

УДК 615.84:616-001-089:355

Ковальова А.А.¹, Мельник Г.В.², Худецький І.Ю.³

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. УФКСз-221м НУ «Запорізька політехніка»

³ проф. НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ ДАТЧИКІВ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА МЕЖІ ПРИЙМАЛЬНА ГІЛЬЗА – ЗАЛИШКОВА КІНЦІВКА

При протезуванні нижніх кінцівок для протезистів дуже важливо повністю зрозуміти взаємозв'язок між конструкцією приймальної гільзи та профілем навантажень, яким вони піддають залишкову кінцівку. Прийнято вважати, що жодна єдина конструкція не підходить для всіх осіб з ампутованими кінцівками і потрібно підбирати найбільш підходящу конфігурацію в кожному конкретному випадку [1-4]. Складність поверхні кінцівки з урахуванням зміни її об'єму вимагає кількісних вимірювань у режимі реального часу для забезпечення безпечного використання протезів нижніх кінцівок та відповідної конструкції приймальної гільзи. Картографування тиску може дати значне розуміння того, як протезисти можуть вдосконалити конструкцію своїх протезів, щоб забезпечити відповідне навантаження [3].

Метою даної роботи є визначення критеріїв для оцінки системи для вимірювання навантаження на межі приймальна гільза – залишкова кінцівка, яка може використовуватися при протезуванні нижніх кінцівок для:

визначення прийнятного діапазону навантаження на межі приймальна гільза – залишкова кінцівка;

визначення впливу клінічно значущих змін навантаження на межі приймальна гільза – залишкова кінцівка на стан пацієнта та його функціональні можливості під час звичайної повсякденної діяльності;

визначення клінічно значущих змін навантаження на межі приймальна гільза – залишкова кінцівка у пацієнтів з трансфеморальною ампутацією при використанні протезів призначених для пацієнтів з різними рівнями мобільності.

Визначені критерії для оцінки системи для вимірювання навантаження на межі приймальна гільза – залишкова кінцівка:

1. Дрейф нуля має бути $< 7\%$. Система призначена в першу чергу для оцінки контактного тиску під час руху. Таким чином, є менший попит на моніторинг постійних навантажень протягом тривалого періоду часу;

2. Нелінійність системи прийнятна, якщо її можна адекватно змоделювати. Лінійні датчики забезпечують постійну роздільну здатність, легко калібруються і забезпечують низькі похибки перетворення. Для забезпечення точності та надійності бажаний лінійний вихід;

3. Похибки неправильного зчитування мають бути $< 1\%$. Система повинна надавати інформацію на основі прикладання навантаження в просторовій і часовій областях. Похибки неправильного зчитування можуть суттєво спотворити спостереження;

4. Частота дискретизації має бути мінімум 50 Гц, бажано 100+ Гц. Система повинна мати достатню роздільну здатність, щоб максимально фіксувати особливості ходи. Для ходьби достатньо 50 Гц, а для бігу потрібна більша частота дискретизації;

5. Діапазон навантажень визначений до 300 кПа. Система повинна бути здатною сприймати навантаження, очікувані під час щоденної діяльності ампутанта.

6. Роздільна здатність бажана не менше 4 кПа. Роздільна здатність має бути достатньою, щоб уловити тиск, що є достатнім для розвитку пролежнів. Згідно літературних джерел, залишкова компресія м'яких тканин кінцівки та ішемія, які вважаються причинними факторами пролежнів, можуть бути викликані тиском до 4 кПа;

7. Точність має бути < 2 кПа. Точність датчика важлива для отримання інформації про тиск на межі приймальна гільза – залишкова кінцівка та для повторюваності виходу системи та калібрування;

8. Шум має бути < 1 кПа. Шум системи повинен бути досить низьким, щоб вихідні дані датчика, що стосуються навантажень під час ходи, були помітні та придатні для використання;

9. Гістерезис: необхідно $< 24\%$, бажано $< 7\%$. Низький гістерезис необхідний для забезпечення точних вимірювань датчика під час навантаження та розвантаження кінцівки;

10. Помилка повторюваності має бути $< 5\%$. Для можливості використання системи для визначення прийнятного діапазону навантаження

на межі приймальна гільза – залишкова кінцівка необхідна повторюваність систем.

Методом аналізу наукових праць з теми вимірювання навантаження на межі приймальна гільза – залишкова кінцівка визначено 10 основних характеристик, важливість входу значення характеристики в допустимий діапазон для системи, допустимий діапазон/допустиме відхилення характеристики та функціональну важливість визначених характеристик. Не обов'язково, щоб розроблена системи відповідала усім зазначеним критеріям, щоб вважатися успішною. Тим не менше, бажано створити систему, здатну повністю охопити вимоги пристрою для вимірювання навантажень в приймальній гільзі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Eshraghi A., Osman A., Gholizadeh H., Ali S. Interface stress in socket/Residual Limb with transtibial prosthetic suspension systems during locomotion on slopes and stairs. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2015. Vol. 94. P. 1-10. DOI: 10.1097/PHM.0000000000000134.
2. Zhou H., Hu H. Human motion tracking for rehabilitation – A survey. *Biomedical Signal Processing and Control*, 2008. P. 1-18. DOI:10.1016/j.bspc.2007.09.001.
3. Waldman C., Tamburri M., Prien D. Assessment of sensor performance. *Ocean Science Discussions*, 2009. 6(2). DOI:10.5194/osd-6-1687-2009.
4. Boutwell E., Stine R., Hansen A., Tucker K. Effect of prosthetic gel liner thickness on gait biomechanics and pressure distribution within the transtibial socket. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 2012. 49(2). P. 227-240. DOI: <https://doi.org/10.1682/jrrd.2010.06.0121>