoren auf einem LCD-Display darstellbar sind. Dabei kann es ausreichen, wenn lediglich die während eines Meßzyklus aufgenommenen Maximalwerte angezeigt werden. Zur drahtlosen Verbindung der Abstandssensoren mit der Auswerteeinrichtung kann eine Telemetrie-einrichtung vorgesehen sein.

Weiter ist es von Vorteil, wenn die Auswerteeinrichtung einen über einen Analog/Digital-Wandler mit den digitalisierten Ausgangssignalen der Abstandssensoren und gegebenenfalls den Ausgangssignalen eines Kraftaufnehmers beaufschlagbaren Mikrocomputer aufweist. Damit läßt sich die Datenerhebung in für wissenschaftliche Zwecke geeigneter Weise durchführen.

Zur zusätzlichen Untersuchung muskulärer Aktivierungen lassen sich elektromyographische Signale an Oberflächenelektroden ableiten, wobei insbesondere der M. biceps femoris im Oberschenkelbereich und der M. gastrocnemius im Unterschenkelbereich als Abgriffstellen geeignet sind.

Um eventuelle Rotationsbewegungen des Referenzgestells gegenüber dem Unterschenkel erfassen zu können, sind vorteilhafterweise mindestens drei Abstandssensoren an dem Referenzgestell angeordnet, wobei ein erster Abstandssensor im proximalen Tibiabereich und ein zweiter Abstandssensor im distalen Femurbereich gegen die Vorderseite des Beines ausgerichtet sind, und wobei mindestens ein weiterer Abstandssensor im horizontalen und/ oder vertikalen Abstand von dem zweiten Abstandssensor gegen den Unterschenkel ausgerichtet ist.

Im folgenden wird die Erfindung anhand des in der Zeichnung in schematischer Weise dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen

5 Fig. 1 und 2 eine an einem Bein fixierte Meßanordnung zur Bestimmung der Schubladenverschiebung in lateraler und frontaler Ansicht;

10 Fig. 3 ein Blockschaltbild von Elementen zur Datenerfassung und -verarbeitung der Meßanordnung; und

Fig. 4 ein Zeitdiagramm verschiedener mit der Meßanordnung gewonnener Meßsignale.

15 Die in der Zeichnung dargestellte Meßanordnung besteht im wesentlichen aus einem Referenzgestell 10, zwei an dem Referenzgestell 10 im Abstand voneinander gestellfest angeordneten Abstandssensoren 12, 14 sowie einer mit den Ausgangssignalen der Abstandssensoren 12, 14 beaufschlagbaren Auswerteeinrichtung 16 zur Bestimmung der Schubladenverschiebung.

20 Wie in Fig. 1 und 2 gezeigt, weist das Referenzgestell 10 einen gerüstartigen Aufbau auf, wobei eine untere Tragkonstruktion 18 eine Plattform für einen Stativaufbau 20 bildet. Die Tragkonstruktion 18 ist über ein Stützpolster 22 aus Styropor an der Vorderseite des Unterschenkels 24 eines Beines 26 abstützbar und mittels Klettverschlußbändern 28 fixierbar. Um eine Verdrehung um die Unterschenkelachse zu verhindern, können zusätzliche Stützstreben vorgesehen sein, welche im Bereich des Schienbeinkopfs lateral und medial angreifen.

30 An dem Stativaufbau 20 sind zwei in einer Transversalebene ausgerichtete Montageplatten 30, 32 vertikal verschiebbar angeordnet, auf denen die Abstandssensoren 12, 14 horizontal verschiebbar und in einer eingestellten Verschiebelage

35

arretierbar gelagert sind.

Die Abstandssensoren 12, 14 sind als Linearpotentiometer ausgebildet, deren Schleifer über Taststifte 34, 36 gegenüber
5 über einem gestellfesten Linearwiderstand verschiebbar sind, wobei die Taststifte 34, 36 in Richtung ihrer freien Enden federbelastet sind.

