

УДК 616.8—009.1—053.9—07:616.74—073.97

В. П. Лисенюк

ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕДПУСКОВИХ ЗМІН БІОЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ М'ЯЗІВ У ЛІТНІХ ЛЮДЕЙ ТА ДОВГОЖИТЕЛІВ

Процес старіння нервової системи людини зумовлює ряд змін регуляції рухової діяльності, клінічні прояви яких досить добре відомі в нейрогеронтології [4]. При розкритті механізмів рухових зрушень у старості, не зменшуючи ролі і значення вікових змін на інших рівнях організації рухів, особлива увага приділяється змінам характеру низхідних супраспінальних впливів [9, 10, 11].

Ми досліджували деякі механізми виникнення рухових змін при старінні на основі вивчення вікових особливостей надсегментарної регуляції підготовчого, передпускового періоду довільних рухів.

При тестуванні стану спінального рівня моносинаптичними рефlekсами виявлено [3, 5, 15], що після попереджувальної команди і ще до пред'явлення пускового сигналу виникає значне зростання рефлексорної збудливості мотонейронних ядер агоністів майбутнього довільного руху. Ці ранні зміни рефлексорної збудливості можуть мати очевидні рухові або електроміографічні прояви. Так, з допомогою методу електроміографії (ЕМГ) показано, що при попереджувальному сигналі (наприклад, «приготуватися») в м'язах з'являється біоелектрична активність тонічного типу, яка відбиває зміни іннервації мотонейронів і певною мірою може служити показником організації термінової готовності до рухового акту [1, 2, 8, 12, 13]. Доведено, також, що невелика фонові активність м'язів сприяє скороченню латентного періоду сенсомоторної реакції у людини [6]. У хворих з розладами рухів при надсегментарній локалізації уражень (центральні парези) відзначено, що біоелектрична активність у фазі підготовки до довільного руху в паретичних м'язах виражена слабкіше, ніж у нормі або зовсім не виникає [14, 17].

Отже, експериментально сформований стан готовності до довільного руху слід розглядати як своєрідну модель, на якій можна вивчати особливості надсегментарної регуляції ініціального, передпускового періоду моторного акту.

Методика досліджень

Обслідувано 30 осіб похилого віку (60—69 років) та 30 довгожителів (90—101 рік) без клінічно виражених форм будь-яких захворювань (всі пройшли попереднє всебічне обстеження в умовах стаціонару клініки Інституту геронтології АМН СРСР). Контролем служила група з 20 практично здорових осіб віком від 18 до 29 років.

Реєстрація ЕМГ проводилась в лежачому положенні обслідуваних із згиначів та розгиначів кистей (поверхневий згинач пальців, загальний розгинач пальців) з допомогою поверхневих електродів з міжелектродною відстанню 20 мм на електроміографі «Діза». Після попереднього запису ЕМГ досліджуваних м'язів в стані максимального розслаблення (стані «спокою») кожному учаснику давали інструкцію з можливою силою і швидкістю виконати заданий рух (згинання або розгинання кистей) по другому з двох вербальних сигналів. При цьому наголошувалось, що після першої попереджувальної

команди «приготуватися» обслідуваний має привести себе в стан максимальної готовності з тим, щоб після другого сигналу «робіть» негайно виконати необхідний рух. Інтервал часу між командами коливався від 2 до 6 с.

При високій чутливості електроміографа (3 мкв/мм, 5 мкв/мм) біоелектричну активність досліджуваних груп м'язів визначали до попереджувального сигналу, в інтервалі між двома сигналами та після сигналу до дії в початковій фазі довільного руху. Слід підкреслити, що необхідною умовою для виникнення передпускової біоелектричної активності (ПБА) у обслідуваних була їх психологічна настроєність перед експериментом і готовність якомога більш точно виконати одержану інструкцію.

Результати досліджень

ПБА, зареєстрована у 15 з 20 осіб контрольної групи (рис. 1, а), характеризується швидким виникненням через певний латентний період після попереджувального сигналу, це зростання амплітуди біопотенціалів м'язів являє собою інтерференційну ЕМГ, зберігається приблизно на одному рівні протягом інтервалу між двома сигналами, ПБА виявляється в основному тільки в тих м'язах, які повинні виконувати заданий рух і відсутня в симетричних однойменних м'язах. Латентний період ПБА в флексорах достовірно менший, ніж в екстензорах ($p < 0,001$, див. табл. 2). Амплітуда ПБА при виконанні функції антагоніста руху значно нижча, ніж при виконанні тими ж м'язами ролі агоніста (для згиначів приблизно в 1,8 разів, для розгиначів — в 1,3 рази, див. рис. 2).

