

УДК 612.829.34

## ХАРАКТЕРИСТИКА КООРДИНАЦІЙНОГО ВІДНОШЕННЯ М'ЯЗІВ В ОСІБ, ЯКІ ПРОЖИВАЮТЬ НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНІЙ ТЕРИТОРІЇ

Мельник С.А.

*Характеристика координаційного відношення м'язів в осіб, які проживають на радіоактивно забрудненій території. - С.А. Мельник - Проведено комплексне вивчення функціонального стану нервово-м'язової системи підлітків, які проживають в зоні радіоактивного забруднення (168 осіб), і в умовах природного радіаційного фону (116 осіб). Встановлено зростання коефіцієнтів адекватності біоелектричної відповіді, порушення реципрокних відносин у взаємодіях м'язів-антагоністів в підлітків, які проживають в зоні радіоактивного забруднення.*

**Ключові слова:** радіонукліди, підлітки, м'язи, електрична активність, електроміографічні показники.

**Адреса:** Луцький національний технічний університет вул. Львівська 75, м. Луцьк, Україна, 43018; melnuk.svitlana@mail.ru

*Reciprocal relations of antagonistic muscles interactions of Radioactive Polluted Area Resident Adolescents - S.A.Melnuk - Complex study of neuromuscular system of radioactive polluted area (168 persons) and natural background radiation area resident adolescents (116 persons) was held. Bioelectrical response adequacy index increase, disorders in reciprocal relations of antagonistic muscles interactions, more long latent period of sensomotor reactivity were registered in conditions of muscles physical endurance and physical efficiency decrease in radiation control area adolescents*

**Keywords:** radionuclides, adolescents, muscles, electric activity, electromyography indexes

**Address:** Lutsk National Technical University, 75 Lvivska, st. Lutsk 43018, Ukraine; melnuk.svitlana@mail.ru

### Вступ

Однією з центральних проблем нейрофізіології рухових функцій є проблема онтогенетичного розвитку електричної активності нейромоторного апарату. Цей напрямок досліджень надзвичайно важливий в теоретичному і практичному відношенні, однак таких робіт ще вкрай мало.

Електроміографічні дослідження дітей шкільного і дошкільного віку також вкрай малочисельні. Вони як правило проводились на обмеженій кількості дітей, при цьому отримані дані використовувались тільки як контрольні для співставлення біоелектричної активності однойменних м'язів у хворих дітей. В цих дослідженнях, як правило, реєструвались тільки електроміограми (ЕМГ) м'язів передпліччя і гомілки, переважно під час їх довільного скорочення.

Ряд сучасних досліджень присвячені вивченню вікової динаміки функціонального стану периферичної рухової системи за даними турн-амплітудного аналізу інтерференційної поверхневої ЕМГ у здорових дітей. Дані спостереження Т.В.Варламової, А.Ю.Мейгал та А.Л.Соколова [2004] свідчать про те, що у здорових дітей амплітуди і тривалість потенціалу дії рухових одиниць знижені у порівнянні з

дорослими, а частота імпульсації рухових одиниць вища. Це характеризує функціональний стан скелетних м'язів здорових дітей як особливий варіант норми, обумовлений особливостями рухових одиниць дитини, що слід враховувати при проведенні діагностики нервових і м'язових захворювань у дітей [1].

Клінічно-нейрофізіологічне дослідження функціонального стану рухової системи в осіб, що зазнали впливу іонізуючого випромінювання внаслідок аварії на ЧАЕС, проведене Юр'євим К.Л. [2002]. Встановлено, що в цієї групи постраждалих осіб у віддалений період після опромінення в дозах понад 0,3 Зв патологія рухової системи простежується в структурі прогресивного структурно-функціонального ураження головного мозку [3].

Експериментальна нейрофізіологія і фізіологія людини довгий час були в певній ступені ізольовані одна від одної. Їх пересікання відбувалося тільки на ґрунті клініки, де невропатологи намагались використати нейрофізіологічні знання для трактування патогенезу захворювань, а нейрофізіологи шукали випадки, придатні для співставлення топіки уражень нервової системи і виникаючих при цьому порушень в роботі організму [4, 5].

