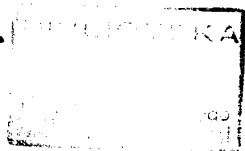


Warszawa, 6 sierpnia 1937 r.

URZĄD PATENTOWY

A61B 5/10



RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 24986.

Kl. 30 a, 4/06.

Georg Staudinger
(Frankfurt n. M., Niemcy).

Sposób mierzenia pól ciśnienia, leżących w płaszczyźnie stykowej między ciałami elastycznymi i nieelastycznymi, oraz urządzenie do wykonywania tego sposobu.

Zgłoszono 20 czerwca 1934 r.

Udzielono 18 maja 1937 r.

Pierwszeństwo: 20 czerwca 1933 r. (Niemcy).

Przedmiotem wynalazku niniejszego jest sposób mierzenia pól ciśnienia, leżących w płaszczyźnie stykowej między ciałami elastycznymi o rozmaitym stopniu elastyczności i ciałami nieelastycznymi, np. między stopą i powierzchnią ziemi, oraz urządzenie do wykonywania tego sposobu.

Gdy mniej lub bardziej elastyczne ciało styka się z ciałem prawie sztywnym, wtedy ciało elastyczne przylega stosownie do szczególnych warunków do sztywnego ciała na powierzchni mniej lub bardziej rozszerzonej, a rozkład ciśnienia poszczególnych części ciała jest bardzo skomplikowany i trudny do zmierzenia. Przy rozkłada-

niu ciśnienia w płaszczyźnie zetknięcia napompowanej opony pneumatycznej obciążonego pojazdu z gładkim i sztywnym podłożem dawały się przy pewnych założeniach wyprowadzić rachunkowo wartości liczbowe, natomiast doświadczalne sprawdzenie wyniku rachunku jest do tychczas rzeczą niemożliwą.

Zupełnie niewykonalna jest metoda analityczna, gdy warunki elastyczności stają się skomplikowane. Już przy masywnych obręczach gumowych wzory matematyczne są tak powikłane, że praktyczne przera-chowanie ich jest rzeczą niemożliwą. Sposób ten nie daje się jednak zastosować

wcale, gdy przedmioty elastyczne posiadają budowę skomplikowaną i składają się z części o skomplikowanej konstrukcji i rozmaitych stopniach elastyczności, jak np. części ciała ludzkiego lub zwierzęcego.

Właśnie ten ostatnio wymieniony przypadek posiada jednak bardzo duże i praktyczne znaczenie przy badaniach medycznych, a w szczególności ortopedycznych. Należy tu wspomnieć choćby tylko rozliczne niedomagania, na przykład stopy, które dotyczą zarówno części miękkich, jak i szkieletu, i są powodowane głównie odbiegającymi od normy wielkościami, położeniem i rozmieszczeniem poszczególnych lub wszystkich części szkieletu, często od siebie oddalonych. Tutaj właśnie zarówno badacz, jak i leczący praktyk, odczuwa potrzebę ustalenia rozkładu ciśnienia na powierzchnię podparcia w przypadku zarówno zdrowej, jak i nienormalnej lub chorej stopy, i określenia ciśnienia w zależności od położenia lub obciążenia ciała oraz od wpływu środków podpierających lub skutków operacji korygujących. Niedomagania te powstają również podczas choroby skóry u obłożnie chorych, wskutek ucisku, lub są powodowane przez nacisk protezy na części ciała pozostałe po operacji.

Próbowano już rozwiązać to zagadnienie, próby te jednak nie wyszły po za granice stwierdzeń czysto jakościowych lub niedokładnych ilościowych. Jest rzeczą jasną, że z ustaleniem kształtu powierzchni stykowej przez zafarbowanie odnośnej powierzchni skóry i odcisnięcie na twardej podkładce nie można było się dowiedzieć o rozkładzie ciśnienia. Tak samo próby Dane'a i Seita oceny rozkładu ciśnienia na podstawie mniejszego lub większego opróżniania z krwi naczyń włoskowatych skóry i wywoływania odparzeń skóry stopy przez podłożenie płytki szklanej wykazują wiele błędów (stwardnienia skóry, zblednięcie skóry, indywidualne cechy siatki naczyń włoskowatych i układu nerwowego i t. d.).

