

PROBLEMY NIEKONWENCJONALNYCH UKŁADÓW ŁOŻYSKOWYCH

Łódź 09-10 maja 1995 roku

Jan Burcan*, Elżbieta Łuczak* *, Mieczysław Prosnak*
(*Politechnika Łódzka, **Wojewódzka Poradnia Ortopedyczna w Łodzi),

HYDRAULICZNE, PNEUMATYCZNE I ELEKTRYCZNE WĘZŁY PRZEGUBOWE W PROTEZACH KOŃCZYN DOLNYCH

SŁOWA KLUCZOWE

przeguby - kolanowy, skokowy i śródstopnopalcowy, synchronizacja z ruchem stopy, wspomaganie, faza wykroku, możliwości ruchowe

STRESZCZENIE

W protezach kończyn dolnych stosuje się hydrauliczne, pneumatyczne oraz wspomagane energią elektryczną węzły przegubowe. Łagodzą one działanie przegubu kolanowego, synchronizując z ruchami stopy, podobnie jak kończynie naturalnej, w większym stopniu niż tradycyjne układy mechaniczne. Wspomagają także obcym źródłem energii fazę wykroku protezy, zwiększając możliwości ruchowe amputowanego. W rozwiązaniach ze wspomaganie hydraulicznym można wyróżnić układy jedno-, dwu- i trójprzegubowe kontrolujące działanie przegubu kolanowego, kolanowego i skokowego, bądź kolanowego, skokowego i śródstopnopalcowego. Zespoły pneumatyczne stosowane są niemal wyłącznie jako przeguby kolanowe. Protezy z zewnętrznym źródłem energii (elektrycznej) mogą wspomagać czynność wszystkich węzłów przegubowych. Omówione mechanizmy są jednak bardziej kosztowne, cięższe i trudniejsze do ewentualnych napraw, nie zawsze możliwe do zastosowania, zwykle są niedostępne w powszechnej działalności protetycznej.

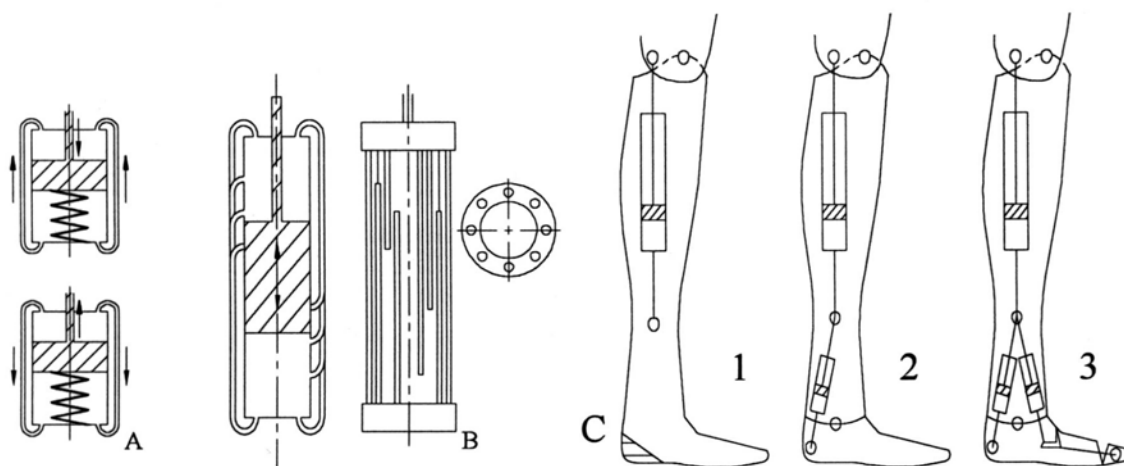
WPROWADZENIE

Jednym z najtrudniejszych problemów protetyki kończyn dolnych jest zapewnienie możliwie najpełniejszego odtworzenia złożonego działania naturalnego stawu kolanowego i stopy, decydującego o funkcjonalności protezy i jej wartości użytkowej. Powszechnie stosowane kolana mechaniczne nie zawsze pozwalają na dokładną regulację szybkości kątowej goleni i uda, szczególnie dynamicznie zmieniającej się w fazie wykroku, a odbojność elastycznych rokusperatorów energii często nie wystarcza do efektywnego wyrzucania protezy ku przodowi. Niedostatki te są odpowiedzialne za brak inicjacji fazy wykroku, umożliwiającej właściwe działanie kolana i stopy protezowej. Znaczącą poprawę w tym zakresie uzyskuje się dzięki zastosowaniu systemów hydraulicznych i pneumatycznych oraz energii elektrycznej zwiększającej możliwości kinetyczne protez.

