

**Особенности  
адаптивных реакций  
кардио респираторной  
системы в различных  
видах спорта к  
соревновательной  
нагрузке**

Под **кардио-респираторной системой** принято понимать реализующееся на общем уровне функциональное взаимодействие сердечнососудистой и дыхательной систем, являющееся одним из способов адаптации тканей организма к нагрузкам.

При адаптации организма к напряженным физическим нагрузкам возникают глубокие сдвиги внутренней кардиореспираторной среды организма, которые по принципу обратной связи активируют физиологические процессы регуляции и функции газообмена кардиореспираторной системы (КРС).

Выраженность адаптационных реакций КРС в условиях выполнения физических нагрузок характеризует чувствительность организма к физической нагрузке и резервы этой системы.

Регулярная физическая нагрузка ведет к характерным изменениям в аппарате кровообращения, дыхания, вегетативной регуляции сердечного ритма, которые проявляются как во время мышечной работы, так и в период относительного покоя.

Адаптационные изменения следует рассматривать как комплекс физиологических реакций организма, формируемых при длительном многократном воздействии определенных физических упражнений, расширяющих функциональные резервы.

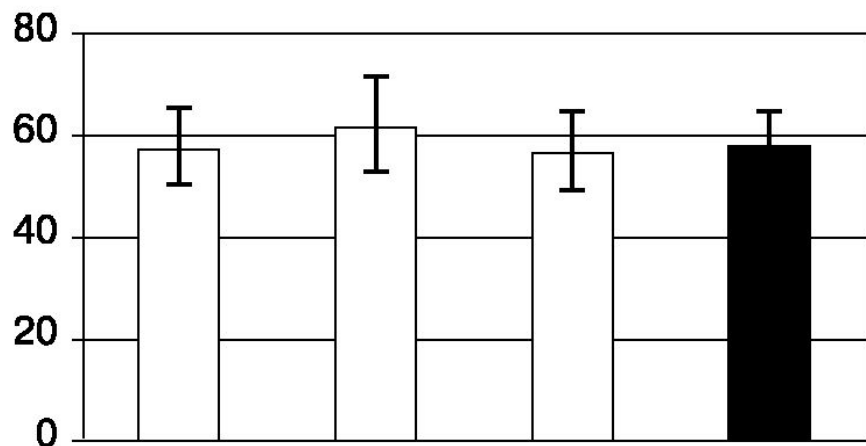
Цель нашего занятия рассмотреть особенности функционального состояния кардиореспираторной системы.

В исследовании приняли участие 305 спортсменов циклических видов спорта, 200 - сложнокоординационных, 150 - игровых видов спорта и 350 – единоборцев

Анализ данных центральной гемодинамики свидетельствует о наличии **синусовой брадикардии** (пониженная частота сердечных сокращений, но при этом сам ритм сокращений остаётся правильным (синусовым)) у спортсменов циклических, игровых видов и единоборств, что свидетельствует об экономизации кровообращения в состоянии покоя.

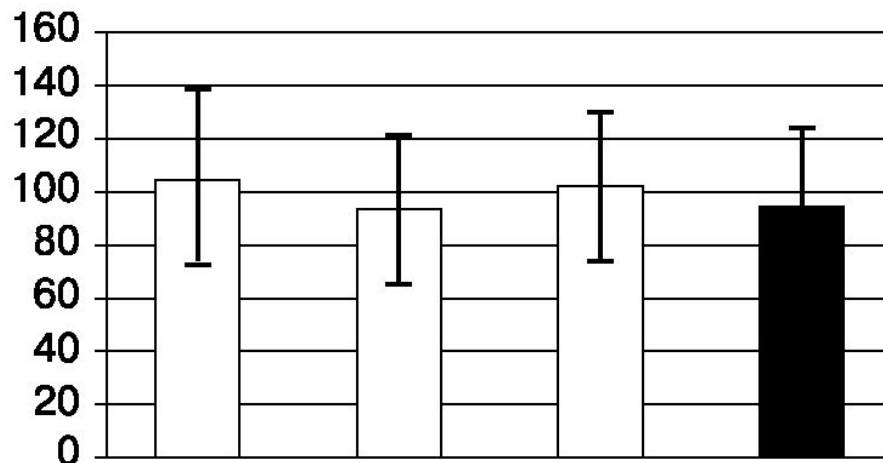
Достоверно **выше ЧСС** выявлена у спортсменов сложнокоординационных видов спорта ( $P < 0,05$ ), поскольку влияние сложнокоординационных упражнений на кровообращение не столь значительно, как влияние нагрузок циклического

