

3. Перельман М. И. Ситуация с туберкулезом в России и выполнение федеральной программы по борьбе с ним // Проблемы туберкулеза. 2001. № 8. С. 3-5.
4. Щедрина А. Г. Онтогенез и теория здоровья: методологические аспекты. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1989. С. 105-115.
5. Ефимова А. А., Сербин В. И., Домбровская И. А. и др. Функциональные кардиопатии в популяции детей школьного возраста // Актуальные вопросы клинической педиатрии, акушерства и гинекологии. Киров, 1994. С. 68-69.
6. Исаева Н. Ю., Астрова Е. А., Белова Л. А. и др. Проблема психодиагностики в подростковом противотуберкулезном учреждении. Новые технологии в диагностике и лечении туберкулеза различных органов и систем // Сб. науч. тр. и мат-лов Всерос. конф. С.-Пб. НИИ фтизиопульмонологии. С.-Пб., 1998. С. 20-21.
7. Лукашова Е. Н. Психовегетативные особенности подростков, больных туберкулезом органов дыхания: Дисс... канд. мед. наук. Кемерово, 2004. 168 с.
8. Казин Э. М. (ред.). Комплексная оценка показателей здоровья и адаптации обучающихся. Кемерово: КРИПКиПРО, 2006. 213 с.
9. Астапов В. М. Тест тревожности. М.: 1992. 6 с.
10. Ахметжанов Э. Р. Психологические тесты. Составление, подготовка текста, библиография. М.: 1996. 320 с.
11. Загайнова А. Б. Ростовые процессы и функциональные возможности детей 4-9 лет Тюменской области: Автореф. дис... канд. биол. наук. 1999. 28 с.
12. Никитюк Б. А., Чтецов В. П. Морфология человека. М.: МГУ, 1990. 342 с.

**Виктор Александрович ДЕМИДОВ** —  
 профессор кафедры анатомии и физиологии  
 Камского государственного института  
 физической культуры,  
 доктор медицинских наук (г. Набережные Челны)

**Фанис Азгатович МАВЛИЕВ** —  
 младший научный сотрудник  
 межкафедральной учебно-научной лаборатории  
 Камского государственного института  
 физической культуры (г. Набережные Челны)

**Наиль Шарипдянович ХАСНУТДИНОВ** —  
 зав. кафедрой физического воспитания и  
 специальной подготовки  
 Альметьевского государственного нефтяного  
 института, кандидат биологических наук, доцент  
 (г. Альметьевск)

УДК 7А.06 + 5А2.42

## **МЕДЛЕННОВОЛНОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕМОДИНАМИКИ У ЛИЦ ЮНОШЕСКОГО ВОЗРАСТА, ЗАНИМАЮЩИХСЯ И НЕ ЗАНИМАЮЩИХСЯ ЦИКЛИЧЕСКИМИ ВИДАМИ СПОРТА**

**АННОТАЦИЯ.** В статье рассмотрены особенности регуляции гемодинамики у лиц юношеского возраста, занимающихся и не занимающихся циклическими видами спорта. Регистрация вариабельности комплекса параметров гемодинамики выявила дифференциацию регуляции кровообращения в зависимости от половых особенностей и двигательной активности испытуемых.

*The features of regulation of youth's haemodynamics, who go and do not go in for cyclic kinds of sports, are considered in this article. The variability's regulation of complex of haemodynamics parameters exposed the differentiation of haemodynamic regulation depending on sexual features and motor activity, which reflected in changing of parameters.*

### Введение

В 1976 г. Р. М. Баевским и М. К. Чернышовым [1] была выдвинута гипотеза о связи колебательных процессов в организме с деятельностью различных уровней системы управления физиологическими функциями. В. Ф. Гулик [2] пишет об интегральном значении колебательных процессов, фиксируемых спектральным анализом. Согласно высказываниям П. К. Анохина [3], сердечно-сосудистая система (ССС) с ее многоуровневой регуляцией представляет собой функциональную систему, где конечным результатом деятельности является обеспечение заданного уровня функционирования целостного организма, которому должен соответствовать и эквивалентный уровень функционирования аппарата кровообращения.

На сегодняшний день объектом исследования все больше становятся системы, управляющие гемодинамикой. Возникшая около 40 лет назад идея анализа variability RR-интервалов электрокардиограммы для изучения механизмов регуляции кровообращения оказалась эффективной [4-8].

