

ТАМЭСИВАРИ

Кинематика звеньев тела при разбивании досок локтем и ногой

Б. И. Бахтин, канд. техн. наук, 3-й дан (Московская федерация Кёкусинкай, ИФК), С. В. Киреев, 3-й дан, Д. С. Шапошников, 4-й дан (Московская федерация Кёкусинкай, ИФК), А. Ю. Вагин, канд. пед. наук, старший преподаватель каф. биомеханики РГУФКСМиТ, А. А. Шипилов, научный сотрудник НИИ Спорта, РГУФКСМиТ

В статье представлены результаты третьего этапа исследований по изучению биомеханики ударных действий при разбивании досок, проводимых Московской Федерацией Кёкусинкай (МФК) совместно с лабораторией биомеханики НИИ Спорта РГУФКСМиТ. На первом и втором этапах исследований были получены экспериментальные данные по кинематическим характеристикам звеньев тела при разбивании досок кулаком и ребром ладони /1,2/. На третьем этапе разбивание досок осуществлялось локтем (*хидзи*) и пяткой ноги (*какато*). На всех этапах исследований исполнителем тестов тамэсивари выступал мастер спорта Сергей Киреев, для регистрации кинематических характеристик использовался современный аппаратно-программный комплекс «Qualisys» (Швеция) /1/.

1. Задачи исследований

Как и на предыдущих этапах исследований, главным условием для исполнителя тамэсивари было достижение максимальной скорости ударов при использовании двух вариантов техники разбивания досок локтем и двух – пяткой ноги. Разбивание локтем стопок из 2-х досок осуществлялось в первом варианте с приседанием в широкую стойку (*киба дати*), во втором варианте – с выпрыгиванием и приседанием в широкую стойку. Удар пяткой ноги в первом варианте разбивания (стопка из 4-х досок) выполнялся без отрыва опорной ноги от пола, во втором варианте удар по доскам (стопка из 5 досок) производился в прыжке. С помощью комплекса «Qualisys» через каждые 5 мс по времени процесса разбивания досок регистрировались значения модулей скоростей характерных точек основных звеньев тела, участвующих в ударе (кисть, локоть, плечо в районе сустава при разбивании досок локтем, ступня, колено, бедро в районе тазобедренного сустава – при разбивании досок пяткой). Во всех случаях для разбивания использовались доски из хвойной древесины размерами 300x200x24 мм. Высота подставок для досок составляла 500 мм при разбивании локтем, 200 мм – при разбивании ногой. Для наглядного представления о характерных особенностях выполняемых техник были сделаны (отдельно от тестов по диагностике кинематических характеристик) видеозаписи ударных процессов.

2. Результаты исследований

2.1. Разбивание досок локтем с приседанием в широкую стойку

Процесс разбивания досок этим способом показан на видеоролике «Видео 01».

Характерные кадры процесса разбивания представлены на рис. 1.



Рис. 1. Выборочные кадры видеозаписи процесса разбивания досок локтем с приседанием в широкую стойку.

В исходной фронтальной позиции (ноги раздвинуты, ступни параллельно друг другу) тело немного смещено влево. В завершающей фазе замаха обе руки вытянуты вверх, тело немного приподнято за счет опоры на носки ног. Дальнейшее ускорение локтя ударной руки вниз происходит почти по вертикали с низким приседанием в *киба дати* и наклоном плеч. Диаграммы изменения скоростей кисти, локтя и плеча приведены на рис. 2.

