

PROBLEMY NIEKONWENCJONALNYCH UKŁADÓW ŁOŻYSKOWYCH

Łódź 15-16 maja 1997 r.

Jan Burcan*, Elżbieta Łuczak**, Mieczysław Prosnak**

*Politechnika Łódzka, **Wojewódzka Poradnia Zaopatrzenia Ortopedycznego w Łodzi

ZEWNĘTRZNE ŹRÓDŁA ENERGII W KINETYCZNYCH WĘZŁACH PRZEGUBOWYCH PROTEZ KOŃCZYN GÓRNYCH

SŁOWA KLUCZOWE

stabilność, obce źródła energii, siłowniki elektryczne i pneumatyczne, synchronizacja i koordynacja automatycznych ruchów w węzłach przegubowych,

STRESZCZENIE

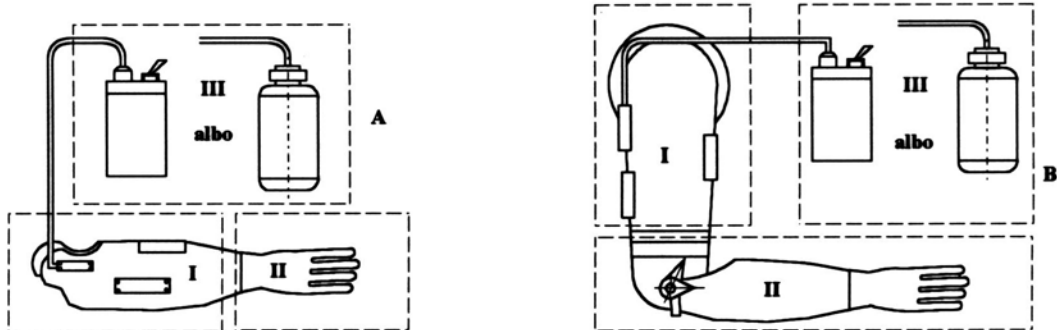
Do kinetyzacji protez kończyn górnych stosuje się niekiedy obce źródła energii elektrycznej bądź sprężonego gazu, uwalniające amputowanych od wysiłku ich uruchamiania, ograniczonego wyłącznie do tworzenia impulsów sterujących. Zespołami wykonawczymi są działające na poszczególne węzły przegubowe siłowniki elektryczne bądź pneumatycznie zasilane z małogabarytowych akumulatorów. Efektywność opartych na rozwiązaniach mechanicznych, różnicy potencjałów biologicznych czy napięcia mięśni układów sterujących warunkuje funkcjonalność protezy.

WPROWADZENIE

Szczególnym rodzajem protez kinetycznych są protezy z zewnętrznymi źródłami energii, elektryczne lub pneumatyczne, wykonujące operacje ruchowe bez wysiłków mięśniowych pacjenta. W przeciwieństwie do protez kończyn dolnych, w których układy te stosuje się głównie do synchronizacji i koordynacji automatycznych ruchów w węzłach przegubowych, w protezach kończyn górnych są one czynnikiem uruchamiającym mechanizmy wykonawcze świadomych ruchów zamierzonych i kontrolowanych, co określa kluczowe znaczenie funkcjonalne różnego rodzaju zespołów sterujących.

W skład omawianych protez wchodzi więc trzy zasadnicze bloki konstrukcyjne, jak zespół sterujący uruchamiający układy wykonawcze protezy, zespół wykonawczy, jak serwomotory i mechanizmy czynne oraz zespół zasilania stanowiący akumulator energii napędowej (rys. 1).