Як видно з табл. 1, частота виникнення ПБА з віком істотно не змінюється, але при виконанні м'язами функції антагоністів руху достовірно зростає (для флексорів $XI^2 = 9,91$, $p < 0,01$, для екстензорів $XI^2 = 6,51$, $p < 0,05$). Крім більш високої в старших вікових групах частоти втягнення антагоністів у передпусковий процес, в чотирьох випадках в групі похилого віку та в шести — в групі довголітніх виявлено своєрідний «феномен збочення», коли при готовності до флексії кистей у поверхневному згиначі пальців спостерігалась відсутність ПБА і парадоксальна поява її при готовності до екстензії кистей, тобто коли цей м'яз виконував функції антагоніста довільного руху.

Характеристики ПБА в старших вікових групах зазнають значних змін. З наведених у табл. 2 даних видно, що з віком латентний період ПБА збільшується, амплітуда ПБА зменшується, існуюча в групі молодих різниця латентних періодів згиначів та розгиначів нівелюється ($p > 0,05$), зникає також різниця між амплітудами ПБА при виконанні досліджуваними м'язами ролі агоністів та антагоністів руху ($p > 0,05$). Майже в 100% випадків на ЕМГ передпускового періоду реєструються структурні зміни (рис. 1, б, в); ПБА виникає, як правило, за типом періодичних розрядів або спостерігається гальмування ділянок інтерференційної ЕМГ, нерідко виявляється різниця амплітуд ПБА в симетричних однойменних м'язах при готовності до однакових рухів. В ряді випадків ПБА виникала безпосередньо після інструкції ще до першого попереджувального сигналу, після чого у цих обслідуваних важко було досягти початкового рівня біоелектричної активності «спокою». У дев'яти довгожителів ПБА реєструвалась у симетричних м'язових групах, переважно екстензорних, що відбиває більш широку іррадіацію збудження і появу активності в м'язах, участь яких у майбутньому русі не обов'язкова.

Паралельно із збільшенням латентного періоду ПБА в старших вікових групах достовірно збільшується латентний період довільного руху (табл. 2). При цьому слід підкреслити, що при виконанні одним і тим же обслідуваним кілька разів однакового рухового завдання коливання латентностей ПБА і довільного руху, які завжди є в експерименті, були, як правило, однонаправлені. В результаті кореляційного

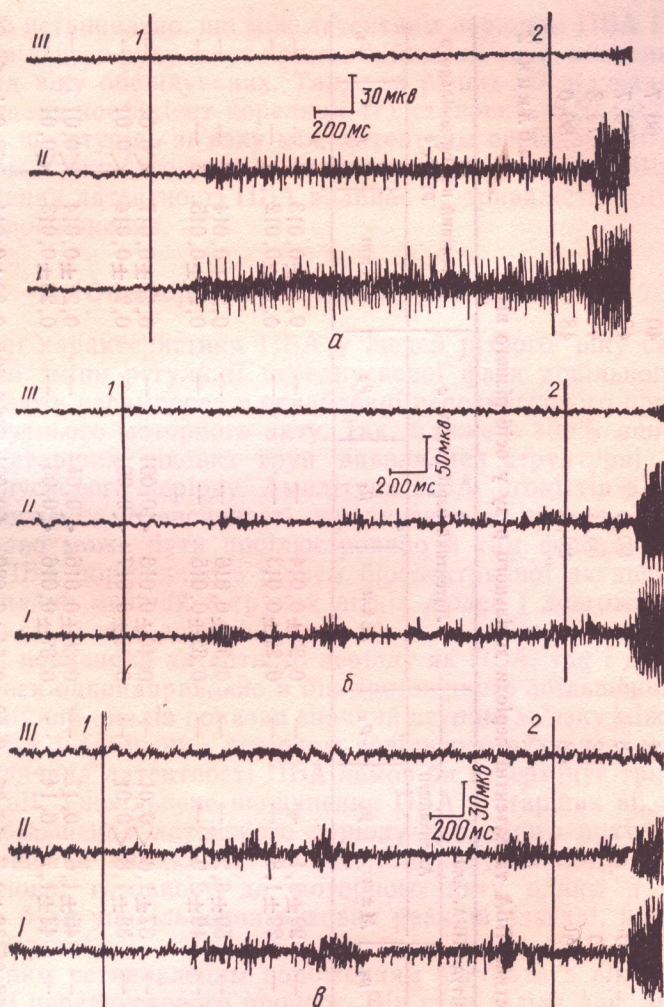
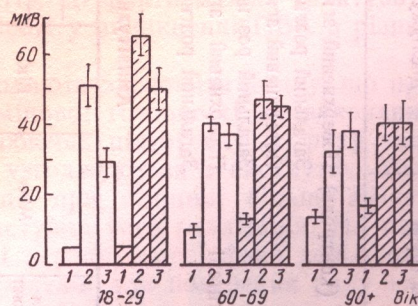