Zur Ausmessung von Schubladenbewegungen werden die Linearpotentiometer 12, 14 in ihrer Lage bezüglich des Kniegelenks
10 so orientiert, daß der obere Taststift 36 gegen die vordere Kniescheibenfläche 38 und der untere Taststift gegen die vordere Schienbeinrauhigkeit 40 angedrückt wird. Diese äußeren Beinregionen dienen als Bezugsfläche für den distalen
15 Abschnitt des Femurs 42 bzw. den proximalen Abschnitt der Tibia 44 (Fig. 1). Bei einer hinteren oder vorderen Schubladenverschiebung gleiten die Femurkondylen 46 auf dem Tibiaplateau 48 unter gegenseitiger Relativverschiebung in antero-posteriorer Richtung. Entsprechend sind die Taststifte
20 te 34, 36 ausgerichtet, so daß die Verschiebewege des Femurs 42 und der Tibia 44 direkt gegenüber dem Referenzgestell 10 meßbar sind.

Grundsätzlich ist eine möglichst starre Fixierung des Referenzgestells 10 an dem Unterschenkel 24 von Vorteil. Um dennoch auftretende Rotationsbewegungen des Referenzgestells 10 gegenüber dem Unterschenkel 24 erfassen zu können, ist mindestens ein weiterer Abstandssensor 15 vorgesehen. Wenn dieser, wie in Fig. 3 gezeigt, entlang der Längsachse der Tibia
30 44 im vertikalen Abstand von dem Abstandssensor 12 angeordnet ist, läßt sich eine mögliche Rotations- bzw. Kippbewegung in der Sagittalebene erfassen. Wenn ein weiterer Abstandssensor (nicht gezeigt) in gleicher Höhe der Tibia 44 im horizontalen Abstand neben dem Abstandssensor 12 angeordnet
35 ist, läßt sich auch eine Rotation des Referenzgestells 10 um die Achse der Tibia 44 erfassen.

Wie aus Fig. 3 ersichtlich, werden die Ausgangssignale der Potentiometer 12, 14 in einer Signalaufbereitungseinheit 50 verstärkt und ggf. digitalisiert sowie über ein LCD-Display angezeigt, wobei die Einheit 50 zweckmäßig am Körper des Probanden angeordnet ist. Die Daten lassen sich über ein Sendemodul 52 und ein Empfangsmodul 54 einer Telemetrie- einrichtung über eine Funkstrecke 56 zu einer stationären Verarbeitungseinheit 58 übertragen. In einer Laborsituation kann die Signalaufbereitungseinheit 50 direkt mit der durch einen Personalcomputer gebildeten Verarbeitungseinheit 58 verbunden sein, wobei dann die Digitalisierung der Daten in einem als Einsteckkarte ausgebildetem Analog-Digital-Wandler in dem Personalcomputer erfolgt.

Passive Schubladenbewegungen lassen sich unter der Einwirkung äußerer Kräfte beobachten. Um reproduzierbare Meßbedingungen zu schaffen, kann dabei ein Kraftaufnehmer 60 vorgesehen sein, mittels welchem die angewandten Kräfte meßbar und damit der weiteren Auswertung zugänglich sind. Weiter kann zur Erhöhung des Reproduzierbarkeitsgrades der Messungen ein nicht gezeigtes Winkelmeßsystem zur Erfassung der Beuge- bzw. Streckstellung des Kniegelenks vorgesehen sein.

Bei Schubladenbewegungen werden vermutlich von Mechanorezeptoren Muskelreflexe zum Schutz des Kniegelenks vor Extremstellungen ausgelöst. Neben der Messung der rein mechanischen Verschiebungen ist es daher auch von Interesse, Signale des neuromuskulären Systems, wie sie in Form von Elektromyogrammen mittels Oberflächen- elektroden ableitbar sind, aufzuzeichnen.