Анализ variability ритма сердца (ВРС) является интегральным методом оценки состояния механизмов регуляции физиологических функций в организме, активности симпатического (СНС) и парасимпатического (ПСНС) отделов вегетативной нервной системы (ВНС) [9]. А. А. Астахов считает, что с позиции только одного ритма сердца нельзя решать все сложные проблемы оценки функции кровообращения, и в особенности — других систем [10].

Изучению колебательной активности комплекса параметров кровообращения с позиций variability, как меры регуляции, посвящено мало исследований [11-15]. Следует особо отметить, что данное направление относительно новое, и свое начало оно берет с первых поколений систем мониторинга «Кентавр» в 1983 году [11]. Но на сегодняшний день определенные и однозначные подходы к анализу получаемых показателей сформированы недостаточно [16-18]. Существуют работы ряда авторов, посвященные изучению медленных волн комплекса параметров гемодинамики кровообращения не только у здоровых не занимающихся спортом [19-21], но и у спортсменов [22, 23]. На наш взгляд, приведенные данные недостаточны для оценочных суждений и, учитывая сложноорганизованный характер подобных процессов, для лучшего их понимания необходимо проводить исследования с четким разграничением характеристик исследуемого контингента.

В настоящее время одной из актуальных проблем регуляции кардиогемодинамики является комплексное исследование variability параметров гемодинамики, в том числе и у лиц, занимающихся спортом. Целью нашей работы явилось изучение особенностей регуляции гемодинамики у юношей и девушек, не занимающихся спортом и занимающихся циклическими видами спорта.

### Методы и организация исследования

Была использована тетраполярная биоимпедансная реополиграфия с использованием компьютерной технологии «Кентавр II РС» [11]. Регистрация показателей кардиогемодинамики (КГД) осуществлялась в режиме реального времени, с

последующим спектральным разложением их вариабельности за 500 ударов сердца. Спектральному анализу методом быстрого преобразования Фурье подвергался тренд, представляющий собой последовательность значений определенного параметра, в режиме от «удара к удару». Анализировались при этом следующие диапазоны частот:

— 0-0,025 гц (P1) — самые медленные волны, отражающие метаболические процессы в организме;

— 0,025-0,075 гц (P2) — очень медленные волны, свидетельствующие об изменении во времени значений параметров под влиянием изменяющейся гуморальной активности крови;

— 0,075-0,15 гц (P3) — медленные волны, являющиеся результатом барорегуляторных колебаний (при участии СНС, а при определенных условиях и ПСНС);

— 0,15-0,5 гц — высокочастотные волны, отражающие влияние дыхания на систему кровообращения и свидетельствующие об участии в регуляции ПСНС [10, 11].

Для каждого частотного диапазона определялась спектральная мощность и ее вклад в общую колебательную активность — P (общая спектральная мощность).

Регистрировались следующие показатели кардиогемодинамики: частота сердечных сокращений (ЧСС) — по данным электрокардиограммы (в уд/мин); ударный объем (УО) — по данным электрокардиограммы (ЭКГ) и первой производной трансторакальной реограммы (мл.); фракция выброса (ФВ) — расчет параметра по данным ЭКГ и первой производной трансторакальной реограммы (%); амплитуда пульсации аорты (АПА, Ом); амплитуда пульсации микрососудов пальца (АПМ, Ом); дыхательная волна аорты (ДВА, Ом); дыхательная волна микрососудов пальца (ДВМ, Ом); артериальное давление (АД, мм.рт.ст.) — по скорости распространения пульсовой волны (между зубцом «R» ЭКГ и пиком первой производной пульсовой волны микрососудов пальца); минутный объем крови (МОК, л/мин).

Дозированная физическая нагрузка (3,3 Вт/кг) осуществлялась на велоэргометре в течение 5 минут. Были обследованы 20 девушек и 40 юношей — представителей циклических видов спорта с III по I разряды (спортсмены) и 60 девушек и 80 юношей, не занимающихся спортом (не спортсмены). Выбор циклических видов спорта был обусловлен тем, что наибольшие изменения в ССС регистрируются у лиц, развивающих выносливость [24, 25].

