

Національна академія наук України
Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова

На правах рукопису

УДК 007:612.7

ПРИЙМАКОВ
Олександр Олександрович

**СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ
ВЗАЄМОДІЇ СИСТЕМ ОРГАНІЗМУ ПРИ РЕГУЛЮВАННІ
ПОЗИ І РУХУ ЛЮДИНИ**

14.03.25 — біологічна і медична кібернетика та інформатика

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора біологічних наук

Київ 1995

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українському державному університеті фізичного виховання і спорту.

Науковий консультант: доктор біологічних наук,
професор ТКАЧУК В. Г.

Офіційні опоненти: доктор медичних наук,
професор ПОПОВ А. О.,
доктор біологічних наук,
професор ФІЛІПОВ М. М.,
доктор біологічних наук,
професор МАКАРЕНКО Н. В.

Провідна організація: Київський державний педагогічний університет ім. М. П. Драгоманова.

Захист відбудеться «20» серпня 1995 р.
о «14» год. на засіданні спеціалізованої вченої ради
Д 01.39.05 при Інституті кібернетики ім. В. М. Глушкова
НАН України за адресою:

252022 Київ 22, проспект Академіка Глушкова, 40.

З дисертацією можна ознайомитися в науково-технічному архіві інституту.

Автореферат розісланий «20» листопада 1995 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

КОЗАК Л. М.

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00754945 (Y)



ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Сучасний етап розвитку фізіології характеризується системним підходом до вивчення інтегративної діяльності організму людини при керуванні рухами різного класу.

Різноманітність конкретних форм поведінкової діяльності людини і тварин характеризується багатоваріантністю різних поз, мимовільних та довільних рухів, керування яких базується на різних поєднаннях вроджених і набутих в онтогенезі механізмів регулювання.

Різні методологічні і методичні підходи до управління у складних самокерованих системах призвели до появи численних гіпотез, концепцій і теорій (І.М. Сеченєв, 1952; М.О. Бернштейн, 1947; В.С. Гурфинкель із співавт., 1965, 1990; П.К. Анохін, 1975; Н.О. Рокотова, 1975, 1980; І.Б. Козловська, 1976; К.В. Судаков, 1987; В.В. Павлов, 1991; R. Granit, 1973; К.Н. Mauritz et al, 1981; С.Д. Marsden et al., 1984; M. Duffosse et al., 1987; та інші), які по-різному пояснювали принципи регулювання в живих системах.

Однак, не зважаючи на універсальність багатьох положень, у них не висвітлена в достатній мірі одна з основних проблем фізіології - проблема взаємодії, в той час як, згідно з одним з найголовніших постулатів системного підходу, інтегративні властивості системи з'являються тільки в процесі взаємодії компонентів, що її утворюють (М.І. Сетров, 1972; В.Г. Афанасьєв, 1980).

Ступінь досліджуваності теми. Розкривши загальні принципи та механізми управління в біологічних системах, дослідники неповно вивчили взаємозв'язки систем організму при регулюванні пози людини, виконанні довільних рухів у різних умовах функціонування.

Недостатньо вивчений динамічний бік проблеми взаємодії за умов змін факторів середовища, фізичних навантажень та тренуваності спортсменів.

Не в повній мірі розкриті взаємодії функціональних систем, зокрема систем регулювання усталеності пози та довільних рухів, у той час як різноманітність рухової активності людини базується на великій кількості будь-яких поз, циклічних, ациклічних, точнісних рухів, що тісно взаємодіють між собою.

Недостатнє вивчення цих напрямків, важливість їх для розвитку загальної теорії управління рухами і рішення практичних задач навчання довільним рухам, удосконалення їх у трудовій та спортивній діяльності людини дозволяє вважати дослідження в цьому аспекті актуальними.

Мета роботи. Вивчення закономірностей взаємодії систем організму при управлінні позою і довільними рухами в екстремальних умовах діяльності спортсменів.

