ISSN 1993-5757
SPORT SCIENCE OF UKRAINE *СПОРТИВНА НАУКА УКРАЇНИ*
2015. №2 (66). P. 9-16. *2015. №2 (66). С. 9-16.*
УДК 799.322.2: 612.743: 612.176.4

МОДЕЛІ СОМАТО-ВІСЦЕРАЛЬНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ПОСТРІЛУ З ЛУКА

Любомир ВОВКАНИЧ, Богдан ВИНОГРАДСЬКИЙ, Іванна КОВАЛЬ

Львівський державний університет фізичної культури, м. Львів, Україна, e-mail: lsvovkanych@gmail.com

Анотація. Аналіз часової динаміки частоти серцевих скорочень (ЧСС) та порівняння її з показниками інтерференційної електроміограми (ІЕМГ) м'язів лучників дає змогу сформувати оптимальну модель сомато-вісцеральної взаємодії під час виконання пострілу з лука. Показники ЧСС та ІЕМГ досліджували у 18 лучників високої кваліфікації віком 18–20 р. під час стрільби на дистанції 70 м. Установлено, що середні величини ЧСС лучників під час пострілу знаходяться в межах 94–141 уд./хв (переважно – до 130 уд./хв). Виявлено три основні моделі змін ЧСС під час пострілу. У більшості спортсменів ЧСС коливається, досягаючи мінімуму за 1–5 с до випуску стріли та повертаючись до початкового рівня через 3–5 с після випуску. Зміни середньої амплітуди ІЕМГ окремих м'язів лучника та ЧСС упродовж виконання пострілу індивідуальні. Переважно між цими показниками виявлено негативну кореляцію.

Ключові слова: стрільба з лука, частота серцевих скорочень, електроміограма, кореляція.

МОДЕЛИ СОМАТО-ВИСЦЕРАЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВО ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫСТРЕЛА ИЗ ЛУКА

Любомир ВОВКАНЫЧ, Богдан ВИНОГРАДСКИЙ, Ивана КОВАЛЬ

Львовский государственный университет физической культуры, г. Львов, Украина, e-mail: lsvovkanych@gmail.com

Аннотация. Анализ временной динамики частоты сердечных сокращений (ЧСС) и сравнение ее с показателями интерференционной электромиограммы (ИЭМГ) мышц лучников позволяет сформировать оптимальную модель сомато-висцеральной взаимодействия при выполнении выстрела из лука. Исследовали показатели ЧСС и ИЭМГ у 18 лучников высокой квалификации в возрасте 18–20 лет во время стрельбы на дистанции 70 м. Установлено, что средние величины ЧСС лучников во время выстрела находятся в пределах 94–141 уд./мин (преимущественно – менее 130 уд./мин). Выявлены три основных модели изменений ЧСС во время выстрела. У большинства спортсменов ЧСС колеблется, достигая минимума за 1–5 с до выпуска стрелы и возвращаясь к исходному уровню через 3–5 с после выпуска. Изменения средней амплитуды ИЭМГ отдельных мышц лучника и ЧСС на протяжении выполнения выстрела индивидуальны. Преимущественно между этими показателями обнаружена отрицательная корреляционная связь.

Ключевые слова: стрельба из лука, частота сердечных сокращений, электромиограмма, корреляция.

THE MODELS OF SOMATO-VISCERAL INTERACTION DURING THE ARCHERY SHOT

Lyubomyr VOVKANYCH, Bogdan VYNOGRADSKYI, Ivanna KOVAL

Lviv State University of Physical Culture, Lviv, Ukraine, e-mail: lsvovkanych@gmail.com

Abstract. Analysis of time dynamics of heart rate (HR) and its comparison with the surface electromyography (SEMG) of archers' muscles may be of use to create an optimal model of somatovisceral interaction during the shot. The HR and SEMG were simultaneously recorded during the 18 skilled archers (18-20 years aged) training shots (70 m). It has been shown that the average values of HR during the shot lies between 94–141 bpm (mainly– under 130 bpm). The three main models of HR changes during the shot have been found. In most cases we found the transient HR changes with a minimum at 1–5 s before arrow release and returning back to the original level at 3–5 s after the release. The changes in the SEMG mean amplitude of some muscles of archer and HR during the shot had great individual variations. In most cases the negative correlation between these indices was revealed.

Keywords: archery, heart rate, electromyogram, correlation.