Уд./мин



**а**

Мл



**б**

1 циклические

2 сложно-координационные

3 игровые

4 единоборства

*Показатели ЧСС (а) и УО (б) спортсменов с различной спецификой мышечной деятельности*

Показатели центральной гемодинамики, вариабельности  
сердечного ритма и функции внешнего дыхания спортсменов ( $X_{cp} \pm a$ )

Показатели	Циклические виды	Сложнокоординационные виды	Игровые виды	Единоборства
АД <sub>с</sub> , мм рт. ст.	122,12±11,13* <sup>2,3,4</sup>	114,5±11,63* <sup>1,3</sup>	116,77±8,92* <sup>1,2</sup>	115,42±9,56* <sup>1</sup>
АД <sub>д</sub> , мм рт. ст.	75,71±7,98* <sup>2,3,4</sup>	71,1±8,9* <sup>1,3</sup>	72,07±6,74* <sup>1,4</sup>	73,74±7,98* <sup>1,2,3</sup>
АД <sub>ср.</sub> , мм рт. ст.	91,18±8,00* <sup>2,4</sup>	85,57±8,88* <sup>1</sup>	86,97±6,3* <sup>4</sup>	87,64±7,27* <sup>1,2,3</sup>
ЧСС, уд./мин	58,68±9,53* <sup>2</sup>	61,9±9,63* <sup>1,3,4</sup>	58,49±7,76* <sup>2</sup>	57,71±9,01* <sup>2</sup>
УО, мл	105,08±32,64* <sup>2,4</sup>	93,06±28,04* <sup>1,3</sup>	101,84±28,52* <sup>2,4</sup>	93,86±31,14* <sup>1,2</sup>
МОК, л/мин	6,14±1,99* <sup>2,3,4</sup>	5,7±1,74* <sup>1,4</sup>	5,98±1,89* <sup>1</sup>	5,43±1,98* <sup>1,3</sup>
Мо, мс	1050,34±165,96* <sup>2</sup>	978,67±175,79* <sup>1,3,4</sup>	1069,9±175,85* <sup>2,4</sup>	1032,9±166,8* <sup>2,3</sup>
dRR, мс	324,39±102,48	334,23±101,19	322,81±111,08	320,32±78,57
ИН, усл. ед.	59,06±36,77	59,52±42,74	62,5±52,97* <sup>4</sup>	54,95±27,86* <sup>3</sup>
НР, %	40,48±12,55	42,36±13,17	41±15,57	41,92±11,56

**Примечания:** \* - достоверные отличия показателей при  $P < 0,05$  спортсменов, специализирующихся в циклических (1), сложнокоординационных (2), игровых видах спорта (3) и единоборствах (4).

