



# mała delta

## Czy Michael Jordan umie latać?

Ten legendarny koszykarz NBA miał przydomek *flying*, czyli „latający”. Bardzo często, atakując, wyskakiwał w górę, po nim – na tę samą wysokość – wyskakiwali często wyżsi obrońcy, on jednak potrafił poczekać aż opadną i dopiero wtedy, bez problemu, trafiał do kosza.

Powiecie, że to przecież niezgodne z prawami fizyki? Może niezgodne, ale takie akcje są zarejestrowane i dostępne w archiwach. Fizyka jest nauką doświadczalną. Zamiast kontestować to, co można zobaczyć, spróbujmy zastanowić się, co on tak naprawdę robił.

Zacznijmy od podstawowej własności wszelkich skoków, które można wykonać na parkiecie. Trajektoria środka masy jest całkowicie zdeterminowana w momencie oderwania się od podłoża. To, na jaką wysokość wzniesie się środek masy, zależy wyłącznie od pionowej składowej jego prędkości w tym momencie. Trajektoria ta zawsze jest fragmentem paraboli i nie można tego w żaden sposób zmienić, gdyż ciało bez kontaktu z podłożem jest układem izolowanym (oddziaływanie z powietrzem można pominąć).



Pozornie stoi to w sprzeczności z grą Jordana. Należy jednak pamiętać, że położenia środka masy nie widać. To, na co najczęściej zwracamy uwagę, porównując wysokość wyskoku zawodników, to ich głowy. A już trajektorię lotu głowy można w szerokich granicach modyfikować, zmieniając jej położenie względem środka masy. Nie trzeba w tym celu wcale ruszać głową. Wystarczy podkurczyć nogi lub wyciągnąć w górę ręce, żeby środek masy powędrował w górę naszego ciała. Do perfekcji mają to opanowane baletnice. Wykonanie w czasie skoku szpagatu powoduje, że środek masy w pierwszej fazie wędruje w górę, czyli głowa w stosunku do niego się obniża, a w drugiej fazie odwrotnie – wraz z obniżającymi się nogami obniża się położenie środka masy, a więc głowa jest coraz wyżej ponad nim. W efekcie w środkowej fazie lotu głowa, zamiast po paraboli, porusza się po równoległej do podłoża prostej! Wpatrzony w baletnicę widz ma wrażenie, jakby artystka przez moment szybowała na stałej wysokości. Jest to możliwe, jeżeli nogi najpierw wznoszą się, a później opadają szybciej od środka masy.

Podobną sztuczkę, prawdopodobnie instynktownie, stosował Jordan. Po odbiciu rozszerzał nogi i wnosił ku górze rękę z piłką. Wyskakujący w górę obrońcy przez chwilę mogli go blokować, ale on

przesuwał się w powietrzu bez zauważalnego obniżenia głowy, gdyż po przekroczeniu najwyższego punktu trajektorii środka masy obniżał nogi i rękę z piłką. W ten sposób przelatywał obok obrońców, by wykończyć rzut poza zasięgiem ich ramion. Sylwetka koszykarza z rozszerzonymi nogami i wyciągniętą ręką stała się jednym z symboli NBA. W tej pozycji Michael Jordan został uwieczniony na pomniku stojącym przed halą Chicago Bulls.

Sztuczka ta była możliwa dzięki fenomenalnemu wyskokowi osiągniętemu, który pozwalał Jordanowi na dłuższe przebywanie w powietrzu od przeciwników. Przeprowadzono kiedyś ankietę, w której pytano kibiców: „jak długo Jordan potrafi przebywać w powietrzu?”. Po odrzuceniu odpowiedzi emocjonalnych (np. kwadrans), okazało się, że średnia wypadła około dwóch sekund. Niestety, nawet najwybitniejsi atleci, o wyskoku osiągniętym sięgającym półtora metra, mogą przebywać w powietrzu jedynie minimalnie ponad sekundę. Jest to jednak do około jednej trzeciej sekundy dłużej niż zawodnicy obdarzeni tylko dobrym wyskokiem (około 75 cm).

Co jednak trzeba zrobić, żeby wyskoczyć jak najwyżej? Spróbujmy znaleźć odpowiedź w drugiej części tego artykułu.

## Czy można skoczyć wyżej od rekordu świata?

Oczywiście chodzi o rekord w skoku wzwyż. Czy można, bez pomocy jakichkolwiek przyrządów, pokonać poprzeczkę zawieszoną na wysokości 2,5 m?

Spróbujmy zastanowić się, jaką technikę należy zastosować, żeby pokonać jak najwyżej zawieszoną poprzeczkę.