## Матеріали і методи дослідження

Дослідження проведено на 284 практично здорових особах віком від 13 до 17 років. Основну групу нагляду склали 168 учнів загальноосвітньої школи села Прилісне Маневицького району Волинської області (77 хлопців і 91 дівчина), які постійно проживають у зоні впливу малих доз радіації з величиною паспортної дози опромінення більше 5 мЗв. З урахуванням вікового і статевого складу підлітки були поділені на 10 підгруп. Контрольну групу становили 116 школярів Луцького району, які проживають в умовах природного радіаційного фону Волинської області, аналогічних вікових груп.

Реєстрація електричної активності м'язів проводилась електронейроміографом "Нейро-МВП-2" фірми Нейрософт. Використовувався сумарний метод відведення біопотенціалів за допомогою наскірних (поверхневих) електродів, які накладались в ділянці рухової точки, тобто в місці максимальної концентрації імпульсної активності до її розходження по окремих м'язових волокнах. При пошуку рухових точок ми використовували схему їх розташування, запропоновану Скоромец А.А., Скоромец Т.А. [2]. Попередні методичні дослідження показали, що навіть невелике зміщення електродів по відношенню до рухової точки, суттєво змінює амплітуду коливання (АК). Критерієм правильності положення електродів по відношенню до рухової точки була наявність найбільшої АК при максимальному довільному скороченні. Об'єктом вивчення були м'язи проксимальних і дистальних відділів рук: загальний розгинач та поверхневий згинач пальців. Програма дослідження включала вивчення біострумів м'язів: а) у спокої (при максимальному розслаблених м'язах); б) при максимальному за силою довільному скороченні м'язів; в) після раптового припинення довільного скорочення (слідова продовжена активність).

Оцінюючи дані ЕМГ використовували показники, які характеризують координаційні відношення не тільки якісно, але і кількісно. Застосування кількісних показників важливо не стільки при оцінці індивідуальних даних, скільки при оцінці зміни біоелектричної активності обстежених груп і при співставленні даних різних груп. При цьому рішення про відсутність чи наявність змін показників біоелектричної активності (БА) базується (особливо на ранніх стадіях захворювання) переважно на статистичному аналізі матеріалу.

Порівняльна оцінка БА одного і того ж м'язу при різних формах його активності дозволяє робити висновки про залежність реакції м'язу від інтенсивності і адекватності подразнення. При довільних скороченнях кількісною мірою адекватності біоелектричної відповіді може служити коефіцієнт адекватності (КА) –

відношення амплітуди коливання (АК) м'язу при скороченні його антагоніста (наприклад, згинача при скороченні розгинача) до АК того ж м'язу (згинача) при його довільному скороченні.

Випадки, коли АК м'язу, індукованого скороченням антагоніста, була рівна АК цього ж м'язу при його довільному скороченні позначені як феномен зрівняння (КА в таких випадках був рівний  $100 \pm 10\%$ ). Якщо ж АК м'язу, індукованого скороченням його антагоністу, була більша АК при його довільному скороченні, то таке явище позначали як феномен збочення (КА при цьому був більше  $110\%$ ).

Координаційне співвідношення різних груп м'язів оцінювали за допомогою коефіцієнту реципрокності (КР). Оцінка координаційних відношень м'язів дозволяє оцінити взаємозв'язок між довільно активуючими м'язами і тими, які знаходяться у відносному спокої. Коефіцієнт реципрокності характеризує взаємодію м'язів-антагоністів, розраховується для м'язу, який знаходиться в режимі антагоністичного напруження, і показує ступінь її активації в процентах по відношенню до величини активності м'язу агоністу.

Величини показників, які характеризують діяльність рухової системи, обстежуваних експериментальної групи, співставляли з відповідними величинами, отриманими у контрольній групі.

## Результати дослідження та їх обговорення

Результати дослідження виявили більш чітко виражені реципрокні відношення в м'язах рук в обстежених контрольній групі. Дослідження не виявило вірогідної різниці між показниками реципрокності м'язів згиначів в досліджуваних хлопців обох груп, проте КР розгиначів школярів із зони радіаційного контролю достовірно перевищували аналогічні показники їх однолітків із радіаційно чистої зони у віці 13 ( $p < 0,01$ ) і 15-17 років ( $p < 0,05$ ).

Спостерігали закономірно вищі величини коефіцієнту реципрокності в групі розгиначів у досліджуваних обох груп (табл.1).