Mechanizmy hydrauliczne i pneumatyczne synchronizują współdziałanie ruchu przegubu kolanowego i skokowego, a niekiedy i śródstopnopalcowego, na wzór zależności

zachodzących w kończynie naturalnej, przy wspomaganiu ruchu protezy zewnętrznym źródłem energii niezależnie od możliwości ruchowych amputowanego.

Kolana hydrauliczne regulują szybkość kątowych przemieszczeń goleni i uda w fazie wyroku protezy lub synchronizują działanie przegubu kolanowego i skokowego na wzór kończyny naturalnej. Zasada działania tych mechanizmów (rys. 1) wykorzystuje współdziałanie cylindra i tłoka podczas przepływu cieczy przemieszczającej się poprzez rurki stwarzające opór zależny od ich przekroju i długości. Opór ten wzrasta proporcjonalnie do prędkości przepływu. Także decyduje o oporach przepływu, co dodatkowo rozszerza możliwości regulacji hamowania. Zmniejszenie liczby, a więc i łącznej średnicy rurek przepustowych, powoduje zwiększenie szybkości przepływu płynu, wzrost oporu i efektu hamującego. Zjawisko to wykorzystuje się w układach wieloprzepustowych z przepływem cieczy przez szereg rurek o różnej długości, zamykanych lub otwieranych kolejno przesuwającym się tłokiem. Układy takie wyróżniają się szczególnie wysoką funkcjonalnością. Niekiedy wprowadza się do układu pewną ilość powietrza, co kompensuje ściśliwość cieczy i zapewnia płynność działania mechanizmu.



Rys. 1. Zasada działania kolan hydraulicznych,

A - zasada działania układu, B - wielootworowy mechanizm Jube,

C - proteza z przyrządem hydraulicznym: 1 - jednostawowym, 2 - dwustawowym (kolanowo-skokowym), 3 - trójstawowym (proteza hydrauliczna)

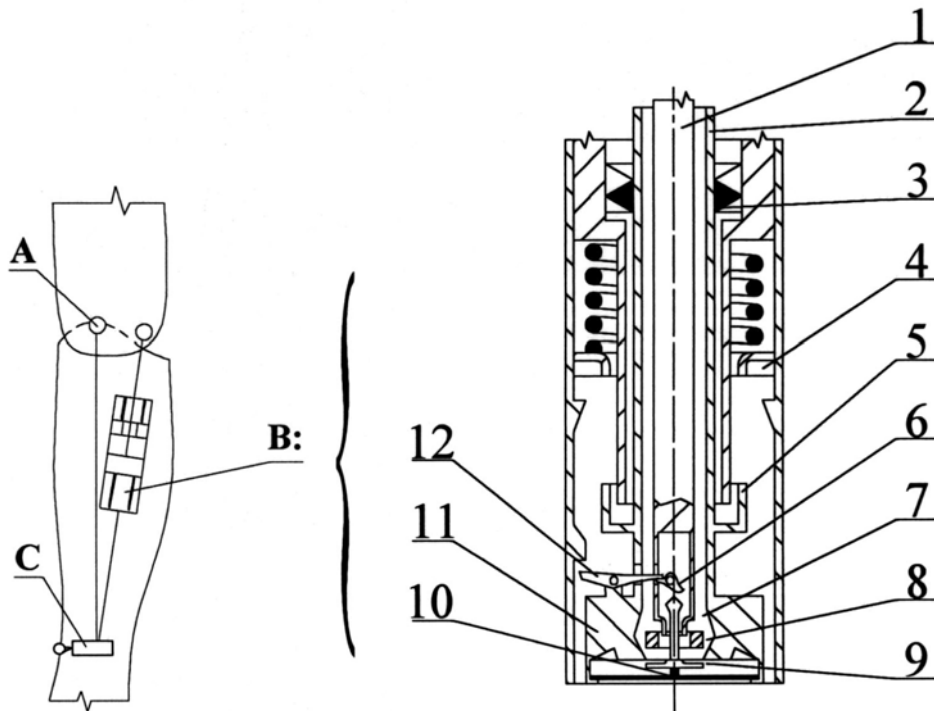
W mechanizmach dwu - lub trójprzegubowych, kontrolujących działanie przegubu kolanowego i skokowego oraz śródstopnopalcowego (jeśli zachodzi taka potrzeba), sprzężenie poszczególnych członów protezy stanowią włączone w układ siłowniki tłokowe, uruchomiane w odpowiednich fazach chodu przetłaczaną w ich cylindry cieczą z zespołu głównego (rys. 2-3).

