

# ТРУДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

## ОСОБЕННОСТИ ГОРМОНАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ СПОРТСМЕНОВ-ПАРАЛИМПИЙЦЕВ С ТРАВМАМИ СПИННОГО МОЗГА

**С.Ю. МИХЕЕВ, В.И. ПУСТОВОЙТ,  
М.В. ИВАНОВ, К.А. ЮРКУ,  
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва;  
В.М. МИХЕЕВА,  
ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России, г. Санкт-Петербург;  
М.М. МИХЕЕВ,  
Академия физической реабилитации, г. Санкт-Петербург**

### **Аннотация**

*В связи с популяризацией паралимпийского спорта и адаптивной физической культуры в целом одна из новых и актуальных на данный момент областей исследований среди спортсменов с инвалидностью включает оценку взаимодействия между биомаркерами и состоянием здоровья и поведенческими факторами. В настоящем литературном обзоре представлены современные научные данные об эндокринологических особенностях спортсменов с травмами спинного мозга, включая анализ кортикотропной, гонадотропной, тиреоидной и соматотропной осей.*

**Ключевые слова:** паралимпийский спорт, гормональный профиль, травма спинного мозга.

## FEATURES OF THE HORMONAL PROFILE OF PARALYMPIC ATHLETES WITH SPINAL CORD INJURIES

**S.Yu. MIKHEEV, V.I. PUSTOVOIT,  
M.V. IVANOV, K.A. YURKU,  
SRC – FMBC, Moscow city;  
V.M. MIKHEEVA,  
FSBI HPE “SPbSPMU” MOH Russia, Saint Petersburg city;  
M.M. MIKHEEV,  
Academy of Physical Rehabilitation, Saint Petersburg city**

### **Abstract**

*With the rise of Paralympic sport and adaptive physical education in general, one of the new and current areas of research among athletes with disabilities involves assessing the interactions between biomarkers and health and behavioral factors. This literature review presents current scientific data on the endocrinological characteristics of athletes with spinal cord injuries, including analysis of the corticotropic, gonadotropic, thyroid and somatotrophic axes.*

**Keywords:** Paralympic sports, hormonal profile, spinal cord injury.

### **Введение**

В последние годы отмечается рост интереса к паралимпийскому движению, однако исследования сосредоточены в первую очередь на подготовке спортсменов-олимпийцев и их максимальных спортивных результатах [1–4]. Несмотря на это, одна из новых и актуальных на данный момент областей исследований среди спортсменов с инвалидностью включает взаимодействие между биомаркерами и поведенческими факторами [1, 3].

С точки зрения тренировок существует много общего в физических реакциях на перетренированность

у спортсменов-паралимпийцев и олимпийцев, однако гормональный ответ на приложенную нагрузку может быть разным [2, 3].

Отмечено также, что лица с приобретенной инвалидностью иначе реагируют на тренировочные нагрузки, чем лица с инвалидностью от рождения: в ходе наблюдательных исследований было показано, что люди с приобретенными травмами более мотивированы преодолевать свои ограничения и имеют более сильные стрессовые реакции на тренировочный стимул, поэтому они



могут реагировать на нагрузку большей секрецией кортизола [2, 5].

**Основная цель исследования гормонального профиля у спортсменов с инвалидностью** – выявление специфических особенностей их эндокринной системы, которые могут быть связаны с адаптацией к физическим нагрузкам и восстановлением после тренировок. Это позволит разработать более эффективные методы медико-биологического сопровождения и тренировочные стратегии, адаптированные под особенности каждого спортсмена.

Стоит отметить, что в настоящее время отмечается неуклонный рост травматизма на фоне техногенных, природных и социальных факторов. Ежегодно в Российской Федерации на фоне вооруженных конфликтов тысячи людей получают травмы спинного мозга (ТСМ), приводящие к необратимым последствиям. В современных локальных войнах такие ранения составляют 20–25% в структуре боевой травмы, они отличаются большей тяжестью повреждений, высокой частотой осложнений, требуют значительных финансовых затрат на сложное лечение и длительную реабилитацию. Таким образом, в ближайшее время ожидается увеличение количества людей с ТСМ, что повышает актуальность исследований в области физиологических особенностей данной категории лиц.