Достовірно зниження величини КР згиначів в обстежених хлопців, які становили експериментальну ( $p < 0,05$ ) і контрольну групи ( $p < 0,01$ ), припадало на один віковий період –13-15 років. Вірогідної різниці між показниками КР розгиначів, яка свідчила б про покращення реципрокних відносин даної групи м'язів в обстежених хлопців із зони радіаційного контролю у віковому аспекті, дослідження не виявило. В той же час чинник віку справив значний вплив на покращення реципрокних відносин розгиначів в їх однолітків із радіаційно чистої зони. Достовірно зниження середніх величин КР даної групи м'язів спостерігали у всіх вікових підгрупах контрольної групи ( $p < 0,01$ ).

Таблиця 1. Порівняльна характеристика показників коефіцієнту реципрокності (КР) і коефіцієнту адекватності (КА) в досліджуваних хлопців експериментальної (А) і контрольної групи (Б) (M±m, %)

Група	Вік	Показники	КР <sub>(розг.)</sub>	КР <sub>(згин.)</sub>	КА <sub>(розг.)</sub>	КА <sub>(згин.)</sub>
А	13	M±m	56,09±1,41	33,93±0,89	34,53±1,00	51,03±1,87
Б	13	M±m	42,78±1,43	32,06±2,10	31,63±1,10	48,76±1,48
		t	6,63	0,82	1,95	0,95
А	15	M±m	53,89±1,21	21,62±1,08	19,55±0,82	58,11±2,73
Б	15	M±m	35,33±1,25	24,36±1,07	23,13±1,67	42,95±1,25
		t	10,67	1,07	1,92	5,05
А	17	M±m	51,22±1,28	22,87±1,13	23,13±1,18	53,24±1,31
Б	17	M±m	23,14±1,36	21,98±1,67	21,82±1,04	32,17±1,33
		t	15,04	0,44	0,83	19,91

Коефіцієнти реципрокності в хлопців, які проживають на радіоактивно чистій території, знижувалися з віком від 42,78±1,43% до 23,14±1,36% для розгиначів та від 32,06±2,10% до 19,36±1,07% для згиначів. В експериментальній групі середні показники коефіцієнту реципрокності розгиначів знаходились в межах від 56,09±1,41 % до 51,22±1,21 %, що свідчить про надмірне залучення м'язів-антагоністів при максимальному скороченні агоністів. Оскільки підвищення КР вище 50% вважається грубим, в даному випадку можна говорити про грубе порушення реципрокних відносин в м'язах рук школярів із зони радіаційного контролю. При індивідуальному аналізі отриманих результатів було встановлено, що в 13-річних школярів із зони радіаційного контролю найнижчий коефіцієнт реципрокності розгиначів при активному скороченні згиначів становив 24,17 %, найвищий – 89,57 %. В 15-річних і 17-річних хлопців величини КР розгиначів знаходились в межах, відповідно, від 24,84 % до 92,81 % та від 51,09 % до 69,36 %. Грубі порушення реципрокності м'язів-згиначів спостерігали лише в тринадцятирічних школярів, причому велика кількість осіб з величиною КР більше 50% була вищою серед хлопців, які проживають на радіоактивно забрудненій території (20% проти 11,11% в контролі).

Встановлено вплив чинника віку на зниження середніх величин КР згиначів в осіб жіночої статі незалежно від території проживання. Вірогідне зниження середніх величин КР в школярок, які проживають на радіоактивно забрудненій території спостерігали у віковій періоді 13-15 (p<0,05) та 15-17 (p<0,01) років. В екологічно чистій зоні достовірно зниження показників КР реєстрували у віці 13-15 років (p<0,01). Так, в школярок експериментальної групи досліджуваний показник знаходився в межах від 39,07±1,00 % в 13-річних до 19,06±0,88% у 17-річних, в контрольній групі, відповідно, від 28,74±1,19 % до 24,67±1,27%. Грубі порушення реципрокної іннервації реєстрували в 16,66% тринадцятирічних та в 11,11% п'ятнадцятирічних