Do okresowego blokowania ruchu przegubu służy zwykle ręczny zawór zamykający przepływ płynu wewnątrz układu. Powoduje to unieruchomienie mechanizmu, wyposażonego niekiedy w specjalny zawór włączany, np. do poruszania się po schodach. Zawór jest włączany ręcznie, przez co umożliwia się niewielki przepływ cieczy pozwalający na drobne ruchy przy zamkniętym zaworze głównym.

Mechanizmy hydrauliczne można stosować, w trudnych przypadkach, we wszystkich typach kolan protezowych, zarówno monocentrycznych, jak i policentrycznych oraz w szkieletowych konstrukcjach modułarnych.

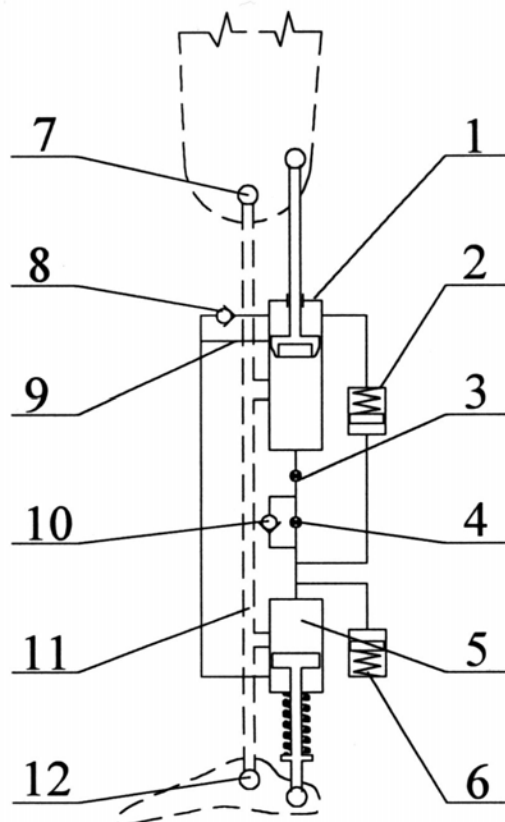
Ostatnio pojawiły się także hydrauliczne przeguby skokowe zapewniające ruch względem trzech osi (zgięcie-wyprost, pronacja-supinacja, odwodzenie i przywodzenie stopy). Wyróżniają się one pozytywnie, bardzo wysokim stopniem funkcjonalności.

Równie szeroko rozpowszechnione są kolana pneumatyczne, o podobnym sposobie działaniu, z amortyzatorem kontrolującym za pośrednictwem gazu (zwykle jest nim powietrze) ruchy przegubu kolanowego (rys. 4).

