

Irina N. Bogach,
post-graduate;

Elena N. Minina,
ScD, assistant professor;

Ludmila M. Bukowa,
ScD, assistant professor,
Tavria National University

New Approaches to Research the Influence of Physical Exercise on the Functional State of the Cardiovascular System During Pregnancy

Key words: *Pregnancy, trimesters, physical condition, physiotherapy, the symmetry of the T (β_T).*

Annotation: *The article contains the results the influence of physical exercise on the functional state of the cardiovascular system during pregnancy. Indicators (u) and standard deviation (u) can be regarded as informative criteria of functional voltage cardiorespiratory functioning and effectiveness of corrective actions on the body of a pregnant woman at term as well as in long-term adaptation to the increased load on the cardiovascular and respiratory systems.*

Во время беременности происходят структурно-функциональные изменения всех систем организма. При этом возрастающая нагрузка на кардиореспираторную систему и опорно-двигательный аппарат влияет на течение беременности и исход родов (23). Важно отметить, что если в первом триместре наблюдается небольшое увеличение объема циркулирующей крови и сердечного выброса со снижением общего сосудистого периферического сопротивления, то к концу беременности возможна значительная гиперволемическая гемодилюция, существенное возрастание минутного объема кровообращения, рост систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления (23, p.6). Все происходящие гемодинамические сдвиги тесно связаны с изменениями вегетативного статуса (15). С деятельностью сердечно-сосудистой системы сопряжена и дыхательная функция, которая так же претерпевает изменения во время беременности. В связи с усилением окислительных процессов в организме беременной повышается потребление кислорода и превышает его поступление в организм с формированием кислородной задолженности. Рассматривая эти изменения как один из индикаторов функционального состояния целостного организма, можно оценить его скрытые резервные возможности, а целенаправленное коррекционное воздействие физических упражнений на системы организма позволит во многом предупреждать осложненное течение беременности и оптимизировать процесс родов. Так, с помощью физических упражнений и тренировки

диафрагмального дыхания можно добиться увеличения легочной вентиляции, снижения гипоксии и усиления окислительных процессов, что положительно будет сказываться на общем состоянии. Очевидно так же, что изучение влияния занятий физическими упражнениями в различные периоды беременности может способствовать выявлению более благоприятных режимов двигательной активности, что позволит разработать научно обоснованные рекомендации с выявлением новых диагностических критериев по индивидуальному подбору оптимальной физической нагрузки, способствующей расширению адаптационных возможностей организма при беременности.

Цель исследования — выявление новых диагностических критериев, позволяющих оценивать влияние занятий физическими упражнениями в различных триместрах беременности женщин 21-25 лет при оптимизации двигательного режима.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения поставленной цели в период с января по сентябрь 2014 года обследовано 40 первобеременных женщин в возрасте от 21 до 25 лет, которые были распределены на две статистически однородные группы — контрольную (КГ) и основную (ОГ). В основную группу вошли 20 беременных, занимающихся лечебной гимнастикой, включающей физические упражнения, упражнения Кегеля и дыхательную гимнастику. Контрольную группу составили 20 беременных, не посещавших занятия физическими упражнениями.

Основой лечебной гимнастики (ЛГ) являлась методика для беременных (Башкирова Н., 2008) (7), упражнения Кегеля для беременных, а также дыхательные упражнения (8). Программа курса занятий составила 8 месяцев, периодичность занятий 3 раза в неделю по 30-45 минут. Занятия проводились под наблюдением врача. ЛГ во 2 и 3 триместрах беременности имела свои особенности в соответствии с физиологическими изменениями, происходящими в организме во время беременности. Применялись упражнения на увеличение подвижности сочленений малого таза, развитию гибкости позвоночника, волевого расслабления мышц брюшного пресса, тазового дна, ягодичных и бедренных мышц, упражнения в дыхании с преимущественным акцентом на грудное. В занятии использовались упражнения, укрепляющие длинные мышцы спины для облегчения удержания центра тяжести, упражнения на растягивание тазового дна, упражнения для приводящих и отводящих мышц бедра. Использовались все исходные положения, кроме лежа на животе. В период с 26 по 32 недели уменьшалась общая нагрузка за счет повторений и введения большого количества упражнений в статическом дыхании и расслаблении мышц. Продолжительность занятия 25-40 минут (8).