Задачі досліджень.

1. Дослідити закономірності функціонування соматичної та вісцеральної систем при регулюванні пози у різних умовах у спортсменів.
2. Вивчити взаємозв'язки функціональних систем регулювання стійкості пози та довільного досконалого руху у спортсменів.
3. Розробити математичні моделі функціонування систем організму при регулюванні пози і рухів у спортсменів за різних умов їх діяльності.
4. Вивчити закономірності діяльності та особливості взаємозв'язків систем організму при управлінні довільними рухами в різних фізіологічних станах у спортсменів.
5. Визначити найбільш інформативні показники, критерії та ведучі взаємозв'язки, що визначають якість регулювання пози та довільного руху за екстремальних умов діяльності спортсменів.

Основні положення, які виносяться на захист:

1. Активність та взаємозв'язки систем організму під час управління позою та вільним рухом підсилюються в процесі ускладнення їх біомеханічної структури та при фізичних навантаженнях, які виконуються до стомлення. Внутрішньосистемні взаємозв'язки менш мінливі, вони більш лінійні, міжсистемні - більш гнучкі та значно нелінійні. Домінуючим елементом еферентного синтезу, що визначає вегетативні порушення при керуванні позою та рухом, є м'язова система.
2. Підвищення рівня функціональної підготовленості спортсменів характеризується зниженням реактивності та взаємодії систем організму, значно пізнішим виявом нелінійності у їх активності та взаємозв'язках, автономністю функціонування.
3. Управління циклічними та повторюваними ациклічними рухами здійснюється жорстким програмним механізмом регулювання, який змінює у кожному окремому русі у стані неграничного фізичного навантаження масштаби вихідних параметрів центральної програми регулювання за потужністю (ступінь розвитку м'язових напружень) та у стані стомлення - також часткову участь м'язів та міжм'язові зв'язки.
4. Удосконалення механізмів взаємодії двох систем управління - позою та вільного точнісного руху у процесі тренування характеризується утворенням інтегративного блоку оцінки та координації функцій більш високого рівня, в якому моторна програма регулювання пози коригується у відповідності з еталонними характеристиками майбутнього руху, а локального руху - у залежності від попередніх реакцій пози.

Наукова новизна. Вперше на базі мультипараметричної синхронної реєстрації соматичних, вегетативних та біомеханічних показників визначені їх провідні перемінні та закономірності взаємодії систем організму під час управління позою, циклічними та ациклічними рухами у звичайних та екстремальних умовах діяльності спортсменів.

Вивчені механізми та розроблена структурно-функціональна організація взаємодії функціональних систем регуляції стійкості пози та довільного точнісного руху.

На системно-функціональному рівні проаналізовані внутрішньо- та міжсистемні взаємозв'язки і розроблені математичні моделі функціонування систем організму спортсменів при управлінні позою та рухами, у різних станах організму при м'язовій діяльності та втомі.

Теоретичне значення роботи полягає в тому, що в ній розкрита одна із фундаментальних проблем фізіології - особливості взаємодії систем організму при управлінні рухами різного класу у звичайних та екстремальних умовах діяльності організму людини. В роботі також розроблено ряд положень, які стосуються механізмів взаємодії систем організму при управлінні позою, циклічними та ациклічними рухами в умовах спокою, ускладнення пози, фізичного навантаження та у стані втоми.

Викладені і теоретично обґрунтовані припущення про мінливість фізіологічної системи, ступінь її інтеграції як у різних, так і в окремих функціональних системах, про головну роль м'язової системи у детермінації вегетативних зрушень в умовах вертикальної пози, виконанні циклічних вправ.

Вивчена структурно-функціональна організація функціональної системи "поза - виготовка - стрільба" у спортсменів.

