Дата публикации: 01.09.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_03_20
УДК 612

Publication date: 01.09.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_03_20
UDC 612

СТАТОКИНЕТИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ И ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ СЕРДЦА У ЮНЫХ БАДМИНТОНИСТОВ

А.С. Назаренко, Н.Н. Чершинцева, А.А. Зверев
Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, г. Казань, Россия

Аннотация. В статье представлены особенности сопряженных реакций статокинетической функции и работы сердца у юных бадминтонистов в состоянии относительного покоя и после активной ортостатической пробы. Показано, что имеются сопряженные изменения, как стабилографических показателей, так и электрокардиографических параметров работы сердца, связанные с изменением положения тела. Наличие корреляционных связей между стабилографическими показателями и параметрами электрокардиограммы отражает взаиморегулирующее влияние на поддержание вертикального положения тела, как в состоянии относительного покоя, так и после активной ортостатической пробы.
Ключевые слова: стабилографические показатели, электрокардиограмма, статокинетическая устойчивость, ортостатическая проба, равновесие тела, бадминтон, спортсмены.

STATOKINETIC STABILITY AND ELECTROCARDIOGRAPHIC INDICATORS OF HEART WORK IN YOUNG BADMINTON PLAYERS

A.S. Nazarenko, N.N. Chershintseva, A.A. Zverev
Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia

Annotation. The article presents the features of conjugated reactions of statokinetic function and heart work in young badminton players in a state of relative rest and after an active orthostatic test. It is shown that there are conjugate changes in both stabilographic and electrocardiographic parameters of the heart, connected to changes in the body position. The presence of correlations between stabilographic indicators and electrocardiographic parameters reflects the mutually regulating effect on maintaining the vertical position of the body, both in a state of relative rest and after an active orthostatic test.
Keywords: stabilographic indicators, electrocardiogram, statokinetic stability, orthostatic test, body balance, badminton, athletes.

Введение. В настоящее время имеется достаточное количество научных работ, в которых оценивалась статокинетическая функция у спортсменов в норме, а также под влиянием различных функциональных проб [1-5]. Однако в научно-методической литературе недостаточно информации о возрастных особенностях сопряженных реакций статокинетической функции и работы сердца у юных бадминтонистов в состоянии относительного покоя и после активной ортостатической пробы.

Известно, под влиянием ортостатической пробы происходит активное перераспределение жидких сред организма, что диктует необходимость срочной перестройки сердечно-сосудистой системы к изменившимся условиям функционирования [6-8]. При этом высокая возбудимость симпатической нервной системы и повышенная реакция со стороны сердца может повлиять на статокинетическую устойчивость. В свою очередь, статокинетическая устойчивость является суммой взаимодействий различных сенсорных систем, стабильность которых в определенной степени будет зависеть от функционирования сердечно-сосудистой системы как в состоянии покоя, так и после ортостатической пробы. Новый вегетативный статус,

возникающий после ортостатического воздействия, может быть причиной постуральной тахикардии и снижения статокинетической функции [9].

В то же время, бадминтон относится к ситуационным видам спорта, где спортсмену во время игры приходится постоянно перемещаться по корту и одновременно следить за действиями соперника и волана, что, несомненно, предъявляет высокие требования к статокинетической функции спортсмена.

Целью данного исследования явилось изучение особенностей сопряженных реакций статокинетической функции и работы сердца у юных бадминтонистов в состоянии относительного покоя и после активной ортостатической пробы.

Методы и организация исследования. В исследованиях принимали участие 30 человек мужского пола в возрасте 8-10 лет (n=15) и 11-13 лет (n=15), которые занимаются бадминтоном и имеют спортивную квалификацию от 3 юношеского до 2 взрослого разряда. Все исследуемые были здоровы и не имели каких-либо ограничений для занятий спортом.