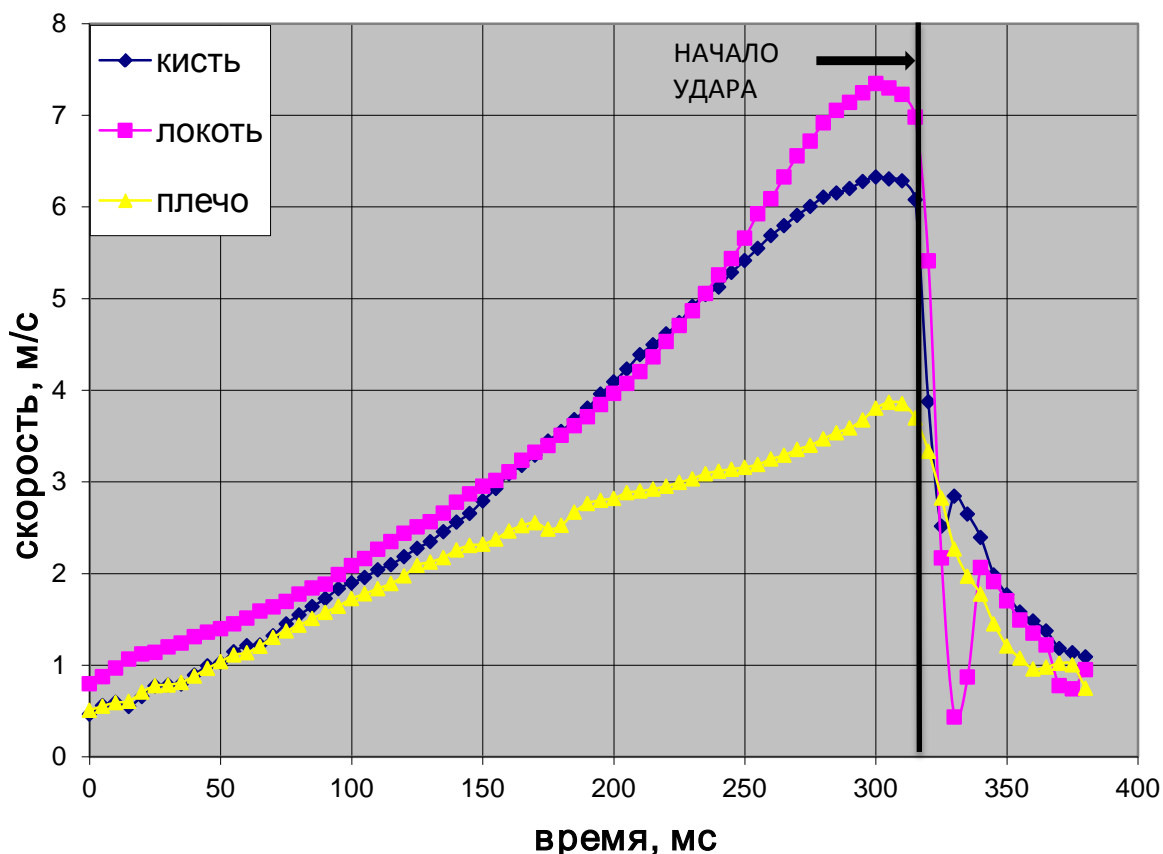


Рис. 2. Изменение скоростей звеньев тела при разбивании досок локтем с приседанием в широкую стойку (*киба дати*)

При разбивании локтем стопки досок на подставках, как и при использовании других техник разбивания в подобных условиях /1,2/, скорости звеньев тела в момент начала удара (локоть – 6,98, кисть – 6,08, плечо – 3,70 м/с) оказываются ниже максимальных значений скоростей (7,35, 6,33, 3,05 м/с соответственно). Скорость плеча (как ее максимальное значение, так и в момент удара) уменьшилась примерно на 0,5 м/с по сравнению со случаем разбивания досок ребром ладони с использованием аналогичной техники с приседанием в широкую стойку /2/. По-видимому, при разбивании ребром ладони удалось сильнее разогнать плечо за счет более низкого наклона корпуса. Скорость ребра ладони (кисти) в момент начала удара по доскам (8,65 м/с) при такой технике /2/ заметно превосходит скорость удара локтем (6,98 м/с) за счет радиальной составляющей скорости кисти относительно локтевого сустава.

2.2. Разбивание досок локтем с выпрыгиванием и приседанием в широкую стойку

Этот процесс разбивания досок показан на видеоролике «Видео 02». Характерные кадры процесса разбивания представлены на рис.3.



Рис.3. Выборочные кадры видеозаписи процесса разбивания досок локтем с выпрыгиванием.

При выполнении техники разбивания досок с выпрыгиванием максимальная высота подъема центра тяжести тела перед ударом больше по сравнению со случаем разбивания без выпрыгивания. Предполагалось, что это может привести и к более высокой скорости локтя в момент удара. Диаграммы изменения скоростей звеньев тела при разбивании с выпрыгиванием приведены на рис.4.

