

Доц. Н.К. Мазина, В.В. Воробьева

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВИБРАЦИИ НА ПАРАМЕТРЫ ЭНДОГЕННОГО ДЫХАНИЯ НАТИВНЫХ МИТОХОНДРИЙ СЕРДЦА КРОЛИКОВ

Кировская государственная медицинская академия

Факторы вибрации (частота, длительность, амплитуда), в определенном сочетании, оказывают дизрегуляторное воздействие [2,3,11,16]. Предполагается, что при этих обстоятельствах пути энергетического обмена могут непредсказуемо трансформироваться и способствовать повреждению вибросенситивных тканей и органов.

Повторяющееся и накапливаемое на протяжении многих лет воздействие вибрации вызывает развитие вибрационной болезни (ВБ), которую относят к одной из ведущих профессиональных патологий как в России, так и в других индустриально развитых странах мира [11,16, 24,25-27].

Согласно клинко-эпидемиологическим данным, длительное воздействие вибрации является одним из факторов риска возникновения патологии сердечно-сосудистой системы, проявляющейся в нарушениях сердечного ритма, ишемической болезни сердца, артериальной гипертензии и др. [2,5,11,18,22,24,27].

Фундаментальные исследования последних десятилетий показали, что митохондрии не только являются основным продуцентом энергетических эквивалентов в клетках, но, играя важную регуляторную и объединяющую роль, обеспечивают динамическое равновесие между различными путями метаболизма [6,7,9,19]. В настоящее время митохондриальные дисфункции представляются одними из ведущих элементов в иерархии звеньев патогенеза многих заболеваний и патологических синдромов [9,12,15].

Анализ вибрационно-опосредованных пере строек и повреждений на клеточном уровне с позиций современных взглядов на биоэнергетическую гипоксию и митохондриальные дисфункции не проводился. Между тем метаболическая на стройка систем энергопродукции кардиомиоцитов исходно ориентирована на высокий уровень функциональной активности, осуществляемой в импульсном режиме «систола-диастола» [6,7,15,17]. На этом фоне влияние вибрации на системы энергопродукции может проявляться уже в ранние сроки и носить повреждающий характер. Исследования вибросенситивности систем энергопродукции сердца представляются теоретически и практически важными для понимания патогенеза сердечно-сосудистой патологии при ВБ. В дальнейшем они могут способствовать обоснованию и разработке схем метаболической энерготропной профилактики и лечения этого заболевания.

Цель настоящей работы состояла в изучении и количественной оценке степени и значимости влияния факторов общей вибрации (частоты и длительности) на некоторые параметры окисления эндогенных энергетических субстратов в нативных митохондриях миокарда.

Материалы и методы. Исследования проводили на кроликах-самцах весом 2,5-3 кг. Действие общей вертикальной вибрации с амплитудой 0,5 мм и частотой 8 (средней) и 44 (высокой) Гц моделировали на промышленной установке УВ 70\200. Сеанс воздействия длился по 60 минут ежедневно в течение 7, 21 и 56 дней в утренние часы (с 9 до 11). Контрольные и экспериментальные группы состояли из 5 - 9 особей. Ассоциаты нативных митохондрий (Mx in situ) сердца получали в составе гомогената этой ткани по методологии, разработанной и обоснованной М.Н. Кондрашовой с соавторами [7,8,15,17].

Скорость окисления в тканевых препаратах регистрировали с помощью закрытого кислородного датчика типа Кларка в термостатируемой кювете (37°C), объемом 1 мл при постоянном перемешивании [14].