Постановка проблеми. У стрілецьких видах спорту увагу дослідників найчастіше сконцентровано на вивченні біомеханічних характеристик руху, стабільності функціонування зброї, електричній активності м'язів стрільців. Значно менше уваги приділяють функціону-

© Вовканич Л., Виноградський Б., Коваль І., 2015

ванню вегетативних систем, зокрема – серцево-судинної системи. Це зумовлено, вочевидь, значно меншими, порівняно з багатьма іншими видами спорту, змінами показників серцево-судинної системи під час виконання стрілецьких вправ [1, 4, 5; 7, 8]. Проте опис частоти серцевих скорочень (ЧСС) все ж використовують окремі автори для характеристики рівня психоемоційного напруження лучників під час тренувальної та змагальної діяльності [1, 4, 5; 7, 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У літературних джерелах переважно висвітлено зміни середньої ЧСС лучників у залежності від рівня їхнього психоемоційного напруження [1, 4, 7, 8] під час тренувальної і змагальної діяльності. Окремі автори вказують на взаємозв'язок рівня ЧСС із спортивним результатом [3, 5]. Лише в кількох роботах вказано на зміни ЧСС під час пострілу [3, 7, 9, 10]. В поодиноких джерелах [6] здійснено спробу пов'язати особливості змін ЧСС з правильністю виконання окремих технічних елементів під час пострілу з лука. Проте нам не вдалося знайти даних стосовно порівняльного аналізу показників інтерференційної електроміограми м'язів лучників та змін ЧСС під час виконання пострілу.

Тому **метою** нашого дослідження став аналіз основних моделей взаємодії рухових (соматичних) та вегетативних функцій стрільців. Такий аналіз дозволить не лише вдосконалити підготовленість спортсменів, але й дати відповідь на питання про оптимальну модель соматовісцеральної взаємодії під час виконання пострілу.

Методи та організація дослідження. У дослідженні взяли участь 18 лучників високої спортивної кваліфікації (КМС–МС) віком 18–20 років. Дослідження проводили в польових умовах під час стрільби на дистанції 70 м.

Реєстрацію ЧСС проводили безперервно упродовж однієї серії з 9 пострілів. Використовували пульсометр Polar RS800 в режимі запису тривалості послідовних кардіоциклів (кардіоінтервалів, R-Rінтервалів). Момент випуску стріли фіксували шляхом натискання відповідної кнопки реєструвального пристрою. Аналіз отриманого запису ЧСС та тривалості кардіоциклів виконували за допомогою програмного забезпечення Polar Precision Perfomens (версія 5.01). Аналіз виконували візуально (форма кривої, характер коливань, розташування маркерів випуску стріли тощо) та програмно, перетворивши запис у цифровий формат (послідовність цифр, що відображають тривалість кардіоциклів).

Реєстрацію ІЕМГ виконували за допомогою електроміографа «Нейро-МВП-Микро» (ООО «Нейрософт», Російська Федерація) згідно зі стандартними вимогами [2]. Вивчали електричну активність *m. deltoideusdext., m. trapeziusdext., mm. rhomboideidext., m. deltoideussin., m. tricepsbrachii sin.* Запис ІЕМГ аналізували за допомогою програмного забезпечення «Нейро-МВП.NETω» (версія 3.01.29.0). Визначали часову динаміку середньої амплітуди (мВ) та середньої частоти (Гц) електричної активності м'язів у сегментах тривалістю 200 мс за період 4 с до та 2 с після пострілу.

Статистичний аналіз виконували за допомогою стандартних функцій Microsoft Excel 2010.

Виклад основного матеріалу. Отримані дані свідчать, що середні величини ЧСС різних лучників під час виконання пострілів коливались від 94 до 141 уд./хв. Лише у двох спортсменів ЧСС перевищила 130 уд./хв. Це підтверджує дані інших авторів, які вказують, що під час тренувань ЧСС лучників знаходиться в діапазоні 100–130 уд./хв. [1, 4, 5, 7].

Детальніший аналіз часової динаміки ЧСС дав змогу виявити певні індивідуальні відмінності часової динаміки цього показника. Передусім, у більшості (16 з 18) спортсменів упродовж виконання серії пострілів спостерігалося «регулярне» коливання ЧСС (рис. 1а, 1б). У двох спортсменів зміни ЧСС мали нерегулярний характер (рис. 1г). Момент випуску стріли у різних спортсменів припадає на різні фази коливань ЧСС. Випуск стріли може відбуватися як за найнижчих (рис. 1а), так і за близьких до максимальних (рис. 1б) величин ЧСС.