Функциональное состояние статокинетической системы оценивали на стабилографическом аппаратно-программном комплексе «Стабилан 01-2» (ЗАО «ОКБ» «Ритм», Россия) путем анализа колебаний центра давления. Испытуемые выполняли стабилографическую пробу Ромберга (тест с открытыми и закрытыми глазами). Далее испытуемые выполняли активную ортостатическую пробу, после которой вновь оценивали уровень статокинетической устойчивости в пробе Ромберга с открытыми глазами. Для оценки влияния активной ортостатической пробы на статокинетическую систему юных бадминтонистов показатели стабилографического теста до ортопробы сравнивали с показателями, полученными после неё.

Для анализа статокинетической устойчивости бадминтонистов были выбраны наиболее информативные стабилографические показатели на основании факторного анализа показателей колебания центра давления (ЦД): QX, мм – центр давления во фронтальной плоскости; QУ, мм – разброс центра давления в сагиттальной плоскости; EllS, мм^2 – площадь доверительного эллипса; VCP, мм/с – средняя скорость перемещения центра давления; ЛСС, мм/с – средняя линейная скорость; УСС, град/с – угловая скорость средняя; КФР, % – качество функции равновесия; IV, мм/с – индекс скорости; OD, рад/с – оценка движения.

Одновременно с оценкой статокинетической устойчивости юных бадминтонистов до и после активной ортостатической пробы производили регистрацию электрокардиограммы с помощью установки PowerLab (ADInstruments). Обработку производили с помощью встроенного модуля анализа электрокардиограммы (ЭКГ) в программном обеспечении Lab Chart Pro. Оценивали эффекты изменения ЭКГ через каждые 10 секунд и параметры RR интервала, частоты сердечных сокращений (ЧСС, пиков/мин), длительности QRS-комплекса, Q-T интервала, скорректированной по формуле Базетта, J-T интервала, Tp-Te интервала и межциклового интервала TP.

Все исследования проводились с соблюдением основных биоэтических правил и норм проведения экспериментальных работ. Производили проверку выборки на нормальное распределение, статистическую значимость эффекта по сравнению с контрольными значениями выявляли с помощью парного и непарного критерия Стьюдента и дисперсионного анализа (ANOVA). Различия считали статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. По данным пробы Ромберга (открытые глаза), большинство стабилографических показателей статокинетической устойчивости и амплитудно-временных характеристик ЭКГ у юных бадминтонистов обоих групп не различались и находились в диапазоне возрастной нормы. Однако, как видно из таблицы 1, показатели QX, EllS и КФР у бадминтонистов 11-13 лет имеют

заметную тенденцию к значимому различию, что может отражать более высокую эффективность и экономичность поддержания равновесия тела (табл.). При этом одновременная регистрация ЭКГ при выполнении Пробы Ромберга (открытые глаза) вызывала увеличение длительности зубца Р на 11% ($p<0,05$) без значимых изменений как ЧСС, так и амплитудно-временных характеристик ЭКГ, как у детей 8-10 лет, так и у детей 11-13 лет.

При оценке наличия корреляционных связей между стабилографическими параметрами пробы Ромберга (открытые глаза) и амплитудно-временными показателями ЭКГ были обнаружены следующие сильные связи между Q(x), EllS, и амплитудой зубца Q r=+0,74 и r=+0,6 соответственно (рис.).

Таблица

Сравнительный анализ стабилографических показателей статокинетической устойчивости юных бадминтонистов (M±m)