### Результаты и их обсуждение

*Особенности регуляции гемодинамики неспортсменов.* Отмечено, что у юношей-неспортсменов значения УО и затраты на его регуляцию (т.е. спектральная мощность УО) более высокие по сравнению с таковыми у девушек (рис. 1). Значение ФВ, которая рассматривалась в качестве сократительной функции сердца [11], характеризовалось разнонаправленными изменениями: высокие значения сократимости миокарда у девушек сопровождались более экономичной регуляцией (низкая спектральная мощность ФВ), а у юношей — наоборот. Высокие значения УО и низкие ФВ у юношей и девушек можно рассматривать как своеобразный способ достижения у них должного уровня МОК. У девушек в отличие от юношей, несмотря на относительно низкие значения УО, наблюдались высокие значения АПА и большие значения ее спектральной мощности. Возможно, это связано с упруго-эластическими свойствами аорты, которая у девушек, несмотря на низкий УО, была подвержена большим колебаниям.

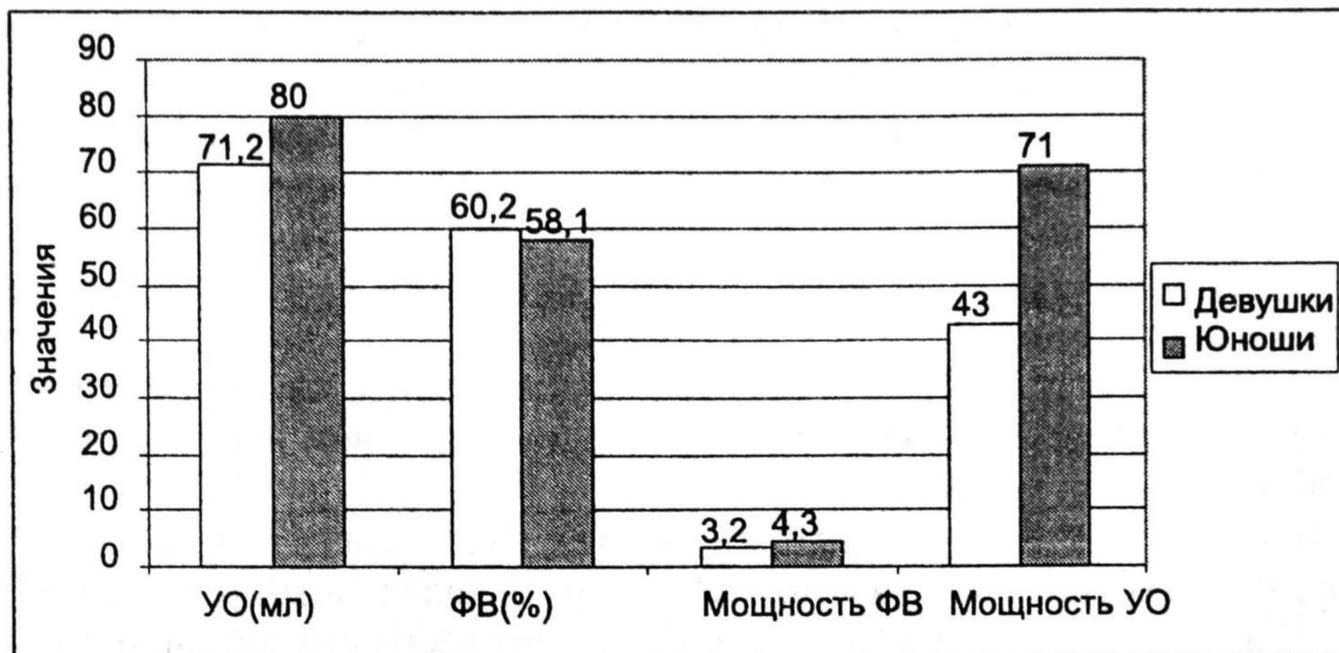


Рис. 1. Некоторые показатели абсолютных значений гемодинамики и спектральной мощности их варибельности у юношей и девушек, не занимающихся циклическими видами спорта (различия представленных параметров достоверны при  $p < 0.05$ ).