Tymczasem liczbowe określenie ciśnienia punkt za punktem w dowolnych miejscach powierzchni stykowej jest rzeczą zupełnie niemożliwą.

Przez nastąpienie na niesztynny, plastyczny podkład można wprawdzie utworzyć odciski, nie nadają się one jednak zupełnie do otrzymywania liczb pomiarowych miejscowych wartości ciśnienia. W tym kierunku poczyniono wiele prób, a zjawiska rozpostrzeniania się ciśnienia w cieczach, których prawa są tutaj miarodajne, zdają się nie są ogólnie dostatecznie znane.

Również znany jest sposób Frostella, opisany w r. 1925 w czasopiśmie „Zeitschrift für orthopedische Chirurgie“ (zeszyt 47, rocznik 1925), według którego stosuje się w tym celu podkładkę flanelową nasyoną roztworem błękitu metylenowego. Na tę poduszeczkę kładzie się siatkę z drutu żelaznego, której odstęp oczek wynosi $3\frac{1}{2}$ mm. Na siatkę tę kładzie się papier, a na papier stawia się stopę. Po wywarciu przez stopę nacisku papier wgniata się w oczka siatki, a części papieru wgniecione w oczka siatki farbuje się od poduszczonej farbującej. Między wielkością barwnej plamy, utworzonej z oczek, a panującym w tym miejscu ciśnieniem istnieje pewien związek, a zatem możliwy jest pewien sąd o rozkładzie ciśnienia w tej płaszczyźnie, jednak półsztywna siatka wyrównywa różnice, a głębokość ugięcia skóry w poszczególnym oczku zależy w dużym stopniu od różnic w elastyczności epidermisu wskutek znacznej wartości absolutnej ciśnienia niezbędnego do zdjęcia obrazu barwnego. Niedogodność tego sposobu stanowi to, że pozwala on na ustalenie wartości tylko bardzo niedokładnych i nie dających się porównywać z innymi przypadkami. Nadto sposób ten posiada tę wadę, że przy tego rodzaju mierzeniu sam sposób nastąpienia nogą wpływa na obraz, a więc wynik nie przedstawia pola ciśnienia, jakie utworzyłoby się pod stale stojącą stopą.

Według metody Baslera, opisanej w roku 1929 w jego dziele pod tytułem „Das Gehen” wydanym nakładem uniwersytetu Sun Yat Sen w Kantonie, stosuje się do mierzenia dynamometr strunowy. W tym celu ustawia się stopę w kierunku podłużnym lub poprzecznym na urządzeniu szczeblowym o 10 szczeblach połączonych ze sobą strunami. Napięcie strun mierzy się wysokością ich tonu. Błędy są tutaj podobne do błędów otrzymywanych przy stosowaniu siatki drucianej. Dopuszczalne odkształcenia są stosunkowo duże, kształt powierzchni stykania się lub powierzchni nośnej nie jest dokładnie określony, a mierzone wartości ciśnienia przedstawiają poszczególne nie dające się rozłożyć całki liniowe przebiegu ciśnienia wzdłuż szczebli i nie dają żadnych wartości liczbowych w odniesieniu do poszczególnych punktów.

W praktyce dochodzi do tego jeszcze żądanie, którego nie może spełnić żaden ze wspomnianych sposobów, mianowicie wytworzenia niezawodnego dokładnego stosunku pola ciśnienia do poszczególnych anatomicznych punktów kośćca.

Sposób według wynalazku wyklucza błędy nieuniknione przy stosowaniu powyżej wspomnianych sposobów i pozwala na otrzymywanie przy pomiarach ciśnień wartości liczbowych nie podlegających żadnym zarzutom naukowym. Sposób polega na tym, że jedną lub większą liczbę nieelastycznych części powierzchni zastępuje się jednym lub wieloma małymi w porównaniu z nimi narządami pomiarowymi, przy czym podczas mierzenia należy się starać o utrzymywanie nacisku na powierzchnię stykową bez zmiany lub utrzymywanie tych zmian w granicach nieznacznych. Poza tym każdy punkt mierzonego pola pomiaru staje się dostępnym dzięki zastosowaniu narządów pomiarowych przesuwanych we wszelkich kierunkach.

Na rysunku przedstawiony jest przykład wykonania urządzenia według wynalazku.

