

Галузь, до якої належить корисна модель.

Корисна модель належить до науково-дослідного обладнання, а саме до електромеханічних пристроїв, які застосовуються у вивченні силової продуктивності м'язів лабораторних щурів, а саме для хронічного дослідження зміни сили скорочення гомілкового м'яза щура, який зазнає атрофії через відсутність ступні задньої кінцівки, а також модифікуючих екзогенних впливів на процес атрофії.

Посттравматична атрофія м'язів - це багатогранне явище, яке має різноманітні шляхи індукції, що йдуть за травматичними ушкодженнями, включаючи, крім безпосередньо механічних ушкоджень м'яза, опіки, пошкодження нервів, черепно-мозкові травми, втрата частин кінцівок. Розуміння цих механізмів та їх взаємодії має вирішальне значення для розробки ефективних стратегій посттравматичного відновлення рухової функції.

Одним з основних чинників атрофії м'язів після травми є запальна реакція, зокрема, інфільтрація макрофагів M1. Дослідження показали, що інфільтрація макрофагами M1 посилює атрофію м'язів і кісток після пошкодження периферичних нервів, вказуючи на те, що запалення відіграє значну роль у прогресуванні атрофії [1, 2]. Ця запальна реакція може призвести до каскаду подій, які порушують нормальні процеси регенерації м'язів, як це спостерігається в контексті травматичних ушкоджень, коли регенерація м'язів порушується через присутність запальних клітин [3]. Окрім запальних та нейродегенеративних факторів, на атрофію м'язів суттєво впливає механічне та біохімічне середовище після травми. Наприклад, іммобілізація внаслідок травми може призвести до атрофії невикористання, яка відрізняється від атрофії внаслідок прямого пошкодження м'язів [3]. Механізми, що лежать в основі атрофії м'язів, включають складні сигнальні шляхи, в тому числі регуляцію пов'язаних з атрофією транскрипційних факторів, таких як FOXO3a, та активацію убіквітин-протеосомних шляхів, які сприяють деградації м'язового білка [4, 5].

Незалежно від шляхів розвитку дослідження зміни сили, яку здатний генерувати м'яз, що зазнає атрофії, має першочергове значення, особливо в дослідженні явища на тваринних моделях. А вивчення розвитку пролонгованих у часі як патологій, так і оцінка ефективності стратегій боротьби з посттравматичною атрофією скелетних м'язів вимагає створення спеціалізованих пристроїв для дослідження хронічної атрофії м'язів щурів – як типових модельних об'єктів.

Рівень техніки.

Найбільш близьким до запропонованого пристрою за сукупністю суттєвих ознак є описаний в [6] пристрій для дослідження зміни м'язової сили. Пристрій містить прилад для вимірювання сили (тензодатчик), до якого механічно, за допомогою гнучкого тягового елемента (лігатури) приєднується гомілковий м'яз щура. Після чого проводиться гострий експеримент, під час якого вимірюється сила скорочення гомілкового м'яза щура.

Недоліком близького аналогу є обмежений набір компонентів, що дають змогу проводити лише гострі тензометричні дослідження. Пристрій не призначений для тривалих (хронічних) спостережень, а також не має функціоналу для зовнішнього механічного навантаження на ахіллове сухожилля з метою прекодиціювання.

Суть корисної моделі.

В основу корисної моделі, що заявляється, поставлено задачу створити пристрій для тензометричного дослідження атрофії м'язів щурів, конструкція якого забезпечує проведення повторних тестувань у хронічному дослідженні з реалізацією тривалого штучного механічного навантаження (функціонального прекодиціювання) досліджуваного м'яза.

Технічним результатом корисної моделі, що заявляється, є забезпечення проведення тензометричних досліджень змін сили скелетного м'яза щура за хронічної атрофії та тривалого функціонального прекодиціювання шляхом почергового механічного з'єднання гнучкого тягового елемента з двома модулями пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для хронічних досліджень атрофії м'язів щурів, що містить прилад для вимірювання сили та гнучкий тяговий елемент, згідно з корисною моделлю, виконаний у вигляді двох рознімних модулів: носимого модуля, що містить засіб фіксації на кінцівці тварини та рухомий елемент передачі зусилля, а також вимірювального модуля, що містить елементи з'єднання з носимим модулем та прилад для вимірювання сили, причому гнучкий тяговий елемент виконаний з можливістю передачі зусилля від м'яза до приладу для вимірювання сили при з'єднаних модулях, а також з можливістю почергового з'єднання з рухомим елементом передачі зусилля носимого модуля.

Запропонована сукупність суттєвих ознак дозволяє здійснювати перехід від режиму повсякденного навантаження до режиму точного вимірювання сили без потреби повторного травмування тварини чи перешивання тягових елементів. Розробка прямо відповідає принципам біоетики, зокрема принципу Refinement через зменшення страждань тварин та принципу Reduction, оскільки дозволяє використовувати одну тварину для довгострокового спостереження.

Перелік фігур креслень

Фіг. 1. Блок-схема ношеного модуля пристрою для хронічних досліджень атрофії м'язів у щурів.