In Fig. 4 sind die zeitaufgelöst aufgezeichneten Signalamplituden der verschiedenen Meßsensoren in willkürlichen Einheiten über der Zeit dargestellt. Die Kurve 62 gibt den mit dem Kraftaufnehmer 60 erfaßten, in den Unterschenkel 24 ein-

geleiteten Kraftimpuls wieder. Anhand des Signals 64 des Linearpotentiometers 12 ist eine geringe zeitlich verzögerte Bewegung der Tibia 44 gegenüber dem Referenzgestell 10 zu erkennen, während das Signal 66 des Potentiometers 14 die Bewegung der Patella 43 und damit mittelbar des Femurs 46 zeigt. Die eigentliche Schubladenverschiebung ergibt sich schließlich aus der Differenzkurve 68 der Signalverläufe 64 und 66. Daneben sind in Fig. 4 auch die zeitgleich abgegriffenen EMG-Signale von biceps femoris (Kurve 70) und gastrocnemius (Kurve 72) dargestellt, welche in Zusammenhang mit der Krafteinleitung stehende Aktivierungen zeigen.

Zusammenfassend ist folgendes festzustellen: Die Erfindung betrifft eine Meßanordnung zur Bestimmung der Schubladenverschiebung der Tibia 44 gegenüber dem Femur 42 an einem Bein 26 eines Probanden, mit einem am Unterschenkel 24 des Beines 26 fixierbaren Referenzgestell 10, zwei an dem Referenzgestell 10 im Abstand voneinander gestellfest angeordneten, im proximalen Tibiabereich und distalen Femurbereich gegen die Vorderseite des Beines 26 ausrichtbaren Abstandssensoren 12,14 und einer mit den Ausgangssignalen der Abstandssensoren 12,14 beaufschlagbaren Auswerteeinrichtung 16. Die Schubladenverschiebung wird dabei im wesentlichen unabhängig von überlagerten Relativbewegungen zwischen Unterschenkel und Referenzgestell 10 als Differenzwert der beiden zeitgleich erfaßten Ausgangssignale der Abstandssensoren 12, 14 bestimmt.

Patentansprüche

1. Meßanordnung zur Bestimmung der Schubladenverschiebung der Tibia (44) gegenüber dem Femur (42) an einem Bein (26) eines Probanden, **gekennzeichnet durch**
- 5
- ein am Unterschenkel (24) des Beines (26) fixierbares Referenzgestell (10),
 - 10 - zwei an dem Referenzgestell (10) im Abstand voneinander gestellfest angeordnete, im proximalen Tibiabereich und distalen Femurbereich gegen die Vorderseite des Beines (26) ausrichtbare Abstandssensoren (12,14)
 - 15 - und eine mit den Ausgangssignalen der Abstandssensoren (12,14) beaufschlagbare Auswerteeinrichtung (16) zur Bestimmung der Schubladenverschiebung.
2. Meßanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Abstandssensor (14) gegen die Facies anterior patellae (38) als Bezugsfläche für den Femur (42) und der andere Abstandssensor (12) gegen die Tuberositas tibiae (40) als Bezugsfläche für die Tibia (44) ausgerichtet ist.
- 25
3. Meßanordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Meßstrecken der Abstandssensoren (12, 14) parallel zum Tibiaplateau in im wesentlichen antero-posteriorer Richtung verlaufen.
- 30
4. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Auswerteeinrichtung (50,58) die Schubladenverschiebung nach Maßgabe eines Differenzwertes (68) der zeitgleich erfaßten Ausgangssignale (64, 35 66) der Abstandssensoren (12, 14) bestimmt.

5. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abstandssensoren (12,14) vorzugsweise in allen drei Raumrichtungen begrenzt verschiebbar und in ihrer Verschiebelage gestellfest arretierbar an dem Referenzgestell (10) angeordnet sind.
6. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abstandssensoren (12,14) einen kapazitiven, induktiven oder als Ohmscher Widerstand ausgebildeten Wegmeßsensor aufweisen, dessen Meßstrecke gegenüber einem gestellfesten Bezugspunkt festgelegt ist.
7. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abstandssensoren als Linearpotentiometer (12,14) ausgebildet sind, deren Schleifer (36,38) mit ihren freien Enden federbelastet an die Vorderseite des Beines (26) andrückbar sind.
8. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abstandssensoren (12,14) als berührungslos arbeitende Ultraschall-, Infrarot- oder Lasersensoren ausgebildet sind.
9. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Referenzgestell (10) über ein vorzugsweise als Schaumstoff-Formteil ausgebildetes Stützpolster (22) an der Vorderseite des Unterschenkels (24) abstützbar ist.
10. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß das am Unterschenkel (24) tragbare Referenzgestell (10) mittels zirkulär um den Unterschenkel spannbarer, vorzugsweise durch Klettverschlüsse verschließbaren Bändern (28) fixierbar ist.

11. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **gekennzeichnet durch** eine mit einem Kraftaufnehmer (60) gekoppelte, vorzugsweise eine Bandschlinge aufweisende Kraftübertragungsvorrichtung zur Einleitung einer Kraft in den Unterschenkel (24).
12. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Auswerteeinrichtung (16) eine tragbare Anzeigeeinheit (50) aufweist, mittels welcher die während eines Meßzyklus erfaßten Werte, insbesondere die Maximalwerte der Ausgangssignale (64,66) der Abstandssensoren (12,14) vorzugsweise auf einem LCD-Display darstellbar sind.
13. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **gekennzeichnet durch** eine Fernübertragungseinrichtung (52,54) zur Verbindung der Abstandssensoren (12,14) mit der Auswerteeinrichtung (58) über eine drahtlose Sende-/Empfangsstrecke (56).
14. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Auswerteeinrichtung (50,58) einen über einen Analog/Digital-Wandler mit den digitalisierten Ausgangssignalen der Abstandssensoren (12,14) und gegebenenfalls eines Kraftaufnehmers und/oder Goniometers beaufschlagbaren Mikrocomputer (58) aufweist.
15. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **gekennzeichnet durch** Oberflächenelektroden zur Ableitung von elektromyographischen Signalen (70,72) insbesondere des M. biceps femoris und M. gastrocnemius.
16. Meßanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens drei Abstandssensoren (12, 14,15) an dem Referenzgestell (10) angeordnet sind, von denen ein erster Abstandssensor (14) im distalen Femurbereich und

ein zweiter Abstandssensor (12) im proximalen Tibiabe-
reich gegen die Vorderseite des Beines (26) ausgerichtet
ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein dritter oder wei-
terer Abstandssensor (15) im horizontalen oder vertika-
len Abstand von dem zweiten Abstandssensor (12) gegen
5 den Unterschenkel (24) ausgerichtet ist.