Po pierwsze, żeby skoczyć jak najwyżej, należy maksymalnie wysoko wznieść swój środek masy. W tym celu należy nadać ciału jak największą prędkość w kierunku pionowym. Skacząc z miejsca, najpierw przysiadamy, a następnie energicznie prostując obie nogi, wyskakujemy w górę. Jeżeli jednak skaczemy z rozbiegu, to najczęściej odbijamy się tylko jedną nogą. Dlaczego w tym drugim przypadku udaje nam się skoczyć równie wysoko? Przecież pracę wykonuje wtedy tylko jedna noga, a nie dwie. Istotne znaczenie ma przeniesienie części pędu uzyskanego w czasie rozbiegu, poprzez sprężystość nogi, na pęd skierowany w górę. Możemy jednak porównać wyskok z jednego kroku i odbiciem z jednej nogi stosowany przez piłkarzy ręcznych, z wyskokiem z naskoku na obie nogi używanym przez siatkarzy. Okazuje się, że przeciętny zawodnik uzyska w obu przypadkach porównywalnej wysokości skoki. Jak to się dzieje, że użycie jednej sprężyny nadaje porównywalną prędkość co użycie dwóch? Musi istnieć jakiś dodatkowy mechanizm, który zwiększa wysokość skoku jednonóż.

Zauważmy najpierw, że w wyskoku z miejsca biorą udział nie tylko nogi, ale również ręce. Rękoma wykonujemy zamach, nadając im pewną energię, która musi być dodana do energii ciała uzyskiwanej dzięki pracy nóg. W przypadku odbicia z jednej nogi do zamachu rękoma dochodzi zamach drugą nogą. Masa nogi przeciętnego zawodnika to około  $1/6$  masy całego ciała. Jeżeli w wyniku odbicia obunóż zawodnik o masie  $m = 80$  kg wznosi środek masy na wysokość  $h = 80$  cm, to w momencie odbicia uzyskuje energię kinetyczną  $E = mgh = 640$  J. Jeżeli zamach nogą miałby zrównoważyć brak odbicia z tej nogi, to jej energia kinetyczna powinna odpowiadać połowie energii  $E$ . W takim razie prędkość nogi powinna być rzędu

$$v_n = \sqrt{\frac{E/2}{2m_n}} = \sqrt{\frac{320 \text{ J}}{2 \cdot 80 \text{ kg}/6}} = 3,5 \text{ m/s.}$$

Obliczona prędkość odpowiada prędkości kolana, przy założeniu, że masa nogi jest równomiernie wzdłuż niej rozłożona. Ponieważ tak nie jest, to

należy tę prędkość pomnożyć przez mniej więcej dwa i jeszcze raz przez dwa, żeby uzyskać prędkość stopy, która jest dwa razy dalej od osi obrotu niż kolano. Otrzymamy prędkość około 15 m/s, która okazuje się odpowiadać maksymalnej prędkości stopy w czasie szybkiego biegu (która jest prawie dwa razy większa od prędkości samego biegu).

Z tego szacunkowego wyliczenia wynika, że zamach nogą może skutecznie kompensować brak odbicia tą nogą, ale również, że istnieje pewna graniczna wartość wysokości osiągniętej, po przekroczeniu której zamach nie będzie już wystarczał. Możliwe, że jest to jeden z powodów, dla którego bardzo skoczni siatkarze praktycznie nigdy nie odbijają się jednonóż.

Możemy nasze rozważania podsumować. Do wyniesienia swojego środka ciężkości jak najwyżej potrzebne jest mocne odbicie, najlepiej z obu nóg, i mocny zamach. Czy można te dwie rzeczy połączyć w jednym skoku? Tak – i to jest właśnie sposób na pokonanie poprzeczki zawieszanej wyżej od rekordu świata. W odpowiedni sposób postępują zawodnicy na ścieżce akrobatycznej. Po serii fiffaków, które wprowadzają całe ciało w ruch obrotowy, następuje ostateczne odbicie z dwóch nóg i ewolucja w powietrzu, np. podwójne salto. W takim wypadku w zamachu uczestniczy całe ciało. Do uzyskania maksymalnej wysokości należy zrobić tylko jedno salto i to w pozycji łamanej, gdyż nad poprzeczką należy się prześlizgnąć w sposób podobny do tyczkarzy. Przy takim sposobie pokonywania poprzeczki środek masy przechodzi najniżej pod poprzeczką, czyli taki sposób skakania jest, w tym elemencie, skuteczniejszy od skakania flopem.

Dlaczego w takim razie nie skacze się tak na zawodach lekkoatletycznych? Po prostu istnieje zakaz odbicia obunóż w skoku wzwyż.

Przedstawione rozważania poparte są osiągnięciami akrobatycznych grup cyrkowych. Widziałem pokaz, w czasie którego cyrkowiec bez problemu pokonał wysokość 2,5 m. Trudno powiedzieć, jak wysoko można skoczyć w ten sposób, ale możliwe, że gdyby zrezygnowano z przepisu zabraniającego odbicia obunóż, to rekord świata mógłby zbliżyć się do granicy trzech metrów. Byłaby to jednak zupełnie inna konkurencja, w której prawdopodobnie występowałiby zawodnicy bardziej podobni do akrobatów niż dzisiejsi, wysocy i szczupli mistrzowie.

*Małą Deltę przygotował Piotr ZALEWSKI*