Показатели	Циклические виды	Сложно координационные виды	Игровые виды	Единоборства
LF, %	29,14±9,02* <sup>2</sup>	30,82±9,68 <sup>П</sup>	27,64±8,51* <sup>4</sup>	30,29±7,76* <sup>3</sup>
VLF, %	30,39±11,9* <sup>2, 4</sup>	26,79±12,59 <sup>1, 3</sup>	31,38±14,61* <sup>2, 4</sup>	27,86±11,17* <sup>1,3</sup>
ЖЕЛ, л	6,1±1,00* <sup>2, 3, 4</sup>	4,69±0,850 <sup>%<sup>3, 4</sup></sup>	5,76±0,93* <sup>1, 2, 4</sup>	5,22±0,97* <sup>4, 2, 3</sup>
ЖЕЛ, % от должной	107,39±11,85* <sup>2 3 4</sup>	100,63±10,88 <sup>П</sup>	102,94±15,39 <sup>П</sup>	100,97±13,78 <sup>П</sup>
ДО, л	1,15±0,39* <sup>2, 3, 4</sup>	0,92±0,35 <sup>П</sup>	0,99±0,43 <sup>П</sup>	0,93±0,37 <sup>П, 2</sup>
ДО, % от должной	129,37±43,24* <sup>2, 3, 4</sup>	118,91±47,26 <sup>П</sup>	116,65±48,58 <sup>П</sup>	116,98±44,81 <sup>П</sup>
МОД, л/мин	15,53±6,42* <sup>2, 3, 4</sup>	13,18±5,39 <sup>П, 3, 4</sup>	14,72±6,75* <sup>2</sup>	14,36±6,5 <sup>П, 2</sup>
Ровыд <sup>&gt; П</sup>	1,51±0,64* <sup>2, 3, 4</sup>	1,12±0,61 <sup>П, 3, 4</sup>	1,7±0,96 <sup>П, 2, 4</sup>	1,36±0,8* <sup>1 2, 3</sup>
Ровд., л	3,42±0,98* <sup>2, 3, 4</sup>	2,66±0,72 <sup>П, 3, 4</sup>	3,04±0,75 <sup>П, 2</sup>	2,91±0,77* <sup>1 2</sup>
ЧД,дых./мин	13,75±4* <sup>2, 3, 4</sup>	14,83±4,09 <sup>%<sup>3, 4</sup></sup>	15,13±4,71 <sup>П, 2</sup>	16,11±5,61* <sup>1 2</sup>
ФЖЕЛ, % от должной	109,95±13,27* <sup>2, 3, 4</sup>	102,69±11,95 <sup>П</sup>	105,49±17,79 <sup>П</sup>	104,21±16,62* <sup>1</sup>
ОФВ <sub>1</sub> , % от должной	109,38±12,62* <sup>2, 4</sup>	103,29±11,94* <sup>1, 3</sup>	109,67±18,78* <sup>2, 4</sup>	105,25±15,92* <sup>4, 3</sup>
Инд.Тиффно, % от долж	93±10,63* <sup>2, 3, 4</sup>	102,5±10,95 <sup>%<sup>3, 4</sup></sup>	105,8±10,2 <sup>П, 2</sup>	104,93±9,58 <sup>1, 2</sup>
ПОС <sub>выд</sub> , % от должной	104,33±24,36* <sup>4</sup>	100,37±24	101,93±30,21	100,13±22,11* <sup>1</sup>
МОС <sub>25</sub> , % от должной	94,15±15,62	94,33±18,35	95,63±16,07	93,72±16,73
МОС <sub>50</sub> , % от должной	97,13±20,81* <sup>3</sup>	98,98±19,4	102,15±24,92 <sup>П</sup>	98,08±21,66
МОС <sub>75</sub> , % от должной	105,8±32,4* <sup>3</sup>	107,08±28,5	112,79±31,46 <sup>П</sup>	108,44±33,72
МВЛ, л/мин	167,11±35,02* <sup>2, 3, 4</sup>	129,63±28,96 <sup>1, 3, 4</sup>	128,38±28,68 <sup>1,2,4</sup>	142,23±27,44* <sup>1, 2, 3</sup>
МВЛ, % от должной	121,06±19,50* <sup>2, 3, 4</sup>	116,65±21,81* <sup>1 3 4</sup>	110,41±18,32* <sup>1 2</sup>	111,92±18,28* <sup>1 2</sup>

Показатель **ударного объёма крови** достоверно выше у спортсменов циклических и игровых видов спорта, соответственно выше МОК.