Таблица 1

**Особенности медленноволновых характеристик гемодинамики лиц юношеского возраста, не занимающихся спортом**

Показатели КГД	М	Р	Fm	P1	P2	P3	P4	P1%	P2%	P3%	P4%
АД	+										
ЧСС	-				-						+
УО	+	+			+	+				+	
МОК						+					
ФВ	-	+				+	+				
АПА	-	-	-	-	-		-			+	-
АПМ									-		
ДВА			-								-
ДВМ										-	

Примечание: «+» или «-» означает больше или меньше по отношению к значениям гемодинамики девушек (различия достоверны при  $p < 0,05$ )

Распределение спектральной мощности варибельности АД в изучаемых частотных диапазонах не выявило у юношей и девушек отличий в регуляции данного параметра, тогда как в работе А. А. Астахова с соавторами [21] у девушек в регуляции АД отмечена повышенная активность гуморально-метаболического звена регуляции.

**Особенности регуляции гемодинамики спортсменов.** В варибельности УО у юношей (рис. 2) наблюдалось достоверное преобладание спектральной мощности в медленноволновом диапазоне (преобладание гуморально-метаболического и симпатического звена регуляции), а мощность высокочастотного диапазона (парасимпатическое звено регуляции) была выражена в меньшей степени.

Данное отличие свидетельствует о преобладании «общего объемного» регулирования гемодинамики у девушек и большей выраженности «локального объемного» регулирования (в тканях) гемодинамики у юношей [11, 12]. Возможно, эта особенность проявилась и в значениях амплитуды пульсации аорты, которая имела такой же характер распределения спектральной мощности.

В регуляции АД у юношей отмечено достоверное преобладание гуморально-метаболического звена регуляции и зарегистрирована при этом более высокая общая спектральная мощность, характеризующая степень энергетических затрат на регуляцию АД и свидетельствующая о значимости барорегуляции в системной гемодинамике [11, 12].

