

Paweł KOSTKIEWICZ, Danuta JASIŃSKA-CHOROMAŃSKA Instytut Mikromechaniki i Fotoniki, Politechnika Warszawska, Warszawa

ANALIZA ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH ROWERÓW REHABILITACYJNYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę cech konstrukcyjnych rowerów rehabilitacyjnych. Zaproponowano klasyfikację pojazdów napędzanych siłą mięśni przeznaczonych do rehabilitacji. Zaproponowano metodykę doboru konstrukcji do potrzeb indywidualnych z uwzględnieniem anatomii, fizjologii i zaleceń medycznych dla poszczególnych rodzajów schorzeń.

1. WSTĘP

Rozwój techniki rowerowej jest w ostatnich latach niezwykle dynamiczny. Absorbując osiągnięcia z inżynierii materiałowej, technik symulacji i modelowania komputerowego, technologii ultraprecyzyjnej obróbki cyfrowej. Czynniki wpływające na rosnącą liczbę rowerów to m.in.: potwierdzona efektywność i ekologiczność w roli środka transportu, moda na prozdrowotny i aktywny styl życia, poprawa infrastruktury rowerowej i bezpieczeństwa drogowego. Stosunkowo prosty pojazd, skonstruowany przed ponad 100 laty w ciągu ostatnich dwóch dekad przeżywa renesans wzbudzając duże zainteresowanie projektantów przemysłowych i inżynierów. Ogromny wzrost produkcji idzie w parze ze specjalizacją, gdzie wymagania zróżnicowanych grup użytkowników kształtują niekiedy diametralnie odmienne rozwiązania techniczne. Nie ma już rowerów uniwersalnych, są natomiast: szosowe, trekkingowe, składane, terenowe, bagażowe, wieloosobowe przeznaczone do akrobacji i sportów ekstremalnych, etc.

Należy zwrócić uwagę, że rozwój rekreacyjno-sportowej techniki rowerowej nie przekłada się wystarczająco na rozwiązania stosowane w rehabilitacji. Istnieje duża i rosnąca grupa osób, dla których rozwiązania techniczne zastosowane w rowerze muszą być podporządkowane specyficznym wymaganiom – każdorazowo innym dla określonych dysfunkcji. Szczególny dobór konstrukcji i oprzyrządowania dodatkowego potrzebny jest przy odmiennych schorzeniach np. reumatycznych, neurologicznych, zwyrodnieniowych, pourazowych itd. Zdaniem autorów pracy należy zmniejszyć dysproporcję tempa rozwoju techniki rowerowej rekreacyjno-sportowej i rehabilitacyjnej.

W pracy przedstawiono zarys systematyki konstrukcji rowerów rehabilitacyjnych oraz omówiono możliwe zastosowania. Zaproponowano metodykę doboru roweru do potrzeb indywidualnych z uwzględnieniem anatomii, fizjologii i zaleceń medycznych dla poszczególnych rodzajów schorzeń. Sklasyfikowano i omówiono specyficzne rozwiązania konstrukcyjne rowerów trójkołowych z oprzyrządowaniem dodatkowym. W podsumowaniu pracy ujęto wykaz zagadnień dla dalszych badań naukowych.

2. ZASTOSOWANIE ROWERÓW REHABILITACYJNYCH

2.1. Rower rehabilitacyjny – próba definicji.

Na potrzeby niniejszej pracy przyjmuję, że rower rehabilitacyjny to pojazd (urządzenie) wskazany do rehabilitacji osób z różnymi schorzeniami. W rehabilitacji wykorzystywanych jest wiele typów rowerów rehabilitacyjnych w zależności od rodzaju schorzenia, jak i miejsca prowadzenia rehabilitacji (sala ćwiczeń czy otwarta przestrzeń).