дівчаток, які зазнають дії низькоінтенсивного опромінення. В групі їх ровесниць із зони екологічного благополуччя аналогічних відхилень відношень м'язів не фіксували. Коефіцієнт реципрокності згиначів школярок достовірно перевищував в експериментальній групі у віці 13 років, в контрольній у віці 17 років (p<0,01). Показники КР знаходились в межах від 19,40% до 88,01% у тринадцятирічних, від 9,66% до 53,07% в п'ятнадцятирічних та від 4,74% до 49,20% в сімнадцятирічних учениць із зони радіаційного контролю. В їх ровесниць із радіоактивно чистого району аналогічний показник коливався від 11,72% до 42,85% в 13-річних, від 10,42% до 49,12% в 15-річних та від 5,38% до 47,34% в 17-річних, тобто відзначався меншою варіативністю.

Аналіз статевих відмінностей виявив вірогідне перевищення середніх величин КР в 13-15-річних дівчаток експериментальної групи (p<0,01), тобто більшу активацію м'язів-згиначів, які знаходяться в режимі антагоністичного напруження, що свідчить про менш виражені реципрокні відношення в осіб жіночої статі в даному віці. Надалі в 17-річних школярок спостерігали значне покращення координаційних відносин в групі згиначів – коефіцієнт реципрокності становив лише 19,06±0,88 %, проте в даному віці спостерігали найбільшу кількість грубих порушень реципрокних відносин м'язів-розгиначів.

У порівнянні з хлопцями експериментальної групи у дівчат, які проживають в одному з ними населеному пункті, спостерігали підвищення величини коефіцієнту реципрокності розгиначів у віковому аспекті від 46,47±1,40 % в тринадцятирічних до 63,67±1,65 % у сімнадцятирічних, причому показники дівчат у віці 17 років достовірно перевищували показники їх однолітків-хлопців (p<0,01).

Аналіз міжгрупових показників виявив вірогідне перевищення величини КР розгиначів м'язів кисті в дівчаток, які проживають на радіоактивно забрудненій території, у віці 13-15 років (p<0,05) та 16-річних (p<0,01). Крім того, якщо грубе порушення реципрокних відносин у

вигляді перевищення КР розгиначів відмітки 50 % спостерігали в 33,43% тринадцятирічних дівчаток, то серед п'ятнадцятирічних у 44,50 %, а серед сімнадцятирічних школярок вже у 70 % обстежених виявили надмірну активацію м'язу розгинача, який знаходиться в режимі антагоністичного напруження. При індивідуальному аналізі отриманих результатів було встановлено, що в 13-річних школярок із зони радіаційного контролю найнижчий коефіцієнт реципрокності розгиначів при активному скороченні згиначів становив 26,03 %, найвищий – 86,99 %. В 15-річних і 17-річних дівчат величини КР розгиначів знаходились в межах, відповідно, від 24,44 % до 97,81 % та від 25,75 % до 86,41 %.

При порівнянні показників досліджуваних контрольної групи у статевому аспекті, слід відзначити вірогідне перевищення коефіцієнту реципрокності розгиначів у 15-річних ( $p < 0,01$ ) та 17-річних ( $p < 0,05$ ) дівчаток в порівнянні з показниками хлопців одного з ними біологічного віку, при достовірно нижчих величинах КР школярок в 13-річному віці ( $p < 0,01$ ), тобто чинник віку справляв значний вплив на покращення реципрокних відносин в групі розгиначів тільки в осіб чоловічої статі.

При порівнянні показників КР згиначів обстежених обох статей контрольної групи достовірних розбіжностей не встановлено.

Отже, статистичний аналіз отриманих результатів виявив численні порушення реципрокної іннервації в обстежених обох статей, які входили в експериментальну групу, причому якщо в хлопців спостерігали тенденцію до покращення координаційного відношення м'язів у віковому аспекті, то в дівчаток прослідковувалась протилежна тенденція до погіршення взаємодії м'язів-антагоністів з віком.

Порівняльна оцінка біоелектричної активності одного і того ж м'язу при різних формах його активності дозволяє робити висновки про залежність реакції м'язу від інтенсивності і адекватності подразнення. При довільних скороченнях кількісною мірою адекватності біоелектричної відповіді може служити коефіцієнт адекватності (КА) – відношення АК м'язу при скороченні його антагоніста до АК того ж м'язу при його скороченні.

