

ТЕМПЕРАТУРНО – ЗАЛЕЖНІ ЗМІНИ ШВИДКОСТІ ВКОРОЧЕННЯ СКЕЛЕТНОГО ВОЛОКНА ЖАБИ

Досліджено процес приросту сили скорочення поодиноких волокон скелетного м'язу жаби в ізометричному режимі під впливом двокомпонентної модульованої стимуляції. Показано наявність нелінійного характеру протікання скоротливих процесів. Продемонстрована асиметрія часового плину у встановленні рівноважного стаціонарного стану залежно від температури омиваючого розчину.

We investigated the process of a force contractility gain of frog skeletal muscle fibers in isometric regime under effect of two-component modulating stimulation. Nonlinearity of the contractile processes was shown. We demonstrated the asymmetry of equilibrium state establishing in dependence of solution temperature.

Вступ. Систематизація та облік гістерезисних ефектів м'язового скорочення дозволяє висловити серйозні сумніви в універсальності теорії ковзання і стимулює пошук альтернативних рішень, які дозволять сформулювати всебічне пояснення існуючих на сьогоднішній день експериментальних даних. Раніше нами була виявлена асиметрія часового плину у встановленні рівноважного стаціонарного стану в залежності від температури, яка виявляється на ділянках зростання сили і залежить від напрямку попереднього руху [1, 2]. У зв'язку з цим є актуальним дослідження нелінійних ефектів м'язового скорочення, викликаних модульованою електростимуляцією при змінах температури розчину, що оточує м'язове волокно. У цій роботі порівняно зусилля при експонентних змінах довжини, викликаних трапецієподібною модульованою стимуляцією з різною швидкістю

нарастання частоти і різних температурах розчину.

Матеріали і методи. Досліджували процеси зміни довжини і сили м'язу при фіксації зовнішнього навантаження і східчастій зміні частоти електростимуляції при різних температурах розчину. Експерименти проводили з використанням спеціального механічного пристрою, в якому перехід від ізометрії до ізотонії здійснювали за допомогою електрокерованого механостимулятора [1, 2, 3, 4]. Досліди проводили на поодиноких волокнах *m.tibialis* жаби *Rana temporaria*. Для реєстрації сили і довжини скорочення м'язових волокон використовували оригінальний тензометричний прилад [1]. Для підтримання постійних температурних умов у камері використовували охолоджуючий пристрій, змонтований на основі охолоджуючого кристалу і зворотної термопари [1, 2].

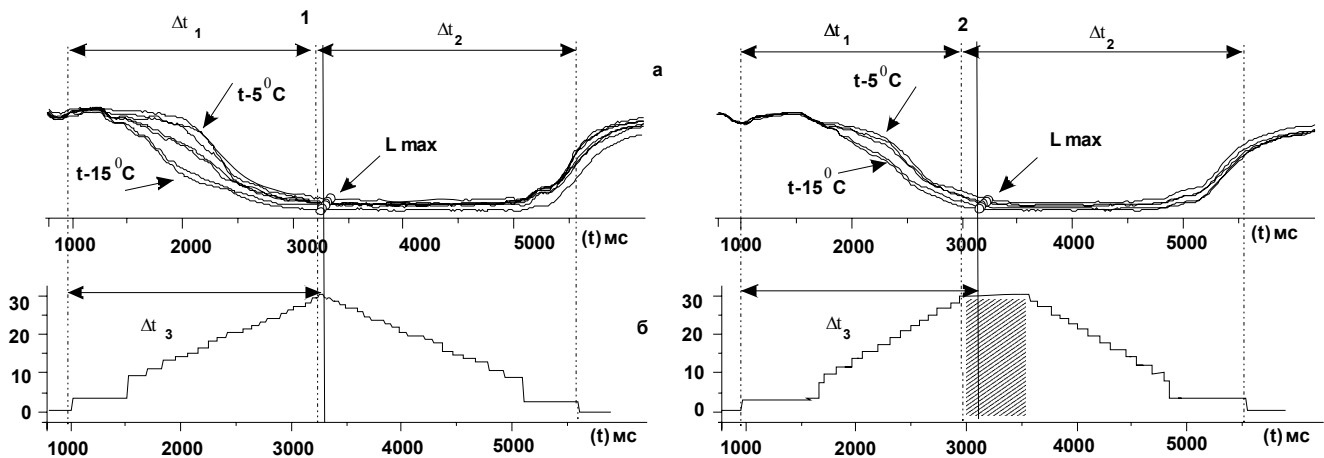


Рис. 1, 2. Криві зміни довжини м'язового волокна при застосуванні модулюючого стимуляційного сигналу (максимальна частота 30 Гц) і змінної температури розчину від 5 °С до 15 °С. (а) – криві зміни довжини м'язового волокна. (б) – часова і геометрична форма прикладеної електричної стимуляції

На кривій зміни довжини точками позначені моменти досягнення максимальної амплітуди скорочення для кожної з застосованих температур розчину. Залежність часу досягнення максимальних значень амплітуди від температури, показана прямою, яка з'єднує точки максимумів кожної з кривих. Стрілками показані криві зміни довжини волокна при найбільшій (15 °С) і найменшій (5 °С) температурі розчину. Заштрихована область відповідає часу утримання максимальної частоти стимулюючого сигналу.