Rower rehabilitacyjny znajduje zastosowanie u osób chorych na stwardnienie rozsiane, z niedowładami po udarach mózgu, w uszkodzeniach rdzenia kręgowego, polineuropatii, zaniku mięśni, w przebiegu chorób zwyrodnieniowych i zapalnych kończyn dolnych i górnych, przy chorobach reumatoidalnych, a także stanach po protezoplastyce w obrębie kończyn dolnych i górnych oraz wszelkiego rodzaju schorzeniach wymagających wzmocnienia kończyn dolnych lub górnych. Jest zalecany do wzmocnienia siły mięśniowej, a w szczególności mięśni kończyn, brzucha, pośladków, pleców.

Wykorzystanie rowerów w rehabilitacji określane (cykloterapia) jest formą wysiłku fizycznego o przewidywalnej gradacji obciążenia organizmu człowieka. Jazdę na rowerze stosuje się w celu usprawnienia czynności układów ruchu, krążenia i oddychania. Wpływa korzystnie na zmniejszenie tkanki tłuszczowej, zrównoważenie funkcji psychicznych i zaburzeń neurovegetatywnych. Bywa zalecana w terapii dla osób ze schorzeniami układu ruchu, schorzeniami i urazami neurologicznymi oraz w mniejszym zakresie z zaburzeniami równowagi. Poniżej wymieniono schorzenia, w rehabilitacji których zalecany bywa trening na rowerze:

Choroby układu nerwowego (ICD-10 grupa G)

- Uszkodzenie rdzenia kręgowego - SCI (Spinal Cord Injury), także: paraplegia
- Mózgowe porażenie dziecięce - CP (Cerebral Palsy)
- Udar mózgu - CVA (Cerebral Vascular Accident)
- Stwardnienie rozsiane - MS (Multiple Sclerosis)
- Uraz mózgu (nie wrodzony) – NCBD (Non-Congenital Brain Damage)
- Rozszczep kręgosłupa – SB (Spina Bifida)
- Polineuropatia (Polyneuropathy)

Choroby układu kostno-mięśniowego i tkanki łącznej (ICD-10 grupa M)

- Atrofia (zanik mięśni)
- Reumatoidalne zapalenie stawów – RZS, RA (Rheumatoid arthritis)
- Zesztywniające zapalenie stawów kręgosłupa – ZZSK, AS (Ankylosing spondylitis)
- Zespół algodystroficzny – CRPS (Complex Regional Pain Syndrome)
- Choroba zwyrodnieniowa stawów – OA (Osteoarthritis)
- Stany po protezoplastyce w obrębie kończyn dolnych i górnych.

2.2. Rower rehabilitacyjny w polskim modelu rehabilitacji.

Polska Szkoła Rehabilitacji zaproponowała tzw. model rehabilitacji (jego twórcami są m.in. Marian Weiss i Aleksander Hulek), na który składa się:

Powszechność - każdy ma prawo do rehabilitacji, nie zależnie od rozpoznania, wieku i rokowania.

Wczesność (zapoczątkowania) - powinna być rozpoczęta jak najwcześniej.

Kompleksowość - działanie prowadzone przez zespół specjalistów kierowane na wszystkie sfery pacjenta (fizyczne, psychiczne, duchowe, zachowania społeczne itd.) przy użyciu wielu terapii i technik.

Ciągłość - rehabilitacja jest procesem ciągłym, rozpoczęty proces rehabilitacji jest kontynuowany do końca.

Odnosząc rower do powyższych założeń (tj. modelu rehabilitacji) znajdujemy, że rower:

- jest urządzeniem powszechnie znanym i dostępnym,
- może być stosowany w sali ćwiczeń w bardzo ograniczonym zakresie ruchu,
- może być stosowany na wolnym powietrzu z płynnie dozowaną skalą wysiłku,
- działa kompleksowo: podnosi sprawność fizyczną, ułatwia rekreację i poprawia nastrój,
- wyrównuje szanse (sprawność) w grupie,
- może być wykorzystywany indywidualnie i w zespole,
- pozwala na ciągłe doskonalenie umiejętności motorycznych i stałe zwiększanie wydolności organizmu.

