

Fizyczne podstawy rozbijania twardych przedmiotów w taekwon-do

Jacek Wąsik

Surface Physics Department, Institute of Physics Jan Długosz University of Czestochowa
address: ul. Armii Krajowej 13/15; 42-200 Częstochowa, email: jwasik@konto.pl

Słowa kluczowe: taekwon-do, testy siły

Key words: taekwon-do, power test

Streszczenie

Widok człowieka łamiącego stos desek lub innych twardych przedmiotów gołą ręką lub stopą to widok kojarzący się z technikami dalekowschodnich sztuk walki. Może to czasem kojarzyć się ze specjalnymi, albo jakimiś nadprzyrodzonymi zdolnościami i predyspozycjami [1]. W taekwon-do testy siły są jedną z konkurencji sportowych. W związku z tym stale poszukuje się rozwiązań, które pomogą w osiągnięciu możliwości ponad przeciętnych, nie osiągalnych dla innych. Zdarza się że, siły towarzyszące uderzeniom osób trenujących sztuki walki mogą nawet dziesięciokrotnie przewyższać jego wagę. Jak to się dzieje, że nasz organizm to wytrzyma? Gdzie należy szukać zwiększania możliwości rozbicia większej ilości desek? Jedną z cech charakterystycznych dla Taekwon-do jest teoria uzyskania siły, na którą wkładają się takie czynniki jak: masa, przyspieszenie, równowaga, koncentracja, oddech. Dwa pierwsze czynniki to wielkości typowo fizyczne, chociaż pozostałe z nich również można opisać w kategorii fizyki. Równowaga związana jest odpowiednim ułożeniem środka ciężkości bryły sztywnej, która będzie człowiek. Koncentracja lub inaczej ogniskowanie ciosu. Tego rodzaju optyczne skojarzenie jest w pełni uzasadnione, ponieważ istnieje podobieństwo w skupianiu promieni świetlnych a koncentracją energii przy zadawaniu ciosu. Oddech można opisać za pomocą mechaniki gazów. Każda osoba trenująca taekwon-do w pewnym momencie staje przed problemem rozbicia desek (lub innych twardych przedmiotów), zastanawiając się skąd ma czerpać siłę potrzebną do ich złamania. W pracy przedstawiono fizyczną analizę dlaczego możliwe jest rozbijanie twardych przedmiotów przy użyciu dłoni oraz skąd wynika możliwość łamania nie podpartych desek.

Wstęp

Widok człowieka łamiącego stos desek lub innych twardych przedmiotów gołą ręką lub stopą to widok kojarzący się z technikami dalekowschodnich sztuk walki. Może to czasem kojarzyć się ze specjalnymi, albo jakimiś nadprzyrodzonymi zdolnościami i predyspozycjami [1]. W taekwon-do testy siły są jedną z konkurencji sportowych. W związku z tym stale poszukuje się rozwiązań, które pomogą w osiągnięciu możliwości ponad przeciętnych, nie osiągalnych dla innych. Zdarza się że, siły towarzyszące uderzeniom osób trenujących sztuki walki mogą nawet dziesięciokrotnie przewyższać jego wagę. Jak to się dzieje, że nasz organizm to wytrzymuje ? Gdzie należy szukać zwiększania możliwości rozbicia większej ilości desek ?

Konkurencja sportowa testów siły

W Taekwon-do ITF we współzawodnictwie sportowych wyróżniamy cztery konkurencje: układy formalne, walka sportowa, techniki specjalne i testy siły. Każda z tych konkurencji jest rozgrywana indywidualnie i drużynowo, oddzielnie dla kobiet i mężczyzn. Drużyna składa się z 5 zawodników plus jeden rezerwowy.