### Кортикотропная ось

Кортикотропная ось обеспечивает быстрый ответ и защиту от острого стресса и воспаления, активируется сразу после ТСМ и повышения уровня эндогенных глюкокортикоидов (ГК) в системном кровообращении. Экзогенные ГК, вводимые пациентам после острой ТСМ, оказывают благоприятное воздействие, показывая, что спинной мозг чувствителен к ним.

С эндокринной точки зрения в соревновательных ситуациях стрессовая реакция срабатывает еще до начала соревновательной деятельности [3, 6, 7]. Этот резкий рост выполняет особую функцию в подготовке к конкурентному взаимодействию [8, 9]. Однако исследования связи между концентрацией гормонов стресса и психобиологическими аспектами у спортсменов с ограниченными возможностями, в том числе с ТСМ, немногочисленны. Так, J.W. Castellani и соавт. [5] обнаружили статистически значимое снижение уровня кортизола у спортсменов-инвалидов по сравнению со здоровыми спортсменами.

J.P.P. Rosa и соавт. (2020) исследовали связь уровней кортизола с психофизиологическими характеристиками (использовались анкеты для оценки уровня стресса, восстановления, мотивации) спортсменов из паралимпийского плавания. Была выявлена связь между кортизолом и шкалами «Конфликты», «Недостаток энергии», «Опыт». Также наблюдались ассоциации между кортизолом и общим самочувствием и качеством сна [3].

C. Sinnott-O'Connor и соавт. (2018) [1] изучали взаимосвязь между тренировочной нагрузкой и уровнем кортизола в слюне у пловцов-паралимпийцев на протяжении 16-недельной фазы подготовки и 10-дневной фазы соревнований. Анализ выявил значительное увеличение содержания кортизола в слюне во время усиленных тренировок, а также дальнейшее значительное увеличение во время соревновательной деятельности, несмотря

на снижение тренировочной нагрузки. Таким образом, выступления на крупных соревнованиях, таких как Паралимпийские игры, несмотря на заметное снижение нагрузки, вызывают у спортсменов стрессовую реакцию. Авторы справедливо отмечают, что из-за наблюдаемой повышенной реакции на стресс могут потребоваться изменения в индивидуальных протоколах восстановления после соревнований, чтобы спортсмены могли добиться максимальных результатов. Однако, В.Т. Stephenson и соавт. (2019) не отметили существенных изменений в уровне кортизола, тестостерона, соотношения «кортизол/тестостерон» у паратриатлетов на фоне повышения интенсивности тренировочной деятельности [10].

### Гонадотропная ось

Гипоталамический контроль репродукции координируется посредством высвобождения гонадотропин-рилизинг гормона (ГнРГ), который стимулирует секрецию гонадотропинов, лютеинизирующего гормона (ЛГ) и фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) в передней доле гипофиза. Эти гормоны действуют на гонады, стимулируя выработку половых клеток и способствуя высвобождению тестостерона, эстрадиола (в первую очередь 17β-эстрадиола, E2) и прогестерона. Помимо управления репродуктивной функцией в периферических тканях, эти гормоны также могут обеспечивать обратную связь и модулировать работу гипофиза и гипоталамуса.

Отрицательный андрогенный статус может быть чаще диагностирован в первый год после ТСМ, однако он не коррелирует с функциональным исходом у пациентов, поступающих на реабилитацию [11]. Уровни дигидроэпиандростерона (ДГЭА) и ДГЭА-сульфата могут быть снижены на фоне приема опиоидных анальгетиков при раннем реабилитационном периоде после ТСМ, их снижение также чаще встречается у лиц с «высокой» ТСМ (шейный отдел позвоночника), а уровень тестостерона обычно постепенно увеличивается с момента травмы [12]. Сообщалось о низких показателях тестостерона у мужчин с хронической ТСМ по сравнению с мужчинами соответствующего возраста, не имеющими инвалидности [13, 14]. Сочетание сопутствующих заболеваний, приема лекарственных препаратов и ожирения может частично объяснять снижение уровня этого гормона в сыворотке крови так же, как стресс и собственно травма спинного мозга [2]. Отмечено, что мужчины с ТСМ, по-видимому, функционируют в другом диапазоне значений ЛГ и ФСГ, при этом значительная часть из них находится в пределах ниже нормы [15].