Można śmiało postawić tezę, że **rower w rehabilitacji jest urządzeniem optymalnym**, łatwym w modyfikacji, adaptowalnym do indywidualnych potrzeb pacjenta i szczególnych zaleceń medycznych.

2. KLASYFIKACJA ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH.

Identyfikacja i klasyfikacja rozwiązań konstrukcyjnych rowerów i pojazdów napędzanych siłą mięśni do zastosowań rehabilitacyjnych. Zasadniczo to grupę sprzętu rehabilitacyjnego możemy podzielić na dwie główne:

- rowery rehabilitacyjne stacjonarne
- rowery rehabilitacyjne mobilne

2.1. Rowery rehabilitacyjne stacjonarne.

Grupa sprzętu rehabilitacyjnego, która nie umożliwia i nie służy do przemieszczania. Znajduje swoje miejsca w salach ćwiczeń klinik, szpitali, uzdrowisk. Rowery te można podzielić według kryteriów:

- 1) Podział ze względu na pozycję ciała zajmowaną na rowerze:
 - a) rowery pionowe - pozycja stojąca,
 - b) rowery poziome – pozycja siedząca bądź półleżąca.
- 2) Podział ze względu na część ciała wykonującą ruch:
 - a) rowery napędzane kończynami dolnymi,
 - b) rowery napędzane kończynami górnymi,
 - c) rowery napędzane jednocześnie rękami i nogami (por. Rys. 2)
- 3) Podział ze względu na rodzaj obciążenia:
 - a) rowery z obciążeniem tarciovym,
 - b) rowery z obciążeniem magnetycznym,
 - c) rowery z obciążeniem elektro-magnetycznym.
- 4) Podział ze względu na konstrukcję:
 - a) rowery stacjonarne (por. Rys.2)
 - b) trenażery do rowerów (przeznaczone do umocowania rowerów niestacjonarnych),
 - c) trenażery do wózków inwalidzkich (urządzenie dołączane do wózka).



Rys. 2. Ruch rąk i nóg.

2.2. Rowery i pojazdy rehabilitacyjne mobilne.

Grupa urządzeń dających możliwość przemieszczania. Grupę można podzielić według następujących kryteriów:

- 1) Podział ze względu na pozycję ciała zajmowaną na rowerze:
 - a) rowery i pojazdy pionowe - pozycja stojąca,
 - b) rowery i pojazdy poziome – pozycja siedząca podparta (Rys. 3), półleżąca, leżąca,
 - c) rowery i pojazdy poziome brzuchem do dołu,
- 2) Podział ze względu na część ciała wykonującą ruch:
 - a) pojazdy napędzane kończynami dolnymi lub jedną kończyną,
 - b) pojazdy napędzane kończynami górnymi lub jedną kończyną,
 - c) pojazdy napędzane dolnymi i górnymi kończynami,
 - d) pojazdy napędzane ruchem tułowia (por. FRys. 5),
 - e) pojazdy hybrydowe łączące rozwiązania np. d) i b).



←Rys. 3. Napęd mieszany: wahadłowo (ręce) – korbowy (nogi).

→Rys. 4. Zestaw rowerowy do wózka.