Test siły w Taekwon-do ITF polega na rozbiciu maksymalnej ilości desek o znormalizowanych wymiarach 30x30 i grubości 2 cm, umieszczonych w stojaku odpowiedniej konstrukcji, zapewniającym jednakowe warunki wszystkim zawodnikom przystępującym do konkurencji. Deskę złamaną liczy się jako 2 punkty, pękniętą 1 punkt. Test siły dla mężczyzn przewiduje następujące rodzaje rozbić:

1. Ap Joomok Jirugi (rozbicie pięścią).
2. Sonkal Yop Jirugi (rozbicie kantem dłoni)
3. Yopcha Jirugi (kopnięcie boczne).
4. Dollyo Chagi (kopnięcie okrężne).
5. Bandae Dollyo Chagi (kopnięcie obrotowe).

Test siły dla kobiet przewiduje następujące rodzaje rozbić:

1. Sonkal Yop Taerigi.
2. Yopcha Jirugi.
3. Dollyo Chagi.

W konkurencji drużynowej kobiet startują trzy zawodniczki. W konkurencji mężczyzn pięciu zawodników. Muszą to być osoby startujące w poprzednich konkurencjach drużynowych. Każdy z zawodników wykonuje jedną wybraną technikę inną niż pozostali. Suma punktów zdobytych przez poszczególne osoby wyłania zwycięską drużynę. W wypadku remisu zawodnicy dogrywiają się łamiąc deski dowolnie wybraną przez siebie techniką z wyżej wymienionych.

Co ma główny wpływ na dynamiczną siłę człowieka z punktu widzenia fizyki ?

Jedną z cech charakterystycznych dla Taekwon-do jest teoria uzyskania siły, na którą wkładają się takie czynniki jak: masa, przyspieszenie, równowaga, koncentracja, oddech. Dwa pierwsze czynniki to wielkości typowo fizyczne, chociaż pozostałe z nich również można opisać w kategorii fizyki. Równowaga związana jest odpowiednim ułożeniem środka ciężkości bryły sztywnej, która będzie człowiek. Koncentracja lub inaczej ogniskowanie ciosu. Tego rodzaju optyczne skojarzenie jest w pełni uzasadnione, ponieważ istnieje podobieństwo w skupianiu promieni świetlnych a koncentracją energii przy zadawaniu ciosu. Oddech można opisać za pomocą mechaniki gazów.

Każda osoba trenująca taekwon-do w pewnym momencie staje przed problemem rozbicia desek (lub innych twardych przedmiotów), zastanawiając się skąd ma czerpać siłę potrzebną do ich złamania. Jak wszyscy wiemy siła według Newtona jest wprost proporcjonalna do masy ciała i przyspieszenia jakiego ono doznaje.

$$F = m \cdot a \quad (1)$$

Dokonując elementarnej analizy możemy uzyskać następującą zależność między masą i prędkością. Wychodząc z wzoru na drogę w ruchu jednostajnie przyspieszonym

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad \text{wiedząc, że} \quad a = \frac{\Delta v}{t} \rightarrow t = \frac{\Delta v}{a} \quad \text{uzyskujemy zależność} \quad a = \frac{2\Delta v^2}{s}$$

$$F = m \cdot \frac{2\Delta v^2}{s} \quad (2)$$

Przy założeniu, że droga pięści dla określonego człowieka jest stała i nie zmienna wyraźnie, widać że prędkość jest głównym czynnikiem wpływającym na wartość uzyskiwanej siły.

przy $s = const$
$$F = m \cdot 2\Delta v^2 \quad (3)$$

Podobne przesłanie wynika analizując wzór na energię kinetyczną:

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad (4)$$

Dlaczego człowiek może rozbijać deski ?

Spróbujmy oszacować jakie siły występują w uderzeniach. Rozpatrzmy uderzenie w drewnianą deskę pokazane schematycznie na rys 2. Opierając się na wzorze (2).