Рис. 1. ЕМГ в умовах готовності до розгинання правої кисті у обслідуваних молодого (а), похилого (б) віку та старше 90 років (в).

I канал — розгинач правої кисті (агоніст руху), II канал — згинач правої кисті (антагоніст руху), III — канал — розгинач лівої кисті; вертикальна лінія 1 — відмітка попереджувального сигналу, лінія 2 — пусковий сигнал.

Рис. 2. Амплітудні співвідношення ПБА і біоелектричної активності м'язів в стані «спокою» у осіб різного віку.

1 — стан «спокою», 2 — ПБА м'язів-агоністів руху і 3 — антагоністів руху; незаштриховані стовпчики — згиначі кистей, заштриховані стовпчики — розгиначі кистей.



Частота виникнення ПБА м'язів згиначів та розгиначів кистей у осіб різного віку

Таблиця 1

Вікова група	Досліджувані м'яз	Число м'язів	При виконанні ролі агоніста		При виконанні ролі антагоніста	
			кількість випадків виникнення ПБА	частота (в процентах від числа м'язів)	кількість випадків виникнення ПБА	частота (в процентах від числа м'язів)
Молоді (контроль)	Поверхневий згинач пальців	40	24	60,0	18	45,0
	Загальний розгинач пальців	40	30	75,0	24	60,0
Літні	Поверхневий згинач пальців	60	34	56,7	40	66,7
	Загальний розгинач пальців	60	48	80,0	46	76,7
Довгожителі	Поверхневий згинач пальців	60	32	53,3	44	73,3
	Загальний розгинач пальців	60	48	80,0	48	80,0

Амплітудно-часові характеристики ПБА та латентні періоди довільного руху у осіб різного віку

Таблиця 2

Вікова група, роки	М'яз	Бік	Амплітуда ПБА, мкс						Латентний період довільного руху, с					
			Агоністи руху			Антагоністи			Латентний період ПБА, с			Латентний період довільного руху, с		
			$M \pm m$	p_2	p_1	$M \pm m$	p_2	p_1	$M \pm m$	p_2	p_1	$M \pm m$	p_2	p_1
18—29	Поверхневий згинач пальців	правий	$51 \pm 2,9$	—	—	$29 \pm 2,1$	—	—	$0,23 \pm 0,014$	—	—	$0,19 \pm 0,013$	—	—
		лівий	$53 \pm 2,8$	—	—	$29 \pm 1,8$	—	—	$0,22 \pm 0,013$	—	—	$0,19 \pm 0,012$	—	—
	Загальний розгинач пальців	правий	$66 \pm 2,8$	—	—	$50 \pm 3,2$	—	—	$0,31 \pm 0,016$	—	—	$0,21 \pm 0,014$	—	—
		лівий	$63 \pm 2,5$	—	—	$49 \pm 2,9$	—	—	$0,32 \pm 0,015$	—	—	$0,22 \pm 0,015$	—	—
60—69	Поверхневий згинач пальців	правий	$40 \pm 1,1$	$<0,01$	—	$37 \pm 1,6$	$<0,01$	—	$0,40 \pm 0,016$	$<0,001$	—	$0,25 \pm 0,017$	$<0,01$	—
		лівий	$40 \pm 1,2$	$<0,001$	—	$38 \pm 1,8$	$<0,01$	—	$0,38 \pm 0,017$	$<0,001$	—	$0,24 \pm 0,014$	$<0,01$	—
	Загальний розгинач пальців	правий	$47 \pm 2,7$	$<0,001$	—	$45 \pm 1,6$	0,17	—	$0,38 \pm 0,016$	$<0,01$	—	$0,27 \pm 0,014$	$<0,01$	—
		лівий	$49 \pm 2,6$	$<0,001$	—	$44 \pm 1,7$	0,14	—	$0,37 \pm 0,016$	$<0,05$	—	$0,28 \pm 0,013$	$<0,01$	—
90—101	Поверхневий згинач пальців	правий	$32 \pm 3,0$	$<0,001$	—	$38 \pm 2,7$	$<0,05$	0,69	$0,54 \pm 0,029$	$<0,001$	$<0,001$	$0,30 \pm 0,011$	$<0,001$	$<0,05$
		лівий	$33 \pm 2,6$	$<0,001$	—	$37 \pm 2,2$	$<0,01$	0,69	$0,52 \pm 0,025$	$<0,001$	$<0,001$	$0,32 \pm 0,018$	$<0,001$	$<0,001$
	Загальний розгинач пальців	правий	$40 \pm 2,6$	$<0,001$	—	$40 \pm 3,1$	$<0,05$	0,16	$0,50 \pm 0,035$	$<0,001$	$<0,001$	$0,33 \pm 0,012$	$<0,001$	$<0,01$
		лівий	$42 \pm 2,6$	$<0,001$	—	$41 \pm 3,2$	0,07	0,43	$0,50 \pm 0,031$	$<0,001$	$<0,001$	$0,32 \pm 0,013$	$<0,001$	$<0,05$