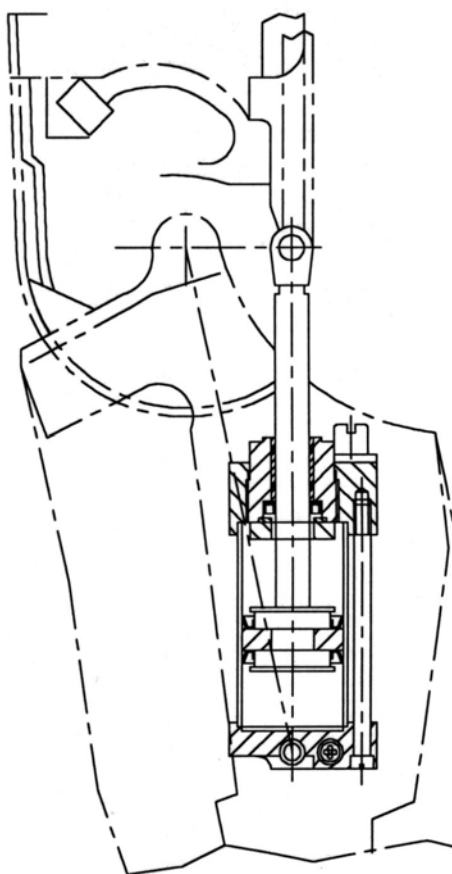


Rys. 2. Szkic schematyczny protezy hydraulicznej, A - oś kolana, B - akumulator: 1-rdzeń, 2-trzon tłokowy umocowany do kolana, 3-uszczelka i suchy wkład cierny (regulowany), 4-tłok akumulatora, 5-zderzak (wyprostny), 6-wahadło, 7-dolne ujście oporowe, 8- regulowany dławik, 9-zawór oboczny dolnego ujścia oporowego, 10-sprężyna, 11-tłok, 12-przeciwwaga, C - regulacja kolana

Rys. 3. Szkic schematyczny protezy hydraulicznej Stewam-Vickers, 1-cylinder kolanowy, 2-cylinder przełączniczy, 3-zawór iglicowy (regulacyjny), 4-przepustnica dławik, 5-cylinder skokowy, 6-akumulator, 7-oś kolana, 8-zawór hamujący, 9-przepust otwarty powyżej 20o zgięcia kolana, 10-zawór hamujący, 11-element nośny, 12-oś skoku



Mechanizmy te są często łączone z bezpiecznym kolaniem protezowym, przez co uzyskuje się wyższą efektywność protezy oraz estetykę i bezpieczeństwo chodu. Wydaje się, że nie wyczerpuje to wszystkich możliwości. Można sądzić, że przed tym typem układu stoją dalsze jeszcze możliwości rozwojowe. Również doskonalone są systematycznie konstrukcje hydrauliczne. Wynika to z charakterystycznej dla nich płynności ruchu, regulacji oporu, uzyskiwanemu dzięki ściśliwości stosowanego w nich gazu, brakiem kłopotów z wyciekami cieczy i korzystną w porównaniu z układami hydraulicznymi lekkością.



Rys. 4. Schemat protezy pneumatycznej Blatchforda

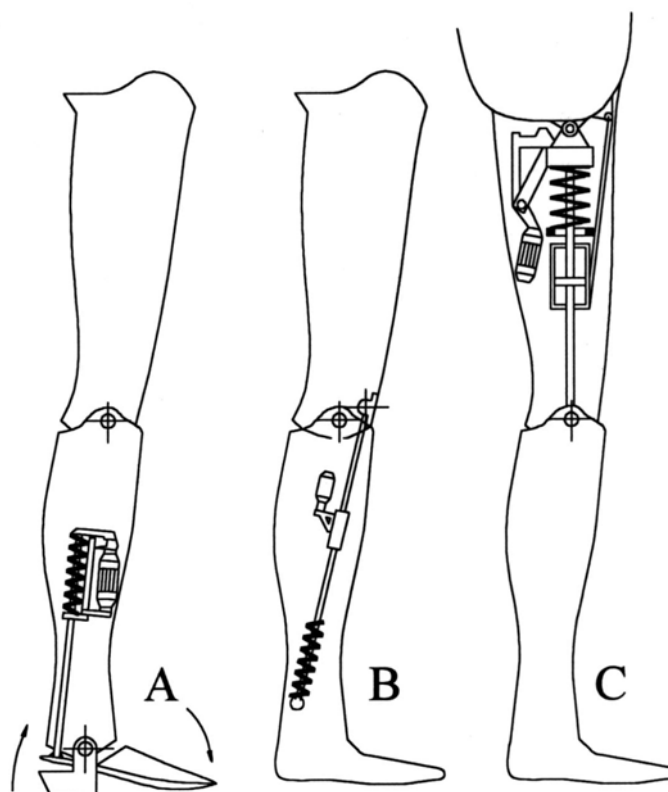
Protezy z zewnętrznymi źródłami energii (rys. 5) są w chwili obecnej stosowane raczej jako konstrukcje pilotażowo-eksperymentalne. W protezach kończyn wspomaganych energia elektryczna wykorzystuje się działający w ruchu ciągłym silnik elektryczny do napinania sprężyny, wykorzystywaną do czynnego odbicia stopy protezowej. W chwili zwolnienia sprężyny nie występuje ograniczanie zgięcia podeszwowego stopy.