Załóżmy, że uderzająca dłoń o masie m i prędkości v wyhamowuje całkowicie po uderzeniu. Zatem zmiana prędkości Δv jest równa v ,

Rozważmy rozbicie deski techniką Ap Joomok Jirugi (rozbicie pięścią dłoni). Masę uderzającego stanowić będzie ramię (około 2,7% ciężaru ciała), przedramię(około 1,6% ciężaru ciała) i dłoń(około 0,6% ciężaru ciała). Dla zawodnika o wadze 60kg przyjmujemy, że łączna masa wyniesie (1,6kg+1kg+0,4kg) 3kg, a jej prędkość w momencie uderzenia będzie możliwie duża, czyli około 5,5 m/s (jak wynika z rysunku 1). Oczywiście przy prawidłowo zadanym ciosie w jego wyprowadzeniu bierze udział większa masa niż tylko masa ramienia. Jednakże bardzo trudno jest określić o ile należało by powiększyć masę, aby uzyskać możliwie realne wartości siły. Dlatego też stosuje takie uproszczenie.

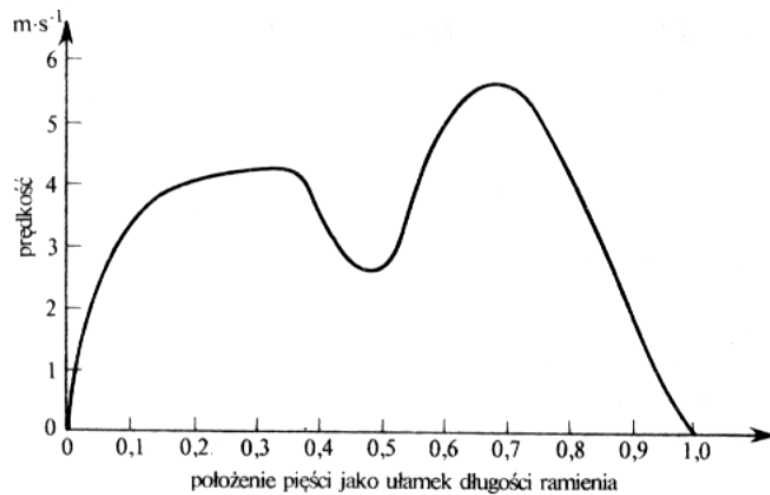
Załozymy, że długość ramienia zawodnika wynosi 64 cm i rozpoczyna on ruch ręki z pasa ułożonego w odległości 44 cm od barku. Zatem drogę jaką przebędzie pięść możemy obliczyć z twierdzenia Pitagorasa i wyniesie około 63 cm.

$$F = \frac{3kg \cdot 2 \cdot (5,5 \frac{m}{s})^2}{0,063m} \approx 2880N$$

Zatem siła

$$E_k = \frac{3kg \cdot (5,5 \frac{m}{s})^2}{2} = 8,25J$$

a energia



Rys. 1. Wynik ramię jest wy

st uzyskiwana, gdy

Można znaleźć w najróżniejszych poradnikach fizyki różne wartości wytrzymałościowe różnych materiałów, nie koniecznie pokrywające się ze sobą. Wynika to zazwyczaj ze sposobu przygotowania próbki np. deska może być wycięta podłużnie lub poprzecznie do włókien lub płyta betonowa może zawierać składniki w różnych proporcjach. Wyznaczenie siły i energii potrzebnej do złamania płyty z o określonych wymiarach z określonego materiału powinno być każdorazowo wyznaczane.

Tabela 1. wg [1].

	Drewno	Beton	Kość
F [N]	670	3100	5400
E_k [J]	5,3	1,6	14

W tabeli 1 znajdują się minimalne wartości siły i energii potrzebne do zniszczenia określonych materiałów. Jak widać wyliczona przez nas siła pozwala na złamanie deski nawet przez niezbyt dużą osobę tj. osobę o stosunkowo nie wielkiej masie. Podobnie wynika z obliczonej energii ręki. Co więcej widać również, że uzyskana przez ręką siła pozwala na złamanie więcej niż jednej deski.