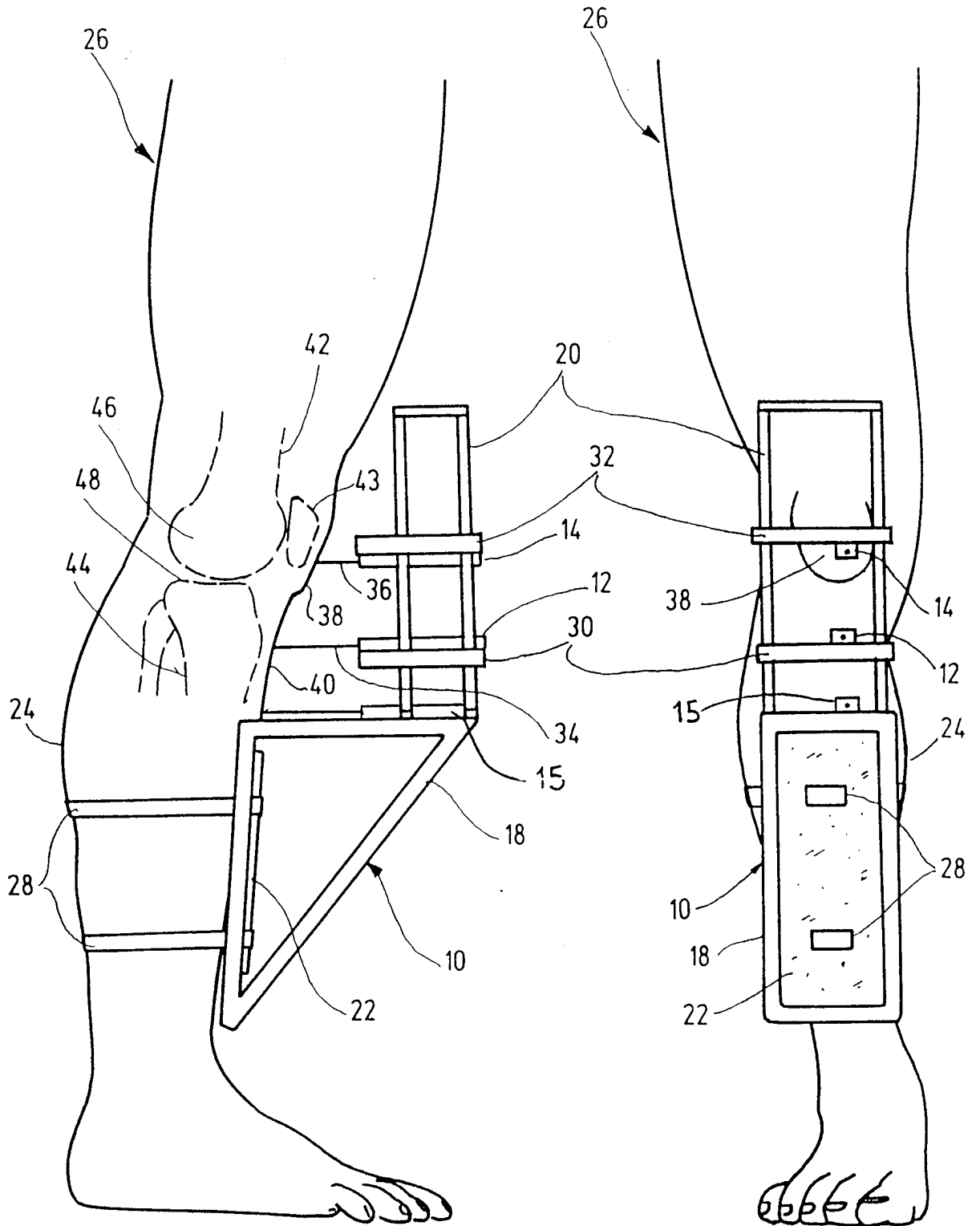


Fig. 1

Fig. 2

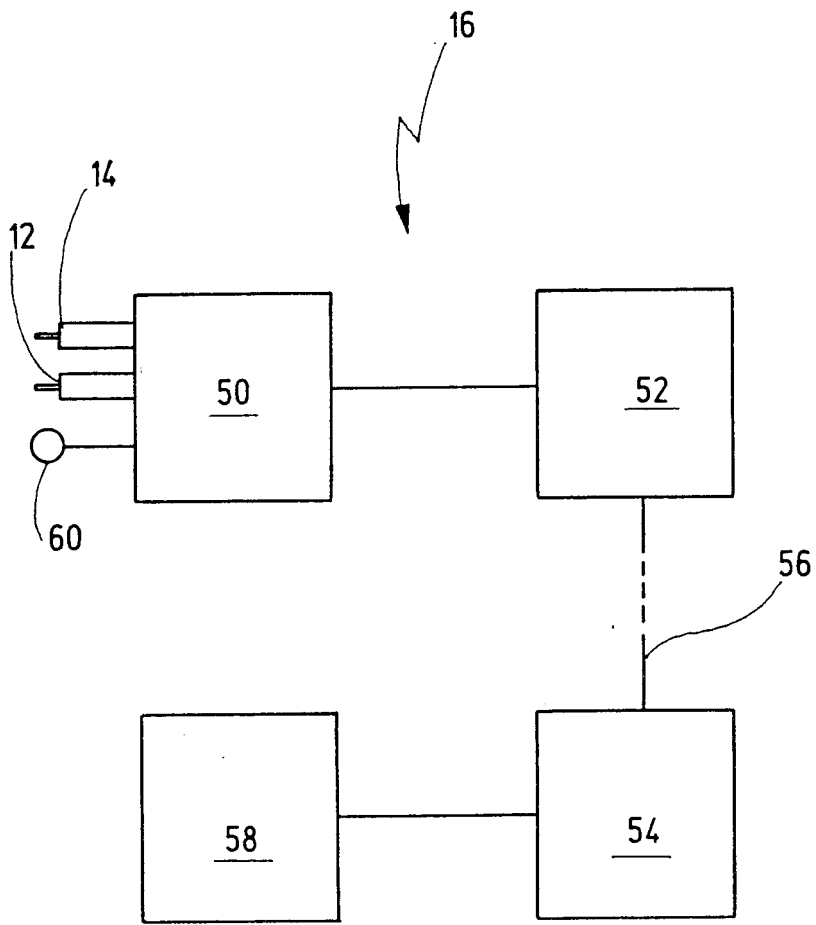