Inną próbą tego rodzaju urządzenia wspomagającego jest mechanizm z silnikiem elektrycznym wyposażony w amortyzator hydrauliczno-sprężynowy, którego zadaniem jest przejmowanie obciążeń dynamicznych. Układ jest sterowany elektrycznym układem sterującym, zabudowanym w protezie z koszem. W naszych warunkach jest to raczej rozwiązanie przyszłościowe.

Wszystkie opisane mechanizmy lepiej regulują systemy amortyzacji kolana i synchronizacji ruchu protezy. Charakteryzują się także dużą płynnością ruchu, łatwością regulacji i stopniowaniem oporu dostosowującym się do szybkości chodu. Cechy te powodują, że podczas pracy układy wspomagane znacznie przewyższają tradycyjne układy mechaniczne.

Ich wadą są wysokie koszty. Są one ponadto cięższe i trudne do napraw, i nie zawsze możliwe do zastosowania. Pomimo niewątpliwiej atrakcyjności ich zalecanie powinno być zawsze indywidualne, gdyż stosowanie drogich i skomplikowanych mechanizmów nie zawsze leży w możliwościach powszechnej działalności protetycznej. Zatem, nie stanowią one panaceum w technice ortopedycznej

Rys. 5. Różne rodzaje protez kończyn dolnych z zewnętrznymi źródłami energii:
 A - z układem elektromechanicznym powodującym odbicie stopy, B - bezpieczne kolano elektromagnetyczne w protezie uda, C - z układem elektrycznohydrauliczno-mechanicznym powodującym wyrzucanie uda w protezie całej kończyny



LITERATURA

1. J. Burcan: Bio-ergonomiczne uwarunkowania pracy węzłów tarcia aparatury i sprzętu rehabilitacyjnego, Problemy niekonwencjonalnych układów łożyskowych, Zakład Geometrii Wykreślnej i Rysunku Technicznego Instytutu Konstrukcji Maszyn Politechniki Łódzkiej, Łódź 1993, s 74-80.
2. W. Dega (red.): Ortopedia i Rehabilitacja, T. II, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa 1984.
3. P. E. Klopsteg, P. D. Wilson: Human Limbs and their Substitutes, Mc Graw-Hill Book Company Inc. New York-Toronto-London 1954.
4. M. Prosnak: Protezy uniwersalne kończyn dolnych i ich główne formy konstrukcyjne, Przegląd Techniki Ortopedycznej i Rehabilitacyjnej R. II, 1975, Nr 3, s. 121-161.
5. M. Prosnak: Podstawy protetyki ortopedycznej, Centrum Metodyczne Doskonalenia Nauczycieli Średniego Szkolnictwa Medycznego, Warszawa 1988.
6. W. A. Tosberg: Upper and Lower Extremity Prostheses, Charles C. Thomas Publisher, Springfield, Illinois USA 1962.
7. A. B. Wilson: Recent Advances in Above-Knee Prosthetics, Artificial Limbs Vol. 12, 1968, Nr 2, s. 1-27.
8. A. B. Wilson: Limb Prosthetics - 1972. Robert E. Krieger Publishing Company, Huntington N. Y. 1972.

9. Praca zbiorowa: The Blatchford System of Modular Assembly Prosthesis, Chas. A. Blatchford a. Sons Ltd, London, bal.
10. Praca zbiorowa: Prohtese femorale Hydraulique Hydra-Cadence, Paris, bal.

HYDRAULIC, PNEUMATIC AND ELECTRIC JOINTS IN PROSTHESES OF LOWER LIMBS

SUMMARY

Pneumatic, hydraulic and electrically aided joints used in prostheses of lower limbs have been described here. In hydraulic-aided constructions, three structures can occur: uni-, bi-, and tri-jointed. Their task is to control the functioning of the knee joint, knee and astragalar joint or knee, astragalar and metatarsal joint. Pneumatic sets are used almost solely as knee joints. Prostheses with external electric energy source can aid the functioning of all joints.

Recenzja: dr nauk med. Janusz Cwanek