

Тема 5 Движения вокруг осей

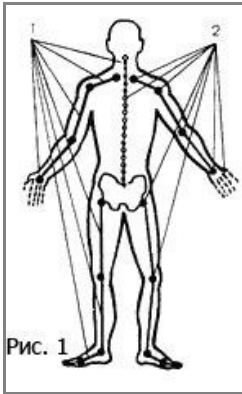


Рис. 1

Тело человека принято разбивать на 15 звеньев (рис. 1), которые имеют между собой сочленения и представляются рычагами или маятниками. Поэтому одной из основных проблем является интерес биомеханики к движению звена в точке сочленения – *суставе*.

Рассмотрим рычаг первого рода (рис. 2). В этом случае его движение можно описать как *вращательное движение* вокруг точки, при котором эта точка O (точка *сочленения*) остается неподвижной, а все другие точки движутся по поверхностям сфер, имеющих центр в точке O . При таком вращательном движении тела любое его перемещение представляет собой поворот вокруг некоторой оси, проходящей через точку O и называемой *осью вращения*.

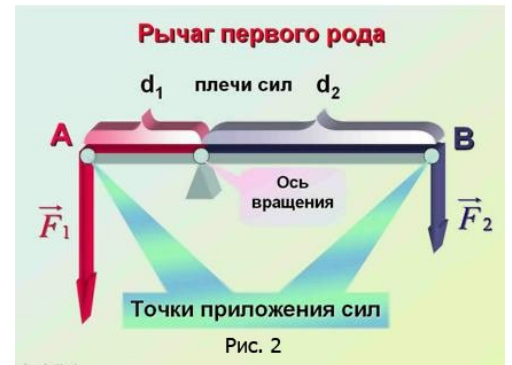


Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4

Так движется, например, компьютерный джойстик (рис. 3), рычаг переключения передач в автомобиле (рис. 4) и кость скелета в суставе (рис. 5).

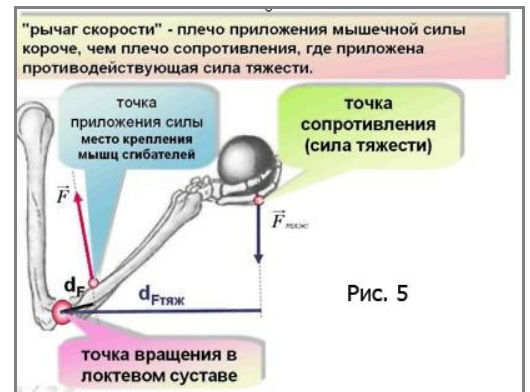


Рис. 5

Поскольку сочленение является элементом тела спортсмена, то оно – сочленение – непрерывно изменяет свое положение в пространстве. В результате вращательное движение тела складывается из серии элементарных поворотов вокруг непрерывно меняющих свое направление мгновенных осей.

Подобно тому, как причиной ускоренного движения материальной точки или ускоренного поступательного движения твердого тела может быть только приложенная к ним сила, причиной начала, изменения или прекращения вращательного движения твердого тела (при этом вращательное ускорение не равно нулю) относительно какой-либо оси является момент силы M относительно этой оси.

Пусть имеется тело, которое может вращаться вокруг неподвижной оси P , и к нему в какой-то точке приложена сила F (рис. 6а). Кратчайшее расстояние r от оси вращения до линии действия силы F носит название *плеча силы*. Момент силы F относительно оси вращения определяется как физическая величина, численное значение которой равно произведению силы F , действующей на тело, на длину плеча r : $M = Fr$.

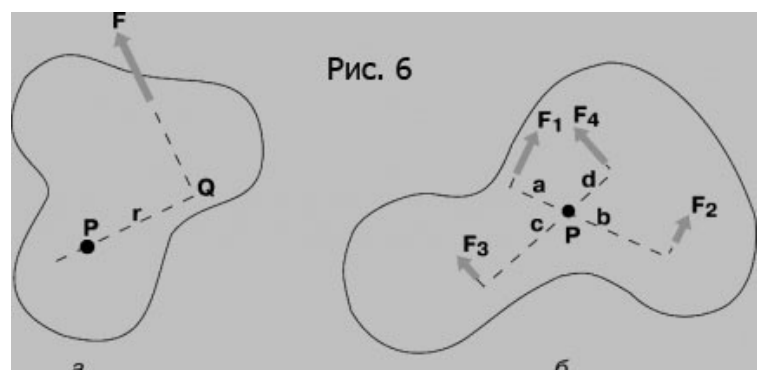


Рис. 6

Если сила F параллельна оси вращения, или если линия действия силы F пересекает ось вращения, то в этих случаях силы не смогут изменить вращательного движения тела, не смогут явиться причинами появления углового ускорения.