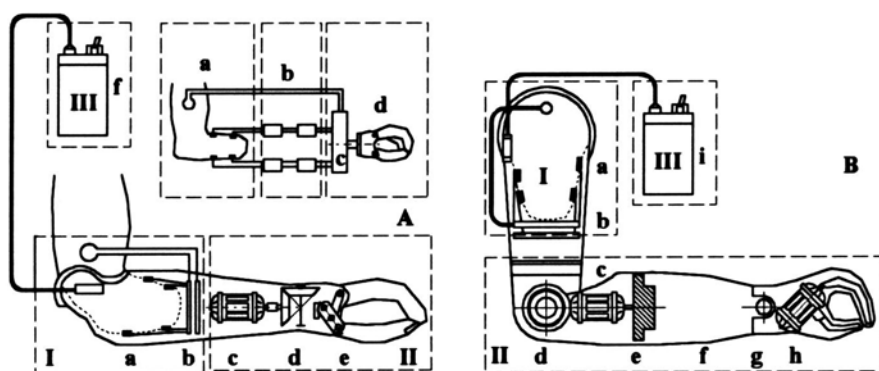
Systemy mechaniczne tych protez stanowią sprzężone zespoły przegubowo - siłownikowe, których liczba odpowiada liczbie wykonanych czynności określających możliwości ruchowe sztucznej kończyny. Poszczególne zespoły konstrukcyjne rozmieszcza się w sposób zależny od rodzaju protezy, długości kikuta i wymagań specjalnych (system sterowania itp.), które determinują stosowane rozwiązania.



Rys. 1. Ogólny schemat konstrukcyjny z zewnętrznymi źródłami energii: A - proteza przedramienia, B proteza ramienia, I - zespół sterujący, II - zespół wykonawczy, III - zespół zasilania (akumulator elektryczny lub pneumatyczny)

UKŁADY RUCHOWE PROTEZ KOŃCZYN GÓRNYCH Z ZEWNĘTRZNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII

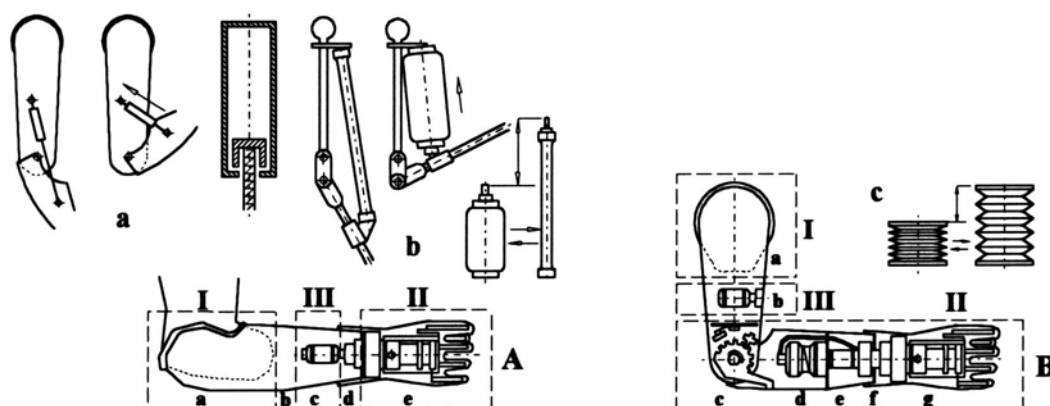
Układy ruchowe protez z zewnętrznymi źródłami energii różnią się znacznie pod względem konstrukcyjnym, zależnie od typu protezy i rodzaju jej kinetyzacji. W protezach elektrycznych (rys. 2) operacje czynne wykonują sprzężone z węzłami przegubowymi małowabarytowe serwo-silniki elektryczne uruchamiające za pośrednictwem mechanicznych przekładni zębatach, śrubowych i dźwigniowych odpowiednie układy wykonawcze. silniki umieszczone wewnątrz protezy napędzają w zasadzie jedną parę ruchów. Czynność chwytną realizuje silnik umieszczony wewnątrz ręki protezowej lub elementu przedramienia, uruchamiający za pośrednictwem zębatach przekładni śrubowych lub kątowych dźwigniowy układ chwytny.