Детальніший аналіз часової динаміки ЧСС під час виконання лучниками стрільби був виконаний шляхом аналізу зміни тривалості кардіоциклу (кардіоінтервалу, R-R інтервалу). Приклади такого аналізу подано на рис. 2. При цьому отримана крива відображає усереднені

значення величин кардіоінтервалів, зареєстрованих упродовж серії пострілів. За нульову точку прийнято момент випуску стріли.

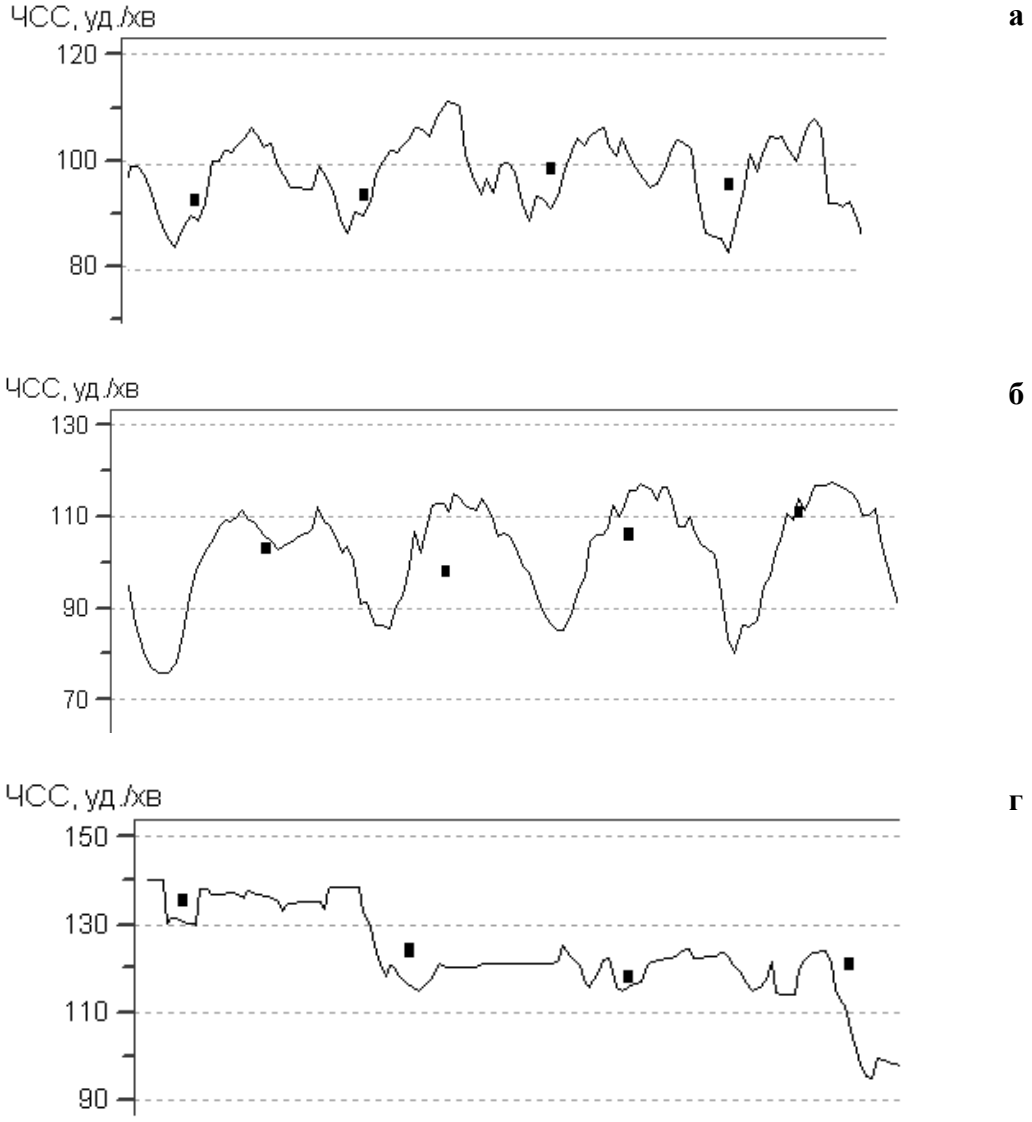

Рис. 1. **Часова динаміка ЧСС лучників під час виконання серії пострілів на дистанції 70 м**
Подано приклади записів із різним характером коливань (а, б, г).
Чорним квадратом позначено момент випуску стріли

Встановлено, що період та амплітуда коливань тривалості кардіоциклів, а також форма отриманої кривої дещо відрізняються в різних спортсменів. Так, у двох спортсменів, дані яких відображено на рис. 2, період коливань становив близько 30 та 20 с, амплітуда змін кардіоциклів – 200 та 60 мс (криві а та б).