Практична значимість роботи полягає:

- у розробленні комплексної методики синхронної реєстрації соматичних та вегетативних показників при управлінні позою та рухами;
- у встановленні інформативних показників критеріїв та ведучих взаємозв'язків, що визначають якість регуляції пози та вільного руху, а також застосованих для корекції програм тренуючої дії та у системі відбору спортсменів до змагань;
- у розробці математичних моделей, що характеризують стан фізіологічних систем, їх взаємозв'язок під час управління позою та рухами у різних умовах діяльності людини;
- у можливостях прогнозування результативності вільних рухів спортсменів відповідно до характеру випереджуючих реакцій зміни пози;
- у використанні математичних моделей висококваліфікованих спортсменів як еталонів для корекції пози та рухів у тренувальному процесі;

– у можливостях адекватного індивідуального підвищення рівня функціональних систем на основі врахування стійкості міжсистемних та внутрішньосистемних взаємодій у ряді умов та методів тренувального впливу на різних етапах підготовки спортсменів.

Реалізація результатів дослідження. Результати дослідів використані у методичних рекомендаціях підготовки збірних спортивних команд України з боротьби та важкої атлетики. Матеріали дослідів введені у плани та програми лекційних курсів та лабораторних занять зі слухачами факультету підвищення кваліфікації викладачів фізичного виховання та тренерів, студентів з дисципліни “фізіологія”, покладені в основу методичних розробок, рекомендацій з удосконалення фізичного виховання студентів сільськогосподарських вузів, інститутів фізичної культури.

Апробанія роботи. Матеріали дисертації доповідались і обговорювались на щорічних конференціях кафедри фізіології Київського інституту фізичної культури, на п'яти Республіканських наукових конференціях, на 2-й Загальносоюзній конференції з біомеханіки (Київ, 1976), п'ятому Всесоюзному симпозіумі “Еколого-фізіологічні проблеми адаптації” (Москва, 1988), на XX Всесоюзній конференції “Фізіологічні механізми адаптації до м'язевої діяльності” (Волгоград, 1988), на Всесоюзній науково-практичній конференції “Швидкісно-силова підготовка висококваліфікованих спортсменів” (Москва, 1989), на Всесоюзній конференції “Функціональні резерви і адаптація” (Київ, 1990), на 13-14-му з'їздах Українського фізіологічного товариства (Харків, 1990; Київ, 1994), на міжнародній конференції “Адаптаційні зміни організму і можливості використання їх ознак для поточної корекції фізичних навантажень” (Каунас, 1990), на міжнародному науковому конгресі “Сучасний Східноєвропейський спорт” (Київ, 1993).

Кенкретний особистий внесок у розробку наукових результатів, що виносяться на захист:

- створення комплексної методики мультипараметричної реєстрації біомеханічних і фізіологічних параметрів при управлінні позою та довільними рухами;
- теоретичне обґрунтування використовуваних методик;
- отримання фактичного матеріалу, який відображає активність і взаємозв'язки систем організму в екстремальних умовах;
- виявлення закономірностей функціонування систем організму при управлінні позою та довільним рухом, механізмів їх взаємодії;
- розкриття структурно-функціональної організації взаємодії функціональних систем регулювання пози та точнісного руху;
- розроблення математичних моделей процесів, що вивчаються.

Методологія, методи дослідження предмета та об'єкта. Основою передумовою ефективної реалізації поставлених у дисертації завдань є вирішення їх з позицій методології системного підходу, який передбачає вивчення предмета і об'єкта як взаємопов'язаних складових єдиної системи, співвідношення цілого і частин набувають характеру взаємодії, в результаті чого утворюються нові якості, не притаманні вихідним об'єктам взаємодії, і зберігається цілісність системи (В.Г. Афанасьєв, 1980).

Як об'єкт дослідження розглядались функціональні системи регулювання різних поз, управління довільними циклічним, ациклічним стрибковим та точнісним рухами у спортсменів; як предмет дослідження - активність та взаємозв'язки систем організму.