Fig. 3

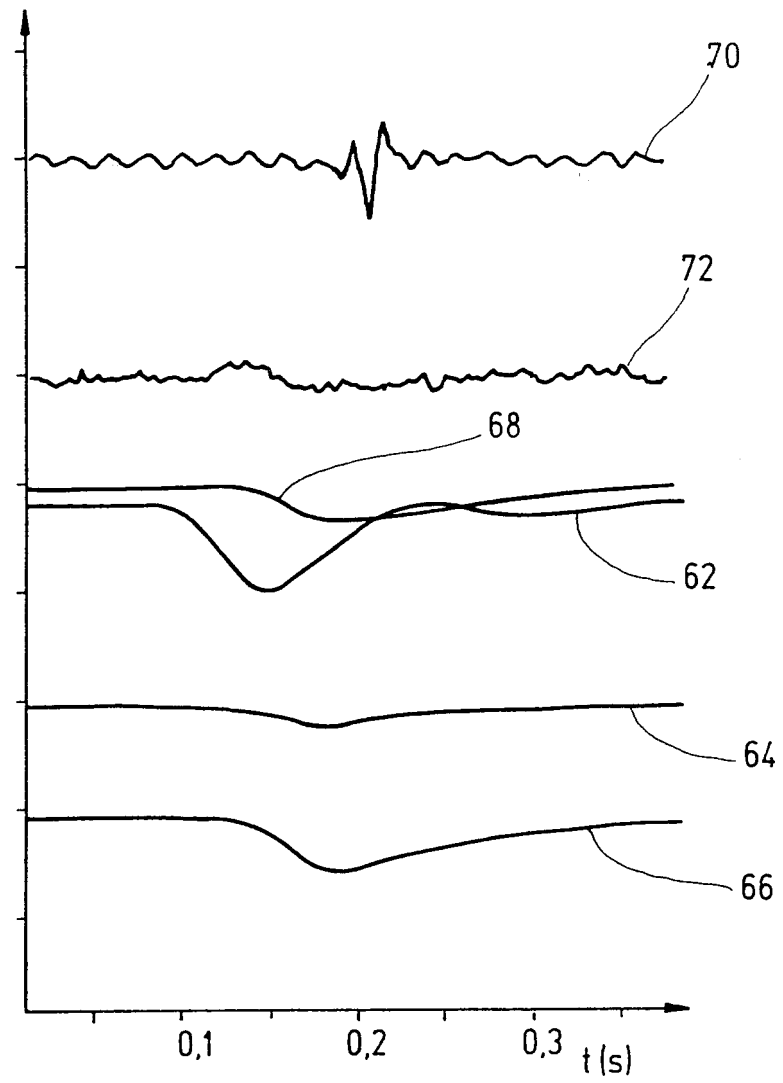


Fig. 4