Группа исследователей из Туниса [16] анализировала гонадотропную ось до и после соревновательного сезона у спортсменов-регбистов на колясках. Обычная тренировочная деятельность у регбистов вызвала снижение уровня тестостерона. Во время соревновательной деятельности уровни тестостерона зависели от степени конкуренции в ходе матча. Их концентрация увеличивалась, когда конкуренция вызывала серьезный стресс, и снижалась, когда психологические условия оставались относительно стабильными.

В общем контексте 80% людей с ТСМ – мужчины, что оправдывает более высокое число научных исследований, ориентированных на потребности этого пола [17]. Иссле-



дований, изучающих влияние и последствия ТСМ на уровень гормонов у женщин, немного [18]. Проведенное В. Dirlikov и соавт. (2019) [18] исследование, оценивало уровень тестостерона у женщин с данной патологией. Результаты показали, что низкий общий показатель тестостерона был связан с депрессивными расстройствами. В том же исследовании, как и ряде других, подчеркивается необходимость дальнейших исследований для выяснения гормональных дисфункций у женщин после ТСМ.

### Тиреоидная ось

Гипоталамо-гипофизарно-тиреоидная ось поддерживает нормальный метаболический баланс и гомеостаз в организме человека посредством положительной и отрицательной обратной связи. Ее основным регуляторным механизмом является секреция тиреотропина (ТТГ), гормонов щитовидной железы (Т3, Т4) и тиреотропин-рилизинг-гормона (ТРГ). Связываясь с соответствующими рецепторами, они участвуют в развитии и прогрессировании ряда системных заболеваний, включая заболевания пищеварительной, сердечно-сосудистой и центральной нервной систем.

У.Н. Wang и соавт. (1992) [19] обнаружили, что у лиц с ТСМ на шейном уровне наблюдались нормальные уровни Т4 в сыворотке крови, а в 11,1% случаев наблюдался низкий уровень Т3. Уровень ТСМ, длительность травмы и возраст не коррелировали с другими изменениями гормонов в сыворотке крови. Предыдущие исследования сообщали о снижении уровня как Т3, так и Т4 главным образом у пациентов с острой тетраплегией, а в более ранних исследованиях было показано, что низкий уровень Т3 часто обнаруживается у явно эутиреоидных пациентов с тетраплегией и не обязательно является показателем клинического гипотиреоза [20].

Изменения у пациентов с ТСМ чаще всего соответствуют «синдрому низкого уровня Т3» [21]. При сравнении пациентов с ТСМ, имеющих нормальный уровень Т3, с контрольной группой, также имеющей Т3 в пределах референсных значений, все еще наблюдался более низкий средний уровень гормона [22].

### Соматотропная ось

Гипоталамо-гипофизарно-соматотропная ось включает секрецию гормона роста (ГР, соматотропина) и последующую стимуляцию выработки инсулиноподобного фактора роста 1 (IGF-1; соматомедин-1). Другие гипоталамо-гипофизарные гормоны, такие как соматостатин, соматостатин и грелин участвуют в контроле секреции гормона роста гипофизом.

Согласно давнему исследованию T.S. Huang и соавт. (1995), у 34,4% мужчин с ТСМ отмечается снижение уровня IGF-1 в сыворотке крови, у 62,5% наблюдалось снижение и/или задержка реакции ГР на соматотропин, а у 25,8% наблюдалось снижение реакции ГР на инсулин-индуцированную гипогликемию. Эти результаты согласуются с представлением о том, что у пациентов с ТСМ снижен центральный дофаминергический тонус [23].

### Гормоны и гормоноподобные вещества, регулирующие обмен углеводов и липидов

Распространенность нейрогенного ожирения у взрослых с ТСМ колеблется от 22 до 97% в сравнении с 42%

среди населения без инвалидности. Нейрогенное ожирение возникает в результате нарушения энергетического обмена, физического упадка сил, малоподвижного образа жизни, дисфункции симпатической нервной системы, изменения гормонального гомеостаза, а также чувства насыщения и потери мышечной массы после ТСМ. Стремительная потеря массы скелетных мышц ниже уровня повреждения спинного мозга характеризуется уменьшением площади поперечного сечения до 48% уже через 6 недель после травмы. Значительный прирост жировой массы, происходящий через 2–7 месяцев после ТСМ, способствует патологическому кардиометаболическому профилю, наблюдаемому в хронической фазе травмы [24].

