

Piotr SZUCMAJER, Koło Naukowe Biomechaniki przy Katedrze Mechaniki Stosowanej Politechniki Śląskiej w Gliwicach,

Wojciech WOLAŃSKI, Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska w Gliwicach

ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCIOWA URZĄDZENIA DO REHABILITACJI KRĘGOSŁUPA

Streszczenie. W artykule przedstawiono projekt urządzenia do rehabilitacji kręgosłupa, a następnie analizę wytrzymałościową jego konstrukcji. Wyniki obliczeń pozwoliły na zweryfikowanie użytych do jego budowy elementów i materiałów, a także ocenę bezpieczeństwa podczas korzystania z urządzenia.

1. WSTĘP

Schorzenia kręgosłupa należą do grupy chorób, z którymi pacjenci najczęściej zgłaszają się do lekarzy różnych specjalności: internistów, reumatologów, ortopedów, neurologów i specjalistów rehabilitacji. W większości przypadków schorzenia kręgosłupa są przyczyną wielu dolegliwości w postaci: bólu barków, ramion, rąk, zaburzenia czucia, zawrotów głowy, szumów w uszach itp. [1],[4]. Schorzenia kręgosłupa często prowadzą do utraty zdolności wykonywania zawodu i normalnego funkcjonowania dotkniętej osoby, przez co stanowią poważny problem nie tylko medyczny ale i społeczny. Istnieje, zatem ogromna potrzeba zapewnienia osobom niepełnosprawnym godziwego życia w poczuciu użyteczności społecznej i bezpieczeństwa społecznego i zadowolenia [2]. Do zrealizowania tych potrzeb niezbędne są specjalistyczne środki techniczne.

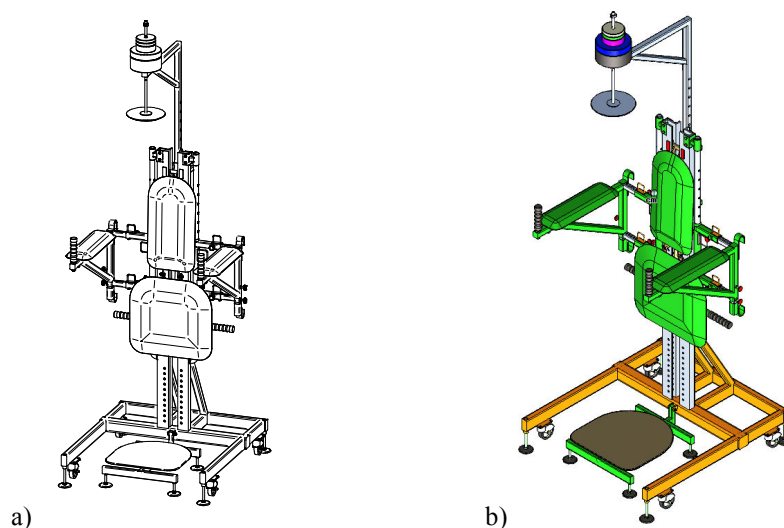
We współczesnej Polsce, w której obowiązują zasady gospodarki rynkowej, nie ma problemu z zakupem jakichkolwiek towarów, na które byłby popyt. Dotyczy to także sprzętu rehabilitacyjnego. Jest on oferowany przez licznych dystrybutorów. Urządzenia te mają różne zastosowania i cechują się zróżnicowanym stopniem zaawansowania technicznego.

Po przeanalizowaniu rynku ze sprzętem rehabilitacyjnym [5], a także piśmiennictwa obejmującego książki i czasopisma poruszające problemy związane z rehabilitacją, zauważono brak wielofunkcyjnego urządzenia do rehabilitacji kręgosłupa. Ponadto odnotowano pewne istotne wady oferowanego sprzętu, które w niektórych warunkach utrudniają wykonywanie ćwiczeń rehabilitacyjnych. Podjęto, więc próbę zaprojektowania urządzenia.

2. PROJEKT URZĄDZENIA DO REHABILITACJI KRĘGOSŁUPA

Podczas projektowania urządzenia szczególnie wzięto pod uwagę wymagania dotyczące: bezpieczeństwa, zachowania głównych zalet i cech użytkowych typowych urządzeń do rehabilitacji kręgosłupa, ergonomii, przystosowania urządzenia dla różnych osób, ceny i minimalizacji masy oraz możliwości dostosowania go do różnych pomieszczeniach.