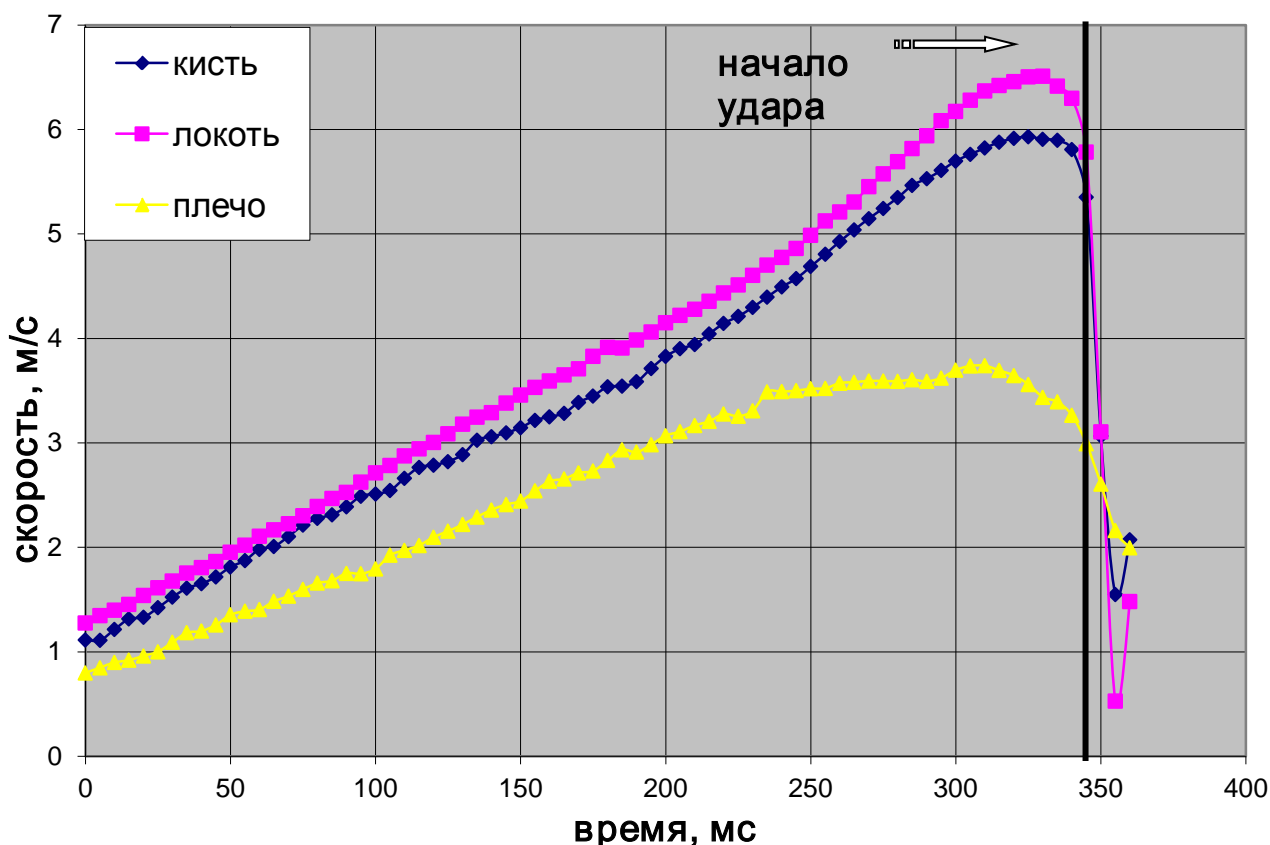


Рис.4. Изменение скоростей кисти, локтя и плеча при разбивании доски локтем с выпрыгиванием

Как следует из рассмотрения приведенных диаграмм, ожидаемого увеличения скорости удара за счет выпрыгивания не произошло. По сравнению со случаем разбивания досок без выпрыгивания, скорости локтя, кисти и плеча оказались ниже не только в момент начала удара (5,78, 5,35, 2,99 м/с), но и во время достижения их максимальных значений (6,51, 5,93, 3,74 м/с), предшествующее удару. Сопоставление кадров видеозаписи процесса разбивания досок с кинематическими характеристиками звеньев тела позволяет выдвинуть гипотетическое объяснение причины обнаруженной особенности. Как видно из видеозаписи, момент касания пола ногами после выпрыгивания наступает заметно раньше момента начала удара. Бессознательное напряжение мышц ног при соприкосновении с полом приводит к некоторому затормаживанию тела (его центра тяжести) и, в конечном итоге, к снижению скорости удара. Можно предполагать поэтому, что потенциальные преимущества техники разбивания с выпрыгиванием должны проявить себя при обеспечении синхронности моментов удара и приземления.