Показатели	Проба Ромберга		Проба Ромберга (открытые глаза) после ортостатической пробы
	Открытые глаза	Закрытые глаза	
Бадминтонисты 8-10 лет (n=15)			
Q_X, мм	3,5±1,2	3,4±1,0	3,8±1,3
$Q_У$, мм	3,9±1,3	4,8±1,8*	4,2±1,7
EllS, мм^2	197,3±98,5	242,3±159,6	234,4±148,0
$V_{СР}$, мм/с	12,3±3,0	16,3±5,5	11,5±3,5
ЛСС, мм/с	12,3±3,0	16,7±5,5 *	11,5±3,5
УСС, град/с	19,7±4,0	18,6±2,9	19,2±3,5
КФР, %	70,4±11,0	57,4±14,8 *	73,8±11,8
IV, мм/с	7,7±1,8	10,5±3,4 *	7,2±2,2
OD, рад/с	54,2±13,0	67,9±17,1*	48,0±13,3 *
Бадминтонисты 11-13 лет (n=15)			
Q_X, мм	2,8±1,5	3,0±1,0	3,1±1,4*
$Q_У$, мм	3,6±1,5	4,8±2,0 *	4,3±2,5*
EllS, мм^2	125,0±84,7	182,2±92,5*	149,8±65,5*
$V_{СР}$, мм/с	10,5±3,0	15,8±4,4	11,0±3,6
ЛСС, мм/с	10,5±3,0	15,8±4,4*	11,0±3,6
УСС, град/с	22,8±7,2	20,0±6,2*	22,0±5,7*
КФР, %	77,0±11,1	59,0±15,4*	76,2±12,3
IV, мм/с	6,6±1,9	10,0±2,8*	7,0±2,3
OD, рад/с	55,7±17,7	69,2±23,1*	50,4±17,1*

Примечание: * – $p<0,05$ – значимость различий показателей в стабилографических тестах по сравнению с пробой Ромберга (открытые глаза)

В пробе Ромберга (закрытые глаза) произошло увеличение скорости колебания центра давления у юных бадминтонистов обоих возрастных групп, что повлияло на рост стабилографических показателей, снижение интегрального показателя «качество функции равновесия» и, в целом, статокинетической устойчивости юных спортсменов. В условиях статического поддержания равновесия тела центральное зрение оказывает большее влияние на контроль движений во фронтальной плоскости, а периферическое зрение в большей степени контролирует колебания в сагиттальной плоскости [10]. Несмотря на широкие возможности зрительного анализатора, его вклад в контролирование статического равновесия тела может быть

компенсирован другими сенсорными системами, в частности, проприорецептивной [10]. Однако, в связи с влиянием возрастных особенностей бадминтонистов и несовершенным развитием проприорецептивной системы, полноценная компенсация для стабилизации стабилографических показателей в условиях зрительной депривации не наблюдалась. В то же время, при выполнении пробы Ромберга (закрытые глаза) регистрировалось увеличение длительности зубца Р на 10%, без значимых изменений ЧСС. Известно, что увеличение длительности зубца Р может свидетельствовать об увеличении толщины миокарда правого предсердия. Полученные нами данные при выполнении ортостатической пробы и пробы Ромберга могут свидетельствовать о дополнительной нагрузке на миокард правого предсердия.