Rys. 2. Ogólny schemat konstrukcyjny protez elektrycznych. A - proteza przedramienia z jedna parą ruchów: a - lej z zespołem elektrod, b - wzmacniacze prądów czynnościowych (wstępny i sterujący) - można też użyć innych systemów sterowania; c - silnik elektryczny, d - przekładnia zębata, e - ręka mechaniczna, f - akumulator (niekiedy silnik znajduje się w ręce, można wtedy umieszczać akumulator w przedramieniu protezy). B - proteza ramienia z trzema parami ruchów: a - lej z zespołem elektrod, b - wzmacniacze (wstępny i sterujący) - lub inny układ sterujący, c - bierny zespół obrotowy ramienia, d - czynny przegub łokciowy z silnikiem elektrycznym, e czynny zespół obrotowy przedramienia z silnikiem elektrycznym, f - element nośny przedramienia (może mieścić akumulator), g - bierny przegub nadgarstkowy, h - ręka czynna z silnikiem elektrycznym. U góry schemat blokowy protezy bioelektrycznej: a - zespół pobierania impulsów elektrycznych, b zespół sterujący (wzmacniacz wstępny i wzmacniacze sterujące), c - zespół napędowy (serwomotor z przekładnią zębata), d - zespół wykonawczy (ręka czynna). I - zespół sterujący, II - zespół wykonawczy, III - zespół zasilania.

Podobny silnik znajdujący się w elemencie przedramiennym napędza poprzez zębatą przekładnię walcową przegub obrotowy przedramienia, wykonując ruchy supinacji i pronacji. Ruchów zginania i prostowania przedramienia dokonuje kolejny silnik wbudowany zwykle poprzecznie w element ramienia blisko przegubu łokciowego, z którym łączy się także za pomocą zębatej przekładni równoległej. Żadna para ruchów nie jest zróżnicowana na energetyczny ruch główny i odwrotny ruch bezwładnościowy czy elastoplastyczny, realizując obie te formy ruchu dwukierunkowym działaniem zespołów napędowych. Węzły przegubowe nie mają tu zamków blokujących niezamierzone ruchy, a stabilność ustawienia zapewnia inercja mechanizmów wykonawczych. Niekiedy stosuje się sprzęgła wolnego biegu umożliwiające ruchy bierne pod wpływem sił zewnętrznych lub bierne przeguby obrotowe powyżej łokcia zwiększające funkcjonalność protezy.

W protezach pneumatycznych (rys. 3) operacje czynne wykonują włączone w układ ruchowy małogabarytowe siłowniki pneumatyczne uruchamiające za pośrednictwem przekładni dźwigniowych odpowiednie układy wykonawcze. Napędzają one w zasadzie także jedną parę ruchów, ale działając jednokierunkowo, z ruchem odwrotnym bezwładnościowym pod wpływem siły ciężkości (łokieć) bądź sprężyny lub gumy (przedramię, ręka), często z mechaniczną blokadą ruchu zamkiem zapadkowym. Siłowniki dokonujące chwytu, sprzężone ze sprężyną powrotną, umieszcza się zwykle wewnątrz ręki protezowej zaopatrzonej w dźwigniowy układ chwytny. Umieszczany w elemencie przedramienia siłownik, często ze sprężyną powrotną, połączony z poprzecznym układem dźwigniowym umocowany ruchowo do części przedramienia przedzielonych przegubem obrotowym, dokonuje ruchów supinacji i pronacji. Niekiedy rezygnuje się z niego pozostawiając wyłącznie bierny przegub obrotowy.



Rys. 3. Ogólny schemat konstrukcyjny protez pneumatycznych.

A - proteza przedramienia z jedną parą ruchów: a - lej (zwykle z systemem sterowania), b - element nośny, c - akumulator pneumatyczny (butla z gazem) ewentualnie poza układem protezy, d - bierny zespół obrotowy przedramienia, e - ręka czynna z siłownikiem pneumatycznym.

B - proteza ramienia z trzema parami ruchów: a - lej (zwykle z systemem sterowania), b - akumulator pneumatyczny (przy kikutach długich poza układem protezy), c - czynny przegub łokciowy z siłownikiem pneumatycznym, d - zespół sterujący ręki, e - element nośny przedramienia, f - czynny zespół obrotowy przedramienia, g - ręka czynna z siłownikiem pneumatycznym.

