

УДК 612.171:796.015

DOI: 10.37482/2687-1491-Z131

## **СООТНОШЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ И ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВНУТРИСЕРДЕЧНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ У ЧЕЛОВЕКА**

Л.И. Иржак\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3459-7848>

Н.Г. Русских\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4413-8258>

А.Н. Паршукова\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7297-3395>

\*Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина  
(Республика Коми, г. Сыктывкар)

**Цель работы** – изучить механизм снижения ударного объема после усиленной физической нагрузки (эффект Астранда). **Материалы и методы.** Исследование проводилось с участием 23 практически здоровых юношей – студентов Сыктывкарского государственного университета имени Питирима Сорокина (возраст –  $19 \pm 1$  лет, масса тела –  $75 \pm 13$  кг, рост –  $177 \pm 7$  см, индекс массы тела –  $24 \pm 4$  кг/м<sup>2</sup>). В качестве физической нагрузки использовалось одновременное действие пробы Штанге (произвольная задержка дыхания на вдохе) и пробы Мартине (приседания «до отказа»). Параметры внутрисердечной гемодинамики оценивались при помощи методов электрокардиографии и ультразвукового исследования. **Результаты.** Установлено, что в покое за кардиоцикл длительностью в среднем около 0,30 с через митральный клапан и клапан аорты проходит около 80 см<sup>3</sup> крови. Под действием физической нагрузки общий объем потока через митральный клапан снижается на 28 %, объем потока через клапан аорты – на 15 %. Снижение ударного объема в условиях физической нагрузки, сопровождающееся увеличением частоты сердечных сокращений, обусловлено сокращением электрокардиографического сегмента ТР (диастолы). Прекращается свободный поток Е крови из левого предсердия через митральный клапан, включается форсированный поток А, совпадающий по времени с интервалом RQ (систола левого предсердия) на электрокардиограмме. Изменения показателей обследуемых, связанные с динамикой потоков через митральный клапан и далее через клапан аорты, и процессы на уровне сегмента ТР (диастолы) дают возможность заключить, что именно сокращение диастолы во время физической нагрузки и служит главным звеном механизма всех последующих перестроек внутрисердечной гемодинамики. Настоящее исследование дополнило представления о механизме эффекта Астранда. Показана зависимость диастолической функции желудочков от объема свободного потока Е через митральный клапан во время сокращения сегмента ТР по данным электрокардиограммы.

**Ключевые слова:** митральный клапан, клапан аорты, ударный объем, минутный объем кровообращения, интервалы и сегменты ЭКГ, усиленная физическая нагрузка, ультразвуковое исследование сердца, электрические свойства миокарда.

**Ответственный за переписку:** Иржак Лев Исакович, адрес: 167000, Республика Коми, г. Сыктывкар, просп. Октябрьский, д. 55; e-mail: irzhak31@mail.ru

**Для цитирования:** Иржак Л.И., Русских Н.Г., Паршукова А.Н. Соотношение ультразвуковых и электрокардиографических параметров внутрисердечной гемодинамики при физической нагрузке у человека // Журн. мед.-биол. исследований. 2023. Т. 11, № 1. С. 34–40. DOI: 10.37482/2687-1491-Z131

При всем богатстве и разнообразии регуляторных соотношений работы сердца, связанной с транспортом массы крови, внутрисердечная гемодинамика располагает также значительными возможностями саморегуляции функций, примером чего служит характер соотношений между объемами крови в предсердиях и желудочках [1–5]. Следует признать, что ряд важнейших деталей этих процессов, таких как объемы потоков через клапаны сердца в ответ на нагрузку, остается недостаточно исследованным [1–4, 6]. В их числе анализ потоков Е и А через митральный клапан и потока через клапан аорты (ударный объем) в условиях физической нагрузки, сопровождающейся значительным увеличением частоты сердечных сокращений (ЧСС). Это относится, в частности, к явлению, описанному более полувека тому назад и с тех пор многократно упоминаемому в отечественной и иностранной литературе, – эффекту Астранда [7–11], механизм которого неясен. В связи с этим цель работы состоит в том, чтобы методами ультразвукового исследования (УЗИ) и электрокардиографии (ЭКГ) с применением физической нагрузки определить механизм эффекта Астранда.