Fig. 1 przedstawia w widoku podwójną postać wykonania urządzenia pomiarowego, które umożliwia wykonywanie pomiarów pól ciśnienia jednocześnie obydwóch stóp pacjenta, fig. 2 — właściwy narząd pomiarowy, fig. 3 — widok obrazu pomiarowego dokonanego sposobem według wynalazku, fig. 4 — widok odcisku stopy otrzymywanego według znanego sposobu za pomocą papieru, fig. 5 — obraz ciśnienia zupełnie normalnej stopy wykonany sposobem według wynalazku, fig. 6 — obraz ciężkiego przypadku stopy płaskiej, a fig. 7 — obraz ciężkiego przypadku stopy szpotawej wykazujący grubymi liniami zniekształcenie przeciwnie zniekształceniu stopy płaskiej.

Urządzenie składa się z poziomej ramy 1 z kątowników umocowanej na drewnianej podstawie 2. W ramie osadzona jest przesuwnie płyta 3. W płytę tę wpuszczona jest tarcza obrotowa 4, w tę zaś tarczę wpuszczony jest narząd pomiarowy 5 służący do mierzenia pojedynczego ciśnienia skierowanego pionowo w dół.

Dzięki takiemu urządzeniu nie tylko przyrząd pomiarowy może być nastawiany na każdy poszczególny punkt mierzonej powierzchni ciśnienia, lecz również dwa takie aparaty mogą być nie przeszkadzając sobie wzajemnie przysunięte do siebie tak blisko, że niezależnie i ewentualnie jednocześnie można zmierzyć tuż obok siebie obie stopy tej samej osoby.

Powierzchnie narządu pomiarowego, tarczy i płyty leżą w jednej płaszczyźnie, o ile ciało badane spoczywa na płaszczyźnie. Jeżeli jednak stopę chce się mierzyć na wkładce, to płaszczyznę zastępuje się odpowiednio ukształtowaną powierzchnią.

Nad tą płaszczyzną naciągnięty jest papier 6 za pomocą specjalnego urządzenia napinającego 7, które przymocowuje papier do ramy. Na papierze umieszcza się stopę albo inną mierzoną część ciała.

Papier zapobiega temu, aby przy przesunięciu płyty pomiarowej nie została

wraz z nią przesunięta skóra, co mogłoby spowodować zmianę położenia nogi i wywołać błąd w pomiarach. Zamiast papieru można zastosować inny materiał podatny, który nie wpływałby istotnie na rozkład ciśnienia.

Papier jest nawinięty z trzech stron na wałki, których końce w stanie napiętym są połączone z ramą, podczas gdy czwarta strona papieru jest nawinięta na półokrągłą listwę, która wciska go do wgłębienia drewnianej podstawy.

Zadaniem narządu pomiarowego 5 jest mierzenie ciśnień w płaszczyźnie nośnej. Narząd ten może być zbudowany w rozmaity sposób tak, aby w dowolny znany sposób umożliwiał mierzenie ciśnienia. Odchylenie narządu pomiarowego mechanicznie powielone za pomocą układu dźwigniowego może być odczytywane bezpośrednio lub za pomocą zwierciadeł. Może ono być użytkowane do zmiany szczeliny powietrznej w obwodzie magnetycznym tak, ażeby przy pomocy w ten sposób spowodowanych zmian pola magnetycznego użytkować działanie indukcji do rejestrowania zmian ciśnienia. Zamiast tego można wywołać elektrostatische zmiany pojemności i w znany sposób uczynić je podstawą pomiarów. We wszystkich tych przypadkach dopuszczalne są ponadto zmiany położenia właściwego narządu pomiarowego o wartości skończonej, aczkolwiek są one bardzo małe.

Przy użyciu kryształu kwarcowego o działaniu piezoelektrycznym, naładowującego się elektrostycznie na swej powierzchni wskutek ciśnienia, zmiany te przypadają już na granicy możliwości ich stwierdzenia i dają się nawet zupełnie uniknąć, gdy przy pomocy stopniowanej zewnętrznej siły przeciwnej dokładnie wyrównuje się znowu zmianę położenia lub kształtu utworzoną najpierw na narządzie pomiarowym przez mierzone ciśnienie, a potrzebną do tego siłę przeciwną bierze się za podstawę pomiaru.