Z tabeli 1. wynika, że minimalna siła potrzebna do złamania betonu F_{betonu} jest około 4,6 raza większa od siły potrzebnej do złamania deski F_{deski} , co nie powinno dziwić. Jednakże minimalna energia E_k jest z kolei trzykrotnie mniejsza dla betonu, co sugerować może, że łatwiej jest złamać płytę betonową niż deskę, co może budzić zdziwienie. Wynika to z faktu,

że zamieszczone w tabeli 1. to wartości energii, którą należy dostarczyć uderzanym obiektom, aby je zniszczyć, a nie wartościom energii oddawanej przez zawodnika (łamacza) w trakcie uderzenia. Beton ma większą możliwość tłumienia drgań niż drewno. Tak, więc tylko część energii może zostać przekazana, a zależy to od właściwości materiału i masy uderzającego obiektu. Ponadto, energia, która jest równoważna wykonanej pracy dynamicznej to także iloczyn siły i przesunięcia (w naszym przypadku wygięcia), a zatem trzykrotnie większa energia przy pięciokrotnej mniejszej sile działającej oznacza, że płyta drewniana ulega 15-krotnie większemu wygięciu niż płyta betonowa.

W tabeli 1 znajduje się również odpowiedź dlaczego zawodnik łamiący deski gołą dłonią nie doznaje przy tym żadnego urazu. Wynika z niej, że kość jest dużo bardziej wytrzymała niż beton. Ponadto ręka nie jest podparta na obu końcach i uderzana w środku, siła przenoszona jest mięśnie i inne tkanki oraz inne części ramienia. Poza tym odpowiedni trening powoduje tzn. „utwardzanie” powoduje wytworzenie dodatkowej warstwy ochronnej.

Oczywiście ważne jest odpowiednie ułożenie dłoni. Jeśli spojrzymy na wzór 5 opisujący wywierane ciśnienie na jednostkę powierzchni, zauważymy że będzie on większe im mniejsza będzie powierzchnia styku w chwili uderzenia

$$p = \frac{F}{S} \quad (5)$$

p - ciśnienie, F – siła, S – powierzchnia

Dlaczego deska bez podparcia może być złamana ?

Czasem na pokazach zawodnicy demonstrują rozbicie desek zawieszonych bez żadnego podparcia w powietrzu, co jest nie lada sztuką. Jak to się dzieje, że mogą ona być złamane.

Przy gwałtownych zmianach prędkości zgodnie z drugą zasadą dynamiki Newtona, wyzwalała się siła bezwładności (F_b):

$$F_b = -\frac{m(v_2 - v_1)}{t} \quad (6)$$

gdzie m – masa ciała (deski), $v_2 - v_1$ - różnica prędkości, t – czas, w którym doszło do zmiany prędkości.

Siła bezwładności deski, stanowić będzie element zastępujący nasze punktu podparcia w klasycznych rozbiciach. Jak widać ze wzoru 6 z im większą prędkością zaatakujemy drewnianą płytę w możliwie najkrótszym czasie, tym większa wyzwoli się siła bezwładności. Tak więc deska będzie złamana jeśli będzie spełniony warunek:

$$F_c - F_b > F_{\min}$$

F_c - siła ciosu, F_b - siła bezwładności deski, F_{\min} - minimalna siła potrzebna do złamania deski

Różne aspekty uderzeń taekwon-do i ich efekty został omówione na różnych przykładach dotyczących głównie niszczenia martwej natury. Przeniesienie tego rodzaju rozważań na pole rywalizacji sportowej np. w konkurencji testów siły, może przynieść wymierne efekty. Można to odnieść do tego jak niebezpieczne mogą być tego rodzaju ciosy dla człowieka. W tradycji taekwon-do dąży się do osiągnięcia doskonałości etycznej i technicznej. W uzyskaniu w środowisku autorytetu sprzyja osiągnięcie wysokich wyników sportowych lub wykazanie się możliwościami ponadprzeciętnymi np. rozbiciem kilku cegieł lub cegły rzuconej w powietrze.

Bibliografia

1. „Fizyka Sportu” K. Ernst PWN Warszawa 1992
2. „Biofizyka” F. Jaroszyk PZWL Warszawa 2001