При оцінці адекватності активації м'язів згиначів при різних формах їх активації, встановлено порушення біоелектричної відповіді в хлопців, які проживають на радіоактивно забрудненій території. Величини КА в експериментальній групі були достовірно більшими у порівнянні з контрольною, причому у 15-річних ( $p < 0,01$ ) і 17-річних ( $p < 0,05$ ) – вірогідно. У всіх вікових підгрупах досліджуваних експериментальної групи середні величини коефіцієнту адекватності перевищували

50 %. Так, в 13-річних хлопців КА становив  $51,03 \pm 1,87$  %, в 15-річних –  $58,11 \pm 2,73$  %, а в 17-річних –  $53,24 \pm 1,31$  %. Величини коефіцієнту адекватності згиначів м'язів кисті у тринадцятирічних школярів експериментальної групи знаходились в межах від 25,78 % до 92,02 %, в п'ятнадцятирічних від 20,94 % до 112,82 %, у сімнадцятирічних від 9,75 % до 88,66 %, тобто відзначались значною варіативністю. Крім того, в 18,2 % досліджуваних хлопців віком 15 років спостерігали підвищення КА більше 100 %, так званий “феномен збочення”, коли амплітуда ЕМГ в режимі агоністичного напруження нижча ніж в режимі антагоністичного напруження. В 45,45% осіб чоловічої статі, які входили в експериментальну групу, коефіцієнт адекватності згиначів був вищим 50 %. В нормі у дорослих він не перевищує 15 %, тому надмірне підвищення даного показника може свідчити про наявність надсегментарних порушень в хлопців із зони радіаційного контролю.

Порівняльний аналіз середніх показників коефіцієнту адекватності розгиначів не виявив достовірних розбіжностей між показниками хлопців, які проживають на території з різним ступенем радіоактивного забруднення (див. табл. 1). В експериментальній групі відношення амплітуди розгиначів при активному максимальному напруженні антагоніста до амплітуди розгиначів в режимі максимального напруження знаходилося в межах від  $34,53 \pm 1,00$  % до  $19,55 \pm 0,82$  %, причому найвищі середні показники виявлені у 13-річних хлопців, найнижчі в 15-річних. Достовірно зниження середніх величин КА даного м'язу реєстрували у віковий період 13-15 – років ( $p < 0,05$ ) з подальшим зростанням у 17-річних ( $p < 0,01$ ). В контрольній групі у порівнянні з експериментальною виявлене вірогідне зниження показників КА у всіх вікових підгрупах ( $p < 0,01$ ). Спостерігали поступове зниження досліджуваного показника від  $31,63 \pm 1,10$  % в тринадцятирічних до  $21,82 \pm 1,04$  % в сімнадцятирічних.

Згідно даних представлених у таблиці 2, середні величини КА згиначів дівчаток, які проживають на радіоактивно забрудненій території, вірогідно перевищують показники своїх ровесниць із зони екологічного благополуччя у віці 15 років ( $p < 0,01$ ), 13 та 15 років ( $p < 0,05$ ). Якщо середні показники КА згиначів в контрольній групі знаходились в межах від  $27,20 \pm 1,29$  % до  $36,60 \pm 1,50$  %, то в експериментальній групі спостерігали коливання аналогічного показника від  $47,75 \pm 1,63$  % до  $52,75 \pm 1,95$  %, причому в обох групах дослідження найнижчі показники фіксували в дванадцятирічних, найвищі в чотирнадцятирічних школярок. Величини коефіцієнту адекватності згиначів м'язів кисті тринадцятирічних дівчаток експериментальної групи знаходились в межах від

22,90 % до 90,27 %, в п'ятнадцятирічних від 28,43 % до 85,71 %, у сімнадцятирічних від 28,56 % до 87,58 %. В контрольній групі коефіцієнт адекватності активації м'язів-згиначів знаходився в межах від 10,17 % до 46,16 % в тринадцятирічних, від 13,07 % до 69,85 % в п'ятнадцятирічних та від 10,47 % до 51,22 % в сімнадцятирічних дівчат. Причому серед школярів, які проживають на радіоактивно чистій території, тільки у 13,33 % випадках реєстрували показники КА згиначів вищі 50 %, то в радіоактивно забрудненій перевищення досліджуваного показника, яке може свідчити про

надсегментарні порушення, спостерігали у 51,61 % обстежених осіб жіночої статі.