Среда инкубации имела состав 0,12 М KCl, 0,01 М K₂HPO₄, 0,01 М MgSO₄, 0,02 М ТРИС - HCl, pH 7,4. Скорость окисления эндогенных субстратов, отнесенную к 1 мг белка гомогената в ячейке (Уэнд), оценивали по поглощению кислорода при добавке в ячейку 100 мкл свежеполученного гомогената (соотношение «среда выделения»: «ткань» = 1:2) и выражали в [нг-атом О-мин]⁻¹-мг⁻¹ белка. О чувствительности эндогенного дыхания к ингибиторам судили по дыханию препарата в присутствии микродобавок (до 1 мМ) малоната или амитала [6,10]. Соответствующие показатели чувствительности эндогенного дыхания к ингибиторам вычисляли по формуле:

$$\text{«Инг.ч.»} = (1 - \text{Уинг} \cdot \text{Уэнд}^{-1}) \cdot 100\%,$$

где «инг.ч.» - чувствительность эндогенного дыхания к малонату (мал.ч.) или амиталу (ам.ч); 26

Уинг (Уам или Уамал) - скорость окисления эндогенных энергетических субстратов в присутствии 1мМ соответствующего ингибитора в ячейке.

Для косвенной оценки содержания эндогенных энергетических субстратов и их доступности к дыхательной цепи Мх кардиомиоцитов в зависимости от влияния вибрации на организм животного сопоставляли изменчивость Уэнд в течение 35 минут хранения препарата (тест «переживания») [4,8]. Содержание белка в ячейке измеряли модифицированным микробиуретовым методом [23].

Значения параметров Уэнд, мал.ч. и ам.ч. соотвествовали тесту на нормальность распределения по критериям Лиллиефорса и Шапиро-Уилка ($p > 0,05$), что позволило использовать дисперсионный анализ для множественных сравнений и количественной оценки влияния факторов вибрации на параметры-отклики [1,13].

Степень и значимость влияния независимых факторов общей вибрации - частоты (А), длительности, как общего количества ежедневных сеансов общей вибрации (В) и их взаимодействия (А*В) оценивали по матрице полного факторного эксперимента (ПФЭ) [1,21]. В качестве параметров-откликов, количественно характеризующих влияние факторов А и В на систему энергопродукции сердца, рассматривали Уэнд, мал.ч. и ам.ч. Факторы варьировали на трех уровнях. Уровни фактора А ($q=3$): А1 - отсутствие вибрации, А2 - общая вибрация 8 Гц, А3 - общая вибрация 44 Гц. Уровни фактора В ($p=3$): В1 — 7 сеансов общей вибрации; В2 - 21 сеанс; В3 - 56 сеансов. Число опытных точек по дизайну ПФЭ составило $p \cdot q = 9$. На каждом сочетании факторов наблюдали по 5 животных ($n=5$). По матрице ПФЭ проведено $N = p \cdot q \cdot n = 45$ опытов.

Полученные данные анализировали статистически, используя возможности ППП Excel 2000 и системы STATISTICA 6,0. [13,21].

Результаты и их обсуждение. Окисление эндогенных энергетических субстратов нативными Мх сердца кроликов in situ и его чувствительность к ингибиторам изменялись в зависимости от количества сеансов и частоты общей вибрации, действующей на целостный организм (табл.1).

Размах значений Уэнд (max/min) был примерно одинаковым. В динамическом ряду среднечастотной вибрации (8 Гц) он составил 1,44, а высокочастотной (44 Гц) - 1,59. Размах значений показателей ингибиторного анализа при частоте 8 Гц (А2) у мал.ч составил 2,5, ам.ч. - 2,1, при 44 Гц (А3) у мал.ч - 2,4, ам.ч. - 1,9.

Межгрупповые различия, обусловленные разными сочетаниями факторов вибрации, согласно апостериорному сравнению средних значений Уэнд, мал.ч., ам.ч. по множественному LSD-критерию [13,23], в большинстве случаев обладали статистической значимостью. Следует отметить, что статистическая значимость (в ее количественном выражении p) различий между группами контрольных животных и подвергнутых вибрации по параметрам Уэнд, мал.ч., оказалась гораздо выше, чем по ам.ч.

Характер изменений Уэнд Мх in situ отличался по своей направленности на разных уровнях сочетаний факторов А и В (рис.1). На средней частоте к 56 дню значение этого показателя увеличивалось на 43,5%, тогда как на высокой к 7 - 21 дню наблюдалось увеличение на 38 - 58,8%, а затем - возврат почти к уровню контроля А1.