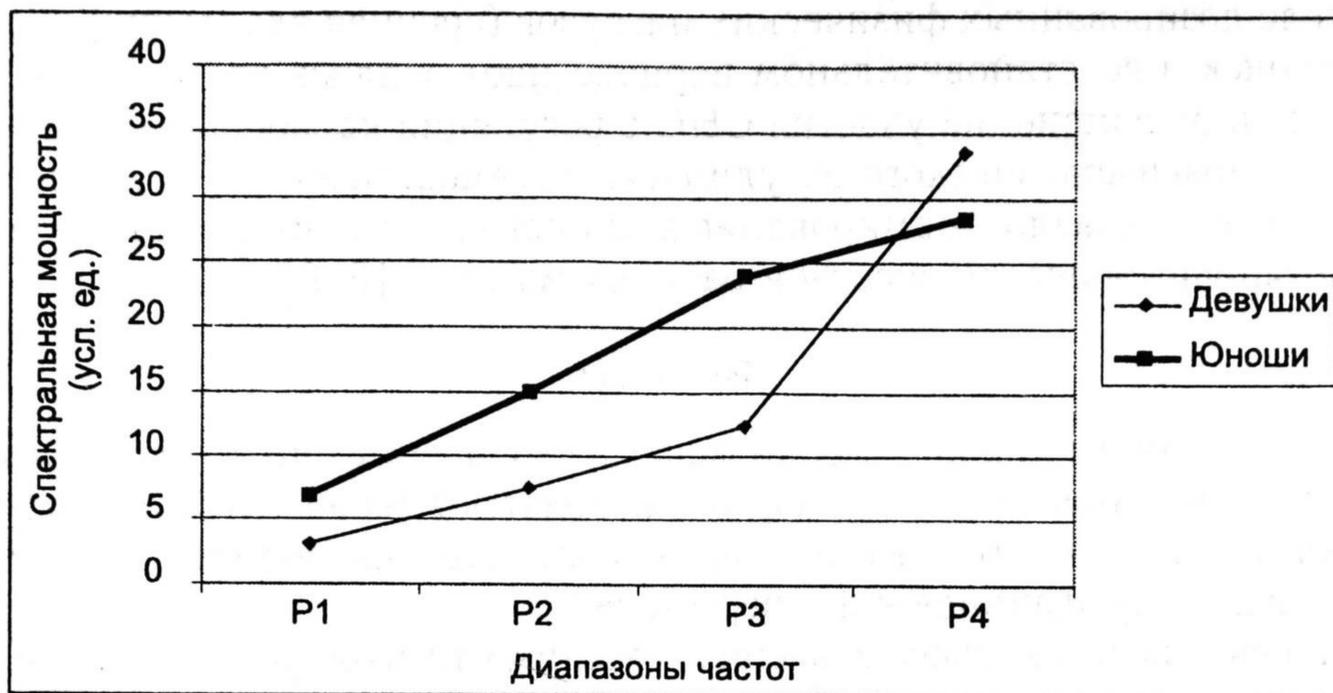


Рис. 2. Особенности спектральной мощности в вариабельности УО у спортсменов

Как видно из табл. 2, достоверных различий не наблюдается в значениях ДВМ, ДВА, АПМ, МОК и самое важное — в ЧСС. Известно, что многие системы мониторинга для оценки вегетативного статуса используют всего лишь регистрацию ВРС (на основании вариабельности ЧСС). Как следует из таблицы, для определения значимости симпатического или парасимпатического отдела ВНС в регуляции гемодинамики недостаточно регистрации только ЧСС, а важен комплексный подход с учетом вариабельности как можно большего числа параметров системной гемодинамики.

Таблица 2

**Особенности медленноволновых характеристик гемодинамики юношей, занимающихся циклическими видами спорта**

Показатели КГД	М	Р	Fm	P1	P2	P3	P4	P1%	P2%	P3%	P4%
АД	+	+				+			-		
ЧСС											
УО				+	+	+					-
МОК											
ФВ										+	-
АПА	-	-	-				-				-
АПМ											
ДВА											
ДВМ											

Примечание: «+» или «-» означает больше или меньше по отношению к значениям гемодинамики девушек (различия достоверны при  $p < 0,05$ )

Исследуя характер изменений гемодинамических параметров у девушек, сравнивая показатели гемодинамики занимающихся (долговременная адаптация) и не занимающихся спортом установлено, что у девушек в отличие от юношей снижена общая

спектральная мощность в ВРС, указывающая на уменьшение энергетических затрат в процессе регуляции [11]. Общими для юношей и девушек являются изменения ДВМ. При этом у девушек смещение середины спектра в сторону медленноволновой активности в ДВМ свидетельствует о преобладании у них гуморально-метаболических регуляторов сосудистого русла с низким давлением [19]. У юношей же это достигается за счет снижения спектральной мощности в диапазоне P3 и P4.

После дозированных физических нагрузок (срочная адаптация) у юношей и у девушек в восстановительном периоде наблюдалось достоверное разнонаправленное изменение участия СНС в регуляции кровообращения. Преобладание парасимпатического регулирования гемодинамики (по данным ДВА и ДВМ) обеспечивало формирование должного венозного притока и ускоряло восстановительные процессы в рабочих мышцах [6, 8].

### Выводы

1. Особенности регуляции гемодинамики у лиц юношеского возраста, занимающихся и не занимающихся спортом, находятся в тесной связи с характеристиками исследуемого контингента (пол, двигательная активность) и отражают специфику адаптационных перестроек.
2. Установлено, что высокие значения сократимости миокарда у девушек сопровождались более экономичной регуляцией (низкая спектральная мощность ФВ), а у юношей, наоборот, низкие значения сократимости сочетались с высокими значениями спектральной мощности в вариабельности данного параметра.
3. Обнаружено, что у спортсменов, как девушек, так и юношей, в отличие от не занимающихся спортом, спектральная мощность в вариабельности комплекса параметров ниже, что, возможно, свидетельствует о более экономичной регуляции гемодинамики у занимающихся спортом.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р. М., Чернышов М. К. Некоторые аспекты системного подхода к анализу временной организации функции в живом организме // В кн.: Теоретические и прикладные аспекты временной организации биосистем. М.: Наука, 1976. С. 174-186.
2. Гулик В. Ф., Майнагашев С. С., Неретин К. Н. Медленные колебания гемодинамики как активная фоновая информационно-энергетическая система (среда) с интегральными модулирующими и резонансными механизмами (Физиологическая ниша, нормирование, клиника в родах, лечение) // Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флуктуация сердечно-сосудистой системы. Сб. научн. трудов I симпозиума. Миасс. 2000. С. 71-80.
3. Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1975. 402 с.
4. Баевский Р. М. Кибернетический анализ процессов управления сердечным ритмом. Актуальные проблемы физиологии и патологии кровообращения. М.: Медицина, 1976. С. 161-175.
5. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода. Иваново: Нейрософт, 2000. 200 с.
6. Рябыкина Г. В., Соболев А. В. Вариабельность ритма сердца. Монография. М.: Оверлей, 2001. 200с.
7. Шлык Н. И. Сердечный ритм и центральная гемодинамика при физической активности у детей: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Н. И. Шлык. Казань, 1992. 58 с.
8. Шлык Н. И. Особенности вариабельности сердечного ритма у детей и подростков с различным уровнем зрелости регуляторных систем организма. // Вариабельность