W tym pierwszym sposobie przesunięcia dopuszczalne w miejscu pomiarowym przy odczytywaniu pomiarów mogą być utrzymywane poniżej 0,01 mm, wskutek czego osiąga się dużą dokładność pomiaru.

W opisanym poniżej wykonaniu narządu pomiarowego stosuje się odbicie w zwierciadle, mianowicie w następujący sposób.

Po środku membrany 9 (fig. 2) przynitowany jest skierowany pionowo w dół pręcik 10, na którego wolnym dolnym końcu umocowana jest mała płytką metalowa 11. W odległości 0,4 mm od tej płytki znajduje się równoległa do niej druga płytką 12, która przy pomocy dwóch rurek 13, 14 jest nieruchomo połączona z żelaznym kadłubem narządu. Między obydwoma płytkami metalowymi zaciśnięta jest pozioma cienka igła 15, na której jednym końcu umocowane jest małe lustro 15a.

W razie ugięcia membrany 9 obie płytki zostają przesunięte względem siebie, dzięki czemu igła razem z lustrem obraca się, a promień światła, który pada na lustro 15a odchyli się odpowiednio do obrotu i pada na tabliczkę zaopatrzoną w podziałkę, na której zostaje dokonany odczyt. Podziałka jest połączona z narządem pomiarowym tak, aby skala przeniesienia pozostała niezmienna. Oprócz tego jednak narząd pomiarowy obraca się razem z okrągłą tarczą dokoła osi pionowej przy przejściu z jednego położenia pomiarowego w drugie. Odpowiedni narząd, mianowicie przegub poczwórny 17, zapewnia trafianie promienia odchylonego zawsze na podziałkę pomiarową umieszczoną pionowo w stałej odległości.

Okazało się rzeczą praktyczną połączenie poczwórnego przegubu 17 względnie narządu pomiarowego z oprawą 16 znajdującą się nad narządem pomiarowym i badaną częścią ciała i posiadającą przesuwną wskazówkę 18 stale wskazującą na środek membrany. Dzięki temu można w każdej

chwili zorjentować się co do położenia narządu pomiarowego, gdy membrana jest podczas mierzenia zakryta badaną częścią ciała.

Na oprawie 16 umocowana jest sprężyna taśmowa 19 z cienką igłą, która odpowiednio do ruchów narządu pomiarowego porusza się w kierunku podłużnym nad stolikiem 20, na którym naciągnięty jest papier. Odchylenia promienia świetlnego na podziałce zostają zaznaczone kropkami na tym papierze i zaopatrzone w każdorazową wartość liczbową.

Ten narząd do mierzenia można zastąpić samoczynnym urządzeniem pomiarowym, które zostaje wtedy sprężone z samoczynnym przesunięciem narządu pomiarowego względnie płyty pomiarowej, wskutek czego równocześnie zostają samoczynnie zaznaczone linie ciśnienia.

W urządzeniu tym kadłub ciała może być przytrzymywany płytą drewnianą, która przylega do pleców i siedzenia, albo koszem na miednicę z prętami połączonymi przegubowo, co uniemożliwia przesunięcie się poziome ciała.

Po właściwym badaniu części ciała, np. stopy, lub przed badaniem może ona być prześwietlona promieniami rentgenowskimi bez zmiany jej położenia. W tym celu zamiast płyty 3 podsuwa się inną płytę zaopatrzoną w kliszę rentgenowską lub papier, po czym dokonywa się zdjęcia rentgenowskiego. Połączenie między obrazem rentgenowskim i obrazem ciśnienia otrzymuje się przez odpowiednie znakowanie za pomocą urządzenia przyciskowego albo też kliszę w postaci błony wsuwa się z boku w płytę drewnianą przez boczną szczelinę 22 w ramie. Przy takim postępowaniu zdjęcie pola ciśnienia musi nastąpić tam, gdzie znajduje się aparat rentgenowski, a zdjęcie rentgenowskie musi się odbywać jednocześnie bezpośrednio przedtem lub potem. Aby się od tego uniezależnić, można do badanej stopy przyłożyć kątownik,

który dotykając stopy w trzech punktach wszędzie leży nieruchomo. Położenie kątownika względem płaszczyzny zdjęcia ciśnienia może być zaznaczone raz na zawsze. Gdy wtedy przy zdjęciu rentgenowskim stopa zostaje zdjęta w innym czasie i w innym miejscu wraz z przyłożoną szyną kątową, to zdjęcie to za pośrednictwem cienia kątownika lub specjalnych znaków pomocniczych na kątowniku można w każdej chwili dokładnie nastawić na zdjęcie ciśnienia.