Между контролем и группами животных А2-В1, А2-В2 и А3-В3 различия Уэнд Мх in situ не проявились. Однако это не свидетельствовало об идентичности процессов эндогенного дыхания нативных Мх сердца кроликов при исследованных

со четаниях факторов, поскольку по данным теста «переживания» и ингибиторного анализа препараты оказались дифференцированными.

Показатель Уэнд Мх миокарда контрольных животных в тесте «переживания» не менялся, но при градациях факторов А2-В1, А2-В2 и А3-В3 он достоверно уменьшался на 30-50%. Видно, что, если у Мх in situ, при действии вибрации происходило увеличение Уэнд, то по тесту «переживания» они приобретали большую устойчивость.

Таблица 1

Параметры эндогенного дыхания нативных Мх in situ сердца кроликов при градациях факторов общей вибрации						
Факторы вибрации и их уровни		N	Уэнд, М (s)	Мал.ч.,%	Ам.ч.,%	Мал.ч./Ам.ч.,%
Частота, Гц (А)	Общее количество ежедневных сеансов вибрации (В)					
0* А1 ⁸ 8 Г А2 8 ¹	0 7(В1) 21(В2) 56(В3)	7 6 6 7	16,3 (4,6) 16.3(3,2) 18,8 (5,2) 23.4(5,7)	15,9(6,1) 40,0(15,8) 55,4 (7,2) 31,2(5,7)	33,6 (8,9) 47,6 (19,0) 26,4 (8,5) 22,4 (10,2)	0,47 0,84 2,09 1,4
44 "1	7(В1)	5	22,6 (5,2)	29,2(7,5)	25,1(9,7)	1,2
44 ГА3	21(В2)	9	25,9 (6,7)	70,6(6,2)	49,2(12,9)	1,43
44 ¹	56(В3)	6	17,9 (5,8)	66,8(6,6)	49,4(14,2)	1,35

Примечание: * - контрольная группа; N - количество животных в исследуемой группе; М (s) - среднее значение показателя по выборке, s - стандартное отклонение; значимость различий (p) средних значений параметров эндогенного дыхания Мх миокарда кроликов на разных уровнях варьирования факторов вибрации (А-В) по критерию множественного сравнения LSD со ставила: для Уэнд - А1 и А2-В3 p=0,0147, А1 и А3-В1 p=0,046, А1 и А3-В2 p=0,007, А2-В3 и А2-В1 p=0,025, А3-В2 и А2-В2 p=0,0136, А3-В2 и А2-В1 p=0,0186, А3-В2 и А3-В3 p=0,006; для мал.ч. - А1 и А2-В1 p=0,000..., А1 и А2-В2 p=0,022, А1 и А2-В3 p=0,001, А1 и А3-В1 p=0,0002, А1 и А3-В2 p=0,023, А2-В1 и А2-В2 p=0,001, А2-В1 и А2-В3 p=0,023, А2-В1 и А3-В1 p=0,048, А2-В1 и А3-В2 p=0,000..., А2-В1 и А3-В3 p=0,000..., А2-В2 и А3-В2 p=0,000..., А2-В2 и А3-В3 p=0,000..., А2-В3 и А3-В2 p=0,000..., А2-В3 и А3-В3 p=0,000...; для ам.ч. - А2-В1 и А2-В3 p=0,039, А3-В2 и А2-В2 p=0,049, А3-В2 и А2-В3 p=0,023, А3-В2 p=0,039, А3-В3 и А2-В2 p=0,048, А3-В3 и А2-В3 p=0,021, А3-В3 и А3-В1 p=0,037; содержание белка в ячейке - 2,4(0,4) мг/мл.