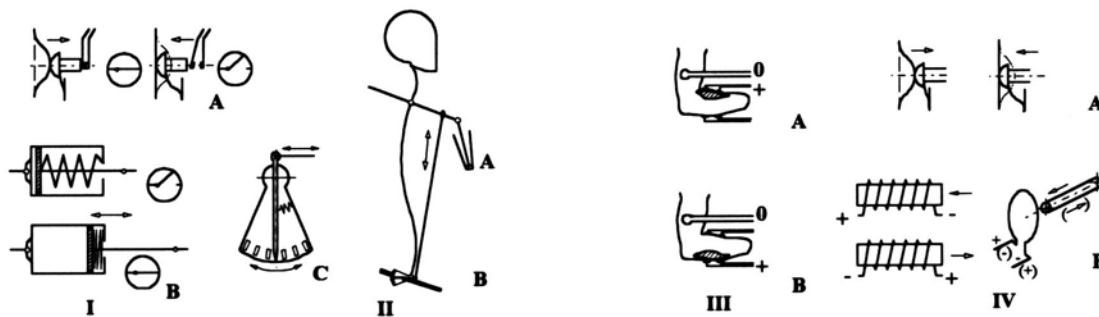
I - zespół sterujący, II - zespół wykonawczy, III - zespół zasilania.

Obok różne rodzaje siłowników pneumatycznych: a - siłownik tłokowy, b - sztuczny mięsień Mc Kibbena, c - siłownik mieszkowy.

Przegub łokciowy protezy, zwykle zaopatrzonej w czynny zamek blokujący, jest napędzany za pomocą siłownika umieszczonego po stronie zgięciowej między segmentami przedramienia i ramienia. Siłowniki stosowane w protezach są typu tłokowego lub mieszkowego,

stosuje się także "sztuczne mięśnie" Mc. Kibbena z oplecionej siatki nylonową lub wzmocnionej od wewnątrz gumowej rurki skracającej się i grubiejącej po wypełnieniu gazem. Protezy pneumatyczne są stosunkowo lekkie, ciche w działaniu, mniej zwracające uwagę otoczenia.

Kwestią ogromnej wagi jest wybór sterowania, którego efektywność warunkuje funkcjonalność protezy. Sterowanie protezą z zewnętrznym źródłem energii polega na wykorzystywaniu sygnałów sterujących pacjenta do uruchamiania zespołów wykonawczych sztucznej kończyny warunkującego dokonywanie świadomych operacji czynnych. Wśród najczęściej stosowanych systemów sterowania (rys. 4) można wymienić system mikromechaniczny oparty na stosowaniu szeregu mikrowyłączników zamykających odpowiednie obwody układu, mikroelektryczny lub bioelektryczny wykorzystujący powstające w mięśniach biologiczne prądy czynnościowe oraz system mitoniczny wykorzystujący prądy indukcyjne w układzie sterującym pod wpływem zmian napięcia brzuśców kurczących się mięśni. Stanowią one domenę elektroniki i ich funkcjonalność warunkuje wartość użytkową protezy.



Rys. 4. Główne układy sterujące protez z zewnętrznymi źródłami energii. I - sterowanie mechaniczne: A - wyłącznik naciskowy uruchamiany brzuścem mięśnia, B - wyłącznik (przełącznik) naciągowy do linki czynnej, C - przełącznik sektorowy wielofunkcyjny, do linki czynnej, II - podwójne sterowanie niemechaniczne: A - kierunkowe wyłączniki naciskowe „naprzód” i „wstecz” (np. chwyt i rozwarcie) oraz „stop”, B - wybiórczy przełącznik sektorowy operacji: „chwyt”, „zagięcie nadgarstka”, „zgięcie przedramienia”, „obrót ramienia” i „zgięcie ramienia”. III - sterowanie bioelektryczne: A - pobudzanie elektryczne mięśnia („naprzód” - np. chwyt), B - pobudzenie elektryczne antagonisty („wstecz” - np. rozwarcie chwytu); u góry elektroda zerująca („ziemia”) - układ odniesienia biopotencjałów; IV - sterowanie mitoniczne: A - ruchy rdzenia solenoidu pod wpływem zmian i twardości mięśnia, B - powstawanie prądów indukcyjnych skutkiem ruchów

rdzenia solenoidu

Zespoły zasilania stanowią akumulatory elektryczne lub małowabarytowe butle z gazem, noszone w kieszeni, na pasie biodrowym pod ubraniem, umieszczone w odpowiednich segmentach, a nawet na powierzchni protezy.