Для дифференцированного подхода к дозировке физической нагрузки и характеру используемых упражнений, применяли критерии распределения беременных женщин на группы для занятий ЛГ (А.К.Поплавский(1990)). Данные критерии также использовались для оценки эффективности программы реабилитации беременных и включали показатели антропометрии - (сила правой кисти, масса тела, рост стоя); функционального состояния кардиореспираторной и мышечной систем (ЖЕЛ,

упрощенная проба Мартине - УПМ, время восстановления ЧСС к исходному, прирост максимального АД, а также сила мышц брюшного пресса) (21).

Регистрацию и анализ ЭКГ в фазовом пространстве проводили с помощью программно-технического комплекса «ФАЗАГРАФ®», в котором реализована оригинальная информационная технология обработки электрокардиосигнала в фазовом пространстве с использованием идей когнитивной компьютерной графики и методов автоматического распознавания образов (9). С его помощью фиксировали значение симметрии фрагмента реполяризации усредненной фазовой траектории относительно оси $\dot{z} = 0$ (β_T , ед.) (18). Важно заметить, что диагностически ценные изменения значений показателя β_T , характеризующего симметрию фрагмента реполяризации ЭКГ (Т-зубца) на фазовой плоскости, почти незаметны при отображении ЭКГ во временной области. Так же комплекс автоматически рассчитывал среднеквадратическое отклонение (СКО) β_T и производил анализ кардиоинтервалографии. Оценивали показатели variability ритма сердца (VPC) – моду (M_0 , с), амплитуду моды (A_{M_0} , %), вариационный размах ($MxDMn$, мс), степень напряжения регуляторных систем по индексу напряжения (ИН, ед.), который рассчитывался по формуле $IN = A_{M_0} / (2 * M_0 * MxDMn)$.

Дополнительно проводили спектральный анализ ВСР и рассчитывали коэффициент вагосимпатического баланса (HF/LF, ед.) по отношению процентного вклада высокочастотной составляющей (HF, % — 0,15-0,4 Гц) к вкладу низкочастотных колебаний (—0,04-0,15 Гц.).

Математическая обработка полученных результатов проводилась с использованием программы STATISTICA V.6.0. Для оценки достоверности отличий после предварительной проверки нормальности распределения использовали t-критерий Стьюдента и критерий Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При исходном обследовании 40 беременных женщин при неосложненном течении беременности межгрупповых различий выявлено не было. Так, фоновый уровень функционального состояния кардиореспираторной системы как в основной, так и в контрольной группах, соответствовал средней оценке в соответствии с критериями распределения беременных женщин для занятий ЛГ и возрастными нормами. Значение показателей силы мышц брюшного пресса в ОГ составил $6,8 \pm 0,54$ и $7,1 \pm 0,53$ в КГ, а показатель силового индекса $42,0 \pm 1,29\%$ и $46,8 \pm 1,92\%$ соответственно. Уровень жизненного ЖИ, характеризующего функциональные возможности дыхательной системы, находился ниже границ нормы на 10-15 мл/кг в обеих группах и соответствовал значениям $40,9 \pm 2,5$ мл/кг в ОГ и $45,3 \pm 2,4$ мл/кг в КГ. Это указывало на недостаточный объем жизненной емкости легких, что при возрастающей потребности организма будущей матери в кислороде может являться фактором риска неблагоприятного течения беременности и исхода родов.

Как известно, происходящие во время беременности изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы носят адаптационный характер и выражаются в повышении ударного и минутного кровообращения, в снижении общего

периферического сопротивления сосудов и в повышении объема циркулирующей крови, в незначительном снижении артериального давления, в повышении частоты сердечных сокращений. Изменение данных показателей происходит вследствие роста плаценты, формирования нового круга плацентарного кровообращения, увеличения массы тела. Полученные показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы в начале первого триместра беременности соответствовали адаптационным изменениям на повышенную нагрузку. В ОГ учащение пульса на нагрузку в процессе проведения УПМ составило $56,9 \pm 2,7\%$, в КГ соответственно $57,5 \pm 2,6\%$, а время восстановления к исходному — $3,24 \pm 0,2$ мин и $3,04 \pm 0,15$ мин в ОГ и КГ соответственно. Прирост САД составил $40,0 \pm 4,3$ мм рт. ст., в КГ $39,0 \pm 5,4$ мм рт. ст. Таким образом, достоверных различий показателей женщин ОГ И КГ до курса реабилитации не выявлено.