Важными аспектами при адаптации к тренировочным нагрузкам являются прирост сократительной способности миокарда, дилатация полостей сердца и, как следствие, увеличение УО крови, поскольку увеличение сердечного выброса значительно экономичнее, если оно обеспечивается не за **счет хронотропного (частоты сокращения сердца), а за счет инотропного эффекта (изменение силы сокращения сердца)**.

Систематическое использование физических нагрузок направляется на развитие выносливости, что сопровождается ростом функциональных резервов и производительности аппарата кровообращения.

Важнейшим показателем состояния системы кровообращения является среднее **артериальное давление**. У спортсменов игровых, сложнокоординационных видов спорта и единоборств достоверно ниже систолическое, диастолическое и среднее АД по сравнению с циклическими видами спорта, что свидетельствует об экономизации в сосудистом звене кровообращения. Физиологическая гипотензия появляется в период спортивной формы, то есть наивысшего уровня тренированности, являясь следствием высокого уровня функционального состояния, и исчезает с выходом спортсмена из спортивной формы



Обнаружены общие моменты в регуляции сердечного ритма у спортсменов, занимающихся циклическими, игровыми видами спорта и единоборствами, характеризующиеся сбалансированными влияниями симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы.

Активность регуляторных механизмов, обеспечивающих локальное и общее приспособление сосудистой системы к **изменениям ударного и минутного объемов крови**, ниже у спортсменов игровых видов спорта. Кроме того, у них достоверно выше **церебральная эрготропная активность (преобладание симпатической нервной активности)**, что характеризует влияние высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр и может использоваться как надежный маркер степени связи автономных (сегментарных) уровней регуляции кровообращения с надсегментарными, в том числе с

Обращает на себя внимание наименьшее напряжение регуляторных механизмов у представителей единоборств. Особенностью борцов является быстрое снижение активности симпатического отдела, центрального контура регуляции и восстановление вегетативного баланса в регуляции ритмом сердца. Анализ показателей аппарата внешнего дыхания выявил наибольшие величины **ЖЕЛ, ДО, МОД, МВЛ** у спортсменов циклических видов спорта. У представителей циклических видов спорта система внешнего дыхания в покое работает более экономно: происходит снижение частоты дыхания, при этом несколько возрастает его глубина ( $P < 0,05$ ). Из одного и того же объема воздуха, пропущенного через легкие, извлекается большее количество кислорода [10]. Показатель ОФВ1 характеризующий общую пропускную способность бронхиального дерева, достоверно выше у спортсменов

Физические нагрузки оказывают существенное влияние на функцию внешнего дыхания спортсменов сложно-координационных видов спорта. Это проявляется в физиологически целесообразном изменении структуры паттерна дыхания, что в конечном итоге поддерживает необходимый уровень обеспечения кислородом.

Следует обратить внимание на то, что у спортсменов игровых видов спорта наблюдается более высокий уровень бронхиальной проходимости. Отмеченное повышение бронхиальной проходимости в дистальных отделах приводит к выводу об увеличении площади функционирующей поверхности альвеолярно-капиллярных мембран, возрастании объема кровотока в капиллярном русле легких и об использовании большего количества кислорода в вентилируемом воздухе, что позволяет значительно повысить аэробную производительность

Для единоборцев характерен режим спортивной деятельности с небольшой продолжительностью работы в аэробном режиме и с определенной долей работы, протекающей в анаэробном режиме. Данные ЭКГ позволили выявить общие и связанные с физической нагрузкой изменения электрокардиограммы у спортсменов.

**Синдром ранней реполяризации желудочков**, который расценивается как идиопатический (неизвестной природы) и доброкачественный феномен ЭКГ, наблюдался у 25,7% спортсменов, специализирующихся в единоборствах. Однако, наличие **СРРЖ** имеет значение как фактор риска возникновения внезапной остановки сердца.

Резко выражена аритмия, эктопический ритм (нарушения работы синусового узла сердца), миграция ритма у спортсменов, специализирующихся в игровых видах спорта.