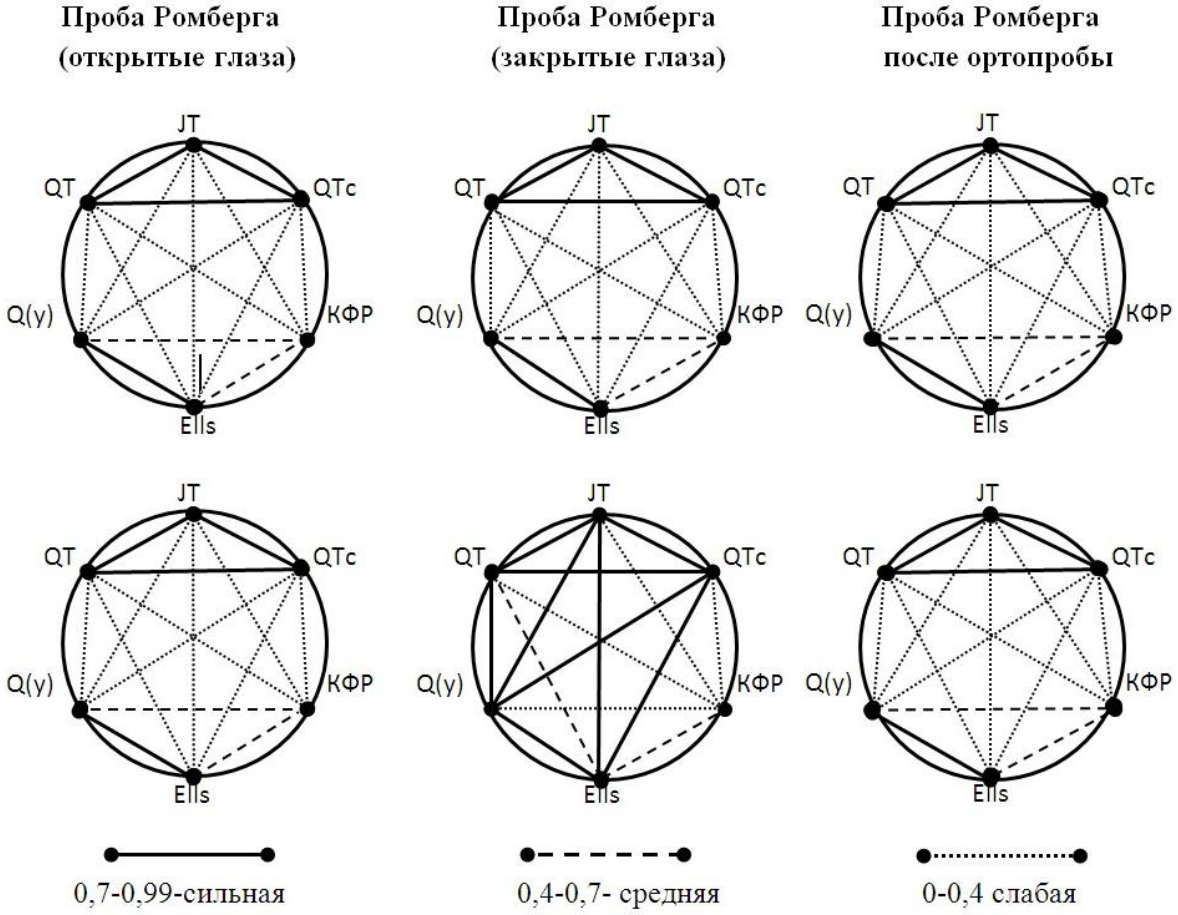


Рис. Корреляция между стабилографическими показателями и параметрами ЭКГ у юных бадминтонистов в различных тестах

После активной ортостатической пробы у юных бадминтонистов, так же, как и в условиях отсутствия зрения, большинство стабилографических показателей скорости колебания центра давления увеличилось ($p<0,01$-$0,001$), что неизбежно привело к снижению интегрального показателя «качество функции равновесия», лежащего в основе представления о минимальной скорости изменения центра давления: чем выше значение этого показателя, тем выше способность к поддержанию равновесия тела. Выше уже отмечалось, что при переходе испытуемых из горизонтального положения в вертикальное происходит возбуждение симпатической системы, увеличение ЧСС и перераспределение жидких масс в полостях и в кровеносных сосудах,

что вызывает увеличение скорости колебания ЦД и оказывает прямое влияние на процессы поддержания равновесия тела [9, 11]. Следует отметить, что у бадминтонистов 11-13 лет наблюдалась тенденция к меньшему увеличению показателя EllS, что может отражать у них более устойчивую площадь опоры стоп (табл.).

При выполнении пробы Ромберга (открытые глаза) после активной ортостатической пробы наблюдали незначительные изменения ЧСС и амплитудно-временных характеристик ЭКГ бадминтонистов. У спортсменов 8-10 лет при выполнении ортостатической пробы наблюдалось увеличение ЧСС на 23%, что сопровождалось уменьшением RR интервала и увеличением длительности зубца Р на 20% и 32% соответственно. Остальные амплитудно-временные характеристики ЭКГ спортсменов при выполнении ортостатической пробы не изменились. У детей 11-13 лет наблюдали увеличение ЧСС и на 28%, что сопровождалось увеличением длительности зубца Р и интервала QT на 37% и 20%, соответственно.