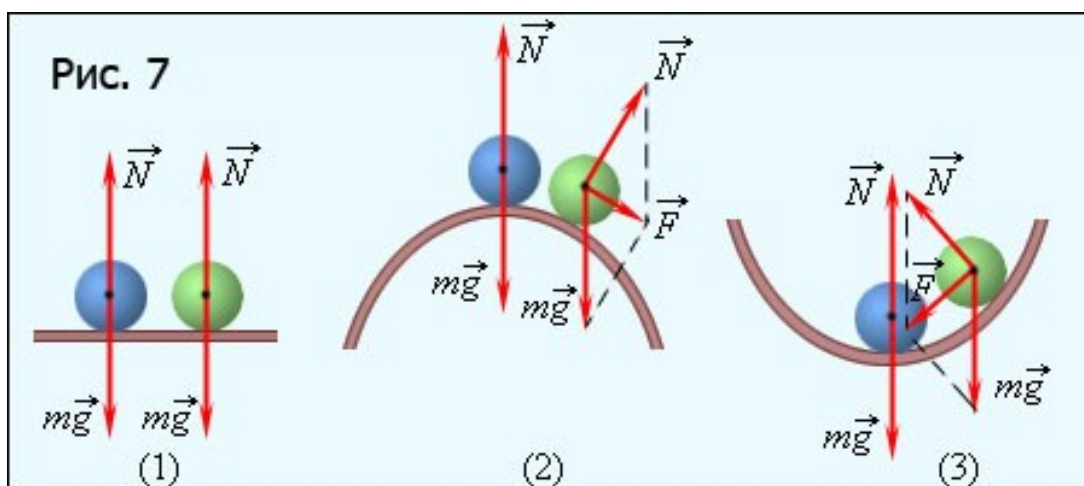
Таким образом, *числовое значение силы не является величиной*, достаточной для описания и расчета вращательного движения тела. Необходимо рассматривать также ее пространственное направление, поскольку любая сила – векторная величина, т.е. наряду с числовым значением, обязательно характеризуется еще и направлением в пространстве.

Условием равновесия твердого тела, которое может совершать вращательное движение вокруг какой-либо оси, является равенство сумм моментов сил (рис. 6б), вращающих тело вокруг этой оси по направлению движения M_i и в противоположном направлении M_j : $M_{1i} + M_{2i} + M_{3i} + \dots = M_{1j} + M_{2j} + M_{3j} + \dots$

Таким образом, из вышесказанного можно сделать простой вывод: для приведения во вращательное движение звена человеческого тела нужно, чтобы направление действия силы не было параллельно оси вращения этого звена или проходило через точку сочленения.

Другим важным понятием является *центр тяжести* тела или системы тел – единственная точка, относительно которой сумма моментов сил тяжести всех частиц тела или системы тел равна нулю (см. Приложение к теме №3). При этом нельзя забывать, что центр тяжести

иногда находится вне геометрических пределов тела. Центр тяжести имеет большое значение при оценке вида равновесия тела. В зависимости от расположения точки опоры или опорной



поверхности по отношению к центру тяжести различают безразличное, устойчивое и неустойчивое равновесие (Рис. 7.1, 7.2, 7.3).

Опорной поверхностью будем называть поверхность того тела, равновесием которого мы интересуемся, а не поверхность какого-либо другого тела, с которым первое соприкасается. (Например, опорной поверхностью для тяжелоатлета будет поверхность подошв обуви, а не вся поверхность помоста – рис. 8). Тело находится в устойчивом равновесии, если его центр тяжести располагается ниже точки опоры или ниже горизонтальной опорной поверхности, причем линия действия



силы тяжести проходит через точку опоры или пересекает горизонтальную опорную поверхность; в неустойчивом равновесии, если центр тяжести находится выше горизонтальной опорной поверхности (рис. 9), причем линия действия силы тяжести не пересекает опорной поверхности, и в безразличном равновесии, если центр тяжести совпадает с точкой опоры. Равновесие тела будет устойчивым и в том случае, если центр тяжести находится выше горизонтальной опорной плоскости, но линия действия силы тяжести тела пересекает эту плоскость.

Таким образом, если спортсмен стоит, то равновесие его тела будет устойчивым, поскольку, хотя центр тяжести и находится выше опорной плоскости, но линия действия силы тяжести проходит через центр тяжести спортсмена. При отклонении от вертикального положения, особенно с нагрузкой в руках, равновесие спортсмена из устойчивого переходит в неустойчивое из-за изменения линии действия силы тяжести относительно центра тяжести.

Для вращающегося твердого тела через центр тяжести (он же – центр масс) можно провести сколь угодно много осей вращения. Однако, исходя из геометрической формы тела и распределения массы в нем, можно выделить две взаимно перпендикулярных оси с наибольшим и наименьшим моментами инерции. Устойчивое вращение незакрепленного

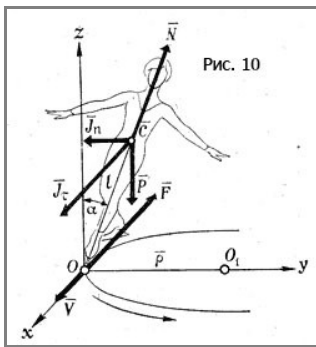


Рис. 10

тела возможно только вокруг этих осей. Устойчивое вращение тела вокруг оси, перпендикулярной двум первым, невозможно. Все три оси называются главными осями инерции данного тела (рис. 10).

Любой контакт с опорной поверхностью добавляет дополнительную точку или ось вращения, что сказывается на характере движения спортсмена (рис. 11) и его равновесии.



Рис. 11

Контрольные вопросы

1. Как принято представлять тело человека в биомеханике?
2. Опишите движение рычага 1 рода.
3. Что представляет собой вращательное движение тела?
4. Что является причиной начала, изменения, прекращения вращательного движения?
5. Дайте определение плеча силы.
6. Дайте определение момента силы как физической величины.
7. В каких случаях силы не могут изменить вращательного движения тела?
8. Каково условие равновесия твердого тела?
9. Что нужно для приведения во вращательное движение звена человеческого тела?
10. Что такое «центр тяжести» тела?
11. Перечислите виды равновесия.
12. Что называют опорной поверхностью?
13. Когда тело находится в устойчивом равновесии?
14. Когда тело находится в неустойчивом равновесии?
15. В каком равновесии находится человек, если он стоит и ноги на ширине плеч?
16. Что происходит с равновесием человека при его отклонении от вертикального положения?
17. В каком случае возможно устойчивое вращение незакрепленного тела?
18. Как влияет дополнительная точка опоры или ось вращения на равновесие?