Хоча в обидвох спортсменів тривалість кардіоциклів досягає максимуму за 5 с до випуску стріли (найнижча ЧСС), подальші зміни неоднакові.

Так, у одного із спортсменів (рис. 2а) тривалість кардіоциклів починає зменшуватися за три секунди до випуску стріли, досягаючи мінімальних величин упродовж п'яти секунд після нього. У іншого спортсмена (рис. 2б) спостерігається невелике коливне зменшення тривалості кардіоциклів перед випуском, після чого цей показник відновлюється до високих значень у момент випуску та практично не змінюється упродовж семи секунд після випуску стріли. Тому ми здійснили спробу згрупувати отримані криві часових змін кардіоциклів у кілька модельних груп (рис. 3). У дванадцяти обстежених лучників максимальні величини R-R інтервалів, а отже – мінімальні значення ЧСС, досягаються в інтервалі 1–5 с до випуску стріли (рис. 3а). Надалі відбувається зменшення тривалості кардіоциклів, випуск стріли відбувається

в середньому на рівні 66,6±7,9% від мінімального значення кардіоциклу. Через 3–5 с після випуску стріли тривалість кардіоциклів у всіх спортсменів повертається до початкового рівня.

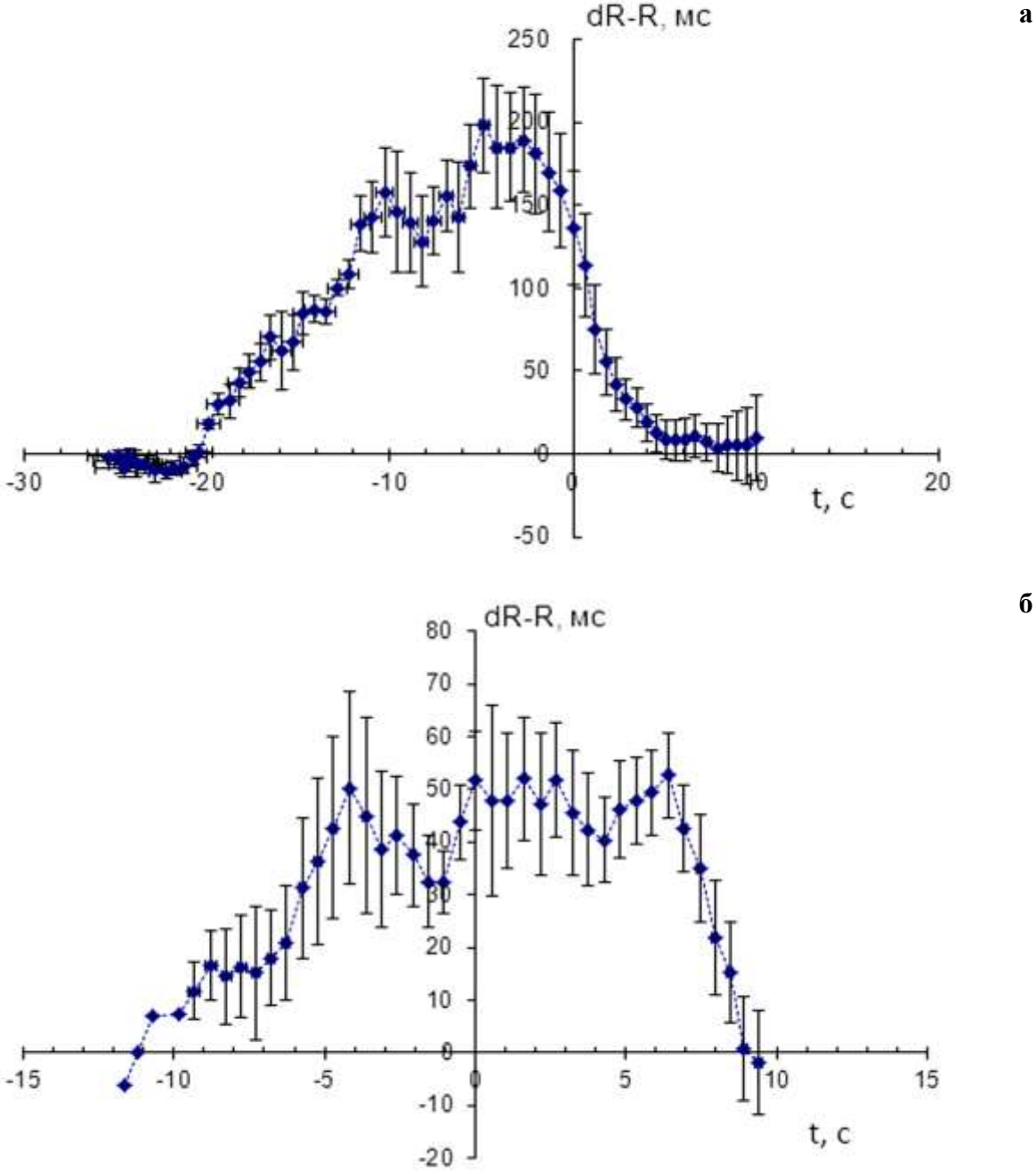

Рис. 2. **Часова динаміка тривалості кардіоциклів під час виконання серії пострілів на дистанції 70 м**