О влиянии физических нагрузок на организм беременных можно судить лишь на основе всестороннего учета совокупности приспособительных реакций целостного организма. Использование физических упражнений способствовало тренировке различных мышечных групп и наблюдалось увеличение силовых показателей. Так в ОГ показатель силы мышц кисти возрос с $42,0 \pm 1,29\%$ до $49,5 \pm 0,96\%$ к 25 недели ($p < 0,05$); сила мышц брюшного пресса с $6,8 \pm 0,54$ до $9,1 \pm 0,64$ раз ($p < 0,01$) к 37 недели.

Проведение ЛГ в ОГ способствовало достоверному улучшению и показателей системы внешнего дыхания занимающихся. Данные литературы свидетельствуют о том, что при беременности происходит смещение диафрагмы вверх на 4 см, однако общая емкость легких изменяется незначительно из-за компенсаторного увеличения переднезаднего и транслатерального размера грудной клетки, а также увеличения межреберных промежутков (14). Данные анатомические изменения обусловлены действием гормонов на свойства связочного аппарата. Несмотря на смещение вверх, диафрагма во время дыхания у беременных двигается с большей экскурсией, чем у небеременных. Специальный комплекс дыхательных упражнений, а также упражнения для дистальных отделов верхних и нижних конечностей способствовал полноценному функционированию аппарата внешнего дыхания; освобождению легких от остаточного воздуха, включению нефункционирующих в покое альвеол, которые расправляются и подготавливаются к приему большого количества кислорода, раскрытию дополнительных капилляров легких, что облегчало оксигенацию крови. Увеличение к ЖЕЛ в ОГ с $40,9 \pm 2,5$ до $50,6 \pm 1,7$ мл/кг ($p < 0,05$) существенно оптимизировало газообмен между организмом матери и плода к третьему триместру беременности.

Компенсаторно-приспособительные возможности сердечно-сосудистой системы в ходе занятий физическими упражнениями с женщинами в ОГ проявлялись в снижении САД, учащения пульса на нагрузку, а также в ускорении времени восстановления после нагрузки. Так, положительные изменения показателей сердечно-сосудистой системы беременных ОГ выражались в достоверном снижении прироста САД с $40,04,3$ до $31,21,62$ мм рт. ст. ($p < 0,05$), а учащении пульса на нагрузку с $56,9\%$ до $47,7\%$ к концу второго триместра ($p < 0,01$), и до $46,6\%$ к концу третьего триместра ($p < 0,001$). Уменьшалось и время восстановления пульса в среднем на одну минуту уже на втором триместре ($p < 0,001$). Улучшение функционального состояния сердечно-сосудистой

системы проявлялось в снижении прироста САД в среднем более чем на 10,0 % ($p < 0,001$) во втором и третьем триместре.

Таким образом, у беременных женщин ОГ, занимающихся физическими упражнениями, в конце второго триместра отмечена оптимизация функционального состояния кардиореспираторного функционирования, тренд которой сохраняется к концу третьего триместра (рис.1.). В КГ на протяжении всего периода беременности выявлено ухудшение всех диагностических показателей.