**Материалы и методы.** Обследованы 23 здоровых юноши (I и II группа здоровья) – студента Сыктывкарского государственного университета имени Питирима Сорокина, давших добровольное согласие на участие в исследовании. Их возраст составил  $19 \pm 1$  лет, масса тела –  $75 \pm 13$  кг, рост –  $177 \pm 7$  см, индекс массы тела –  $24 \pm 4$  кг/м<sup>2</sup>.

Работа проводилась в первой половине дня, с 11 до 13 ч. С помощью аппаратно-программного комплекса «Поли-Спектр» (фирма «Нейрософт», г. Иваново) записывали ЭКГ во II стандартном отведении в состоянии покоя и после усиленной физической нагрузки. В качестве физической нагрузки использовали одновременное действие пробы Штанге (задержка дыхания после максимального вдоха) и пробы Мартине (приседания «до отказа»). После физической нагрузки совместное дей-

ствие проб длится индивидуально – от 49 до 80 с. Данная комбинация применена авторами впервые.

Одновременно с записью ЭКГ на ультразвуковом аппарате Philips HD 7 (Нидерланды) с участием врача ультразвуковой диагностики определяли ударный объем и фракцию выброса, объем потока Е (свободный поток крови через митральный клапан до начала сокращения предсердия) и потока А (поток крови через митральный клапан под действием систолы предсердий) [12]. В положении стоя оценивали объем потоков Е и А через митральный клапан, а в положении испытуемых лежа – ударный объем. Юношей разделили на две группы: у 10 чел. измеряли объем потока на уровне митрального клапана, у 13 чел. – на уровне клапана аорты.

ЧСС определяли по ЭКГ. Вычисляли минутный объем кровообращения в литрах. Длительности интервалов ЭКГ – PQ, QT, сегмента TP – определяли по записи (50 мм соответствуют 1 с).

Статистическую обработку материалов производили с помощью пакета прикладных программ Excel 2018. Учитывали средние арифметические значения ( $M$ ) и стандартные отклонения ( $SD$ ). Достоверность разницы между показателями определяли по  $t$ -критерию Стьюдента и методом парных сравнений по критерию знаков  $z$  [13]. Различия считали статистически значимыми при  $p \leq 0,001$ .

**Результаты.** В покое показатели обследуемых студентов: ЧСС, результаты измерений с помощью ЭКГ и УЗИ – отвечали возрастным нормам [1–5]. Длительности сегмента TP (диастолы) в среднем 0,16 с соответствовал объем свободного потока Е в среднем 50 см<sup>3</sup>. В начале очередного кардиоцикла за время интервала PQ (систола левого предсердия) 0,13 с через митральный клапан проходил форсированный поток А объемом в среднем 30 см<sup>3</sup>. Общий объем крови за 0,29 с – время TP + PQ (диастола и систола левого предсердия) – составил в среднем 80 см<sup>3</sup> (см. таблицу, с. 36). Этот объем кровотока полностью проходил через клапан аорты.

ПОКАЗАТЕЛИ ЭКГ И УЗИ СЕРДЦА ОБСЛЕДОВАННЫХ ЮНОШЕЙ  
ДО И ПОСЛЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ  
HEART ECG AND ULTRASOUND PARAMETERS OF THE SUBJECTS  
BEFORE AND AFTER PHYSICAL LOAD

Показатель	Значение показателя ( $M \pm SD$ )		Разница, %
	до нагрузки	после нагрузки	
Длительность сегмента TP (диастолы), с	0,16±0,06	0,04±0,04*	-75
Объем потока E за время сегмента TP, см <sup>3</sup>	50±31	0**	-100
Длительность интервала PQ (систола левого предсердия), с	0,13±0,03	0,12±0,03	-8
Объем потока A за время интервала PQ, см <sup>3</sup>	30±11	58±24**	93
Общий объем потоков E и A через митральный клапан за время TP + PQ, см <sup>3</sup>	80±32	58±24**	-28
Длительность интервала QT (систола левого желудочка), с	0,33±0,02	0,27±0,02	-18
Объем потока за время интервала QT через клапан аорты (ударный объем), см <sup>3</sup>	84±16	71±24**	-15
Фракция выброса, %	69±5	82±4	19
ЧСС, уд/мин	84±12	133±23*	58
Минутный объем кровообращения, л	7±2	9±3	29

Примечание. Установлены статистически значимые отличия от исходных показателей ( $p \leq 0,001$ ): \* – по  $t$ -критерию; \*\* – по критерию знаков  $z$ .