Подано приклади записів із різним характером коливань. За віссю абсцис – час реєстрації кардіоциклів (нульова точка відповідає моменту випуску стріли). За віссю ординат – зміна тривалості кардіоциклу (dR-R, відносно початкового). Криві а та б відображають усереднені дані двох різних спортсменів

Можна припустити, що у спортсменів цієї групи спостерігається зниження та короткочасна стабілізація ЧСС у момент завершування прицілювання та під час утримування тятиви. Підвищення ЧСС перед випуском обумовлене, очевидно, підвищенням напруження м'язів, яке необхідне для переміщення стріли через клікер перед її випуском.

У двох спортсменів (рис. 3б) тривалість кардіоциклів досягає максимальних величин у момент випуску стріли. У одного з цих спортсменів наявні значні відмінності динаміки кардіоциклів у серіях, що не дозволяє достатньою мірою підтвердити висновки статистично. Проте загальною особливістю в цих спортсменів була відсутність фази підвищення ЧСС пе-

ред випуском стріли. Часова динаміка тривалості кардіоциклів у чотирьох спортсменів (рис. 3в) вказує на відсутність суттєвих змін або зменшення тривалості цього показника під час пострілу. Таким чином, упродовж 10-секундного часового інтервалу до та після випуску стріли ЧСС цих спортсменів або зазнає незначних коливань, або збільшується. За припущенням Ki Sik Lee [6], це може вказувати на відсутність фази утримання та надмірне напруження м'язів під час виконання пострілу.