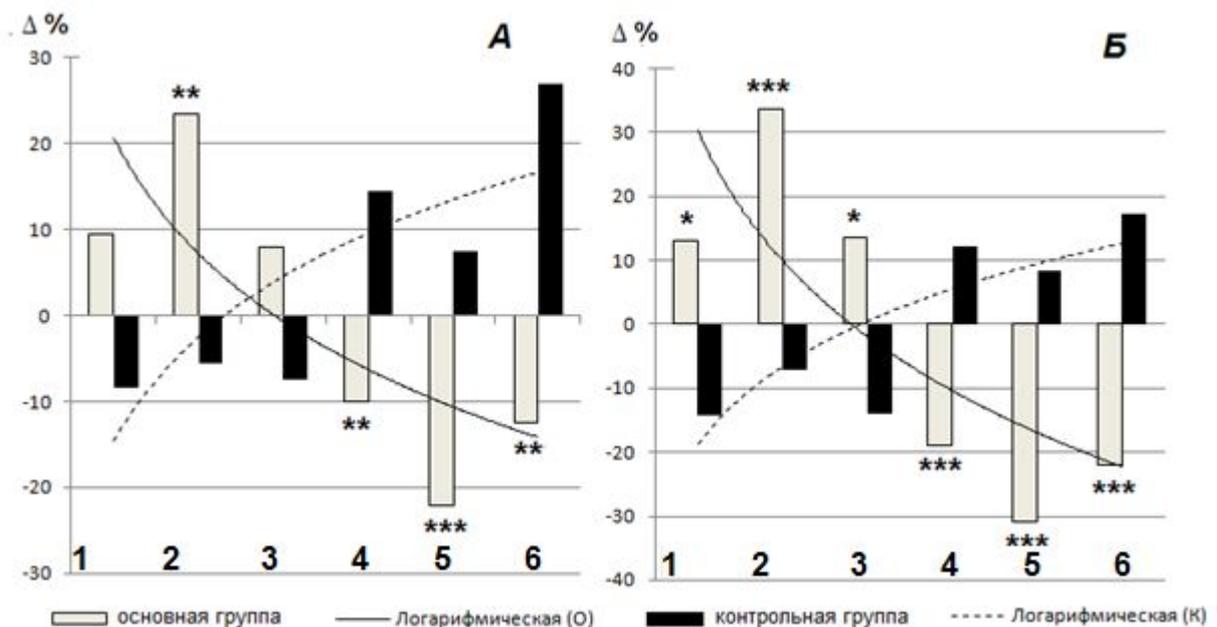


Рис. 1. Профили изменений функциональных показателей в основной и контрольной группах беременных женщин на втором (А) и третьем (Б) триместре

Примечание: 1 - сила кисти; 2 - сила мышц брюшного пресса; 3 - ЖЕЛ; 4 - УПИМ; 5 - время восстановления ЧСС к исходному; 6 - прирост САД.

Достоверность межгрупповых различий * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$.

Вероятно важным фактором оптимизации функционального состояния сердечно-сосудистой системы в основной группе явился механизм адекватной вегетативной регуляции, количественно выраженный в динамике ИН (табл.1). Общепринято считать, что вегетативная нервная система играет важную роль в адаптации организма матери и плода к гестационному процессу. Ее состояние отражает, как известно, параметры variability сердечного ритма (ВСР). Установлено (1,3,4,7,11,13,17,22), что на основе параметров ВСР, регистрируемых при проведении безопасной для матери и плода кардиоинтервалографии (КИГ), можно выявлять беременных высокого риска по акушерским и перинатальным осложнениям задолго до родов, а так же отслеживать эффективность коррекционных мероприятий.

Как показали наши исследования рост напряжения механизмов регуляции у женщин контрольной группы к третьему триместру составил 51,3 % ($p < 0,05$). Напротив, увеличение протективного вклада парасимпатического звена регуляции на 25,0 %

($p < 0,05$) у женщин ОГ приводило к стабилизации значений ИН в течение беременности.

Таблица 1

Динамика показателя индекса напряжения (ИН) и вагосимпатического баланса (HF/LF) в течении беременности у женщин 21-25 лет, n=40

П	Группы	Триместры			Достоверность различий между триместрами ¹		
		1	2	3	1-2	2-3	1-3
ИН, ед	контроль	230	245	348	-	$p < 0,05$	$p < 0,05$
	основная	235	228	250**	-	-	-
HF/LF, ед	контроль	2,3	2,6	2,8	-	-	$p < 0,05$
	основная	2,4	1,8**	2,0*	$p < 0,05$	-	-

Примечание: различия показателей между группами по критерию Манна-Уитни: * - ($p < 0,05$); ** - ($p < 0,01$); ¹ - различия показателей между триместрами по критерию Манна-Уитни.