Согласно ингибиторному анализу на уровнях градаций факторов А и В чувствительность эндогенного дыхания к малонату и амиталу значительно менялась по сравнению с контролем. Малонат-чувствительное дыхание увеличивалось через 7 сеансов вибрации, и в дальнейшем на обеих частотах возрастало (рис.2). Изменчивость ам.ч. при варьировании факторов вибрации носила менее определенный характер. Практически при всех сочетаниях уровней факторов вибрации (кроме А1 и А2-В1) чувствительность Уэнд к малонату превышала чувствительность к амиталу (согласно значениям отношения мал.ч/ам.ч). Уменьшенные соотношения мал.ч/ам.ч на 7-й сеанс вибрации проявились на обеих частотах. На 8 Гц оно оказалось весьма значительным и сопряженным со снижением Уэнд в тесте «переживания».

Таким образом, общая вибрация при разных сочетаниях частоты и длительности достоверно, но неоднозначно влияла на окисление эндогенных энергетических субстратов в Мх сердца кроликов, трансформируя чувствительность эндогенного дыхания к ингибиторам в сторону более чем трехкратного преобладания чувствительности к малонату.

Для определения весомости параметров отклика и дальнейшего обоснования интегральной ха

рактеристики состояния объекта исследования (си стемы энергопродукции сердца) в условиях воздействия вибрации и/или медикаментозной коррекции необходимо было количественно оценить ответ исследуемых выходных параметров тканевой биоэнергетики (в нашем случае - Уэнд, мал.ч., ам.ч.) миокарда на факторы вибрации с точки зрения их информативности и значимости.

Согласно результатам дисперсионного анализа по одной из его разновидностей - матрице полного факторного эксперимента (табл.2), в величине, значимости и информативности эффектов исследованных факторов вибрации по совокупности их действия на параметры-отклики биоэнергетики миокарда выявились существенные отличия.

В отношении показателей Уэнд и мал.ч. значимыми ($p < 0,05$) оказались эффекты контролируемых факторов А и В и эффекты их взаимодействия А*В. Они обусловили большую часть дисперсии. В обо их случаях весомыми и достоверными оказались вклады частоты вибрации (фактор А) и количество ее сеансов, то есть, общая длительность (фактор В).

Количественно это выразилось в том, что влияние совокупности контролируемых факторов на изменчивость дисперсии Уэнд и мал.ч. оказалось на уровне 52,8% и 78,5%, соответственно, и превысило вклад случайных факторов. В противоположность этому, на дисперсию ам.ч. достоверно влияло только сочетание факторов А*В вибрации, тогда как вклад случайных факторов более чем в 2 раза превышал вклад контролируемых.

На основании полученных данных были построены линейные модели прогноза параметров-откликов в виде уравнений с разной степенью адекватности:

$$\text{Уэнд} = 18,72 + 0,142 \text{ A};$$

$$\text{Мал.ч.} = 35,23 + 0,227 \text{ A} + 0,268 \text{ B};$$

$$\text{Ам.ч.} = 32,57 + 0,197 \text{ A} - 0,01 \text{ B}.$$

Коэффициенты регрессии для Уэнд и мал.ч. оказались статистически значимыми ($p < 0,0057$), в отличие от ам.ч. ($p > 0,188$). Уравнение прогноза по линейной модели скорости эндогенного дыхания достоверно зависело от частоты общей вибрации, а его чувствительность к малонату - как от частоты, так и от общей ее длительности. Адекватного уравнения линейной модели для показателя ам.ч. получить не удалось.

Таблица 2

Вклад влияния факторов вибрации и их взаимодействия в дисперсию параметров эндогенного дыхания нативных Мх сердца кроликов

Параметр-отклик	Факторы вибрации	SS	df	MS	F	P	к, %
Уэнд	A	361,4	2	180,7	8,487	0,001	25,2
	B	193,5	2	96,7	4,543	0,017	12,4
	A*B	237,6	4	59,4	2,789	0,041	15,2
	Контролируемые	792,5					52,8
	Неконтролируемые	766,6	36	21,29			49,2
Мал. ч.	A	6976,75	2	3488,37	33,62	0,0000	40,0
	B	4026,34	2	2013,17	19,4	0,0000	23,0
	A*B	2703,11	4	675,78	6,54	0,0005	15,5
	Контролируемые	13706,2					78,5
	Неконтролируемые	3735,30	36	103,76			21,5
Ам.ч.	A	716,56	2	358,28	1,137	0,33	4,5
	B	13,06	2	6,53	0,021	0,949	0,08
	A*B	3773,2	4	943,29	2,99	0,031	23,8
	Контролируемые	4502,8					28,38
	Неконтролируемые	11340,0	36	315,0			71,6