При порівнянні величин коефіцієнту адекватності згиначів у статевому аспекті в досліджуваних експериментальної групи вірогідних розбіжностей між показниками хлопців і дівчат не встановлено за рахунок того, що середні показники КА в усіх підгрупах були досить високими. В контрольній групі КА згиначів хлопців достовірно перевищували аналогічні показники дівчат пубертатного віку, що свідчить про вищу біоелектричну активацію в даний період онтогенезу, оскільки в юнацькому віці достовірних розбіжностей не реєстрували.

Таблиця 2. Порівняльна характеристика показників коефіцієнту реципрокності (КР) і коефіцієнту адекватності (КА) в досліджуваних дівчат експериментальної (А) і контрольної групи (Б) (M±m, %)

Група	Вік	Показники	КР <sub>(розг.)</sub>	КР <sub>(згин.)</sub>	КА <sub>(розг.)</sub>	КА <sub>(згин.)</sub>
А	13	M±m	46,47±1,40	39,07±1,00	41,41±1,47	47,75±1,63
Б	13	M±m	36,30±1,51	28,74±1,19	40,37±0,87	27,20±1,29
		t	4,94	6,65	0,61	9,89
А	15	M±m	56,88±2,16	27,77±1,19	28,46±1,60	52,75±1,95
Б	15	M±m	42,83±1,60	24,52±1,39	29,99±1,20	36,60±1,50
		t	5,23	1,78	0,76	6,56
А	17	M±m	63,67±1,65	19,06±0,88	26,67±1,14	51,64±1,28
Б	17	M±m	38,54±1,28	24,67±1,27	32,82±1,09	31,24±1,14
		t	12,03	3,63	3,90	11,90

Оцінюючи адекватність активації різних груп м'язів в досліджуваних осіб жіночої статі, достовірно вищий (p<0,01) коефіцієнт адекватності розгиначів виявили у 17-річних дівчат з радіоактивно чистої зони. В інших вікових групах розбіжностей між показниками КА розгиначів школярів, які входили в експериментальну і контрольну групи не реєстрували.

За середніми показниками виявлено зниження КА розгиначів у віковий період 13-15 років в експериментальній (p<0,01) та контрольній групі (p<0,05). Надалі у віковому аспекті величини КА даного м'язу вірогідно не відрізнялись.

При порівнянні показників у статевому аспекті виявлено достовірне перевищення середніх величин КА в дівчат у всіх вікових підгрупах (p<0,01), причому як в експериментальній так і контрольній групі, що вказує на більшу активацію м'язу в період максимального скорочення антагоніста в осіб жіночої статі.

Таким чином, результати проведеного дослідження свідчать про порушення фізіологічних надсегментарних впливів на периферичний мотонейрон, що виявлялось у вигляді зростання коефіцієнтів реципрокності та адекватності, що свідчить про порушення нервово-м'язової передачі в осіб, що зазнають впливу малих доз радіації за рахунок проживання на контамінованих радіонуклідами територіях.

1. Мейгал А.Ю., Соколов А.Л., Лупандин Ю.В. Терморегуляционная активность двигательных единиц новорожденных и детей раннего возраста // Физиология человека. – 1995. – Т.21. - №4. – С.111.
2. Скоромец А.А., Скоромец Т.А. Топическая диагностика заболеваний нервной системы. Руководство для врачей. 3-е издание – СПб.: Политехника, 2000. – 399с.
3. Юр'єв К.Л. Клініко-нейрофізіологічна характеристика функціонального стану рухової системи в осіб, що зазнали впливу іонізуючого випромінення внаслідок аварії на

ЧАЕС. Автореф. дис. на здоб. наук. ступ. докт. мед. наук /Науковий центр радіаційної медицини АМН України. – Київ. – 2002. – С.1-17.

4. Jorgenses S.A., Fuglsang-Fredericsen A. Turns-amplitude analysis at different sampling Frequencies // J. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. – 2011. – V.81. – P.1.
5. Kurka E., Drobny M. Four quantitative EMG methods and their individual parameter diagnostic value // Electromyogr. Clin. Neurophysiol. – 2010. – V.40. – P.451.

Отримано: 11 березня 2012 р.

Прийнято до друку: 12 листопада 2012 р.