При этом важно отметить, что использование этого показателя для контроля уровня напряжения механизмов регуляции при срочной адаптации в течение занятия было не информативным. Так же выявлено, что более чувствительным показателем, отражающим интегративную реакцию адаптационных резервов кардиореспираторной системы в процессе приспособления к физическим нагрузкам во всех триместрах беременности, явился показатель СКО β_T (рис. 2.). В предыдущих работах(19,20) было показано, что симметрия зубца Т, отражая процессы реполяризации, количественно характеризует резервы миокарда и может являться маркером адаптационного потенциала миокарда и организма в целом.

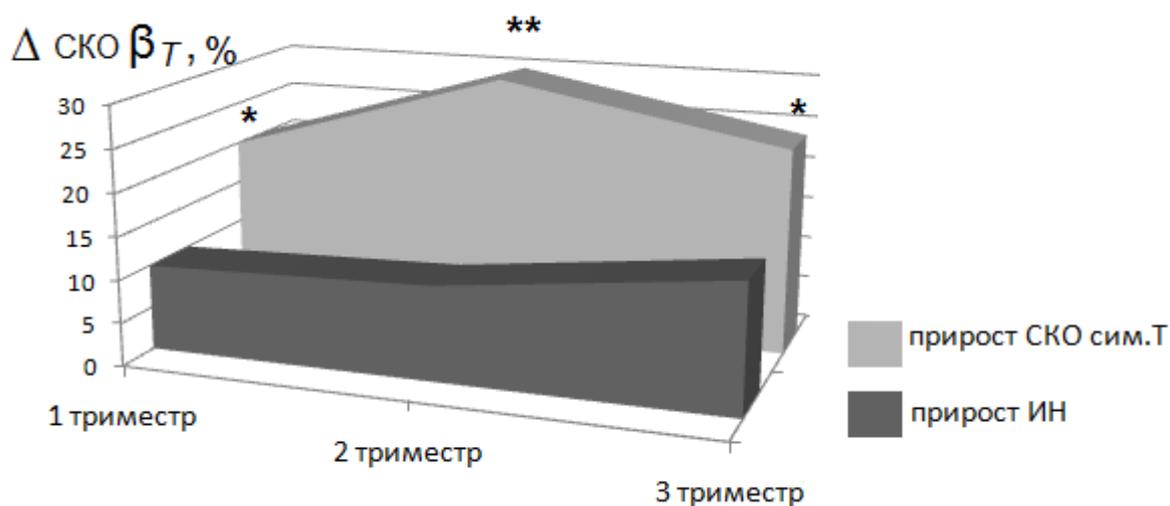


Рис. 2. Сравнительная характеристика прирост значений СКО β_T (%) и ИН (%) у беременных женщин контрольной группы в течение занятия физическими упражнениями

При анализе динамики показателя симметрии зубца Т и его СКО в продолжении всего периода беременности, было показано значительное увеличение их значений в контрольной группе женщин (рис.3.).