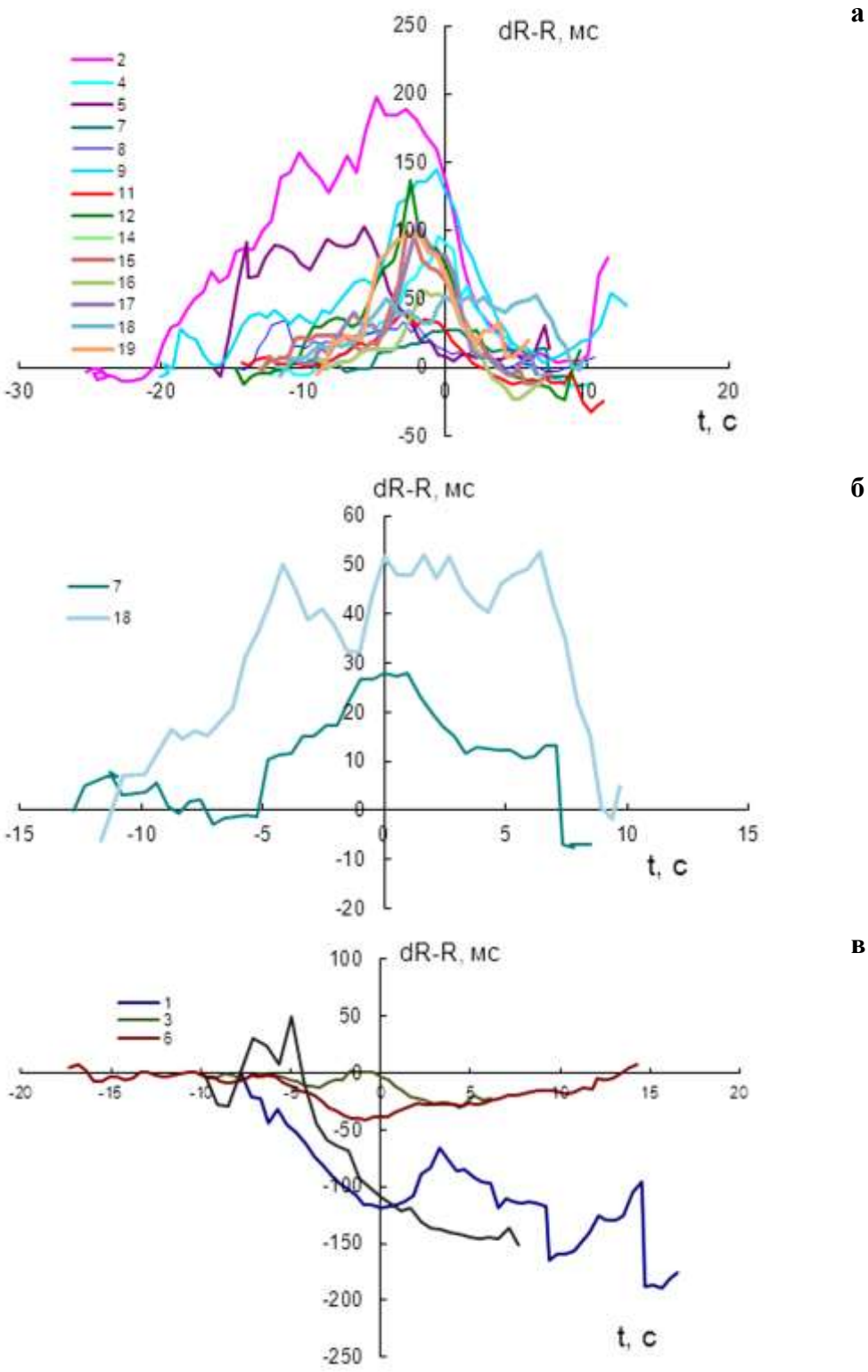

Рис. 3. **Часова динаміка ЧСС лучників під час виконання серії пострілів на дистанції 70 м**

Подано приклади записів з різним характером коливань (а, б, в).
Чорним квадратом позначено момент випуску стріли

Зміни тривалості кардіоциклів упродовж пострілу з лука зумовлені складними соматовісцеральними рефлексами та, вочевидь, тісно взаємопов'язані із зміною напруження скелетних м'язів у різних фазах пострілу.

Для виявлення такого взаємозв'язку ми порівняли зміни ЧСС та середньої амплітуди ІЕМГ основних м'язів спини та верхніх кінцівок лучника в часовому проміжку від четвертої секунди до випуску стріли і до другої секунди після випуску. Установлено, що часова динаміка зміни середньої амплітуди ІЕМГ м'язів лучників та ЧСС має індивідуальний характер (рис. 4). Так, дані рис. 4а вказують на протилежні зміни електричної активності низки м'язів лучника та величини ЧСС спортсмена. Водночас динаміка цих показників у іншого лучника (рис. 4б) свідчить про одночасне збільшення середньої амплітуди ІЕМГ та величини ЧСС спортсмена під час виконання пострілу. Індивідуальні особливості певною мірою ускладнюють аналіз взаємозалежності ЧСС та електричної активності м'язів лучників.