2.3. Разбивание досок ногами без отрыва опорной ноги

Процесс разбивания досок этим способом представлен видеороликом «Видео 03» и отдельными кадрами этой видеозаписи (рис. 5).



Рис. 5. Выборочные кадры видеозаписи разбивания досок ногой без отрыва опорной ноги.

Как видно, эта техника характеризуется максимально возможным подъемом ударной ноги (с отрывом пятки опорной ноги) с последующим смещением тела вперед и быстрым опусканием ноги почти по вертикали. Диаграммы изменения скоростей ступни, колена и бедра (тазобедренный сустав) приведены на рис. 6.

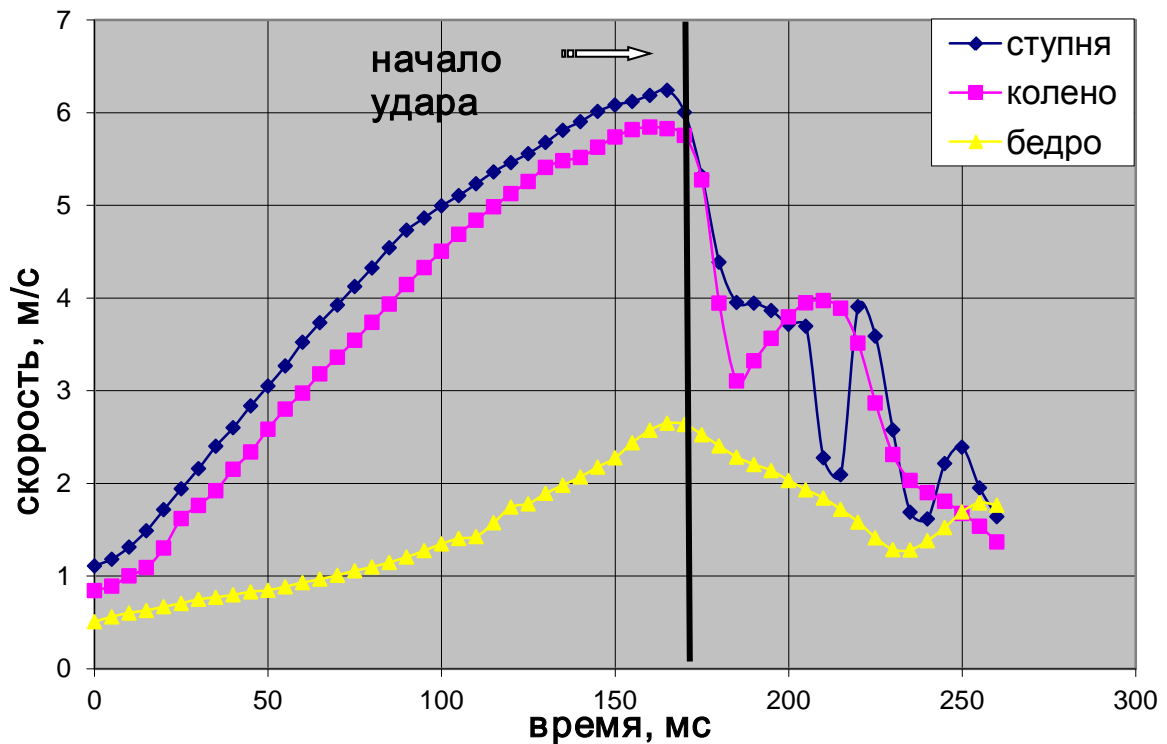


Рис. 6. Изменение скоростей звеньев тела при разбивании досок ногой без отрыва опорной ноги.

Максимальные значения скоростей ступни, колена и бедра достигали соответственно 6,24, 5,84 и 2,65 м/с, а в момент начала удара – 6,00, 5,76 и 2,64 м/с. Интересно отметить, что при данной технике разбивания досок скорости звеньев тела в момент удара почти совпали с их максимальными значениями.

2.4. Разбивание досок ногой в прыжке.

Процесс разбивания досок пяткой ноги в прыжке представлен видеороликом «Видео 04» и кадрами этой видеозаписи (рис. 7).





Рис. 7. Выборочные кадры видеозаписи разбивания досок ногой в прыжке.

Выпрыгивание осуществляется за счет толчка двумя ногами. При подъеме тела вверх со смещением вперед колено ударной ноги подтягивается к одноименному плечу, пятка другой ноги – к одноименному бедру. При снижении тела обе ноги с ускорением распрямляются, причем ударная нога распрямляется более активно. Диаграммы изменения скоростей ступни, колена и бедра приведены на рис. 8.