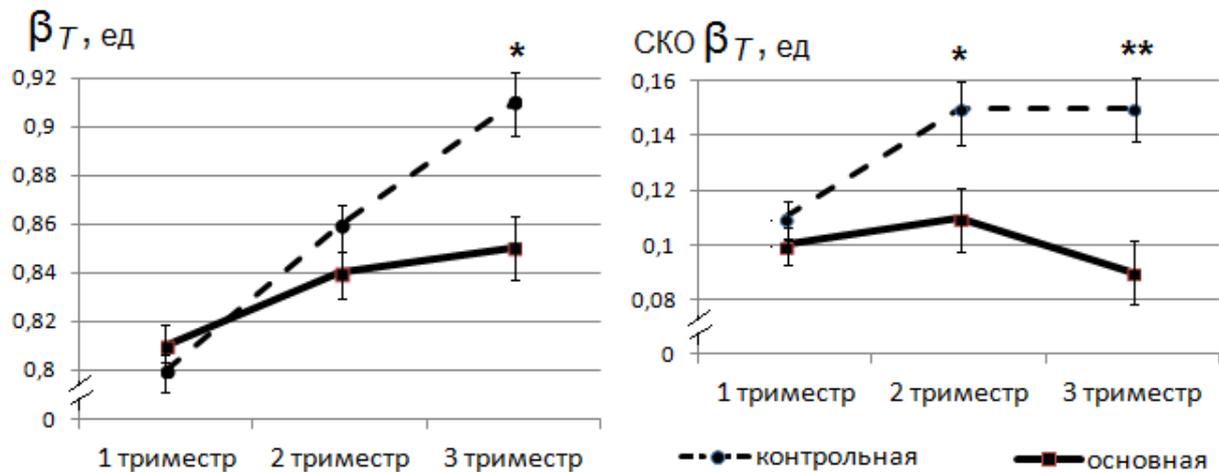


Рис.3. Динамика роста значений СКО β_T (ед.) и β_T (ед.) у беременных женщин контрольной группы в течение беременности

Как известно, миокард является чувствительным индикатором способности потреблять кислород, которая может быть лимитирующим фактором аэробных функциональных возможностей и резервов не только сердечной мышцы, но и всего организма. При этом повышение потребности миокарда в кислороде, в том числе и при увеличивающейся нагрузке на сердечно-сосудистую систему при беременности, приводят к ишемическим нарушениям, при возникновении которых страдают все процессы мембранного электрогенеза: возбудимость клеток миокарда, автоматизм биоэлектрических процессов в миокарде, и в том числе процессы де- и реполяризации.

Таким образом, показатели β_T (ед.) и СКО β_T (ед.) можно расценить как информативные критерии функционального напряжения кардиореспираторного функционирования и эффективности коррекционных воздействий на организм беременной женщины как при срочной так и при долговременной адаптации к увеличению нагрузки на сердечно-сосудистую и дыхательную системы.

ВЫВОДЫ:

1. Уровень жизненного ЖИ, характеризующего функциональные возможности дыхательной системы, при первичном обследовании находился ниже границ нормы на 10-15 мл/кг в обеих группах и соответствовал значениям $40,9 \pm 2,5$ мл/кг в ОГ и $45,3 \pm 2,4$ мл/кг в КГ. Это указывало на недостаточный объем жизненной емкости легких, что при возрастающей потребности организма будущей матери в кислороде может являться фактором риска неблагоприятного течения беременности и исхода родов.

2. Достоверных различий показателей женщин ОГ И КГ до курса реабилитации не выявлено: в ОГ учащение пульса на нагрузку в процессе проведения УПМ составило $56,9 \pm 2,7\%$, в КГ соответственно $57,5 \pm 2,6\%$, а время восстановления к исходному — $3,24 \pm 0,2$ мин и $3,04 \pm 0,15$ мин в ОГ и КГ соответственно; прирост САД составил $40,0 \pm 4,3$ мм рт. ст., в КГ $39,0 \pm 5,4$ мм рт. ст.
3. У беременных женщин ОГ, занимающихся физическими упражнениями, в конце второго триместра отмечена оптимизация функционального состояния кардиореспираторного функционирования, тренд которой сохраняется к концу третьего триместра. В КГ на протяжении всего периода беременности выявлено ухудшение всех диагностических показателей.
4. Рост напряжения механизмов регуляции по показателю ИН у женщин КГ к третьему триместру составил $51,3\%$ ($p < 0,05$). Напротив, увеличение протективного вклада парасимпатического звена регуляции на $25,0\%$ ($p < 0,05$) у женщин ОГ приводило к стабилизации значений ИН в течение беременности.
5. Показатели β_T (ед.) и СКО β_T (ед.) можно расценить как информативные критерии функционального напряжения кардиореспираторного функционирования и эффективности коррекционных воздействий на организм беременной женщины как при срочной так и при долговременной адаптации к увеличению нагрузки на сердечно-сосудистую и дыхательную системы.