Фіг. 2. Блок-схема вимірювального модуля пристрою для хронічних досліджень атрофії м'язів у

щурів.

Фіг. 3. Блок-схема з'єднання двох модулів пристрою для хронічного вивчення атрофії м'язів у щурів.

Відомості, які підтверджують можливість здійснення корисної моделі.

Корисна модель пояснюється функціональними схемами пристрою (фіг. 1, фіг. 2 та фіг. 3). Пристрій виконаний у вигляді двох модулів (фіг. 1 та фіг. 2), що можуть з'єднуватись між собою (фіг. 3).

Ношений модуль (фіг. 1) складається з: засобу фіксації на кінцівці тварини (1) та рухомого елемента передачі зусилля. В одному з варіантів виконання засіб фіксації на кінцівці (1) виконаний у вигляді чаші, а рухомий елемент передачі зусилля містить: патрубок (2), дві фіксувальні рейки чаші (3, 4), гнучкий тяговий елемент, виконаний у вигляді нерозтяжної лігатури (5), опорний важіль (6), важільний фіксатор (7), опорний перехідник (8), кутові втулки (9, 10).

Вимірювальний модуль (фіг. 2) складається з: елементів з'єднання з носимим модулем та приладу для вимірювання сили. В одному з варіантів виконання елементи з'єднання містять дві балки фіксації рейок чаші (11, 12) та нерухомий каркас балок фіксації (13), а прилад для вимірювання сили складається з: тензодатчика (14), гачка тензодатчика (15) та фіксатора тензодатчика (16).

Усі елементи з'єднані між собою механічно.

Пристрій працює таким чином.

Куксу задньої кінцівки щура розміщують у засобі фіксації на кінцівці (1) носимого модуля пристрою, де вона надійно закріплюється за допомогою силіконового клею. Гнучкий тяговий елемент (5) з'єднує ахіллове сухожилля, проходячи через патрубок (2), з опорним важелем (6) і фіксується на ньому за допомогою важільного фіксатора (7). Для мінімізації тертя гнучкого тягового елемента об стінки патрубку, безпосередньо перед початком експерименту внутрішню поверхню патрубку обробляють медичним вазеліном. М'язове зусилля передається з ахіллового сухожилля на опорний важіль. Рух опорного важеля (6) відносно чаші забезпечують опорний перехідник (8) та його кутові втулки (9, 10). Вищеописаний носимий модуль (фіг. 1) дозволяє моделювати зміну м'язової продуктивності гомілкового м'яза, яка передається на ахіллове сухожилля внаслідок функціонального прекодиціювання, що реалізується механічною дією на опорний важіль пристрою. Для фіксації змін м'язової сили, що діє на ахіллове сухожилля, носимий модуль (фіг. 1) пристрою під'єднується до вимірювального модуля пристрою (фіг. 2) шляхом закріплення фіксувальних рейок чаші (3, 4) до балок фіксації рейок чаші (11, 12) у положенні, зображеному на фіг. 3. Гнучкий тяговий елемент від'єднують від важільного фіксатора (7) та пропускають через отвір (17), що виникає після видалення фіксатора. Гнучкий тяговий елемент (5) фіксують на гачку (15) тензодатчика (14) приладу для вимірювання сили, який за допомогою фіксатора тензодатчика (16) приєднаний до нерухомого каркаса балок фіксації (13). Таким чином, після об'єднання двох модулів пристрою єдиним рухомим елементом залишається гнучкий тяговий елемент, який передає зусилля м'язового скорочення від ахіллового сухожилля до гачка (15) тензодатчика (14). Отже, пристрій дозволяє проводити тензометричне дослідження сили, що передається на ахіллове сухожилля щура під час хронічного дослідження. Між окремими тензометричними вимірами пристрій дозволяє подавати на ахіллове сухожилля зовнішнє механічне навантаження (функціональне прекодиціювання), що імітує різноманітні варіанти навантаження від ступні щура.

Джерела інформації:

1. Shimada N., Sakata A., Igarashi T., Takeuchi M., & Nishimura S. M1 macrophage infiltration exacerbate muscle/bone atrophy after peripheral nerve injury. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2020;21(1). <https://doi.org/10.1186/s12891-020-3069-z>

2. Shimada N., Sakata A., Igarashi T., Takeuchi M., & Nishimura S... M1 macrophage infiltrations exacerbate muscle and bone atrophy after peripheral nerve injury. 2019. <https://doi.org/10.21203/rs.2.16511/v1>

3. Lepley L., Davi S., Burland J., & Lepley A... Muscle atrophy after acl injury: implications for clinical practice. *Sports Health a Multidisciplinary Approach* 2020;12(6):579-586. <https://doi.org/10.1177/1941738120944256>

4. Graham N., Jolly A., Zimmerman K., Bourke N., Scott G., Cole J. et al... Diffuse axonal injury predicts neurodegeneration after moderate-severe traumatic brain injury. *Brain* 2020;143(12):3685-3698. <https://doi.org/10.1093/brain/awaa316>