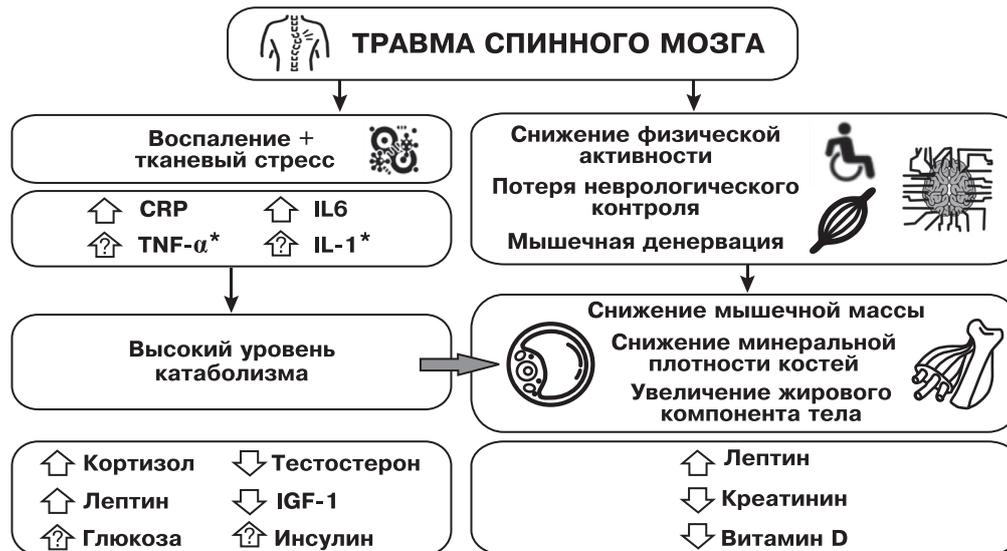
У спортсменов с ТСМ изменен состав тела – у них более низкая мышечная масса и более высокое содержание жира по сравнению со спортсменами-олимпийцами и населением в целом. Эти состояния совместимы с саркопеническим ожирением, которое обычно наблюдается у пожилых людей и онкологических пациентов. При ТСМ этиология саркопенического ожирения с точки зрения эндокринного статуса является многофакторной и характеризуется повышенным уровнем лептина, низким содержанием витамина D и снижением мышечной массы при использовании креатина в качестве суррогатного показателя. Креатинин как метаболит мышечного распада снижается у лиц с хронической ТСМ, у которых снижена мышечная и костная масса в результате денервации и снижения физической активности после травмы. Более того, отсутствие нагрузки, ограниченное использование конечностей и хроническое воспаление, связанное с травмой, также способствуют более высокой потере костной и мышечной массы. Кроме того, дефицит витамина D также связан с другими патологическими состояниями, включая аутоиммунные заболевания и заболевания, сопровождающиеся хроническим воспалением. Витамин D отвечает за снижение выработки провоспалительных цитокинов 1 типа и усиление выработки и активации противовоспалительных цитокинов 2 типа, а также T-регуляторных клеток и толерогенных дендритных клеток [25].

### Выводы

Травма спинного мозга приводит к резким физиологическим изменениям как непосредственно в результате травмы, так и вследствие вторичных нарушений, вызванных травмой, что особенно сказывается на спортивной деятельности таких лиц (рис. 1).

Из данных, представленных в настоящем обзоре литературы, можно сделать вывод о том, что спортсмены с ТСМ имеют более высокий уровень (частоту и выраженность) воспалительных реакций, протекающих в организме, и значительные эндокринологические изменения, выражающиеся не только в более высокой потере мышечной и костной массы, но и наличии других метаболических заболеваний. Эти данные представляют собой аспекты физиологического профиля популяции пациентов с ТСМ, которые необходимо учитывать при прогнозировании медицинских проблем и оптимизации медицинской помощи в спорте. Исходя из представленных в обзоре данных, спортсменам с ТСМ может быть реко-





**Рис. 1.** Гормональные изменения на фоне травмы спинного мозга (адаптировано из [25])

мендовано проведение скрининга гипогонадизма, а также профилактики возникновения его функциональных причин: мальабсорбции, висцерального ожирения, нарушения углеводного обмена. Также целесообразным видится скрининг гипотиреоза и других заболеваний и состояний, связанных с гипофункцией щитовидной железы (дефицит йода, нарушения менструального цикла, кардиомиопатии, депрессия).