Okazało się również rzeczą praktyczną połączenie urządzenia z wagami, a mianowicie jednej dla stopy lewej i jednej dla stopy prawej, jeżeli, na przykład, ma się mierzyć dwie stopy. Waga ta ma na celu zmierzenie ciężaru mierzonej części ciała podczas pomiaru i ustalenie położenia środka ciężkości.

Mierzenie ciśnienia za pomocą urządzenia według wynalazku odbywa się w ten sposób, że narząd pomiarowy ciągnie się wzdłuż pod stopą od przodu do tyłu. Zależnie od siły nacisku poszczególnych części stopy otrzymuje się krzywą, która podaje każdorazowe ciśnienie stopy. Przez boczne przesunięcie narządu pomiarowego i ponowne przeciągnięcie go od przodu do tyłu otrzymuje się znowu nową linię pomiarową. Z tego wynika, że w ten sposób można określić nacisk każdego dowolnego punktu części ciała, która ma być zbadana.

Jeżeli następnie połączy się punkty rozmaitych linii pomiarowych o jednakowym ciśnieniu, to otrzymuje się według fig. 3 linie jednakowych ciśnień (izobary), jak to ma miejsce przy wytwarzaniu map. Po sporządzeniu wszystkich linii jednakowych ciśnień cały ten obraz daje obraz rozkładu ciśnienia na całej stopie. Dokładność obrazu ciśnienia zwiększa się przez przeprowadzenie możliwie większej liczby linii pomiarowych, a zatem przez otrzymywanie możliwie większej liczby linii izobarowych.

Oprócz tego urządzenie pozwala na mierzenie rozkładu ciśnienia stopy przy każdym dowolnym położeniu ciała.

Przy pomocy tego urządzenia można nie tylko dokładnie przedstawić liczbowo nacisk na powierzchnię, lecz również odnieść do kośćca otrzymane wyniki, które w tym przypadku są matematycznie ściśle. Nie wystarcza bowiem wiedzieć tylko, jaka część stopy przejmuje główny ciężar względnie jak obciążenie rozkłada się na poszczególne części stopy, ponieważ nawet na podstawie tak otrzymanych wyników nie można określić łączności z kośćcem stopy. Odniesienie bowiem obciążenia jednego punktu stopy na kościec jest znacznie trudniejsze, niż to się ogólnie zdaje. Nawet gdy się zaznaczy mierzone punkty na stopie w przypuszczeniu, że odnośne punkty leżą dokładnie pod mierzonymi częściami kośćca, to jednak te zaznaczone punkty nie są przy obciążeniu stopy położone dokładnie pod mierzonymi częściami kośćca. Jeszcze nigdy jednak nie dokonano pod tym względem żadnych prób. Każdy kościec przy obciążeniu ustępuje wzdłuż i wszerz odpowiednio do nacisku i odpowiednio do swej elastyczności, podczas gdy zaznaczony punkt jest ustalony na równej podkładce lub (na przykład) na siatce; kościec zawsze przesuwają się w stronę części miękkich, na których ustalono punkty.

Na fig. 4 — 7 uwidocznione są różnice obrazów ciśnień uzyskanych znany sposób i sposobem według wynalazku. Na fig. 4 uwidoczniiony jest obraz ciśnienia otrzymywany sposobem odciskowym za pomocą papieru. Można tu rozróżnić tylko całą powierzchnię stykową.

Fig. 5 przedstawia obciążenie przedniej części stopy i pięty, podczas gdy pośrodku stopy, w tak zwanym podłużnym sklepieniu, nie ma żadnego obciążenia. W przedniej części stopy w zakresie tak zwanego sklepienia poprzecznego widać równomier-

ny spadek ciśnienia od pierwszego promienia stopy do ostatniego.