При ЧСС в среднем 84 уд/мин минутный объем кровообращения составил в среднем 7 л. Кровоток через митральный клапан сердца, заполняя левый желудочек, транспортировался дальше через клапан аорты практически в том же объеме за время интервала QT (в среднем около 0,33 с).

При физической нагрузке длительность диастолы у студентов оказалась снижена практически до нулевых отметок. Поток E не регистрировался методом УЗИ, когда он снизился в среднем до 0,04 с. Незначительно уменьшилась длительность интервала PQ. При этом существенно (почти в 2 раза) увеличился объем потока A как ответ на физическую нагрузку. При некотором снижении длительности интервала QT (на 18 % от значения до нагрузки) ударный объем через митральный клапан уменьшился, однако только на 15 % благодаря увеличению фракции выброса. При ЧСС, возросшей в среднем до 133 уд/мин, минутный объем кровообращения увеличился в среднем до 9 л, что означает заметную компенсацию

кровообращения в условиях действия усиленной физической нагрузки.

Таким образом, исследование показало связь между длительностью таких элементов ЭКГ, как TP, PQ и QT, с одной стороны, и объемами потоков – с другой.

**Обсуждение.** Приведенные в работе материалы позволяют обратить внимание на некоторые общебиологические проблемы, относящиеся к одной из глав физиологии сердца. Как видно, важнейшую роль в соотношении показателей кардиогемодинамики, которые обсуждаются в настоящей работе, играет длительность сегмента TP (диастолы). От того, насколько полно реагирует данный показатель на сигналы, поступающие от синоатриального узла, зависит свободный поток E, который на 2/3 обеспечивает уровень внутрисердечной гемодинамики. Как продемонстрировало исследование, показатели внутрисердечной гемодинамики отражают разную реакцию объемных и линейных скоростей E и A, элементов ЭКГ (TP, PQ, QT) на физическую нагрузку, что сопрово-

ждается перестройкой функциональных связей между ними. Так, сокращение длительности диастолы до нулевых или близких к нулевым значений ведет к снижению объема потока Е также до минимальных отметок, вплоть до нулевых (см. *таблицу*), и увеличению функциональной нагрузки на левое предсердие.

Снижение объема потоков через митральный клапан и ударного объема компенсируется ростом ЧСС. Перестройки связей наиболее очевидны в условиях физической нагрузки. Поскольку, как известно, гемодинамика зависит от ЧСС [14], то, вероятно, реакция на физическую нагрузку по сравнению с показателями в покое, в частности, зависит от кардиотипа (бради-, нормо- и тахикардия).

Очевиден также характер саморегуляции, от которого зависят изменения работы взаимосвязанных элементов на уровне электрических, сократительных и гемодинамических свойств миокарда. В самом деле, как показало исследование, под действием физической нагрузки кровотоки определяются только систолой левого предсердия. Однако объем потока снижается не более чем на 28 %. Вероятно, действует в этих условиях закон Франка–Старлинга, согласно которому сила сокращений левого предсердия при физической нагрузке значительно возрастает. Примером саморегуляции систем, показанной в настоящем исследовании, может служить и увеличение минутного объема кровообращения по сравнению с объемом крови, поступающей в левый желудочек через митральный клапан.

Наконец, необходим дополнительный подробный анализ биологической значимости реверсии ударного объема при значительных нагрузках (эффект Астранда). Рассматривая в обратном порядке результаты изменения показателей, связанных с динамикой потоков, от ударного объема к митральному и выше, к процессам на уровне сегмента ТР (диастолы), убеждаемся в том, что именно сокращение диастолы во время физической нагрузки и служит главным звеном механизма всех

последующих перестроек внутрисердечной гемодинамики.