Примечание: SS - сумма квадратов отклонений параметра-отклика от среднего значения, обусловленная влиянием фактора; df - число степеней свободы; MS - дисперсии; F - критерий Фишера; p - уровень значимости; K - степень влияния факторов вибрации на параметры-отклики. Дисперсии анализируемых признаков в группах, определяемых факторами, проверяли по тестам Левена и Брауна-Форсайта ($p > 0,05$) [13].

Можно предположить, что с помощью этих показателей в комплексе с другими параметрами тканевой биоэнергетики можно будет характеризовать состояние Мх миокарда не только при повреждающих воздействиях вибрации, но и при коррекцию

ющих медикаментозных воздействиях, имеющих энерготропную регулируемую направленность.

Скорость эндогенного дыхания нативных митохондрий - интегральный кинетический показатель. Он отражает содержание энергетических субстратов в ткани на момент приготовления препарата, проницаемость мембраны митохондрий для этих субстратов, окислительную активность ферментных комплексов самой дыхательной цепи [4,6,10,20].

Среди эндогенных субстратов, окисляемых в Мх, - интермедияTM цикла Кребса (янтарная, яблочная, изолимонная, фумаровая, кетоглутаровая кислоты), свободные жирные кислоты и некоторые аминокислоты (глутаминовая, например), пируват и др. Спектр их разнообразен и определяется видом ткани, типом ее функциональной активности и может изменяться при разных состояниях организма [4,7,10,15,12,20].

Давно известно, что наибольшую энергетическую мощность митохондриальному окислению обеспечивают два основных потока энергетических субстратов через I и II ферментно-субстратные комплексы: NAD- и FAD-зависимый [4,7,9,10]. В сердце млекопитающих и человека в норме интенсивнее всего окисляются свободные жирные кислоты, преимущественно через NAD-зависимый участок [6].

Количественная и качественная характеристика эндогенных субстратов, их соотношения и энергетическая ценность при окислении в ткани представляет собой непростую методическую задачу [4,7]. Разработано немало методических приемов, позволяющих на уровне Мх дифференцировать физиологическую, обусловленную состоянием организма, составляющую изменчивости энергетического метаболизма от влияния экспериментальных условий [4,8,10,14,17,20].

При сравнении препаратов нативных Мх от животных, подвергнутых разным воздействиям, с помощью ингибиторного анализа возможна количественная оценка изменчивости вклада основных типов субстратов (NAD- и FAD-зависимых) в эндогенное дыхание по его чувствительности к амиталу и малонату [6,10,12].

Если внешнее воздействие на организм приводит к формированию энергетического дефицита, то в дыхательной цепи митохондрий наблюдаются функциональные специфические перестройки, имеющие фазный характер, в определенной последовательности угнетается активность ферментно-субстратных комплексов вплоть до цитохромоксидазного. Совокупность этих событий определенным образом структурирована во времени и пространстве и обозначается как митохондриальные дисфункции по типу биоэнергетической гипоксии [9,12].

Согласно литературным данным, при неблагоприятных воздействиях на организм в первую очередь трансформируется активность субстратферментных комплексов на двух основных (наиболее мощных) участках дыхательной цепи NAD-зависимом (амиталчувствительном) и FAD-зависимом (малонатчувствительном) [9]. При суммировании общего вибрационного воздействия *in vivo* использование ингибиторного анализа с амиталом и малонатом позволило оценить эту изменчивость количественно.

Исходно у контрольных кроликов мы наблюдали преобладание амиталчувствительного дыхания над малонатчувствительным. Причина подобного соотношения обусловлена преимущественным вкладом свободных жирных кислот в эндогенную окислительную активность Мх миокарда, что присуще биоэнергетике миокарда всех млекопитающих и человека.