Fig. 6 przedstawia przypadek stopy płaskiej, w której, jak wiadomo, sklepienie podłużne jest obniżone i w której jako zniekształcenie wtórne prawie zawsze występuje załamanie sklepienia poprzecznego. Istotnie widać, że część między piętą i przednią częścią stopy jest silnie obciążona i że w sklepieniu poprzecznym zwykle zaledwie obciążone miejsce jest bardzo obciążone w drugim i trzecim promieniu, a więc i przednie sklepienie poprzeczne jest obniżone.

Następnie przy nodze szpotawej (fig. 7) pacjent stąpa tylko piętą i zewnętrznym brzegiem i szczególnie silnie obciąża piąty promień. Widać przy tym silny spadek powierzchni ciśnienia na zewnętrznym brzegu pięty i nadmiernie duże obciążenie piątego promienia. Jak widać na rysunku, piąty promień przejmuje prawie całe obciążenie przedniej części stopy.

Przy porównaniu starego rysunku z nowym i nowych obrazów ze sobą widać wyraźnie, że dzięki temu urządzeniu osiąga się dokładny obraz rozkładu ciśnienia i umożliwia przenoszenie obrazu ciśnienia nie tylko na części miękkie, lecz nawet na kościec.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Sposób mierzenia pól ciśnienia, leżących w powierzchni stykowej między ciałami elastycznymi i nieelastycznymi, przy czym jedna lub większa liczba części nieelastycznej powierzchni stykowej są zastępowane jednym lub większą liczbą narzędzi pomiarowych o rozmiarach niewielkich w porównaniu do powierzchni stykowej, oraz obrazowego przedstawiania rozkładu ciśnienia, znamieny tym, że za pomocą narzędzi pomiarowych przesuwanych we wszystkich kierunkach i zastępujących części nieelastycznej powierzchni podsta-

wowej poddaje się pomiarowi każdy punkt mierzonego pola, nie zmieniając w tym punkcie położenia powierzchni stykowej lub unikając tej zmiany w stopniu praktycznie znikomym, dzięki np. zastosowaniu nacisku na narząd pomiarowy zewnętrzną siłą służącą za podstawę pomiaru i wyrównującą położenie lub odkształcenie powierzchni narządu pomiarowego.

2. Urządzenie do wykonywania sposobu według zastrz. 1, znamienne tym, że składa się z płyty osadzonej przesuwnie w poziomej ramie (1) oraz jednego lub kilku narządów pomiarowych (5) umieszczonych w narządzie (4), np. o postaci tarczy obrotowej, osadzonym w tej płycie i umożliwiającym przesuwanie tych narządów pomiarowych poprzecznie względem kierunku ruchu płyty.

3. Urządzenie według zastrz. 2, znamienne tym, że jest zaopatrzone w narządy przytrzymujące ciekłą podkładkę zakładaną pomiędzy elastyczne ciało i płytę

i wykonaną z materiału mało elastycznego dającego możliwie małe tarcie, np. gładkiego papieru przetłuszczonego.

4. Urządzenie według zastrz. 2, znamienne tym, że płyta jest zaopatrzona we wgłębienie służące do umieszczania w nim kliszy, błony lub papieru rentgenowskiego.

5. Urządzenie według zastrz. 2 — 4, znamienne tym, że jest zaopatrzone w narządy przykładane do stopy, które dokładnie określają jej położenie względem ramy płyty.

6. Urządzenie według zastrz. 2 — 5, znamienne tym, że jest zaopatrzone w odpowiednie urządzenie znakujące zapewniające uzgodnienie obrazu ciśnienia z obrazem rentgenowskim.

Georg Staudinger.
Zastępca: Inż. J. Wyganowski,
rzecznik patentowy.