- сердечного ритма: теоретические аспекты и практическое применение / Н. И. Шлык // Тез. докл. междунар. симп. Ижевск: Изд-во Удмурт, ун-та. 2003. С. 52-61.
9. Баевский Р. М., Иванов Г. Г. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2001. № 3. С. 108-128.
  10. Астахов А. А. Медленноволновые процессы гемодинамики (постановка проблемы и обсуждение) // Инженеринг в медицине «Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флюктуация сердечно-сосудистой системы». Сб. научн. трудов I симпозиума. Миасс, 2000. С. 50-63.
  11. Астахов А. А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики в анестезиологии (с помощью системы «Кентавр»): В 2 т. Челябинск, 1996.
  12. Астахов А. А. Методический подход к исследованиям медленноволновых процессов у здоровых и больных. // Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флюктуация сердечно-сосудистой системы: Сб. научн. тр. III всероссийского симпозиума. Челябинск, 2004. С. 132-145.
  13. Астахов А. А., Бубнова И. Д. Повреждение головного мозга и регуляция кровообращения. Екатеринбург: УрО РАН, 2001.
  14. Говоров Б. М. Медленноволновые колебательные процессы кровообращения как прогноз исхода заболевания. // Инженеринг в медицине «Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флюктуация сердечно-сосудистой системы». Сб. научн. трудов I симпозиума. Миасс. 2000. С. 223-229.
  15. Бубнова И. Д. Комплексный анализ вариабельности ЭЭГ и параметров гемодинамики. // Инженеринг в медицине «Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флюктуация сердечно-сосудистой системы». Сб. научн. трудов II симпозиума. Миасс. 2000. С. 215-223.
  16. Аксенов В. В. Дыхательные и очень высокочастотные колебательные процессы вариабельности сердечного ритма // Инженеринг в медицине «Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флюктуация сердечно-сосудистой системы». Сб. научн. трудов III симпозиума. Челябинск, 2004. С. 290-294.
  17. Хаютин В. М., Лукошкова Е. В. Спектральный анализ колебаний частоты сердцебиений: физиологические основы и осложняющие его явления. Российский физиол. журн. им И.М. Сеченова. 1999. 85(7) С. 893-909.
  18. Хаютин В. М., Лукошкова Е. В. Спектральный анализ колебаний ЧСС известное, спорное, неизвестное // Инжиниринг в медицине Сборник материалов I симпозиума. «Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флюктуация сердечно-сосудистой системы. Челябинск, 2002.
  19. Астахов А. А., Бубнова И. Д., Говоров Б. М., Астахов Ал. А. Новые данные о медленных волнах комплекса параметров кровообращения здоровых // Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флюктуация сердечно-сосудистой системы. Челябинск, 2002. С. 227-238.
  20. Астахов А. А., Говоров Б. М., Бубнова И. Д., Астахов Ал. А., Астахов И. А. Барорегуляторные механизмы гемодинамики (спектральный анализ молодых здоровых мужчин. // Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флюктуация сердечно-сосудистой системы. Сб. научн. трудов I симпозиума. Миасс. 2000. С. 196-206.
  21. Пешиков О. В., Астахов Ал. А. Особенности регуляции гемодинамики у лиц молодого возраста в зависимости от пола // Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флюктуация сердечно-сосудистой систем. Челябинск, 2004. С. 276-281.
  22. Исаев А. П., Астахов А. А., Куликов Л. М. Функциональные критерии гемодинамики в системе тренировки спортсменов (индивидуализация, отбор, управления). Челябинск, 1993. 170 с.
  23. Исаев С. А., Кабанов С. А., Сабирьянов А. Р., Личагина С. А. Особенности вегетативной регуляции волновых процессов центральной и периферической гемодинамики юных спортсменов (на примере самбо) // Теория и практика физической культуры. 2002. № 1. С.40-43.
  24. Дембо А. Г. Спортивная кардиология. Л.: Медицина, 1989. 459 с.
  25. Дембо А. Г. Сердце спортсмена и направленность тренировочного процесса // Спорт, возраст и здоровье: Тез. Всемирного научного конгресса III направления. М., 1980. 69 с.