Согласно нашим данным, вибрационно обусловленные изменения потока эндогенных субстратов характеризовались возрастанием и преобладанием чувствительности эндогенного дыхания к малонату, что свидетельствовало об активизации FAD-зависимого участка дыхательной цепи Мх сердца, увеличении пула эндогенной янтарной кислоты. Это, на наш взгляд, явилось компенсаторным ответом на торможение переноса электронов через NAD-зависимый фермент-субстратный комплекс и признаком формирования I этапа биоэнергетической гипоксии в сердце. Снижение чувствительности к амиталу и преобладание малонатчувствительного дыхания при суммировании вибрационных воздействий на обеих частотах имело универсальный характер в том смысле, что поддавалось адекватной количественной оценке и проявлялось как при множественном сравнении средних значений показателей, так и при дисперсионном анализе влияния градиентов факторов вибрации на параметры тканевой биоэнергетики миокарда.

Выводы

1. Скорость окисления эндогенных энергетических субстратов и ее чувствительность к малонату (**Уэнд и мал.ч.**) обеспечивают высокую информативность «ответов» систем энергопродукции сердца при варьировании факторов вибрационного воздействия в эксперименте.

2. При суммировании вибрационного воздействия на организм животного в Мх миокарда активизируется малонатчувствительное дыхание (FAD-зависимый участок дыхательной цепи), что свидетельствует об увеличении вклада эндогенной янтарной кислоты. В условиях исследованных градиентов факторов вибрации (8 и 44 Гц, 7,21,56 сеансов) могут проявляться признаки митохондриальной дисфункции по типу I фазы биоэнергетической гипоксии.

Список литературы

1. Гласс Д., Стэнли Д. Статистические методы в педиатрии и психологии. // М.: Прогресс. - 1976. - С.495.
2. Гоголева О.И. Вибрационная болезнь у рабочих угольных шахт (клинико-гомеостатические и терапевтические аспекты). // Автореф. дис... д-ра. мед. наук. - Пермь. - 2000. - 39 с.
3. Гоголева О.И., Малинина Н.Н. Механизмы нарушения гомеостаза, индуцированного стресс-вибрационным повреждением (обзор литературы). // Медицина труда и промышленная экология. - 2000. - № 4. - С. 20-25.
4. Гришина Е. В. Энергетическая эффективность различных путей анаэробного образования сукцината в тканях животных. // Автореф. дис... канд. биол. наук. - Пушкино. - 1997. - 17 с.
5. Дробышев В.А., Ефремов А.В., Лосева М.И., Бритое А.Н., Мишуринов А.И. Мониторинг артериальной гипертензии у рабочих, профессионально связанных с вибрацией (результаты 15-летнего исследования). // Тер. арх. - 2002. - 74(10). - С.62-65.
6. Кондрашова М.Н. Участие митохондрий в развитии адаптационного синдрома. // Пушкино. - 1974. - С. 19.
7. Кондрашова М.Н., Григоренко Е.В., Бабский А.М., Хазанов В. А. Гомеостазирование физиологических функций на уровне митохондрий. // Молекулярные механизмы клеточного гомеостаза. // Новосибирск: Наука. - 1987. - С.40-66.