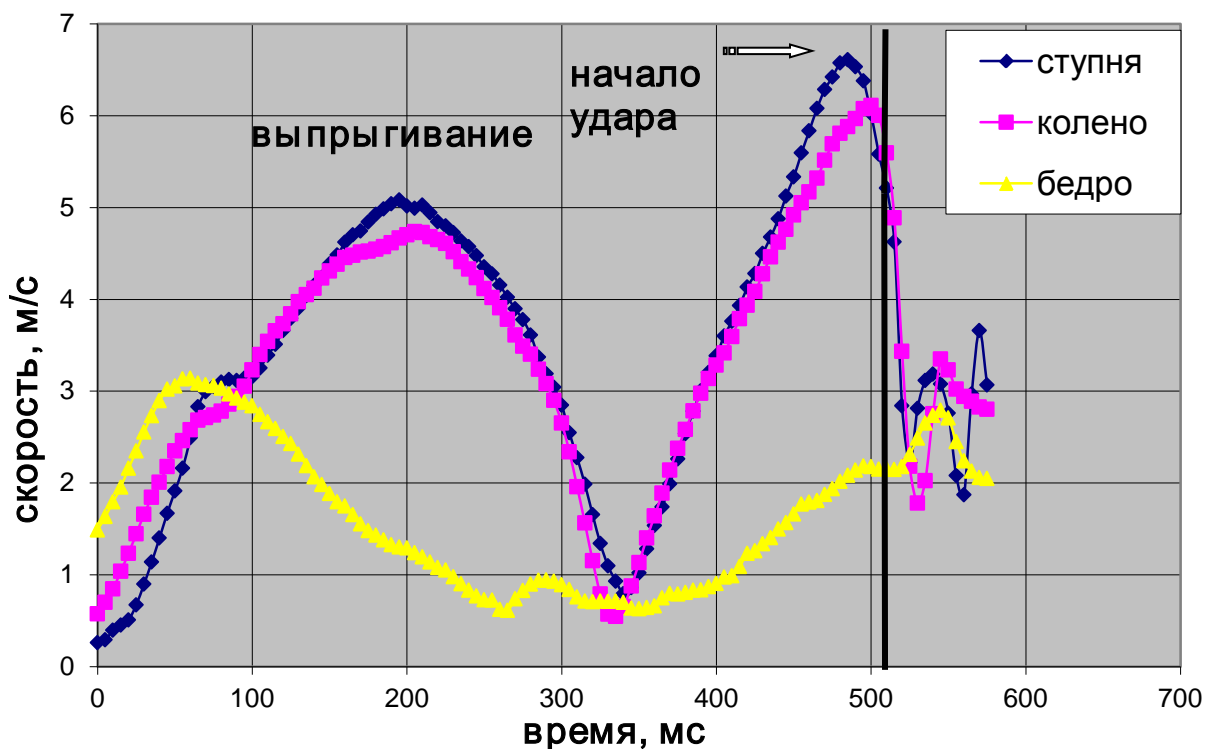


Рис. 8. Изменение скоростей звеньев тела при разбивании досок ногой в прыжке

Первая «полочка» на диаграмме (период времени 55-90 мс) связана с выравниванием скоростей звеньев тела непосредственно перед выпрыгиванием – ноги в этот момент выпрямлены, скорость немного выше 3 м/с. Первый «горб» на диаграмме (с вершиной на 200-й м/с) соответствует фазе подъема тела после отталкивания от пола с подтягиванием ног вверх. В зоне максимальной высоты подъема тела (время 340-350 м/с) модули скоростей минимальны (~0,6 м/с) и представлены только горизонтальной составляющей скорости, обусловленной перемещением тела вперед. На следующем этапе тело опускается вниз с нанесением удара по доскам. Скорости ступни, колена и бедра в момент начала удара (4,63, 4,89 и 2,14 м/с) уступают максимальным значениям (6,61, 6,11 и 2,18 м/с), причем особенно заметна эта разница для ступни и колена. Можно предполагать, что это связано с преждевременным началом ускорения ударной ноги. Из-за раннего начала движения ударной ноги не был реализован потенциальный запас скорости бедра (3 м/с) при снижении тела под действием силы тяжести. В результате этого скорость бедра при ударе в прыжке в момент начала удара оказалась ниже (на 0,5 м/с), чем при ударе ногой без прыжка.