Методологія системного підходу дозволила обмежити вивчення взаємозв'язків в організмі людини рамками системного та міжсистемного рівнів: вивчалися взаємозв'язки показників у окремих фізіологічних системах - м'язевій (МС), серцево-судинній (ССС), дихання (СД), гуморально-гормональній (ГС), взаємозв'язки цих систем при управлінні позою та довільними рухами, взаємозв'язки функціональних систем регуляції ортоградної пози і точнісного руху у спортсменів.

Для вирішення завдань наукових досліджень була створена *комплексна методика* мультипараметричної реєстрації фізіологічних та біомеханічних параметрів, до якої входили як компоненти стабілографія, електроміографія, тензодинамометрія, електрокардіографія, газоаналіз повітря, яке видихається, треморографія, точність стрільби по мішенях, що дозволило отримати 60 різних показників.

На протязі 1977-1992 рр обстежені спортсмени (19-25 років), які тренуються з боротьби, важкої атлетики, гімнастики, стрільби, греблі, лиж та велосипедного спорту, - спортсмени різної, у тому числі вищої, кваліфікації, всього 183 особи.

Функціонування систем вивчалось у 9 варіантах специфічних та 28 - неспецифічних поз у спортсменів, при виконанні вільних рухів на велоергометрі, тензодинамометричній платформі, пальцевому тензодинамометрі, стабілографі. На велоергометрі спортсмен виконував до втоми роботу при поступовому зростанні та сталій (на рівні 80% від МПК та 300 Вт) міцності, на динамометричній платформі - стрибки з місця максимально вгору, - до відказу, на пальцевому тензодинамометрі - поновлення зусиль, що завдаються, на стабілографі - поновлення просторових та часових характеристик специфічного руху у борців, підготовку та стрільбу по мішені - у стрільців.

Ресстрація більшості показників синхронізувалась у процесі тестування на шлейфному осцилографі Н-115, газоаналізаторі "Spirolit - 2" (Німеччина), самописці Н-326.

Обробка експериментального матеріалу здійснювалась на персональному комп'ютері IBM-PC AT-486 ДХ-50 за допомогою інтегрованих статистичних та графічних пакетів, розроблених фірмами STGS, Microsoft - Statgraphics-5, Excel-5. Здійснені кореляційний, регресійний, факторний та інші види математичного аналізу.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 51 наукову роботу.

Структура і об'єм дисертації. Дисертація викладена на 377 сторінках машинописного тексту, має 119 таблиць, 115 малюнк'в, складається із вступу, 5 глав, заключення, висновків, списку літератури, який включає 408 джерел.

ЗМІСТ РОБОТИ

Активність і взаємодія соматичної та вісцеральних систем при регуляції різних поз у спортсменів.

Результати досліджень показали, що регулювання пози, активність і взаємозв'язки соматичної та вісцеральних систем залежать від положення тіла у просторі, біомеханічних характеристик пози, фізичного навантаження (ФН), індивідуальних особливостей, рівня підготовленості, висхідних значень окремих показників втоми.

В горизонтальній позі у стані спокою згідно з більшістю показників, які аналізувались, спостерігаються відносно невисокі активність і взаємозв'язки фізіологічних систем.

Перехід у вертикальне положення змінює біомеханіку пози, "вмикає" механізми регуляції рівноваги ортоградної пози, активізує фізіологічні системи, дещо підвищує ступінь взаємозв'язків компонентів кожної системи, незначно впливаючи на взаємозв'язки систем між собою.

Переважа низькоамплітудних високочастотних коливань загального центру маси тіла (ЗЦМТ) у фронтальній та сагітальній проєкціях у позаз більшою площею опори стояння свідчить про високу чутливість регулювання рівноваги у специфічних та неспецифічних стойках у спортсменів за неускладнених умов (рис. 1).

Невисока активність і відносна автономність у діяльності систем, які вивчались, у стані спокою, при стабільному збереженні горизонтальної і вертикальної поз змінюється підсиленням та виразною взаємозалежністю їх функціонування у динаміці зменшення площини опору (Sop) стояння, кутинного кута (КК), зростаючої ФН, у процесі розвитку втоми.