8. Кондрашова М.Н., Евтодиенко Ю.В., Кудзина Л.Ю. Влияние обычных экспериментальных факторов на состояние митохондрий. // Руководство по изучению биологического окисления полярографическим методом. - М.: Наука. - 1973. - С.93-105.
9. Лукьянова Л.Д. Биоэнергетическая гипоксия: понятие, механизмы и способы коррекции. // Бюлл. эксперим. биол. и мед. - 1997. - Т.124. - №39. - С. 244-254.
10. Маевский Е.И., Кондрашова М.Н. Сукцинатная фракция дыхания - наиболее чувствительная характеристика митохондрий при небольших изменениях физиологического состояния. // Митохондриальные процессы во временной организации жизнедеятельности. - Пушино. - 1978. - С.24-32.
11. Миронова Т.Ф. Дизрегуляторные вегетативные расстройства кардиоваскулярной системы в клинике и патогенезе вибрационной болезни. // Автореф. дисс. - докт. мед. наук. - Челябинск. - 1990. - 37 с.
12. Митохондрии в патологии. // Пушино. - 2001. - 258 с.
13. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. - М.: МедиаСфера. - 2002. - 312 с.
14. Руководство по изучению биологического окисления полярографическим методом. // М.: Наука. - 1973. - 221 с.
15. Саакян И.Р., Карапетян Т.Д., Аглицян Т.С., Шердукалова Л.Ф. Функциональные и ультраструктурные особенности митохондрий сердечной мышцы у больных тетрадой Фалло. // Митохондрии в патологии. - Пушино. - 2001. - С. 125-127.
16. Суворов Г.А., Пальцев Ю.П., Прокопенко Л.В., Рубцова Н.В., Тихонова Г.Л. Физические факторы и стресс. // Мед. труда и пром. экол. - 2002. - № 8. - С. 1-4.
17. Темное А.В., Сирота Т.В., Кондрашова М.Н. Экспериментальная модель структурных взаимодействий митохондрий в клетке. // Митохондрии, клетки и активные формы кислорода. - Пушино. - 2000. - С.22-23.
18. Филимонов С. Н., Данилевская Л.А., Горбатовский Ю.А., Эпифанцева Н.Н., Станкевич Н.Г., Грачева Л. В. Влияние локальной вибрации на развитие ишемической болезни сердца горняков Южного Кузбасса. // Клин. мед. - 2002. - 80(11) - С.34-37.
19. Хазанов В. А. Фармакологическая регуляция энергетического обмена. // Регуляторы энергетического обмена. Материалы симпозиума IX Российского национального конгресса «Человек и лекарство». - М. - 2002. - С.3-15.
20. Хазанов В.А., Сайфутдинов Р.Р., Смирнова Н.Б. Информативность оценки нелинейных процессов в митохондриях. // Митохондрии, клетки и активные формы кислорода. - Пушино. - 2000. - С. 156.
21. Юнкеров В.П., Григорьев С.Г. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований. // СПб: ВМедА. - 2002. - 266 с.
22. Ando H., Noguchi R., Ishitake T. Frequency dependence of hand-arm vibration on palmar sweating response. // Scand. J. Work Environ. Health. - 2002. - Oct.28(5). - P.324-327.
23. Goa J. A micro biuret method for protein determination. Determination of total protein in cerebrospinal fluid. // Scand. J. Clin. Lab. Invest. - 1953. - vol.5. - P.218-222.
24. Griffin M.J., Bovenzi M. Dose-response patterns for vibration-induced white finger. // Occup. Environ. Med. - 2003. - Jan.60 (1). - P.16-26.
25. Issever H., Aksoy C., Sabuncu H., Karan A. Vibration and its effects on the body. // Med. Princ. Pract. - 2003. - 12(1). - P.34-38.
26. Matsumoto Y., Maeda S., Oji Y. Influence of frequency thresholds for magnitude of vertical sinusoidal whole-body vibration. // Ind. Health. - 2002. - Oct.40(4). - P.313-319.
27. Peproelska B., Szeszeia-Dabrowska N. Occupational diseases in Poland, 2001. // Int. J. Occup. Med. Environ. Health. - 2002. - 15(4). - P.337-34.

Summary

VIBRATION FACTORS: INFLUENCE ON NATIVE MITOCHONDRIA ENDOGEN RESPIRATION PARAMETERS IN RABBIT HEART

N.K. Mazina, V.V. Vorobieva

Kirov State Medical Academy

Endogenic respiration rate and inhibitor sensitivity (malonate, amytal) in rabbit native mitochondria altered drastically while changes in whole-body vibration frequency and duration. I bioenergetics' hypoxia stage-like mitochondrial dysfunction developed in cardiomyocyte mitochondria after 21 - 56 episodes of whole-body vibration at frequencies 8 and 44 Hz and 60 min duration of every episode. Use of dispersion analysis assay discovered high significance and meaningfulness of endogen respiration parameters in complex assessment of myocard energy production systems while whole-body vibration.