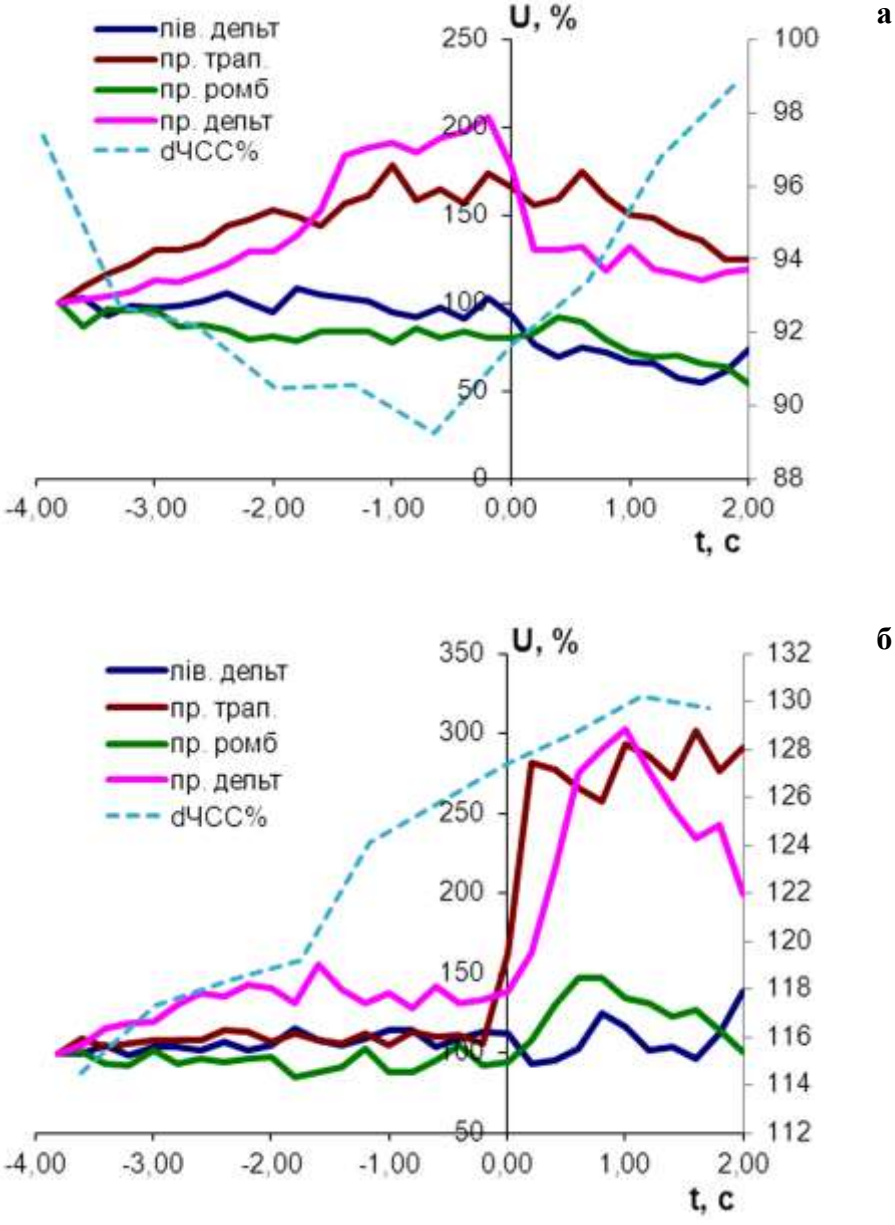

Рис. 4. **Часова динамка зміни електричної активності м'язів та ЧСС лучників під час виконання пострілу**

Суцільними лініями відображено зміни електричної активності м'язів, пунктирною – зміни ЧСС. За віссю абсцис – час виконання пострілу (с), нульовий момент відповідає випуску стріли. За основною віссю ординат – зміни середньої амплітуди ІЕМГ (%), за додатковою (справа) – зміни ЧСС (%). а і б – індивідуальні характеристики двох лучників

Для виявлення загальних тенденцій був виконаний кореляційний аналіз залежності між ЧСС (у відсотках від початкового рівня) та середньою амплітудою ІЕМГ м'язів (у відсотках від початкового рівня) в інтервалі від четвертої секунди до випуску стріли і до другої секунди після випуску. Результати цього аналізу подано у табл. 1. Виявлено, що найбільшою мірою ЧСС лучників корелює з електричною активністю *m. deltoideusdext.* (12 достовірних кореляційних зв'язків з 18 проаналізованих, лише два – позитивні) та *m. tricepsbrachii sin.* (три достовірні зв'язки з чотирьох проаналізованих, усі – негативні). Для інших м'язів кількість зв'язків була дещо меншою – 10 та 8 (*m. trapeziusdext.* та *mm. rhomboideidext.* відповідно).

При цьому здебільшого коефіцієнти кореляції ЧСС з активністю *m. trapeziusdext.* були позитивними (7 з 10), а для інших м'язів – негативними (23 з 28).

Таблиця 1

Результати кореляційного аналізу взаємозалежності середньої амплітуди ІЕМГ окремих м'язів лучника та ЧСС упродовж виконання пострілу

Спортсмен	Коефіцієнт кореляції з ЧСС				
	m. deltoideusdext.	*m. trapeziusdext.*	*mm. rhomboideidext.*	*m. deltoideussin.*	*m. tricepsbrachii sin.*
1	0,74	0,73			
2	-0,86	0,95			-0,86
3	-0,86		-0,79		-0,64
4	-0,57		-0,79		-0,62
5			0,67		
6	-0,45				
7					
8	-0,68	-0,66		-0,60	
9	-0,76			-0,93	
10	-0,66	0,68	-0,43	-0,78	
11	0,79	0,80	0,60		
12	-0,99	0,79	-0,50	-0,92	
13	-0,66	-0,67	-0,82		
14					
15		0,56		-0,60	
16				0,45	
17	-0,86	0,45	-0,74	-0,91	
18		-0,66		-0,80	
Кількість значущих кореляційних зв'язків	12,00	10,00	8,00	8,00	3,00

Примітка. Подано лише статистично значущі коефіцієнти кореляції.