3. Обсуждение результатов исследований

Данная статья завершает цикл исследований кинематических характеристик звеньев тела при разбивании досок кулаком /1/, ребром ладони /2/, локтем и ногой с использованием различных техник удара. При проведении исследований регистрировались изменения модулей скоростей звеньев тела при движении до и во время нанесения удара. Максимальное зафиксированное значение скорости кулака достигало 12,19 м/с (при разбивании досок на весу круговым ударом), ребра ладони (кисти) – 12,81 м/с (доски на стойках), локтя - 6,33 м/с, ноги (ступни) – 6,64 м/с.

Характерной особенностью для большинства экспериментов по разбиванию досок является то, что скорость ударного звена в момент начала удара была ниже максимального значения. Исключение наблюдалось лишь при ударах кулаком по свободно подвешенным доскам. Для выяснения причин этих особенностей необходимы дальнейшие специальные исследования. Неожиданными оказались также результаты, полученные при использовании техники разбивания досок локтем и ногой с прыжком. Предполагалось, что за счет дополнительной скорости тела, приобретаемой при его снижении под действием силы тяжести, возрастет и скорость ударного звена. Эти ожидания не оправдались – при использовании техники разбивания досок с прыжком скорость удара оказалась ниже, чем при ударах без прыжка.

Изучение диаграмм скоростей звеньев тела и видеозаписей процесса разбивания досок позволило выдвинуть две возможные причины, которые могли бы привести к подобным результатам. Первая предполагаемая причина заключается в несвоевременности нанесения ударов. При использовании техники разбивания локтем с выпрыгиванием удар по времени наносился позже момента приземления тела на ноги. За промежуток времени между

приземлением и ударом скорость тела могла заметно снизиться. При разбивании досок ногой в прыжке удар, наоборот, осуществлялся раньше приземления, поэтому потенциальная возможность приращения скорости удара за счет скорости снижения тела также не была полностью реализована. Можно предполагать, что оптимальное время начала удара должно совпадать с моментом приземления. Выполнение этого условия требует тщательной отработки техники ударов в прыжках с периодическим использованием для контроля диагностической аппаратуры.

Вторая причина может быть связана со сложной биомеханикой ударных действий, выполняемых в прыжке. Как известно, общий центр тяжести тела при свободном падении движется с постоянным ускорением (если пренебречь силой сопротивления воздуха). Скорость центра тяжести в любой точке траектории можно легко рассчитать по известным формулам, зная начальную высоту падения. Если положение звеньев тела и их ориентация в пространстве не меняются при падении, то скорости любой точки тела в любой момент времени будут одинаковыми. Ситуация меняется при изменении положения звеньев тела. При ударе ногой в прыжке (см. рис. 7) падение тела вниз сопровождалось быстрым выпрямлением обеих ног. При этом скорость колена и ступни становятся выше скорости центра тяжести.

Чтобы компенсировать дополнительное приращение скорости ног, верхняя часть тела (начиная от зоны тазобедренных суставов) должна начать двигаться со скоростью, меньшей скорости центра тяжести. В результате этих процессов скорость бедра в момент удара и связанная с ней скорость удара будут ниже ожидаемых значений (сделанных без учета этих особенностей биомеханики). Вероятность снижения скорости удара по указанной причине можно свести к минимуму, если изменить технику удара. Во время подъема тела вверх после отталкивания от пола надо подтягивать к плечу только колено ударной ноги, оставляя свободную ногу выпрямленной. Начало разгибания ударной ноги необходимо совместить с реверсом (подъемом вверх) свободной ноги. При таком исполнении техники (она известна под термином «удар в прыжке с разножкой») одновременное смещение ног в противоположных направлениях не оказывает влияния на скорость верхней части тела. Это предположение нуждается в дальнейшей экспериментальной проверке.

Информационные источники

1. ТАМЭСИВАРИ. Кинематика звеньев тела при разбивании досок кулаком. Б. И. Бахтин, С. В. Киреев, Д. С. Шапошников, А. Ю. Вагин, А. А. Шипилов, 2014, Московская Федерация Кёкусинкай, официальный сайт, интересные статьи.

2. ТАМЭСИВАРИ. Кинематика звеньев тела при разбивании досок ребром ладони. Б. И. Бахтин, С. В. Киреев, Д. С. Шапошников, А. Ю. Вагин, А. А. Шипилов, 2014, Московская Федерация Кёкусинкай, официальный сайт, интересные статьи.