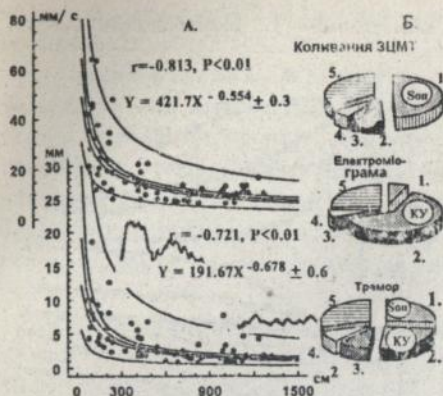


Рис.1. Стійкість пози при зміні площі опори стояння (Sop) - А. Факторна структура впливу біомеханічних характеристик пози на коливання тіла, електричну активність м'язів, тремор рук - Б. 1. - Sop; 2. - КК; 3.- тазобедрений кут; 4.- взаємодія факторів; 5. - випадкові фактори.

них систем.

Експоненціальний ріст швидкості і амплітуди основних коливань ЗЦМТ, високі їх кореляції між собою, з амплітудою та частотою інтерференційної електроміограми (ЕМГ), підсилення взаємозв'язків між м'язами нижніх кінцівок свідчать про активізацію механізмів міжм'язової координації в регулюванні рівноваги при зменшенні Sop стояння, про підвищення швидкості і частоти рефлекторних перебудов, які стабілізують позу, основу яких складають як міотатичні рефлекси, рефлекси з суглобових рецепторів зводу ступні, які домінують у стані спокою (М.І. Ліпшиць, 1993), так і рефлекси більш високого рівня, що забезпечують реакції пози з участю зорової і вестибулярно сенсорних систем, кори головного мозку, підкоркових структур (М.О. Олексіїв і співавт., 1979; В.С. Гурфінкель, Ю.С. Левик, 1990; М.І. Ліпшиць, 1993) за ускладнених умов.

Підвищення ролі сенсорних систем в регуляції усталеності пози, більший градієнт зростання амплітуди і швидкості переміщень ЗЦМТ в стійках з малою Sop стояння при її зменшенні, підсилення активності і взаємозв'язків м'язової та вісцеральних систем, міжм'язевих взаємозв'язків свідчать про підсилення (як по горизонталі, так і по вертикалі) інтеграції компонентів функціональної системи, яка забезпечує стійкість рівноваги в ускладнених умовах.

Поступове і ступінчасте зменшення колінного кута у вертикальній стійці незначно впливає на усталеність рівноваги пози, але значно підси-

Sop стояння і КК є ведучими біомеханічними параметрами, які визначають характер регулювання рівноваги, активність та взаємозв'язки фізіологічних систем у різних позах у спортсменів (рис. 1,Б).

Зменшення площі опори, стояння активізує механізми регулювання рівноваги, підсилює діяльність МС, ССС, ДС, підсилює залежність стійкості пози від розташування стоп, від зорової (ЗСС) і пропріоцептивної (ПСС) сенсорних систем, супроводжується зміною реактивності фізіологічних

лює активність та взаємозв'язки соматичної і вісцеральних систем (рис. 2).