В данной возрастной группе наибольшее количество корреляционных связей обнаружены только при выполнении пробы Ромберга (закрытые глаза). Показаны сильные связи между Q(y) и интервалами QT (r=+0,75), QTC (r=+0,73), JT (r=+0,74), а также между EllS и интервалами QT (r=+0,73), QTc (r=+0,71), JT (r=+0,73) (рис.). В свою очередь, можно предположить, что менее выраженная реакция со стороны симпатического отдела нервной системы и показателей ЧСС у бадминтонистов будет способствовать минимизации изменений стабилографических показателей и снижения статокинетической устойчивости.

Заключение. Способность поддерживать функцию равновесия тела в различных условиях – это сложный процесс, который требует постоянного баланса между сенсорными системами, а также работой нервной, кардиореспираторной и мышечной системы человека. Изменение положения тела в пространстве прежде всего сопровождается сдвигами кровообращения, связанными с перераспределением гидростатических давлений. Таким образом, поза связана с регулированием циркуляции крови по сосудам, артериального давления и сердечного ритма. При этом, как процесс долговременной адаптации к специфике вида спорта, так и возрастные особенности организма влияют на показатели статокинетической устойчивости и амплитудно-временных характеристик ЭКГ у бадминтонистов. Наличие корреляционных связей между стабилографическими показателями и параметрами ЭКГ отражает взаиморегулирующее влияние на поддержание вертикального положения тела как в состоянии относительного покоя, так и после активной ортостатической пробы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назаренко, А. С. Физиологические механизмы регуляции статического равновесия тела у спортсменов различных специализаций / А. С. Назаренко, А. С. Чинкин // Наука и спорт: современные тенденции». 2015. – Т. 6. – № 1. – С. 19-23.

2. Мельников, А. А. Кардиогемодинамическая устойчивость к ортостатическому воздействию у спортсменов после аэробной физической нагрузки / А. А. Мельников, С. Г. Попов, А. Д. Викулов // Физиология человека. – 2014. – Том 40. – № 3. – С. 86-95.

3. Яхонтов, С. В. Механизмы и факторы взаимодействия звеньев сердечно-сосудистой системы при переходных процессах (аналитический обзор, часть 1) / С. В. Яхонтов, А. В. Кулемзин, О. Н. Чуфистова // Вестник ТГПУ. – 2010. – № 3. – С. 149-155.

4. Gratze, G. Sympathetic reserve, serum potassium, and orthostatic intolerance after endurance exercise and implications for neurocardiogenic syncope / G. Gratze, H. Mayer, F. Skrabal // Eur Heart J. – 2008. – Vol. 29(12). – pp. 1531-1541.

5. Patterns of optimization in single - and inter-leg gait dynamics / Wuehr M., Pradhan C., Brandt T. [et al] // J. Gait Posture. – 2013. – № 2. – pp. 733-738.
6. Воронов, Н. А. Ортостатическое тестирование в оценке функциональной готовности юных волейболисток / Н. А. Воронов // Вестник ТГПУ. – 2009. – С. 87-90.
7. Кудря, О. Н. Особенности срочной адаптации сердечно-сосудистой системы спортсменов с различным исходным вегетативным тонусом при ортостатическом тестировании / О. Н. Кудря // Вестник ТГПУ. – 2011. – № 5. – С. 55-61.
8. Stewart, J. M. Regional blood volume and peripheral blood flow in postural tachycardia syndrome / J. M. Stewart, L. D. Montgomery // Am J. Physiol Heart Circ. Physiol. – 2004. – Vol. 287(3). – pp. 1319-1327.
9. Мавлиев, Ф. А. Влияние ортостатического воздействия на гемодинамические показатели и функцию равновесия у спортсменов, занимающихся борьбой / Ф. А. Мавлиев, А. С. Назаренко // Наука и спорт: современные тенденции. – 2017. – № 3. – С. 47-54.
10. Bötzel, K. Comparison of tap-evoked and tone-evoked postural reflexes in humans / K. Bötzel, O. Kolevemail, T. Brandt // J. Gait Posture. – 2005. – № 3. – pp. 324-330.
11. Effect of workloan and respirator wear on postural stability, heart rate, and perceived exertion / Seliga R. A., Bhattacharya P., Succop R. [et al] // American Industrial Hygiene Association Journal. – 1991. – Vol. 52 (10). – pp. 417-422.