На рисунках 1, 2 показана зміна довжини м'язових волокон при застосуванні модулюючого стимуляційного сигналу з частотою, що змінювалась від 0 до 30 Гц. При даних умовах чітко спостерігаються розходження в часовому плинні дотетаничної ділянки зміни довжини. При максимальній застосованій температурі розчину швидкість скорочення на ділянці Δt_1 лінійно збільшувалася, досягаю-

чи свого максимального значення на рівні 2000 мс, що відповідало частоті еферентного подразнення 16–18 Гц – основній частоті імпульсації рухового мотонейрона жаби. При подальшому лінійному підвищенні частоти подразнюючого стимулу швидкість скорочення знижувалась до часової ділянки, що відповідає часу виходу на стаціонарний рівень скорочення. При зниженні температури розчину зміна довжини дотетаничної ділянки мала нелінійний характер. Зокрема при мінімальній температурі на ділянці стимуляції 16–18 Гц зміни довжини практично не спостерігалось. Різке наростання швидкості вкорочення волокна виникало після проходження ділянки 20 Гц з виходом на лінійний рівень тільки після 25 Гц. Слід зазначити, що час встановлення стаціонарного стану практично не залежав від температурних умов експерименту, а різниця між ділянками Δt_1 і Δt_3 складала не більш 50 мс. Привертає увагу той факт,

що у випадку збільшення швидкості наростання частоти стимуляції (рис 2), часові розходження дотетаничних ділянок $\Delta t_1 - \Delta t_3$ збільшуються до 100–200 мс. У той же час зміна довжини на ділянці Δt_1 набувала практично лінійний характер, навіть при мінімальних застосовуваних температурах розчину. У даному випадку фактично спостерігається тісний зв'язок швидкості приросту еферентного подразнення і зменшення розходження між швидкостями скорочення при різних температурах тільки на дотетаничній ділянці.

Часове розходження зміни довжини вкорочення волокна при різних температурах може мати важливе функціональне значення. В умовах зниження температури швидкість переходу м'язів до нового стаціонарного стану вимагає більш високого порогу еферентного сигналу, що у свою чергу підвищує швидкість його досягнення. Швидкодія також може бути підвищена на рівні ЦНС за рахунок фазних компонентів аферентної імпульсації, спрямованих до м'яза [5]. У той же час швидкість вкорочення в умовах різкого зниження рівня еферентної активності може забезпечуватись тільки динамічними властивостями самого м'яза.

Слід відмітити, що за даних умов стимуляційного сигналу тривалість утримання рівноважного стаціонарного стану відповідала саме ділянкам лінійного спаду стимуляції. Таким чином, утримання стаціонарної ділянки скорочення перевищувало по часу генерацію максимальної частоти подразника. В той же час у випадках використання максимальних частот стимуляції (і, відповідно,

максимальних швидкостей приросту подразнення) дотетанична ділянка м'язової відповіді корелювала з утриманням максимальної частоти стимуляції. Виходячи з цього можна вважати, що за даних умов, запізнення виходу скорочення на стаціонарний рівень компенсується більш тривалим утриманням цього рівня на фазах лінійного зменшення стимуляційного сигналу. Це в свою чергу веде до залежності швидкості вкорочення не тільки від максимальної частоти і швидкості приросту стимуляції на дотетаничних ділянках, а і швидкості зменшення подразнюючого стимулу до фонового рівня стимуляції.

Усе це може свідчити про наявність зв'язку динамічних властивостей м'яза з напрямком руху і температурним градієнтом, а не зі зміною частоти еферентної стимуляції. У той же час необхідно враховувати, що у відповідній реакції м'яза присутній незначний інерційний компонент.