Примітка: p_1 обчислено при порівнянні з контролем, p_2 —між групами похилого віку та довгожителів.

аналізу було встановлено, що між латентним періодом ПБА і латентним періодом довільного руху існує прямолінійний зв'язок, величина якого не залежить від віку обслідуваних. Так, для різних обслідуваних і різних рухових завдань коефіцієнт кореляції (r) становить 0,52—0,78. Це свідчить про те, що ступінь зв'язку між латентним періодом ПБА і латентним періодом довільного руху наближається до високого. Вірогідно, вікове збільшення латентності ПБА впливає на тривалість моторної реакції в бік її уповільнення.

Обговорення результатів досліджень

Наведені характеристики ПБА у людей різного віку свідчать про значні вікові зміни регуляції передпускової фази довільного руху. Ці зміни полягають насамперед в ослабленні передпускового процесу в агоністах майбутнього моторного акту. Так, майже в 100% випадків у обслідуваних старших вікових груп виявлялися структурні відхилення ЕМГ передпускового періоду. Амплітуда ПБА агоністів з віком зменшується. Зниження інтенсивності передпускового процесу в цих групах м'язів яскраво може бути проілюстровано й тим фактом, що приріст амплітуди ПБА порівнянно з рівнем біоелектричної активності в стані «спокою» значно менший в групах літніх людей і довгожителів, ніж у контрольній групі молодого віку (рис. 2).

З віком показники латентного періоду як ПБА, так і довільного руху змінюються однонаправлено в бік достовірного збільшення. Проведений кореляційний аналіз показав значний ступінь зв'язку між латентним періодом ПБА і латентним періодом довільного руху незалежно від віку, отже величина латентності ПБА немов би детермінує тривалість моторної реакції. Уповільнене виникнення ПБА в старших вікових групах викликає збільшення латентного періоду довільного руху. Такі часові взаємовідношення виникають, видимо, за рахунок погіршення організації термінової готовності до моторного акту, одним з результатів цього може бути уповільнення рухових реакцій взагалі, що спостерігається при старінні.

Наступним встановленим положенням є втрата з віком необхідної вибіркової передпускового процесу. Він стає більш дифузним, значно охоплюючи м'язи-антагоністи, а нерідко й інші м'язові групи, участь яких у майбутньому русі зовсім не обов'язкова. В групах літніх людей і довгожителів разом із загальним збільшенням латентного періоду ПБА зникає різниця між величинами латентності ПБА згиначів та розгиначів, яка існує в контрольній групі молодого віку. Крім того, нівелюється різниця між амплітудами ПБА при виконанні одними й тими ж м'язами функцій агоністів та антагоністів. Ці факти можна трактувати як зменшення з віком диференційованості у виникненні ПБА в різних м'язових групах.