Поскольку у пациентов с ТСМ изменяются эндокринные функции, в рекомендации по медико-биологическому сопровождению таких спортсменов целесо-

образно включать регулярный скрининг для оценки риска развития сахарного диабета, остеопороза и гипогонадизма.

Несмотря на то что спортсмены с ТСМ подвергаются компенсаторному процессу для достижения метаболического гомеостаза, эти изменения, однако, не обязательно указывают на наличие патологии и могут рассматриваться как «новая норма». Таким образом, настоящие результаты могут также пролить свет на путь корректировки референсных диапазонов биомаркеров, персонализированных для спортсменов с ТСМ.

**Источник финансирования**

Работа не получала финансовой поддержки.

**Конфликт интересов**

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Литература/References**

- Sinnott-O'Connor, C., Comyns, T.M., Nevill, A.M. and Warrington, G.D. (2018), Salivary Biomarkers and Training Load during Training and Competition in Paralympic Swimmers, *International Journal of Sports Physiology and Performance*, vol. 13 (7), pp. 839–843.
- Paulo-Pereira-Rosa, J., Silva, A., Ferreira-Rodrigues, D., Stieler, E. and Tulio-de-Mello, M. (2020), The potential influence of Cortisol and Testosterone on psychobiological aspects in Paralympic athletes, *Apunts Educación Física y Deportes*, vol. 141, pp. 76–79.
- Rosa, J.P.P., Silva, A., Rodrigues, D.F., Menslin, R., Araújo, L.T., Vital, R., Tufik, S., Stieler, E. and de Mello, M.T. (2020), Association between Hormonal Status, Stress, Recovery, and Motivation of Paralympic Swimmers, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, vol. 91 (4), pp. 652–661.
- Aidar, F.J., Fraga, G.S., Getirana-Mota, M., Marçal, A.C., Santos, J.L., de Souza, R.F., Vieira-Souza, L.M., Ferreira, A.R.P., de Matos, D.G., de Almeida-Neto, P.F., Garrido, N.D., Diaz-de-Durana, A.L., Knechtle, B., de Araújo Tinoco Cabral, B.G., Murawska-Ciałowicz, E., Nobari, H., Silva, A.F., Clemente, F.M. and Badicu, G. (2022), Evaluation of Ibuprofen use on the Immune System Indicators and Force in Disabled Paralympic Powerlifters of Different Sport Levels, *Healthcare* (Basel, Switzerland), vol. 10 (7), p. 1331.
- Castellani, J.W., Armstrong, L.E., Kenefick, R.W., Pasqualicchio, A.A., Riebe, D., Gabaree, C.L.V. and Maresch, C.M. (2001), Cortisol and testosterone concentrations in wheelchair athletes during submaximal wheelchair ergometry, *European Journal of Applied Physiology*, vol. 84 (1–2), pp. 42–47.
- Hu, S., Li, X. and Yang, L. (2023), Effects of physical activity in child and adolescent depression and anxiety: role of inflammatory cytokines and stress-related peptide hormones, *Frontiers in Neuroscience*, vol. 17, p. 1234409.
- Slusher, A.L. and Acevedo, E.O. (2023), Stress induced proinflammatory adaptations: Plausible mechanisms for the link between stress and cardiovascular disease, *Frontiers in Physiology*, vol. 14, p. 1124121.