- 3) Rodzaj napędu:
 - a) pojazdy z wykorzystaniem napędu korbowego – ruch obrotowy 360° po okręgu,
 - b) pojazdy z wykorzystaniem napędu korbowego – ruch obrotowy 360° po elipsie,
 - c) pojazdy z wykorzystaniem napędu wahadłowego - ruch cykliczny wykorzystujący określony zakres kątowy (por. Rys. 3, Rys. 5),
 - d) pojazdy nie wykorzystujące przekładni - napęd przenoszony bezpośrednio przez kończyny na podłoże lub koło (np. ręce → koła, nogi → ziemia)
 - e) pojazdy hybrydowe łączące rozwiązania np. a) i c).
- 4) Rodzaj sterowania:
 - a) pojazdy sterowane rękoma lub ręką – kierownicą (Rys. 4),
 - b) pojazdy sterowane rękoma lub ręką - drążkami (pasami, ciągnami) sterowniczymi,
 - c) pojazdy sterowane nogami (Rys. 5),
 - d) pojazdy sterowane tułowiem (przechył).
- 5) Ilość osób:
 - a) pojazdy jednoosobowe,
 - b) pojazdy wieloosobowe- zazwyczaj jedną z osób jest opiekun (por. Rys. 6.).
- 6) Ilość kół:
 - a) pojazdy dwukołowe – rzadko stosowane w rowerach rehabilitacyjnych,
 - b) pojazdy trójkołowe w układzie proty (delta) i odwróconym, gdzie:
 - odwrócony - dwa koła z przodu i jedno z tyłu,
 - prosty (delta) - jedno koło z przodu i dwa z tyłu.
 - c) pojazdy wielokołowe np. zestaw rowerowo-wózkowy (Rys. 4.)



Rys. 5. Pojazd rehabilitacyjny napędzany wahadłowym oparciem

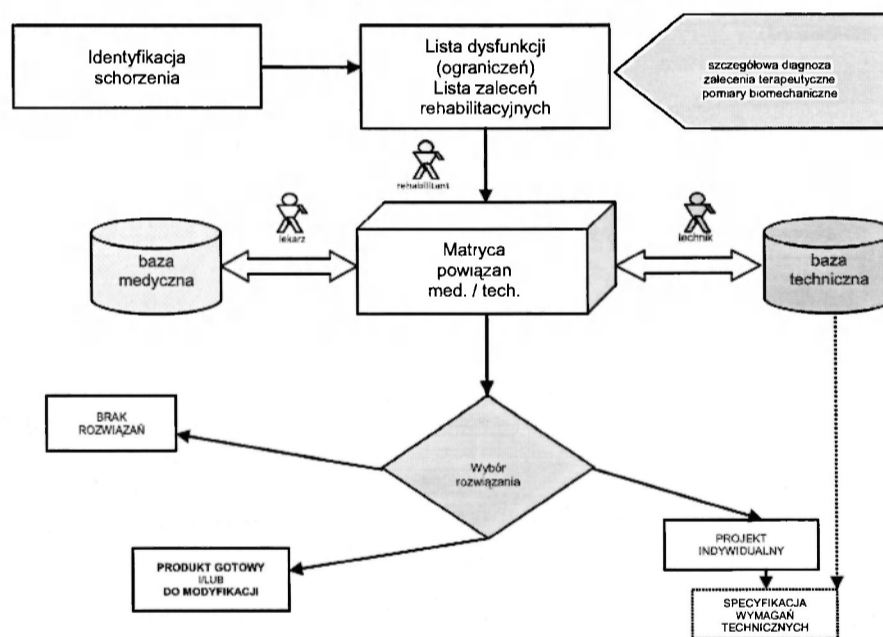


Rys. 6. Rower rehabilitacyjny dwuosobowy

3. METODYKA DOBORU ROWERU DO POTRZEB INDYWIDUALNYCH

Zdaniem autorów przydatne będzie stworzenie systemu doboru rowerów rehabilitacyjnych, którego koncepcję przedstawiono na schemacie (Rys. 1).

Wybierając rower rehabilitacyjny należy uwzględnić wyniki diagnostyki medycznej wskazujące dysfunkcje np. zaburzenia równowagi; zaniki i zaburzenia czucia; zaburzenia widzenia; osłabienie siły mięśni odpowiednio: dłoni, przedramion, ramion, szkieletowych, kończyn dolnych; ograniczenie ruchomości stawów odpowiednio: dłoni, łokcia, ramion, kręgosłupa, bioder, kolan, skoku i stopy; zmiany w sprawności stawów: kąt rozwarcia, kąt domknięcia, zmiana kinematyki (zaburzenia osi np. paliczków, nadgarstka, skoku); stały ból (mięśni i stawów); ból przy obciążeniu; ból przy wstrząsach/drganiach.