Для десяти лучників характерною є наявність лише негативних коефіцієнтів кореляції між ЧСС та середньою амплітудою ІЕМГ. Якщо вважати, що ця модель сомато-вісцеральної взаємодії є найтиповішою для лучників, то зміни ЧСС можна пояснювати феноменом Ліндгарда–Верещагіна, або феноменом статичного зусилля. У цьому випадку значні статичні зусилля супроводжуються гальмуванням вегетативних функцій, а зменшення статичного напруження після завершення випуску – підвищенням ЧСС. З цього погляду слід трактувати зниження ЧСС під час фази прицілювання не як прояв розслаблення, на що вказує Ki Sik Lee [6], а як результат значного напруження м'язів, яке забезпечує максимальну стійкість зброї у заключних фазах пострілу.

До іншої модельної групи (другої та третьої за характером часової динаміки ЧСС) належать четверо стрільців з лука, у яких наявні лише позитивні коефіцієнти кореляції амплітуди електричної активності м'язів та ЧСС. У цих спортсменів рівень ЧСС досягає близьких до

максимальних значень саме під час випуску стріли, як і рівень електричної активності багатьох м'язів. Причини існування протилежних (позитивних та негативних) взаємозв'язків соматово-вісцеральних функцій у лучників одного рівня кваліфікації вимагають подальших досліджень.

Висновки:

1. Установлено, що під час виконання пострілу з лука середні величини частоти серцевих скорочень лучників високої кваліфікації віком 18–20 р. знаходяться в межах 94–141 уд./хв. Здебільшого величина ЧСС не перевищує 130 уд./хв.

2. Виявлено три основні модельні групи зміни ЧСС під час виконання пострілу. У більшості спортсменів ЧСС поступово знижується, досягаючи мінімуму за 1–5 с до випуску стріли. Надалі ЧСС поступово зростає і через 3–5 с після випуску повертається до початкового рівня.

3. Результати кореляційного аналізу взаємозалежності середньої амплітуди ІЕМГ окремих м'язів лучника та ЧСС упродовж виконання пострілу неоднозначні. Коефіцієнти кореляції переважно негативні.

Перспективи подальших досліджень полягають у зіставленні отриманих індивідуальних показників часової динаміки ЧСС з результативністю стрільби учасників досліджень.

Список літератури

1. *Находкин В. В.* Роль психорегулирующей тренировки в реализации индивидуальной программы подготовки стрелка к соревнованиям / В. В. Находкин // Ученые записки. – 2010. – № 4 (62). – С. 71–77.

2. *Николаев С. Г.* Практикум по клинической электромиографии: издание второе, перераб. и доп. / С. Г. Николаев. – Иваново : Иван.гос. мед. академия, 2003. – 264 с.

3. *Тарасова Л. В.* Повышениерезультативности в стрельбеиз лука на основеоптимизации характеристик выстрела/ Л. В. Тарасова, Ю. А. Ипполитов, А. А. Новиков // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 4. – С. 31.

4. *Тарасова Л. В.* Определение наиболее эффективного ежима стрельбы у высококвалифицированных и юных стрелков из лука / Л. В. Тарасова // Вестник спортивной науки. – 2010. – № 6. – С. 27–29.

5. Eroğlu Kolayiş Okçuluk Milli Takımının antrenman ortamında kalp atım hızı ve nişan alma süresinin atış puanı üzerindeki etkileri / Eroğlu Kolayiş, E. Mimaroğlu // Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi. – 2008. – Cilt 5. – Sayı 1. – P. 1–19.

6. *KiSik L.* TotalArchery / KiSikLee. – Korea : Astra LLC, 2009. – 264 c.

7. *Miyamoto M.* Changes of heart rate, somatic anxiety, and performance of Japanese archers during practice and matches / M. Miyamoto // Jap. J. Exp. Soc. Psych. – 1994. – V. 33, N 3. – P. 191.

8. *Robazza C.* Emotions, heart rate and performance in archery. A case study / C.Robazza, L.Bortoli, V.Nougier // J. Sport Med. Phys. Fitness. – 1999. – 39. – P. 169–176.

9. *Robazza C.* Physiological arousal and performance in elite archers : A fieldstudy. / C. Robazza, L. Bortoli;V. Nougier // European Psychologist. – 1998. – V. 3(4). – P. 263–270.

10. *Salazar W.* Hemispheric asymmetry, cardiac response, and performance in elite archers / W. Salazar, D. M.Landers, S. J.Petruzzelloet al. / Res Q Exerc Sport. – 1990. – V. 61(4). – P. 351.

Стаття надійшла до редколегії 2.04.2015
Прийнята до друку 26.05.2015
Підписана до друку 30.04.2015