При регистрации разнообразных свойств миокарда электрические (сегмент ТР) совпадают по длительности с механическими (сократимость). Важно определить, до какой степени должен сократиться сегмент ТР, чтобы это привело к снижению величины ударного объема, регистрируемого путем УЗИ. Строго говоря, начало снижения ударного объема, вероятно, находится в области ТР на уровне 0,10 с, т. е. при ЧСС, равной 80–85 уд/мин, а окончание снижения – на уровне ЧСС, составляющей не менее 100 уд/мин. Подтверждение подобного вывода находим в оригинальной работе Астранда 1964 года [7].

Если пределом дальнейшего снижения потока на выходе из левого желудочка в аорту выступает уровень потока, определяемый систолой левого предсердия, то конечным результатом данного эффекта может быть уменьшение энергетического обмена и сохранение пониженного уровня жизнедеятельности. Представляется важным для оценки адаптивного резерва сердечной деятельности при физической нагрузке определить уровень кислородного голодания, рассчитать уровень потребления кислорода, степень перестройки газообмена и энергетических затрат при высокой тахикардии, когда при абсолютном снижении потока Е все кровоснабжение зависит только от оксигенированного потока А.

Таким образом, исследование соотношения между электрокардиографическими и ультразвуковыми параметрами сердечной деятельности при эффекте Астранда, наблюдаемом при физической нагрузке:

1) определило зависимость диастолической функции желудочков от объема свободного потока Е через митральный клапан;

2) установило, что реверсия (снижение) ударного объема (эффект Астранда) начинается после того, как ЧСС превышает 100 уд/мин.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Список литературы

1. Иржак Л.И. Физиология митрального клапана взрослого человека при физической нагрузке // Физиология человека. 2006. Т. 32, № 5. С. 84–87.
2. Заборский О.С., Поскотникова Л.В. Реакция сердечно-сосудистой системы на скоростно-силовую нагрузку в условиях холода у юношей на возрастных этапах 14–15 и 15–16 лет // Журн. мед.-биол. исследований. 2022. Т. 10, № 2. С. 143–150. DOI: [10.37482/2687-1491-Z103](https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z103)
3. Romero S.A., Minson C.T., Halliwill J.R. The Cardiovascular System After Exercise // J. Appl. Physiol. (1885). 2017. Vol. 122, № 4. P. 925–932. DOI: [10.1152/jappphysiol.00802.2016](https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00802.2016)
4. Русских Н.Г., Иржак Л.И. Вариабельность элементов электрокардиограммы в ответ на ментальную пробу у юношей 18–19 лет // Журн. мед.-биол. исследований. 2018. Т. 6, № 1. С. 35–40. DOI: [10.17238/issn2542-1298.2018.6.1.35](https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2018.6.1.35)
5. Neufeld E.V., Carney J.J., Dolezal B.A., Boland D.M., Cooper C.B. Exploratory Study of Heart Rate Variability and Sleep Among Emergency Medical Services Shift Workers // Prehosp. Emerg. Care. 2017. Vol. 21, № 1. P. 18–23. DOI: [10.1080/10903127.2016.1194928](https://doi.org/10.1080/10903127.2016.1194928)
6. McClean G., Riding N.R., Ardern C.L., Farooq A., Pieves G.E., Watt V., Adamuz C., George K.P., Oxborough D., Wilson M.G. Electrical and Structural Adaptations of the Paediatric Athlete's Heart: A Systematic Review with Meta-Analysis // Br. J. Sports Med. 2018. Vol. 52, № 4. Art. № 230. DOI: [10.1136/bjsports-2016-097052](https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097052)
7. Astrand P.-O., Cuddy T.E., Saltin B., Stenberg J. Cardiac Output During Submaximal and Maximal Work // J. Appl. Physiol. 1964. Vol. 19, № 2. P. 268–274. DOI: [10.1152/jappl.1964.19.2.268](https://doi.org/10.1152/jappl.1964.19.2.268)
8. Åstrand P.-O., Rodahl K., Dahl H.A., Strömme S.B. Textbook of Work Physiology. Physiological Bases of Exercise. Champaign: Human Kinetics, 2003. 650 p.
9. Дембо А.Г., Земцовский Э.В. Спортивная кардиология: рук. для врачей. Л.: Медицина, 1989. 464 с.
10. Noble A., Johnson R., Thomas A., Bass P. The Cardiovascular System: Basic Science and Clinical Conditions. Edinburgh: Elsevier, 2010. 184 p.
11. González-Fimbres R.A., Hernández-Cruz G., Flatt A.A. Ultrashort versus Criterion Heart Rate Variability Among International-Level Girls' Field Hockey Players // Int. J. Sports Physiol. Perform. 2021. Vol. 16, № 7. P. 985–992. DOI: [10.1123/ijsp.2020-0362](https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0362)
12. Wilkeshoff U., Kruck I. Handbuch der Echokardiografie. Stuttgart: Thieme, 2017. 352 p.
13. Рудой А.С., Урываев А.М., Литвиненко А.М., Денецук Ю.С. Z-критерий, как оптимальный параметр оценки эхокардиографических размеров корня аорты в норме и патологии // Мед. журн. 2015. № 1. С. 132–139.
14. Спицин А.П., Кушкова Н.Е., Колодкина Е.В. Особенности центральной гемодинамики у лиц молодого возраста в зависимости от отличий фактической частоты сердечных сокращений // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. 2018. № 7(304). С. 27–30.

