

Rysunek 1.7. Podanie w tył w lewo w rugby może wydawać się dozwolone względem gracza (a), ale faktycznie jest podaniem do przodu względem pola (b)

1.25. Żonglowanie

Światowy rekord żonglowania obręczami wynosi obecnie 11; w rekordach dla innych przedmiotów liczby te są mniejsze. Oczywiście żonglowanie wymaga dobrej koordynacji oko–ręka i praktyki w rzucaniu oraz chwytaniu, ale czy jest jeszcze inny czynnik, który ogranicza liczbę przedmiotów, którymi możemy żonglować?

Odpowiedź Oczywiście ograniczenie narzuca grawitacja. Jeśli chcemy zwiększyć liczbę przedmiotów, którymi żonglujemy, musimy rzucać je wyżej, aby mieć więcej czasu na manewrowanie dodatkowymi przedmiotami. Jednak zysk na czasie jest zawsze niewielki.

Jeśli rzucimy przedmiot dwa razy wyżej niż poprzednio, zyskamy około 40% więcej czasu w czasie jego lotu. Ponadto trzeba rzucać z szybkością większą o 40%, co oznacza, że rzut będzie najprawdopodobniej nieprecyzyjny.

1.26. Skok o tyczce

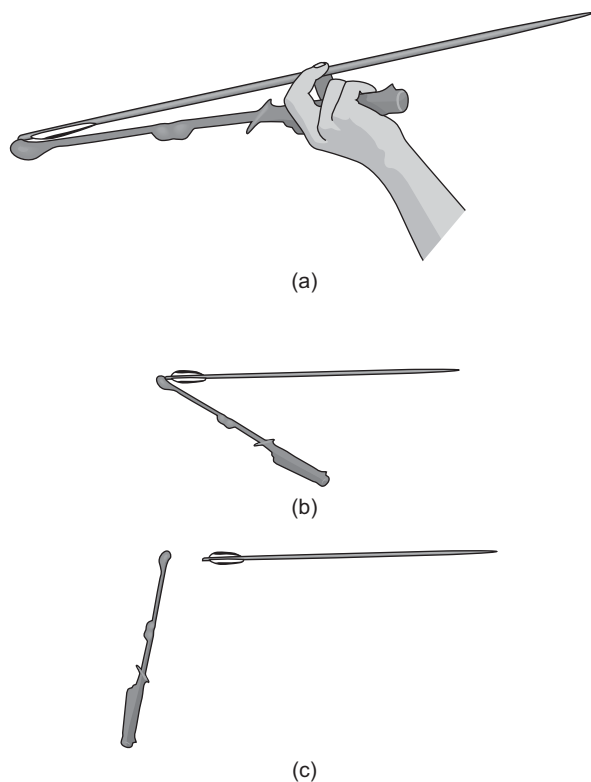
Tyczki z włókna szklanego zrewolucjonizowały skoki o tyczce we wczesnych latach 60. ub. wieku. Wcześniej w tym sporcie używany był bambus. Tyczki stalowe i aluminiowe stały się popularne w latach 50. Ale nic nie może przebić tyczek z włókna szklanego, a po ich wprowadzeniu rekordowy skok szybko wzrósł z 4,8 do ponad 5,8 metra. Niektórzy twierdzą, że rekord może ostatecznie przekroczyć 6,0 metrów. (Obecnie rekord świata w skoku o tyczce wynosi 6,14 m – przyp. red.). Dlaczego tyczka z włókna szklanego tak się przyczyniła do podwyższenia rekordu?

Odpowiedź Tyczka z włókna szklanego jest znacznie bardziej elastyczna od wcześniejszych tyczek z bambusa, stali lub aluminium. Ta elastyczność daje tyczkarzowi dwie korzyści. Lekkoatleta może lepiej przekształcić energię kinetyczną biegu przed skokiem na energię potencjalną sprężystości tyczki, gdy jest ona zgięta. (Gromadzi ona energię pochodzącą z biegu, a nie z wysiłku mięśni atlety, który ją zgina). Mniej oczywiste jest to, że elastyczność tyczki opóźnia przekształcenie energii potencjalnej z powrotem w energię kinetyczną unoszącego się lekkoatlety. To opóźnienie umożliwia zmianę pozycji ciała przez sportowca, tak aby uzyskać on energię z rozprostowującej się wtedy tyczki, co w rezultacie daje ruch do przodu zamiast do tyłu.

Aby wykonać dobry skok, lekkoatleta musi nie tylko pobiec szybko w kierunku skoku, zapewniając sobie dużą energię kinetyczną do wykorzystania przy skoku; musi także wymierzyć krok, aby prawidłowo umieścić dalszy koniec tyczki w *skrzynce* na ziemi. Gdy tyczka zostanie umieszczona w skrzynce, lekkoatleta musi skoczyć w przód, aby utrzymać ruch do przodu i właściwie zagiąć tyczkę. Gdy tyczka zgina się, ma zgromadzoną część początkowej energii kinetycznej. Podczas jej zginania oraz ostatecznego prostowania lekkoatleta podwija nogi pod siebie i odchyła się, aby obrócić nogi i ciało do pozycji pionowej. Aby pomóc w prostowaniu tyczki, odzyskać więcej energii i ułatwić sobie zmianę ułożenia ciała, sportowiec popycha tyczkę do przodu ręką znajdującą u góry, jednocześnie ciągnąc dolną rękę do tyłu. Jeśli wszystko jest dobrze zsynchronizowane, rozprostowująca się tyczka gwałtownie oddaje zgromadzoną energię, aby posłać lekkoatletę w górę.