Projekt wykonano przy pomocy programu Solid Edge, który został udostępniony przez firmę Energopomiar Gliwice. Zaprojektowane urządzenie do rehabilitacji kręgosłupa, które umożliwia wykonywanie ćwiczeń na twisterze, wyciągu grawitacyjnym i elongatorze pokazano na rysunku 1.



Rys.1. Urządzenie do rehabilitacji kręgosłupa:
a) rysunek złożeniowy, b) model komputerowy

Szkielet urządzenia stanowi solidna podstawa z przymocowanym na stałe statywem i prowadnicami rurowymi. Do podstawy przymocowano zestaw kółek z hamulcami, które umożliwiają mobilność całego urządzenia oraz cztery wysuwające się nóżki podtrzymujące urządzenie podczas wykonywania ćwiczeń. Do pionowych elementów rurowych urządzenia zamontowane są podparcia boczne, służące do ćwiczeń w pozycji zwisu. Mają one możliwość regulacji wysokości oraz rozstawu by umożliwić w ten sposób dopasowanie uchwytu osobie ćwiczącej o różnym wzroście.

Do podstawy urządzenia przegubowo przymocowany jest twister, składający się z podstawy i części obrotowej. Do transportu lub wykonywania ćwiczeń na innych elementach urządzenia, twister można w łatwy sposób złożyć do pozycji pionowej. Ponadto może posłużyć jako osobne stanowisko do ćwiczeń po odłączeniu od podstawy.

Służący do ćwiczeń elongacyjnych i antygravitacyjnych elongator jest przymocowany za pomocą śrub do pionowego statywu. Obciążenie elongatora można stopniowo zmieniać dzięki możliwości usytuowania na różnej wysokości ciężarków. Dodatkowo elongator posiada możliwość ustawiania wysokości przy pomocy sworzni i śrub dociskowych.

W dalszej kolejności w celu weryfikacji konstrukcji urządzenia została przeprowadzona analiza wytrzymałościowa.

3. ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCIOWA KONSTRUKCJI URZĄDZENIA

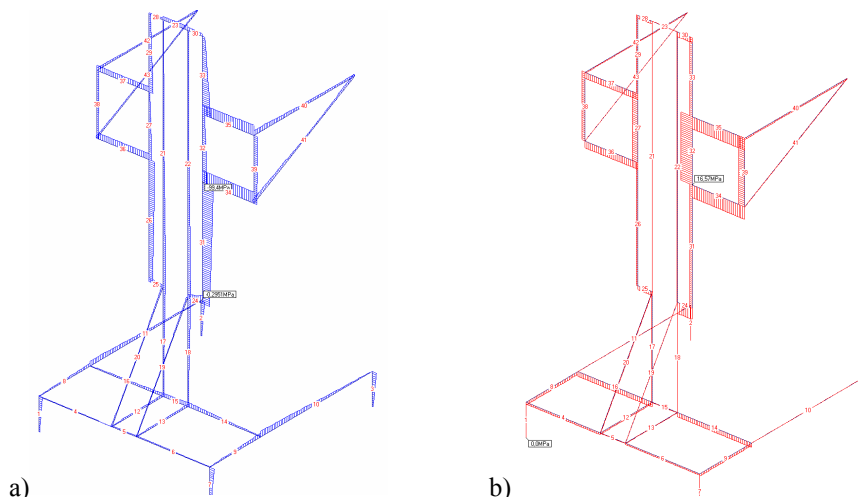
Obliczenia wytrzymałościowe urządzenia wykonano przy pomocy programu ABC Rama. Do analizy przyjęto cztery warianty obciążenia, które przedstawiały następujące sytuacje:

- równomierne obciążenie podłokietników podczas ćwiczeń w pozycji zwisu,
- nierównomierne obciążenie podłokietników podczas ćwiczeń w pozycji zwisu,
- obciążenie końców podparć bocznych podczas próby podciągania,
- obciążenie statywu podczas ćwiczeń w pozycji siedzącej.

Wartości wszystkich przypadków obciążenia odpowiadały ciężarowi osoby o wadze 80 kg, dla których przeprowadzono również analizę stabilności. Na podstawie obliczonych reakcji

podporowych można było stwierdzić ewentualną niestabilność układu, o której informowałyby wyznaczone ujemne reakcje pionowe. Dla analizowanych przypadków obciążenia uzyskano dodatnie ich wartości, które potwierdziły stabilność urządzenia.