REFERENCES

1. Nazarenko A.S., Chinkin A.S. Physiological mechanisms of static body balance regulation among the athletes of various specializations. *Science and Sport: Modern Tendencies*, 2015, vol. 6, no. 1, pp. 19-23. (in Russ.)
2. Mel'nikov A.A., Popov S.G., Vikulov A.D. Cardiohemodynamic resistance to orthostatic effects in athletes after aerobic exercises. *Human Physiology*, 2014, vol. 40, no. 3, pp. 86-95. (in Russ.)
3. Yakhontov, S.V., Kulemzin A.V., Chufistov O.N. Mechanisms and factors link interaction of cardiovascular system transient processes (analytical review, part 1). *Tomsk State Pedagogical University Bulletin*, 2010, no 3, pp.149-155. (in Russ.)
4. Gratze G., Mayer H., Skrabal F., Sympathetic reserve, serum potassium, and orthostatic intolerance after endurance exercise and implications for neurocardiogenic syncope. *Eur Heart J.*, 2008, vol. 29 (12), pp. 1531-1541.
5. Wuehr M., Pradhan C., Brandt T., Jahn K., Schniepp R. Patterns of optimization in single - and inter-leg gait dynamics. *J. Gait Posture*, 2013, no. 2, pp. 733-738.
6. Voronov N.A. Ortostatic testing in evaluation of young female volleyball functional preparedness. *Tomsk State Pedagogical University Bulletin*, 2009, pp. 87-90. (in Russ.)
7. Kudrya O.N. Features of urgent adaptation of the cardiovascular system of athletes with different initial autonomic tone during orthostatic test. *Tomsk State Pedagogical University Bulletin*, 2011, no. 5, pp. 55-61. (in Russ.)
8. Stewart J.M., Montgomery L.D. Regional blood volume and peripheral blood fl ow in postural tachycardia syndrome. *Am J. Physiol Heart Circ. Physiol*, 2004, vol. 287 (3), pp.1319-1327.
9. Mavliev F.A., Nazarenko A.S. Influence of orthostatic impact on the hemodynamic indicators and the equilibrium function of fighters. *Science and Sport: Modern Tendencies*, 2017, no. 3, pp. 47-54. (in Russ.)
10. Bötzel K., Kolevemail O., Brandt T. Comparison of tap-evoked and tone-evoked postural reflexes in humans. *J. Gait Posture*, 2005, no. 3, pp. 324–330.
11.Seliga R.A., Bhattacharya P., Succop R., Wickstrom D. Smith, Willeke K. Effect of workloan and respirator wear on postural stability, heart rate, and perceived exertion, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1991, vol. 52(10), pp. 417-422.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Андрей Сергеевич Назаренко – кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических дисциплин ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Казань, e-mail: hard@inbox.ru.

Нурия Нурисламовна Чершинцева – лаборант НИИ физической культуры и спорта ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Казань, e-mail: chersinceva@mail.ru.
Алексей Анатольевич Зверев – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой медико-биологических дисциплин, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Казань, e-mail: Alekcei5@rambler.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Andrej Sergeevich Nazarenko – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biomedical Disciplines, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: hard@inbox.ru.
Nuriya Nurislamovna Chershintseva – Laboratory Assistant of the Scientific-Research Center of Physical Culture and Sports, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: chersinceva@mail.ru.
Aleksej Anatol'evich Zverev – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biomedical Disciplines, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: Alekcei5@rambler.ru.

Для цитирования: Назаренко, А. С. Статокинетическая устойчивость и электрокардиографические показатели работы сердца у юных бадминтонистов / А. С. Назаренко, Н. Н. Чершинцева, А. А. Зверев // Современные вопросы биомедицины – 2022. – Т. 6. – № 3. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_03_20

For citation: Nazarenko A.S., Chershintseva N.N., Zverev A.A. Statokinetic stability and electrocardiographic indicators of heart work of young badminton players *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 3. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_03_20