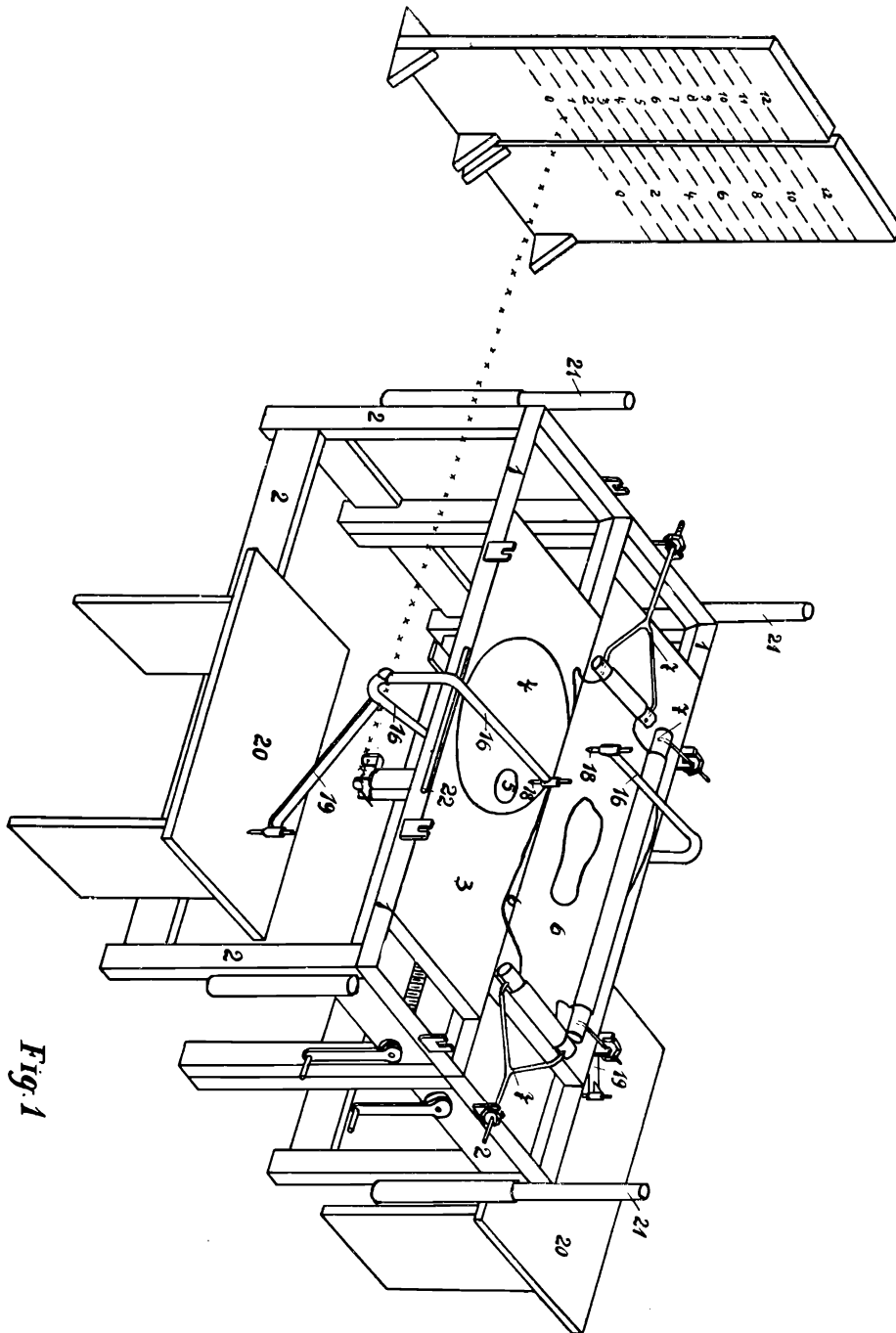


Fig. 1

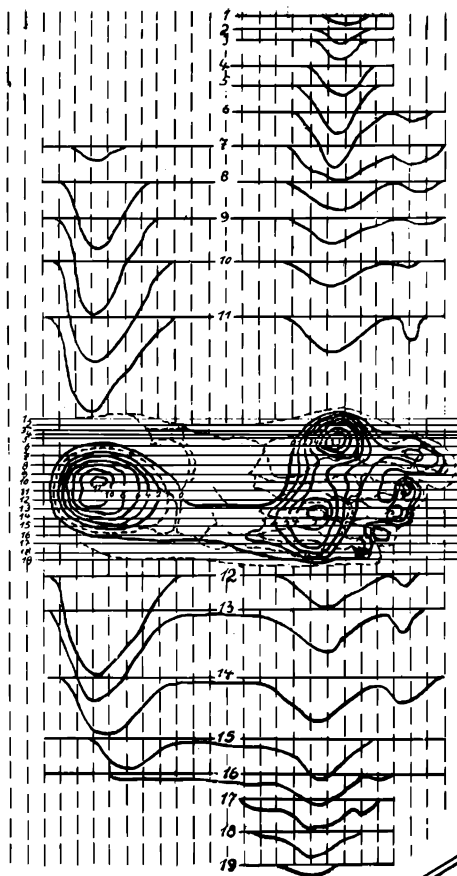


Fig. 2

Fig. 3

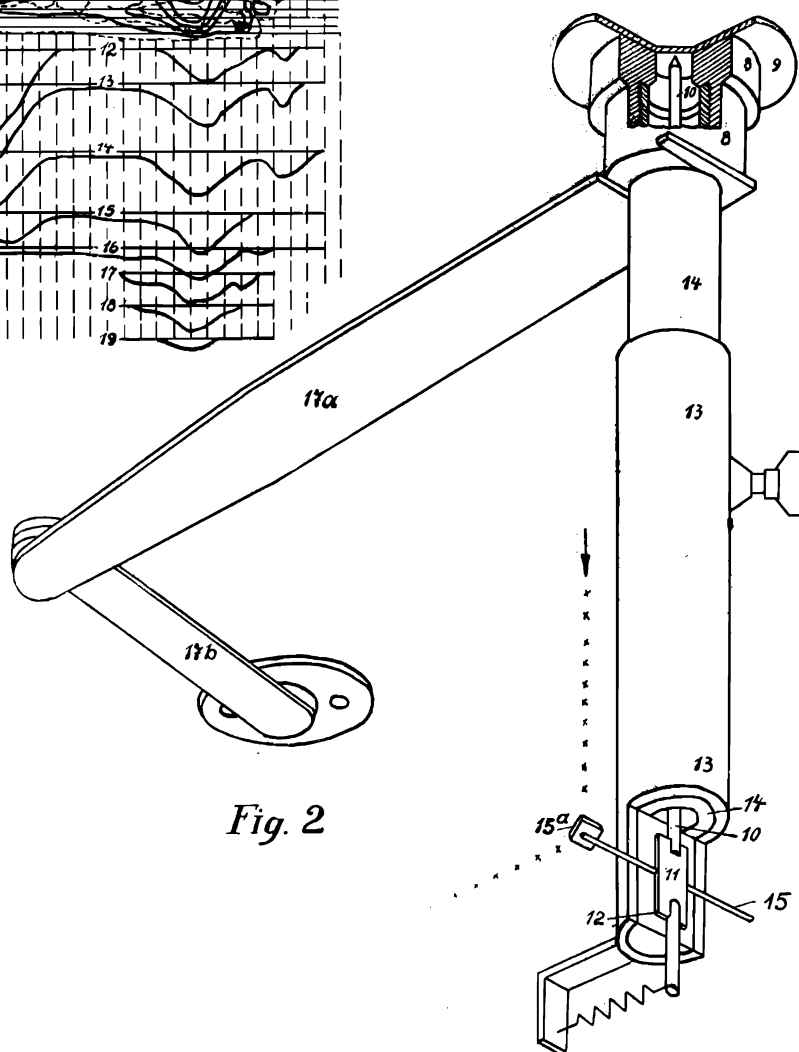




Fig. 4

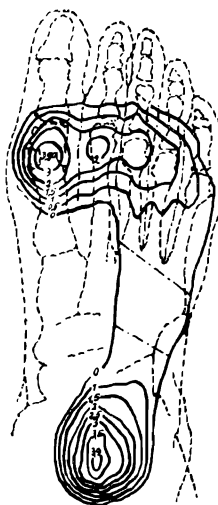


Fig. 5

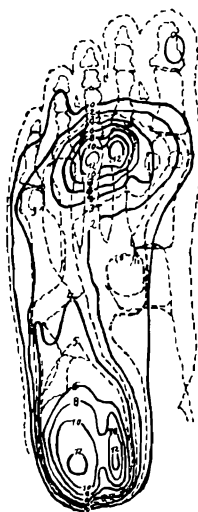


Fig. 6

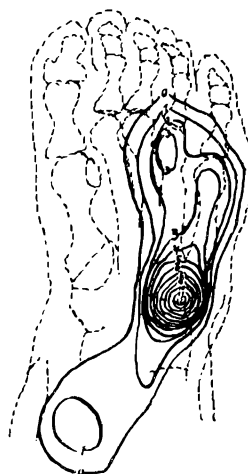


Fig. 7