## References

1. Irzhak L.I. Physiology of the Mitral Valve of Adult Humans During Exercise. *Hum. Physiol.*, 2006, vol. 32, no. 5, pp. 574–577.
2. Zaborskiy O.S., Poskotinova L.V. Response of the Cardiovascular System to a Speed-Strength Exercise in a Cold Environment in Male Adolescents at the Age Stages of 14–15 and 15–16 Years. *J. Med. Biol. Res.*, 2022, vol. 10, no. 2, pp. 143–150. DOI: [10.37482/2687-1491-Z103](https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z103)
3. Romero S.A., Minson C.T., Halliwill J.R. The Cardiovascular System After Exercise. *J. Appl. Physiol. (1885)*, 2017, vol. 122, no. 4, pp. 925–932. DOI: [10.1152/jappphysiol.00802.2016](https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00802.2016)
4. Russkikh N.G., Irzhak L.I. Variability of Electrocardiogram Components in Response to a Mental Test in Men Aged 18–19 Years. *J. Med. Biol. Res.*, 2018, vol. 6, no. 1, pp. 35–40. DOI: [10.17238/issn2542-1298.2018.6.1.35](https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2018.6.1.35)

5. Neufeld E.V., Carney J.J., Dolezal B.A., Boland D.M., Cooper C.B. Exploratory Study of Heart Rate Variability and Sleep Among Emergency Medical Services Shift Workers. *Prehosp. Emerg. Care*, 2017, vol. 21, no. 1, pp. 18–23. DOI: [10.1080/10903127.2016.1194928](https://doi.org/10.1080/10903127.2016.1194928)
6. McClean G., Riding N.R., Ardern C.L., Farooq A., Pielek G.E., Watt V., Adamuz C., George K.P., Oxborough D., Wilson M.G. Electrical and Structural Adaptations of the Paediatric Athlete's Heart: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Br. J. Sports Med.*, 2018, vol. 52, no. 4. Art. no. 230. DOI: [10.1136/bjsports-2016-097052](https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097052)
7. Åstrand P.-O., Cuddy T.E., Saltin B., Stenberg J. Cardiac Output During Submaximal and Maximal Work. *J. Appl. Physiol.*, 1964, vol. 19, no. 2, pp. 268–274. DOI: [10.1152/jappl.1964.19.2.268](https://doi.org/10.1152/jappl.1964.19.2.268)
8. Åstrand P.-O., Rodahl K., Dahl H.A., Strømme S.B. *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise*. Champaign, 2003. 650 p.
9. Dembo A.G., Zemtsovskiy E.V. *Sportivnaya kardiologiya* [Sports Cardiology]. Leningrad, 1989. 464 p.
10. Noble A., Johnson R., Thomas A., Bass P. *The Cardiovascular System: Basic Science and Clinical Conditions*. Edinburgh, 2010. 184 p.
11. González-Fimbres R.A., Hernández-Cruz G., Flatt A.A. Ultrashort versus Criterion Heart Rate Variability Among International-Level Girls' Field Hockey Players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 2021, vol. 16, no. 7, pp. 985–992. DOI: [10.1123/ijsp.2020-0362](https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0362)
12. Wilkenshoff U., Kruck I. *Handbuch der Echokardiografie*. Stuttgart, 2017. 352 p.
13. Rudoy A.S., Uryvaev A.M., Litvinenko A.M., Deneshchuk Yu.S. Z-kriteriy, kak optimal'nyy parametr otsenki ekhokardiograficheskikh razmerov kornya aorty v norme i patologii [Z-Test as an Optimal Parameter for Assessing Aortic Root Echocardiographic Dimensions in Health and Disease]. *Meditinskiy zhurnal*, 2015, no. 1, pp. 132–139.
14. Spitsin A.P., Kushkova N.E., Kolodkina E.V. Osobennosti tsentral'noy gemodinamiki u lits molodogo vozrasta v zavisimosti ot otlichykh fakticheskoy chastoty serdechnykh sokrashcheniy [Features of Central Hemodynamics of Young Adults Depending on Variations of Actual Heart Rate]. *Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*, 2018, no. 7, pp. 27–30.