References:

1. Abe S, Toyoda M, Yamaguchi I, Yoshizawa M, Nakanishi N. *Autonomic nervous function during normal pregnancy and postpartum: Abstr. 12th World Congress of the International Society for the Study of Hypertension in Pregnancy, Paris. 2000. July 9–13. Hypertens. Pregnancy. 2000; 121.*
2. Amosov NM. *Thinking about health. M., 1987.*
3. Baevsky RM. *Analysis of heart rate variability in space medicine. Human Physiology. 2002, T. 28, № 2; 69-82.*
4. Baier V, Baumert M, Caminal P. et al. *Hidden Markov models based on symbolic dynamics for statistical modeling of cardiovascular control in hypertensive pregnancy disorders: IEEE Trans Biomed Eng. 2006, V. 53, № 1; 140–143.*
5. Bashkirov N. *Gymnastics for pregnant and preparing to leave. Publishing house "Science and Technology", 2008; 155.*
6. Chimari VM. *Fundamentals of children's health. Tashkent. Out of them. Ibn Sina. 1993; 207.*
7. Curione M, Cugini P, Napoli A. et al. *A lower level of entropy in circadian rhythm of the sinus R-R intervals suggests a prevalence of the cardiac sympathetic regulation in early physiological pregnancy: Chronobio. Int. 2005, V. 22, № 4; 711-722.*
8. Epifanov VA. *Therapeutic exercise. M. Izd.dom "GEOTAR-med" /uch.posob. For schools. 2002; 560.*
9. Fainzilberg LS. *FAZAGRAF® - effective information processing technology in the problem of ECG screening for coronary heart disease. Clinical informatics and telemedicine. 2010; 6-7: 22-30.*
10. Golubev GN. *The influence of motor activity of the pregnant woman and the fetus to the level of maturity of the newborn: Theory and Practice of Physical Culture. 2001, № 2; 25-26.*

11. Gudkov GV, Pomortsev AF. DC A comprehensive study of the functional state of the autonomic nervous system in pregnant women with preeclampsia. *Obstetrics and gynecology*. 2001, № 3; 45-50.
12. Kavtorova NE. Physical training during pregnancy: *Medical Assistance*. Number 5, 2000, M.: *Medicine*; 19-25.
13. Khlybova SV, Tsirkin VI, Nobles SA, Makarov IA, Truhin AN. Heart rate variability in women with physiological and oslozhnënnom pregnancy: *Human Physiology*, 2008, V. 34, № 5; 97-105.
14. Kertis G, Schuler D. *Your Pregnancy: gymnastics for pregnant women and new mothers*. M.: *Izd Esmo*, 2005; 128.
15. Kreff AF, Canuts MF. *Woman and sports: Trans. with fr. foreword*. Moscow: *FIS*, 1986; 143.
16. Krivonogova TS, Gergeti OM, Agarkova LA. Influence of respiratory and aqua on the adaptive capacity of the body of pregnant women: *Problems of balneology, physiotherapy and physical therapy*. 2010, № 6; 25-29.
17. Medvedev BI, Astakhov TV, Kirsanov MS. Evaluation of reactions vegetativnoy nervous system in healthy pregnant women, obesity and mild preeclampsia. *Questions maternal and child health*. 1989, № 11; 45-48.
18. Minina EN. Analysis of ECG T-wave in the phase space in determining the functional reserves of the myocardium. *Scientific notes of Taurida National University named after VI Vernadsky*. 2013, 26 (65), № 2; 148 – 153.
19. Minina EN, Fainzilberg LS. Phase portrait of a single-channel ECG in assessing the functional reserves of the cardiovascular system. *Bulletin of new medical technologies*. 2014; 21-3, 22-27.
20. Minina EN. New approach to study the relationship of functional readiness and electrogenesis SPORTSMEN with the reference cardiac cycle. *Bulletin of new medical technologies. (Electronic Journal)* 2014, N 1.
21. *Physical rehabilitation: a textbook for academies and IFC: Ed. S.N.Popova*. Rostov-on-Don: *Phoenix*, 1999; 507-522.
22. Tsirkin VI, Sizov EN, Kaysina IG. et al. Heart rate variability during puberty and pregnancy. *Russian vestnik obstetrician-gynecologist*. 2004, № 2; 4.
23. Uryvchikova EE, Okhapkin MB, Nekorkin OA. *Therapeutic exercise in pregnancy: Physiotherapy and sports medicine*. 2011, № 12 (96); 45-55.