5. Poel C., Levinger P., Tonkin B., Levinger I., & Walsh N... Impaired muscle function in a mouse surgical model of post-traumatic osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage* 2016;24(6):1047-1053. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2015.12.008>

6. Nozdrenko, D. M., Bogutska, K. I., Prylutsky, Yu. I., Korolovych, V. F., Evstigneev, M. P., Ritter, U., & Scharff, P. (2015). Impact of C60 fullerene on the dynamics of force-speed changes in soleus muscle of rat at ischemia-reperfusion injury. *Fiziologichniy Zhurnal*, 61(2), 48-59. <https://doi.org/10.15407/fz61.02.048>

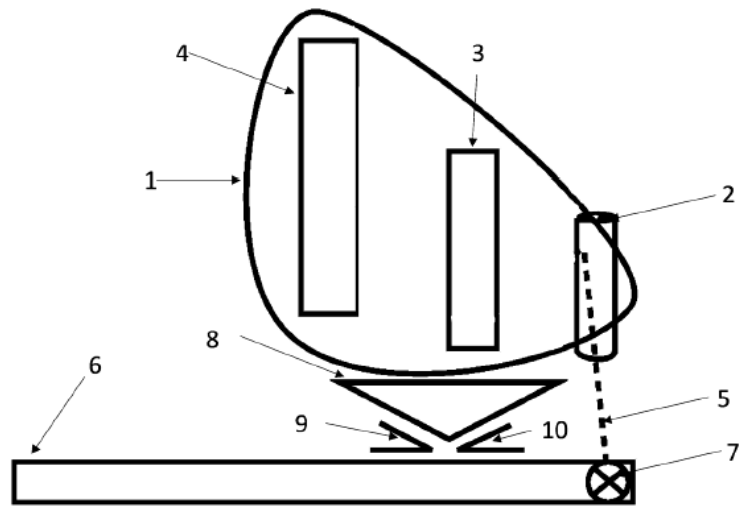


Fig. 1

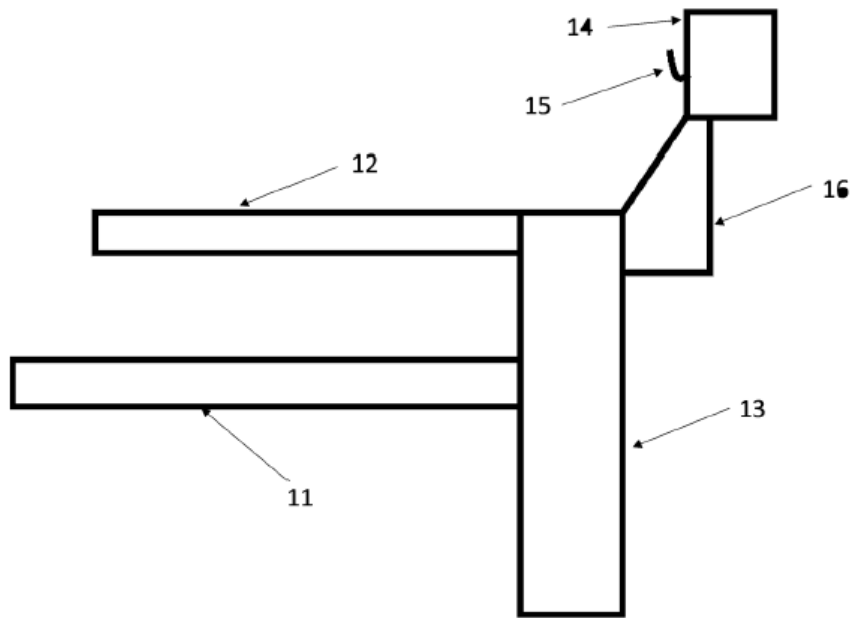


Fig. 2

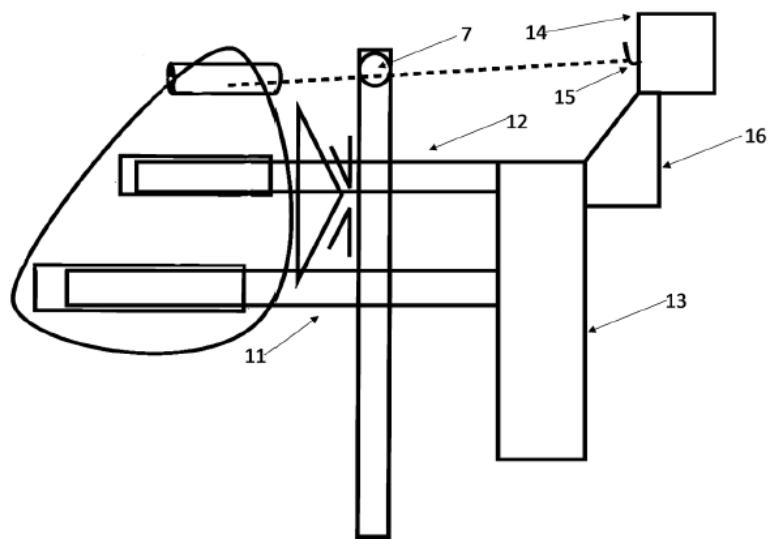


Fig. 3