

# **Молекулярные механизмы утомления**

Калиман Николай Александрович

- **Утомление – это временное снижение работоспособности, вызванное биохимическими, функциональными и структурными сдвигами, возникающими в ходе выполнения физической работы.**
- С биологической точки зрения **утомление** – это защитная реакция предупреждающая нарастание биохимических и физиологических изменений в организме, которые достигнув определенной глубины, могут стать опасными для здоровья и для жизни.

# Развитие охранительного (запредельного) торможения

Биохимические сдвиги с различных рецепторов во время мышечной работы

сигналы по афферентным путям

Развивается охранительное торможение, распространяющееся на двигательные центры, иннервирующие скелетные мышцы

ЦНС

В мотонейронах уменьшается выработка двигательных импульсов

Снижение физической работоспособности

- Субъективно, охранительное торможение воспринимается как чувство усталости.

## Усталость

```
graph TD; A[Усталость] --> B[Локальная]; A --> C[Общая];
```

### Локальная

Биохимические сдвиги обнаруживаются в определенных группах мышц.

### Общая

Отражает биохимические и физиологические сдвиги, возникающие не только в работающих мышцах, но и в других органах и сопровождающиеся снижением работоспособности сердечной, дыхательной, нервной систем, изменением состава крови и функционирования печени.

- Биологическая роль усталости состоит в том, что это чувство является субъективным сигналом возникновения в организме неблагоприятных сдвигов, появляющихся при выполнении физической работы в мышцах и во внутренних органах.

- Охранительное торможение, а значит и усталость, могут быть снижены за счет эмоций. Высокий эмоциональный подъем (чувство опасности у животного, высокая мотивация и сила воли спортсмена) помогают организму преодолеть порог охранительного торможения.
- Выполнение монотонной, однообразной работы повышает вероятность развития охранительного торможения.

На охранительное торможение существенное влияние оказывают различные химические соединения

Снимают охранительное торможение, повышают работоспособность

- Кофеин
- Женьшень
- Элеутерококк
- Китайский лимонник
- Пантокрин
- Специальные фармакологические средства

Способствуют более быстрому наступлению охранительного торможения и усталости

- Препараты с седативным действием

# Исчерпание энергетических ресурсов

- При мышечной деятельности происходит быстрое истощение энергетических субстратов.
- Энергетические резервы и доступные источники энергии - та часть углеводов, жиров и аминокислот, которая может служить источником энергии при выполнении мышечной работы (мышечный креатинфосфат, который может быть почти полностью использован при интенсивной работе, значительную часть мышечного и печеночного гликогена. Часть запасов жира, находящегося в жировых депо, а также аминокислоты, которые начинают окисляться при очень продолжительных нагрузках. Энергетическим резервом можно также считать способность организма поддерживать в крови во время выполнения физической работы необходимый уровень глюкозы).
- Исчерпание энергетических субстратов, несомненно, ведет к снижению выработки в организме АТФ и уменьшению баланса АТФ/ АДФ.
- Снижения этого показателя в нервной системе приводит к нарушениям формирования передачи нервных импульсов, в том числе, управляющих скелетной мускулатурой. Такое нарушение в функционировании нервной системы и является основной причиной развития охранительного торможения.

# Образование и накопление лактата

Образуется в мышцах в больших количествах при выполнении нагрузок субмаксимальной мощности.

В условиях повышенной кислотности, вызванной нарастанием концентрации молочной кислоты:

- снижается сократительная способность белков, участвующих в мышечной деятельности
- уменьшается каталитическая активность белков-ферментов, в том числе АТФазная активность миозина и активность кальциевой АТФазы (кальциевый насос)
- изменяются свойства мембранных белков, что приводит к повышению проницаемости биологических мембран
- набухание миоцитов вследствие поступления в них воды, что в итоге уменьшает сократительную возможность мышц.

Для предотвращения негативного воздействия на организм необходимы меры по удалению лактата из работающих мышц.

# Особенности утомления при различных физических нагрузках

## Циклическая работа максимальной мощности

В связи с большим потоком афферентной и эфферентной импульсации происходит уменьшение подвижности основных нервных процессов и преобладание торможения.

## Циклическая работа субмаксимальной мощности

Угнетение деятельности нервных центров и изменение внутренней среды организма. Причина - большой недостаток кислорода, накопление молочной кислоты.

## Циклическая работа большой мощности

Вследствие дискоординации моторных и вегетативных функций при напряженной работе в течение длительного времени.



### **Циклическая работа умеренной мощности**

В связи с развитием охранительного торможения в ЦНС, истощением энергоресурсов, напряжению функций кислородтранспортной функции и изменением обмена веществ. Снижение запасов гликогена, потеря воды и солей.

### **Ациклическая нагрузка**

Механизмы развития утомления неодинаковы. Большие нагрузки испытывают высшие отделы головного мозга и сенсорные системы, т.к. приходится постоянно анализировать меняющуюся обстановку, осуществлять переключение действий и программирование движений.