Rys. 1. Metodyka doboru roweru do indywidualnych potrzeb

Odpowiednie parametry medyczne przełożą się na oczekiwania wobec pojazdu (gotowego, modyfikowanego lub wg projektu indywidualnego) i określą wymagania techniczne np. :

- Zapewnienie stabilności urządzenia (stacjonarne) i jazdy (mobilne)
- Zapewnienie stabilności pozycji: pasy bezpieczeństwa, profil siedziska.
- Zapewnienie łatwości korzystania: wsiadania, zsiadania, uruchamiania,
- Możliwość wspomaganie ruchu z opożą awaryjnego zatrzymania.
- Możliwość płynnej regulacji obciążenia (przekładnia np. bezstopniowa).
- Możliwość regulacji siedziska, kierownicy w celu ustawienie optymalnej pozycji
- Możliwość pomiaru wykonywanej pracy: prędkość, dystans przeliczeniowy, czas.
- Możliwość podłączenia urządzeń kontrolujących czynności fizjologiczne człowieka (np. tętno, ciśnienie, saturacja).
- Możliwość doczepienia wyposażenia dodatkowego do rowerów rehabilitacyjnych takich jak: strzemiona z obejmą łydki, uchwyty mocowania rąk do kierownicy, hamulec bębnowy, drążek prowadzący, klipy do fotela, pasy mocujące nogi i tułów, specjalne uchwyty na kierownicę, hamulec bezpieczeństwa, hamulec postojowy.

4. PODSUMOWANIE

Rowery rehabilitacyjne pomagają przy leczeniu wielu schorzeń, wzmacniają mięśnie i stawy potrzebne do codziennego funkcjonowania, poprawiają wydolność serca i płuc oraz obniżają ciśnienie krwi. Występuje wiele rodzajów pojazdów z różnymi typami napędów, rodzajami sterowania, zajmowanej pozycji. Nowoczesna technika rowerowa i rozwój wiedzy biomechanicznej stanowią doskonałą bazę dla interesujących i przydatnych badań naukowych. Duże możliwości rozwoju można odnaleźć w każdym z ważniejszych aspektów projektowania rowerów rehabilitacyjnych tj. przeniesienie i wspomaganie napędu, sterowanie, konstrukcja ramy nośnej, systemy pomiarowe. Szczegółowe kierunki proponowanych badań to m.in.: (1) Modelowanie matematyczne układu biomechanicznego (człowiek-pojazd), (2) Projektowanie i optymalizacja przekładni napędowych (stopniowe i bezstopniowe, łańcuchowe, pasowe, ciernie), (3) Konstrukcja urządzeń pomocniczych do parametryzacji i oceny skuteczności rehabilitacji np. pomiar mocy, pomiar momentu, regulacja i pomiar obciążenia.

LITERATURA

- [1] Praca zbiorowa pod red. prof. M. Nałęcza: "Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna", t.5 - „Biomechanika inżynierska” Akd. Ofic. wyd. Exit, Warszawa, 2004
- [2] Błaszczak W.: „Biomechanika kliniczna”, Wyd. Lek. PZWL, Warszawa, 2004
- [3] Opisy patentowe: PL 202239 B1 i PL 182858 B1
- [4] WWW: <http://www.repcofit.com.au>, <http://www.misiarz.pl>, <http://www.eland.org.uk>, <http://www.muller.net>, <http://www.pfmobility.dk>, <http://www.swingtrike.de/>, 2010.

DESIGN REVIEW OF THE SOLUTION FOR CYCLE REHABILITATION

Summary. The paper presents a design review for a cycle rehabilitation. There's been proposed the classification of muscle powered vehicles intended for rehabilitation. Also we've proposed the device fitting methodology to individual needs; including anatomy details, physiology precautions and medical prescriptions for different types of disorders.