Wyznaczone wartości sił rozciągających, ściskających, poprzecznych i skręcających występujących w poszczególnych elementach urządzenia dla wszystkich wariantów obciążeń były podstawą obliczeń naprężeń normalnych i tnących. Wyznaczone wartości mogły posłużyć do określenia największych naprężeń oraz zweryfikowania przyjętych parametrów materiałowych. Zauważono, że maksymalne ich wartości uzyskano dla drugiego i trzeciego przypadku obciążenia, których rozkład pokazano na rysunku 2.



Rys.2. Rozkład naprężeń: a) normalnych, b) tnących

Dla elementów, w których dochodziło do największych naprężeń, zostały obliczone naprężenia redukowane wg zależności (1) [3], a ich wartości podano w tabeli 1.

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (1)$$

gdzie:

σ - naprężenia normalne,

τ - naprężenia styczne.

Tabela 1. Wykaz elementów z najwyższymi naprężeniami

L.p.	Wariant obciążenia	Nr elementu	σ [MPa]	τ [MPa]	σ_{red} [MPa]
1.	3	26*	186,6	5,33	187,0
2.	3	31*	186,6	5,33	187,0
3.	3	29	117	5,33	117,9
4.	3	33	117	5,33	117,9
5.	3	34	88,31	30,68	104,1
6.	3	36	88,31	30,68	104,1
7.	2	31	97,43	2,948	97,7
8.	2	34	88,14	16,1	93,4

* elementy nr 26 i 31 wykonane ze stali 1H18N9T

Aby nie doszło do zniszczenia konstrukcji urządzenia, wyznaczone naprężenia redukowane muszą spełniać warunek:

$$\sigma_{red} \leq \sigma_{dop} \quad (2)$$

gdzie:

σ_{dop} - naprężenie dopuszczalne.

Naprężenia dopuszczalne uwzględniają zakres bezpieczeństwa, które obliczono ze wzoru [3]:

$$\sigma_{dop} = \frac{R_m}{x} \quad (3)$$

gdzie:

R_m - granica wytrzymałości,

x - współczynnik bezpieczeństwa.

Dla użytych stali do budowy konstrukcji urządzenia naprężenia dopuszczalne wynoszą odpowiednio:

- dla stali 1H18N9T $\sigma_{dop} = 210MPa$,
- dla stali St3S $\sigma_{dop} = 160MPa$.

Największe wartości naprężeń zredukowanych okazały się mniejsze od naprężeń dopuszczalnych obliczonych dla użytych materiałów przy uwzględnieniu współczynnika bezpieczeństwa. Pozytywne wyniki analizy były podstawą do stwierdzenia, że zaproponowane w projekcie urządzenie może zostać użyte do rehabilitacji kręgosłupa. Również mogą z niego korzystać zdrowe osoby w celu poprawy kondycji fizycznej, a także w celu zapobiegania powstawania wad postawy.

4. WNIOSKI

Podsumowując, zaprojektowane urządzenie pod względem konstrukcyjnym i wytrzymałościowym zostało pozytywnie zweryfikowane. Jednak przed ewentualnym wdrożeniem projektu do produkcji, należy wcześniej wykonać jego prototyp w celu wyeliminowania błędów montażu. Dodatkowo urządzenie należy oddać do dyspozycji ćwiczących, co pozwoli na przetestowanie walorów urządzenia. Wyniki testu oraz subiektywne odczucia ćwiczących powinny być wskazówką do ewentualnych poprawek. Takie działania pozwolą na dostosowanie urządzenia do potrzeb przyszłych użytkowników, a także zmniejszą ryzyko niepowodzenia przy jego wdrożeniu.

LITERATURA

- [1] Kiwerski J., Kowalski M., Krasuski M.: Schorzenia i rehabilitacja kręgosłupa. Wydawnictwo lekarskie PZWL Warszawa, Warszawa 1997.
- [2] Marciniak J., Szewczenko A.: Sprzęt szpitalny i rehabilitacyjny, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003.
- [3] Poradnik mechanika, wersja 1.03.11-2003.
- [4] Tejszerska D., Świtoński E. i inni: Biomechanika inżynierska. Zagadnienia wybrane – laboratorium, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.
- [5] www.klinika.net.pl.

STRENGTH ANALYSIS OF DEVICE FOR REHABILITATION OF SPINE

Summary. The project of device for rehabilitation of spine and strength analysis of its construction in this paper was presented. The results of calculations admitted of verification elements and materials used to its building. Obtained results allowed estimating safety during use from this device too.