8. Hjortshoej, M.H., Aagaard, P., Storgaard, C.D., Ju-neja, H., Lundbye-Jensen, J., Magnusson, S.P. and Couppe, C. (2023), Hormonal, immune, and oxidative stress responses to blood flow-restricted exercise, *Acta Physiologica* (Oxford, England), vol. 239 (2), p. e14030.
9. Christ, T., Ringleb, M., Haunhorst, S., Fennen, L., Jordan, P.M., Wagner, H. and Puta, C. (2024), The acute effects of pre- and mid-exercise carbohydrate ingestion on the immunoregulatory stress hormone release in experienced endurance athletes—a systematic review, *Frontiers in Sports and Active Living*, vol. 6, p. 1264814.
10. Stephenson, B.T., Leicht, C.A., Tolfrey, K. and Goosey-Tolfrey, V.L. (2019), A Multi-Factorial Assessment of Elite Paratriathletes' Response to Two Weeks of Intensified Training, *International Journal of Sports Physiology and Performance*, vol. 14 (7), pp. 911–917.
11. Celik, B., Sahin, A., Caglar, N., Erhan, B., Gunduz, B., Gultekin, O. and Karabulut, M. (2007), Sex hormone levels and functional outcomes: a controlled study of patients with spinal cord injury compared with healthy subjects, *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, vol. 86 (10), pp. 784–790.
12. Itodo, O.A., Raguindin, P.F., Wöllner, J., Eriks-Hoogland, I., Jordan, X., Hund-Georgiadis, M., Muka, T., Pannek, J., Stoyanov, J. and Glisic, M. (2022), Early Changes in Androgen Levels in Individuals with Spinal Cord Injury: A Longitudinal SwiSCI Study, *Journal of Clinical Medicine*, vol. 11 (21), p. 6559.
13. Katzelnick, C.G., Weir, J.P., Pinto Zipp, G., La-Fontaine, M.F., Bauman, W.A., Dyson-Hudson, T.A. and Wecht, J.M. (2021), Increased pulse wave velocity in persons with spinal cord injury: the effect of the renin-angiotensin-aldosterone system, *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*, vol. 320 (1), pp. H272–H280.
14. Gilhooley, S.K., Bauman, W.A., La Fontaine, M.F., Cross, G.T., Kirshblum, S.C., Spungen, A.M. and Cirnigliaro, C.M. (2023), Cardiometabolic risk factor clustering in persons with spinal cord injury: A principal component analysis approach, *The Journal of Spinal Cord Medicine*, pp. 1–13.
15. Safarinejad, M.R. (2001), Level of injury and hormone profiles in spinal cord-injured men, *Urology*, vol. 58 (5), pp. 671–676.
16. Elloumi, M., Ben Ounis, O., Tabka, Z., Van Praagh, E., Michaux, O. and Lac, G. (2008), Psychoendocrine and physical performance responses in male Tunisian rugby players during an international competitive season, *Aggressive Behavior*, vol. 34 (6), pp. 623–632.
17. Elam, R.E., Ray, C.E., Miskevics, S., Weaver, F.M., Gonzalez, B., Obremskey, W. and Carbone, L.D. (2023), Predictors of lower extremity fracture-related amputation in persons with traumatic spinal cord injury: a case-control study, *Spinal Cord*, vol. 61 (4), pp. 260–268.
18. Dirlikov, B., Lavoie, S. and Shem, K. (2019), Correlation between thyroid function, testosterone levels, and depressive symptoms in females with spinal cord injury, *Spinal Cord Series and Cases*, vol. 5, p. 61.
19. Wang, Y.H., Huang, T.S. and Lien, I.N. (1992), Hormone changes in men with spinal cord injuries, *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, vol. 71 (6), pp. 328–332.
20. Prakash, V., Lin, M.S., Song, C.H. and Perkash, I. (1980), Thyroid hypofunction in spinal cord injury patients, *Paraplegia*, vol. 18 (1), pp. 56–63.
21. Bugaresti, J.M., Tator, C.H., Silverberg, J.D., Szalai, J.P., Malkin, D.G., Malkin, A. and Tay, S.K. (1992), Changes in thyroid hormones, thyroid stimulating hormone and cortisol in acute spinal cord injury, *Paraplegia*, vol. 30 (6), pp. 401–409.
22. Cheville, A.L. and Kirshblum, S.C. (1995), Thyroid hormone changes in chronic spinal cord injury, *The Journal of Spinal Cord Medicine*, vol. 18 (4), pp. 227–232.
23. Huang, T.S., Wang, Y.H. and Lien, I.N. (1995), Suppression of the hypothalamus-pituitary somatotrope axis in men with spinal cord injuries, *Metabolism: Clinical and Experimental*, vol. 44 (9), pp. 1116–1120.
24. Farkas, G.J., Sneij, A., McMillan, D.W., Tiozzo, E., Nash, M.S. and Gater, D.R. (2022), Energy expenditure and nutrient intake after spinal cord injury: a comprehensive review and practical recommendations, *The British Journal of Nutrition*, vol. 128 (5), pp. 863–887.
25. Boehl, G., Raguindin, P.F., Valido, E., Bertolo, A., Ito-do, O.A., Minder, B., Lampart, P., Scheel-Sailer, A., Leichtle, A., Glisic, M. and Stoyanov, J. (2022), Endocrinological and inflammatory markers in individuals with spinal cord injury: A systematic review and meta-analysis, *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, vol. 23 (5), pp. 1035–1050.