Posługiwanie się protezami z zewnętrznym źródłem energii wymaga stosunkowo wysokiego poziomu kultury technicznej od użytkownika. Wymaga też specjalnego przygotowania pacjenta, którego możliwości i umiejętności limitują stopień przyswojenia protezy i jej wykorzystania, jest to więc dotąd sposób zaopatrzenia niezbyt często stosowany.

LITERATURA

1. Anderson S.W.: The Electric Arm, (w) Klopsteg P. E. Wilson P.D. Human Limbs and their Substitutes, New York, Toronto, London 1954, Mc Graw-Hill Book Company Inc, s. 359-408,
2. Buchtiarow O.A., Istomin G.P., Kuzniecowa N.L., Palko A.S., Koliuch G.D., K protezowaniu kulti przedplecza s bioelektriczskoj sistemoj uprawlinia, Ortopedia, Trawmatologia i Protezowanie R.XXVIII, 1967, Nr 1, s. 70-72,
3. Fiłatow W.L.: Sprawocznik po protezowaniu, Leningrad 1978, "Medicina",

4. Fisanowicz T.L: Uprawienie protezami przedplecza s wniesznymi istocznikami energii proizwolnymi myszc, *Ortopedia, Trawmatologia i Protezirowanie R.* XXVIII 1967, Nr 9, s 42-45,
5. Kondraszyn N.L: Rukowodstwo po protezirowaniu, Moskwa 1976, "Medicina",
6. Mason P.M.: Desing of a powered prosthetic arm system for the above-elbow amputee, *Bulletin of Prosthetics Research* 1972, Nr 10-18, s. 10-24,
7. Morecki A., Kędzior K., Kotwicki E., Narkiewicz P: Bioproteza kończyny górnej dla amutowanych powyżej stanu łokciowego, *Problemy Techniki w Medycynie R.VI*, 1975, Nr 2, s. 121-143,
8. Myśluborski T.: Zaopatrzenie Ortopedyczne (Protetyka i Ortodyka), Warszawa 1985, PZWL,
9. Neff G.: Prinziptien der prothetischen Versorgung nach beidsitiger Schulterexartikulation oder bei beidseitiger Amelie, *Orthopadie Technik* 1978, Nr 11, s. 151-156.
10. de Neve W.: Zur ~bungsbehandlung mit der bielektrischen Unterarm-prothese, *OrthopadieTechnische Informationen R.* 7, 1975, Nr 1, s. 15-21.
11. Ober J., Ogórkiewicz A.: Doświadczenia z bioelektryczną protezą ręki, *Problemy Techniki w Medycynie R. VI*, 1975, Nr 2, s. 165-168.
12. Peizer E., Pirello T., Wright D.W.: Perspectives on the use of external power in upper-extremity prostheses, *Bukketion of Prosthecics Research* 1972, Nr 10-18, s. 25-48.
13. Polian E.P., Jeżow M.D., Szejder A.J: Elektronnyje uzły mnogofunkcjonalnych protezow s bioelektriczskim uprawnieniem, *Protezirowanie i protezostrojzenie R. X*, 1964, 1964, s. 3-10.
14. Prosnak M.: Podstawy Protetyki Ortopedycznej, Warszawa 1988, Centrum Metodyczne Doskonalenia Nauczycieli Średniego Szkolnictwa Medycznego.
15. Prosnak M., Luczak E.: Podstawy Biomechaniki Ortopedycznej, Warszawa 1988, Centrum Metodyczne Doskonalenia Nauczycieli Średniego Szkolnictwa Medycznego.
16. Woodrow S.: Development and evaluation of externally powered upper-limb prostheses, *Bulletin of Prosthetics Research* 1970, Nr 11-12, s. 57-61.

EXTERNAL SOURCES OF ENERGY IN KINETIC ARTICULATED KINEMATIC PAIRS OF UPPER LIMBS PROSTHESES

Summary: As far as kinesis of upper limbs prostheses is concerned, external sources of energy, electric current or compressed gas are sometimes used in order to deliver patients from the effort of activating the prostheses, as the activating them is restricted only to creating controlling impulses.

The performing units are articulated electric or pneumatic servors supplied by smalt accumulators and operating on individual articulated kinematic pairs. Functionalism of a prosthesis is conditioned by the ef~ciency of controlling systems based on biological potential difference or muscle tension.

Recenzent: dr n. med. Janusz Cwanek