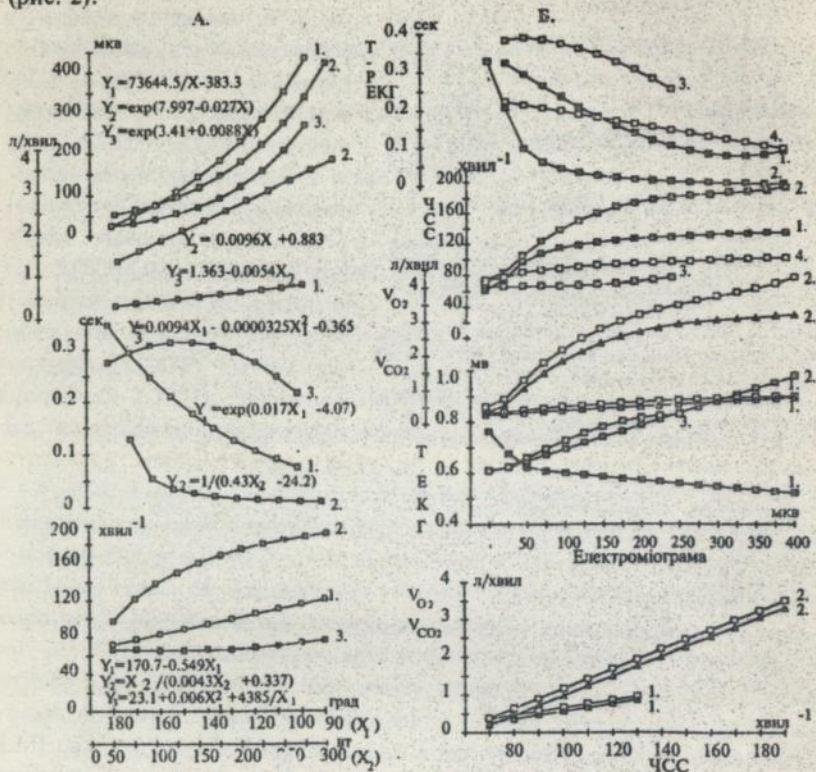


Рис. 2. Регресійні моделі зміни окремих фізіологічних показників (А) та їх взаємозв'язків (Б) при ускладненні пози, навантаженні зростаючої потужності (на велоергометрі), при довільних м'язових напруженнях у спортсменів. Позначення: 1 - ступінчасте зменшення колінного кута; 2 - фізичне навантаження; 3 - плавне зменшення колінного кута; 4 -- довільне м'язове напруження; --Δ-- - V_{CO_2} , -□- - V_{O_2} .

Використання методів покрокової регресії та факторного аналізу показали, що МС є ведучим детермінантом вегетативних зрушень, який обумовлює як лінійний, так і нелінійний характер моторно-вісцеральних залежностей при зменшенні КК.

Поступове (із швидкістю $5^\circ/\text{с}$) та ступінчасте (з утриманням здобутого положення протягом 40 с) зменшення КК викликає подібний харак-

тер змін активності МС як при ауксотонічному, так і статичному режимі функціонування.

Провідна роль МС у детермінуванні активності ССС при зміні КК у ортоградній позі підтверджена результатами експериментальних спостережень за змінами частоти серцевих скорочень (ЧСС) та параметрів електрокардіограми (ЕКГ) у процесі поступово зростаючої в часі електричної активності м'язів нижніх кінцівок при довільній м'язовій нарузі (ДМН) та незмінному КК, при зміні КК в умовах природної та довільної активізації МС в горизонтальній і вертикальній позах та при відсутності її - в горизонтальній.

Експоненційне зростання електричної активності м'язів, швидкості та амплітуди переміщень ЗЦМТ при зменшенні КК від 180° до 90° та S_{op} стояння - від 1100 см^2 до 200 см^2 , зростання активності ССС і СД, їх залежності від активності МС, підсилення ролі ССС та ПСС у регуляції постави і залежності стійкості постави від розташування ступнів при ускладнених умовах свідчать про підвищення реактивності досліджуваних систем на тестуючий вплив, про підсилення їх інтеграції в ускладнених умовах, підсилення інтенсивності зворотної аферентації по зоровому та пропріоцептивному каналах у акцептор результату дії наприкінці ускладнення пози, їх взаємозв'язків у аферентному синтезі, у формуванні програми регулювання усталеності пози.