Электрокардиографические изменения в соревновательном периоде, %

**Примечания:** \* - достоверные отличия показателей при  $P < 0,05$

спортсменов, специализирующихся в циклических (1),

сложнокоординационных (2), игровых видах спорта (3) и единоборствах

(4).

Показатели	Циклические виды	Сложно-координационные виды	Игровые виды	Единоборства
Синусовая брадикардия	65* <sup>2, 4</sup>	41,5% <sup>3, 4</sup>	73* <sup>2, 4</sup>	56,6* <sup>1, 2, 3</sup>
Выраженная синусовая аритмия (>300 мс)	26	33	36,7	33
Эктопический ритм	6,9	6	8,7	7
Миграция ритма по предсердиям	11,8	16,5	17,3	12
СРРЖ	19* <sup>4</sup>	17* <sup>4</sup>	18	25,7* <sup>1, 2</sup>
НБПНПГ	15,4* <sup>2, 3, 4</sup>	5* <sup>1, 3</sup>	25,3* <sup>2, 4</sup>	6,6* <sup>1, 3</sup>
АВ-блокада I ст.	1	0,5	3,3	4
Вольтажные критерии ГЛЖ	17,4* <sup>2, 3, 4</sup>	7,5	18* <sup>2, 4</sup>	8,9* <sup>1, 3</sup>

Неполная блокада правой ножки пучка Гиса (НБПНПГ) преобладала у спортсменов игровых видов. Предполагается, что задержка проведения возбуждения в правом желудочке вызвана увеличенной полостью правого желудочка, увеличенной массой сердечной мышцы. Причинами могут быть: запаздывание возбуждения правого наджелудочкового гребешка; гипертрофия правого желудочка; истинное замедление проведения по правой ножке. Следует отметить, что вольтажные критерии гипертрофии левого желудочка (ГЛЖ) определялись преимущественно у спортсменов, специализирующихся в игровых видах спорта.

Таким образом, в процессе тренировки в каждом виде спорта формируются комплексы приспособительных реакций, обеспечивающих функциональную перестройку (адаптацию) систем организма применительно к требованиям вида спорта.

На основании вышеизложенного можно сказать, что некоторые из исследованных показателей оказались у спортсменов однотипными, не зависящими от их специализации. К ним относятся, например, обнаруженная в состоянии покоя синусовая брадикардия у спортсменов циклических, игровых видов спорта и единоборствах, свидетельствующая об экономизации кровообращения.

Другие, например, компоненты МОК - величина ударный объем крови и его соотношение с ЧСС, степень напряжения регуляторных механизмов, мощность спектральных составляющих, структура паттерна дыхания, респираторные показатели - носят специфический характер. Электрокардиографические изменения отражают структурное и электрическое ремоделирование сердца как адаптацию к регулярной тренировке.

У представителей **циклических видов спорта** выявлено повышение УО крови, синусовая брадикардия, сбалансированные влияния симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, умеренный уровень гуморально-метаболических влияний на ритм сердца.

У представителей **сложнокоординационных видов** на фоне меньших эрготропных влияний отмечается тенденция к преобладанию вагусных воздействий, что, возможно, обусловлено особенностями статической и динамической работы, кратковременным силовым напряжением, необычным положениям тела и быстрым перемещениям, что проявляется в своеобразии изменения производительности миокарда и механизмах вегетативной регуляции сердечного ритма.

У спортсменов, специализирующихся в **игровых видах спорта**, наблюдается совершенно иная модель регуляции кардиоритма: на фоне повышения церебральных эрготропных влияний выражена тенденция к увеличению централизации управления ритмом сердца, что обусловлено, видимо, высоким психоэмоциональным напряжением во время соревнований.

Регуляция сердечного ритма представителей **единоборств** характеризуется сбалансированными влияниями симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы и наименьшим напряжением регуляторных, что возможно, обусловлено быстрым снижением активности механизмов симпатической регуляции и центрального контура регуляции.