DOI: 10.37482/2687-1491-Z131

Lev I. Irzhak\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3459-7848>Nadezhda G. Russkikh\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4413-8258>Aleksandra N. Parshukova\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7297-3395>

\*Syktyvkar State University named after Pitirim Sorokin  
(Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation)

## CORRELATION BETWEEN ULTRASOUND AND ELECTROCARDIOGRAPHIC PARAMETERS OF INTRACARDIAC HAEMODYNAMICS UNDER PHYSICAL LOAD IN HUMANS

The **purpose** of this article was to study the mechanism of reduction in stroke volume after intense physical activity (the Astrand effect). **Materials and methods.** The research involved 23 apparently healthy male students of Syktyvkar State University named after Pitirim Sorokin (age:  $19 \pm 1$  years, body weight:  $75 \pm 13$  kg, height:  $177 \pm 7$  cm, body mass index:  $24 \pm 4$  kg/m<sup>2</sup>). The physical load consisted of the Stange test (voluntary inspiratory breath-holding) and the Martinet test (squats to failure) performed simultaneously. The parameters of intracardiac haemodynamics were assessed using electrocardiography and ultrasonography. **Results.** We established that at rest, about 80 cm<sup>3</sup> of blood passes through the mitral valve and the aortic valve in a cardiac cycle lasting on average about 0.30 s. Under physical load, the total blood flow volume through the mitral valve is reduced by 8 %, while through the aortic valve, by 15 %. The decrease in stroke volume under physical load, accompanied by

an increase in heart rate, is due to a reduction in the TP segment of the electrocardiogram (diastole). The free blood flow (during diastole) from the left atrium through the mitral valve stops and the forced flow (during systole) starts, coinciding in time with the PQ interval (left atrial systole) on the electrocardiogram. Changes in the subjects' parameters associated with the flow dynamics through the mitral valve and further through the aortic valve, as well as the processes in the TP segment (diastole) indicate that it is the shortened diastole during exercise that serves as the main link in the mechanism of all subsequent rearrangements of intracardiac haemodynamics. This study contributes to the understanding of the mechanism of the Astrand effect. Moreover, it demonstrated the dependence of the diastolic function of the ventricles on the volume of free blood flow (during diastole) through the mitral valve during the contraction of the TP segment according to the electrocardiographic data.

**Keywords:** *mitral valve, aortic valve, stroke volume, cardiac output, ECG intervals and segments, intense physical load, heart ultrasound, electrical properties of the myocardium.*

Received 1 July 2022

Accepted 2 November 2022

Published 13 February 2023

Поступила 01.07.2022

Принята 02.11.2022

Опубликована 13.02.2023

---

**Corresponding author:** Lev Irzhak, address: prosp. Oktyabr'skiy 55, Syktyvkar, 167000, Respublika Komi, Russian Federation; e-mail: irzhak31@mail.ru

**For citation:** Irzhak L.I., Russkikh N.G., Parshukova A.N. Correlation Between Ultrasound and Electrocardiographic Parameters of Intracardiac Haemodynamics Under Physical Load in Humans. *Journal of Medical and Biological Research*, 2023, vol. 11, no. 1, pp. 34–40. DOI: 10.37482/2687-1491-Z131