1.27. Strzelanie za pomocą atlatla oraz ropucha

Kilka starożytnych kultur, takich jak Aztekowie oraz szczepy żyjące na dalekiej północy Ameryki Północnej, opracowało mechanizm wystrzeliwania, w którym włócznia (lub strzała) jest wprawiana w ruch za pomocą drewnianego kija, który nadaje jej duże przyspieszenie do przodu, aż włócznia wyleci z kija (rys. 1.8). Dlaczego to urządzenie, nazywane atlatlem, czyli miotaczem strzał, daje większą prędkość włóczni niż wtedy, gdy włócznia jest zwyczajnie rzuca do przodu? Prędkość ta była wystarczająca, aby włócznia mogła polecieć na odległość około 100 metrów i następnie przebić,



Rysunek 1.8. Strzelanie za pomocą miotacza oszczepów

powiedzmy, pancerz hiszpańskiego konkwistadora walczącego z Aztekami. Dlaczego do miotacza był często dołączany kamień?

Jak ropucha może wyrzucić na zewnątrz swój język z zaskakującą szybkością i na niezwykłą odległość, aby złapać muchę?

Odpowiedź Gdy rzucamy włócznią w tradycyjny sposób, dostarczamy jej energię kinetyczną poprzez pracę swoich rąk wykonywaną podczas przesuwania włóczni do przodu na pewną odległość. Miotacz wynaleziony przez starożytne kultury wydłuża odległość, na którą jest wypychana włócznia, więc powiększa również przekazywaną jej energię. Korzyść wynikająca z przymocowania kamienia do miotacza nie jest zrozumiała. Eksperymenty wskazują, że w rzeczywistości wynikiem dodania masy jest niewielkie zmniejszenie prędkości wystrzelenia włóczni.

Wydaje się, że ropucha łapie swoją zdobycz językiem za pomocą mechanizmu podobnego do miotacza oszczepów. Kiedy dostrzeża ofiarę, błyskawicznie wyrzuca swój język w jej stronę, ale miękka zewnętrzna część języka pozostaje zawinięta do tyłu na (teraz usztywnionej) reszcie. Gdy język jest blisko ofiary, jego zewnętrzna część zo-

staje nagle rozwinięta do przodu, aby „strzelić” w dół. Rozwijając w ten sposób zewnętrzną część języka – podczas gdy pozostała jego część nadal przesuwa się do przodu – ropucha zwiększa energię kinetyczną części zewnętrznej. Ta dodatkowa energia zwiększa szansę trafienia ofiary, nawet jeśli leży ona na powierzchni (takiej jak liść), która ugina się w momencie uderzenia. Po trafieniu ofiary ropucha błyskawicznie wciąga język wraz z ofiarą do swojego otworu gębowego.

1.28. Proce

Ktoś dość zręczny w posługiwaniu się procą może rzucić kamień o wadze 25 gramów z prędkością 100 km/h, aby trafić w cel oddalony o 200 metrów lub więcej. Jak kamień osiąga taką dużą prędkość lub dokładniej – tak duży pęd? W przeszłości w niektórych bitwach taka broń okazała się cenniejsza od strzały, ponieważ nawet gdy żołnierz wroga nosił skórzaną zbroję, uderzenie kamieniem mogło wyrządzić śmiertelne obrażenia wewnętrzne, podczas gdy strzała mogła się odbić od zbroi. Gdy żołnierz nie miał żadnej zbroi, kamień mógł łatwo przeszyc jego ciało. Kamień wyrzucony z procy był też bardziej precyzyjny niż strzała i często mógł polecieć dalej. Z tego powodu grupa miotaczy stała za łucznikami, którzy musieli być bliżej przeciwnika, aby byli skuteczni.

Najsłynniejszą walką, w której użyto procy, była oczywiście krótka walka między Dawidem a Goliatem. Przez 40 dni filistyński olbrzym czekał na śmiałka, który ośmielił się przyjąć jego wyzwanie, aż zrobił to Dawid. Dawid wybrał pięć gładkich kamieni ze strumienia i zbliżył się do Goliata tak, że ten był w jego zasięgu.

Dawid panował nad sytuacją, ponieważ miecz Goliata był beзуżyteczny przy tak dużej odległości. Dawid wyjął pierwszy kamień z woreczka i cisnął go z procy w stronę olbrzyma. Kamień uderzył z takim impetem, że wbił się w czoło Goliata.

Odpowiedź Kamień, który może być prawdziwym kamieniem lub zrobionym z gliny bądź z metalu, jest umieszczony w elastycznej miseczce, do której przymocowane są dwa sznury (rzemienie). Przeciwnie końce pasków trzymamy w prawej dłoni (jeśli jesteśmy praworęczni). Jeden ze sznurów jest owinięty wokół kilku palców, natomiast drugi ma supeł, który umieszczamy naprzeciwko kciuka lub palca wskazującego.