1. Мірошніченко М.С., Ноздренко Д. М. Прилуцький Ю.І., Шут А.Н. // Влияние температуры на динамику мышечного сокращения скелетного волокна лягушки, вызванного модулированной электростимуляцией. Физика живого – 2005 г. – Vol. 13, No.1. – С. 71–78. 2. Мірошніченко М.С., Прилуцький Ю.І., А.Н. Шут. // Температурно-зависимые эффекты динамики сокращения одиночных волокон m. tibialis лягушки. – Физика живого. 2005 г. – Т.13. – № 2. – С. 104–108. 3. Мірошніченко М.С., Залоїло І.А., Ноздренко Д.М., Прилуцький Ю.І. // Динаміка скорочення ізольованого м'язового волокна. – Фізика живого. – 2001. – 9, №2. – С. 71–78. 4. Мірошніченко Н.С., Ноздренко Д.Н., Залоїло І.А. // Динаміка скорочення ізольованого м'язового волокна жаби при високочастотній модульованій стимуляції. – Фізика живого. – 2002. – 10, №1. – С. 41–48. 5. Brezina V, Orekhova IV, Weiss KR // J Neurophysiol. 2000 Jan; 83(1):207-31.

Надійшла до редколегії 05.03.08

УДК 612.821 : 612.82/83

М. Макаrchук, д-р біол. наук,
Н. Філімонова, канд. фіз.-мат.наук,
Т. Кравець, канд. фіз.-мат.наук

ОСНОВНІ ФАКТОРИ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ

При комп'ютерному тестуванні 96 обстежуваних обох статей, середній вік яких складав 20 ± 1 рік, визначали значення 16 загальноновживаних психофізіологічних показників, а також рівні особистісної і реактивної тривоги та брехні. В результаті факторного аналізу отриманих даних доведено, що психофізіологічний стан тієї або іншої людини визначають певні групи взаємопов'язаних показників або факторів, які до певної міри незалежні між собою і об'єднують у собі як базові властивості нервової системи, так і психофізіологічні характеристики особи.

At computer testing 96 inspected both sexes which middle age was 20 ± 1 year, 16 common psychophysiological parameters, and also levels of personal and reactive anxiety and falsehood were determined. As a result of factor analysis of the obtained data it is proved, that the psychophysiological state of that or other person is determined by the defined groups of the interrelated characteristics or factors which in the defined measure are independent among themselves and unite in themselves both base properties of the nervous system, and psychophysiological performances of the person.

Вступ. Психофізіологічний стан людини в більшості випадків в фізіології оцінюється на основі аналізу ряду загальноприйнятих показників функціонального стану центральної нервової системи та основних властивостей нервової системи. Крім того в багатьох роботах реєструються не лише чисто фізіологічні показники, а досить часто і інтегральні психологічні показники, які отримують при застосуванні різного роду опитувальників. Це робить оцінку психофізіологічного стану більш глибокою, але одночасно і неминуче ставить перед будь-яким дослідником при аналізі отриманих даних ряд дуже важливих питань. Головними серед них є: які показники і в якій мірі дублюють один одного, які є основними і визначальними, на які групи отримані показники можна розбити або згрупувати, яка кількість таких груп? Для відповіді на поставлені питання в даній роботі проведено факторний аналіз отриманих даних, в результаті якого зроблено спробу довести, що досліджувані характеристики можна об'єднати в певну кількість підгруп і що таке об'єднання дозволяє виявляти приховані загальні фактори, які визначають психофізіологічний стан людини.

Об'єкт та методи досліджень. В даній роботі за спеціальною комп'ютерною програмою, яка складається з 6 субтестів, у 96 обстежуваних обох статей, середній вік яких складав 20 ± 1 рік, визначали значення 16 загальноновживаних психофізіологічних показників: (ПСМР/мс), СІГМА (мс), (КС/коэф.), (ФРС/с⁻²), (РФМ/с⁻²), (ШРВ/мс), (ШРВЛ/мс), (ШРВЛ/мс), (ФРНП/мс), ПГМ (%помілок), (РРО/відн.од.), (ЗБУД/відн.од.), (ГАЛ'М/відн.од.), (УРІВН/коэф.), а також: рівні тривоги (ТРИВ.), брехні (РІВ_БР.), особистісної (ОСОБ_ТР) та реактивної тривоги (РЕАК_ТР.) [1].

Результати та їх обговорення. Психофізіологічний стан людини ми оцінювали на основі аналізу 20 відповідних показників. Виходячи з цього, найпростіше було б представити психофізіологічний стан тієї або іншої людини точкою в 20-вимірному евклідовому просторі. Однак, зробити це неможливо, бо розмірність евклідового простору визначається кількістю взаємозалежних, тобто ортогональних векторів. Математична обробка отриманих даних показала, що між визначеними параметрами існують різноманітні кореляційні зв'язки [1]. Звідси випливає, що в першу чергу необхідно дослідити структуру