Отже, проведені дослідження дозволяють висловити думку, що при старінні погіршується організація термінової готовності до виконання моторного акту за рахунок змін регулюючих підготовку до руху надсегментарних впливів. Одержані дані узгоджуються з висунутою Уелфорд і Бірреном [16] концепцією, що при старінні більше змінюється ініціація моторного акту, ніж наступна його реалізація. На наш погляд, виявлені вікові зміни регуляції передпускової фази довільного руху можуть певною мірою бути використані для пояснення ряду клінічних особливостей моторики людини на пізніх етапах онтогенезу.

Література

1. Бассин Ф. Б., Сидоров П. И. Электромиографический анализ готовности к движению в норме, при сосудистой мозговой патологии и других формах поражения центральной нервной системы.— В кн.: Пограничные состояния. Труды IV Всесоюзного съезда невропатологов и психиатров. М., 1965, 5, с. 467—474.
2. Виноградов М. И., Шванг Л. И. О формировании предупредительной реакции при статическом мышечном напряжении.— В кн.: Проблемы физиологии центральной нервной системы. М.—Л., 1957, с. 137—140.
3. Коц Я. М. Организация произвольного движения. М., «Наука», 1975, 248 с.
4. Маньковский Н. Б., Минц А. Я. Старение и нервная система. Киев, «Здоров'я», 1972, 279 с.
5. Овсянников А. В., Хомякова Г. Д. Двигательная преднастройка в условиях выбора.— Журнал высшей нервной деятельности, 1969, 19, с. 525—527.
6. Персон Р. С., Калашикова З. С. О влиянии функционального состояния нейромоторного аппарата на латентный период двигательной реакции у человека.— Журнал высшей нервной деятельности, 1961, 11, № 5, с. 830—834.
7. Сидоров П. И. Электромиографический анализ предпусковых изменений мышечного тонуса и произвольных движений у больных с гемипарезами сосудистого происхождения.— В кн.: Материалы выездной научной сессии Института неврологии АМН СССР. Черновцы, 1968, с. 120—124.
8. Сидоров П. И. Изменения электрической активности мышц, предшествующие произвольному движению в условиях нормы.— Журнал невропатологии и психиатрии, 1969, № 7, с. 990—995.
9. Танин С. А. О возрастных особенностях некоторых внутрицентральных взаимоотношений при старении организма.— В кн.: Нейро-гуморальная регуляция в онтогенезе. Киев, 1964, с. 64—66.
10. Фролькис В. В. Анализ изменений деятельности организма при старении с позиции саморегуляции функций.— В кн.: Механизмы старения. Киев, 1963, с. 131—150.
11. Фролькис В. В. Регулирование, приспособление и старение. Л., «Наука», 1970, 432 с.
12. Davis R. C. Patterns of muscular activity during «mental work» and their constancy.— J. Exp. Psychol., 1939, 24, № 5, p. 451—465.
13. Jacobson E. Electrical measurements of neuromuscular states during mental activities. 1. Imagination of movement involving skeletal muscle.— Amer. J. Physiol., 1930, 91, p. 567—608.
14. Serra C., Covello L. Elettromiographia clinica. Napoli, 1959.
15. Tzekov Tr. Correlation between the reaction time and amplitude of the H-reflex of the muscle involved in the response.— Agressologie, 1972, 13, D, p. 25—30.
16. Welford A. T., Birren J. E. Behavior, aging and the nervous system. Springfield, Illinois, Charles C. Thomas, Publisher, 1965.

Відділ вікової фізіології
та патології нервової системи
Інституту геронтології АМН СРСР, Київ

Надійшла до редакції
31.III 1977 р.

V. P. Lysenjuk

AGE PECULIARITIES OF INTENTIONAL BIOELECTRICAL ACTIVITY OF MUSCLES IN ELDERLY AND LONG-LIVING PEOPLE

Summary

Based on the experimentally formed intention state to voluntary movement (flexion or extension of hands to the second of two verbal signals, the first being warning), the peculiarities in the regulation of the intentional period prior to movement were studied by the method of electromyography (EMG) in the healthy people of different age (20 persons aged 18-29, 30 aged 60-69, and 30 aged 90-101). An increase in the latent period (LP) of intentional activity (IA) alongside an increase in LP of the voluntary movement, a decrease in the IA amplitude accompanied by the EMG structural changes as well as a reduction in desirable IA selectivity were observed with age. It is supposed that such changes in the intentional organization before the voluntary movement may be of use for explanation a number of clinical features of human motility at late stages of ontogeny.

Institute of Gerontology,
Academy of Medical Sciences, USSR, Kiev