Чим більш досконало функціонує система регулювання постави, тим менш активні і взаємозалежні фізіологічні системи в різних позах, що відповідає принципу "найменшої взаємодії" І.М. Гельфанда, М.Л. Цетліна (1966). При цьому виявляється суттєво провідна роль пропріоцептивної аферентації від рецепторів ступні в управлінні усталеністю і незначно - зорової та вестибулярної.

У тренуваних спортсменів пізніше виникає нелінійність в зрушеннях активності у взаємозв'язках системи на пропонувані тестування.

Активність та взаємодія соматичної і вісцеральних систем при виконанні фізичного навантаження.

Виконання циклічного ФН поступово зростаючої потужності на велоергометрі супроводжується лінійним та нелінійним збільшенням електричної активності м'язів нижніх кінцівок, підсиленням діяльності ССС, ДС, метаболізму, гуморальної регуляції, що характеризується високими кореляціями показників їх активності з параметрами ФН та між собою.

Високі взаємозв'язки між електричною активністю м'язів, м'язовими зусиллями та потужністю ФН свідчать про те, що м'язова напруга коригується кожного разу при переході на більш потужний ступінь робо-

ти, що можливе лише при отриманні термінової зворотної пропріоцептивної аферентації (E. Eldrad et al., 1953; P.C. Персон, 1987).

Управління циклічним та повторюваним стрибковим рухами характеризуються відносною стабільністю кінематичного малюнку між'язових взаємозв'язків та провідної ролі чотиригладового (ЧМС) і двогладового (ДМС) м'язів стегна, литкового м'яза (ЛМ) у кожному окремому русі, що відбиває жорсткий програмний характер механізмів регулювання. Змінюється лише рівень м'язових напружень на кожному ступені навантаження та у різні періоди роботи, тобто масштабування вихідних параметрів центральної програми регулювання за потужністю в залежності від впливів периферичного зворотного зв'язку за змінним навантаженням у різних станах на протязі м'язової діяльності.

При втомі відбувається перерозподіл активності м'язів, зміна їх взаємозв'язків у окремому русі, запізнення вияву електричної активності ведучих м'язів, зменшення напружень при відштовхуванні, зниження висоти стрибка, економічності функціонування.

Активність та взаємозв'язки МС, ССС, СД, системи метаболізму та гуморальної регуляції при багаторазовому відтворенні одиночного циклічного руху підсилюються при зростанні потужності ФН, на кінець утягування в роботу, при втомі, на тлі відносно стабільності внутрішньосистемних взаємозв'язків МС в циклі руху, ССС та СД відносно проходження навантаження.

При цьому, якщо більшість внутрішньосистемних взаємозв'язків МС, ССС, СД та вісцero-вісцeralьних - ССС і СД - міцні і лінійні, то моторно-вісцeralьні взаємозв'язки по ряду змінних показників (амплітуда ЕМГ, інтервал Т-Р ЕКГ, ЧСС, швидкість виділення вуглекислоти - V_{CO_2} , споживанню кисню - V_{O_2}) - нелінійні. Добре виражена нелінійність спостерігається у взаємозв'язках ряду провідних показників МС, СД, ССС (за ЕМГ, V_{O_2} , V_{CO_2} , ЧСС) з показниками системи крові і гуморальної регуляції (лактату - La, адреналіну - A, норадреналіну - HA).

Нелінійність регресійних кривих найбільш виражена у показниках, які мають найбільший діапазон у своїх зрушеннях, чітко проявляючись при виконанні ФН на рівні 50% і більше від МПК, зменшенні КК від 125-130°, S_{op} -400см², досягаючи максимального градієнту у найбільш складних умовах функціонування організму, при розвитку втоми перед відмовленням від роботи.

Експоненційний характер змін La, A, HA у випадку зростання ФН, показників активності МС, СД, ССС по-різному тренуваних спортсменів свідчить про те, що гуморальна ланка регуляції, найбільш активна в кінець роботи, вмикається тим раніше, а моторно-вісцeralьні

взаємозв'язки тим сильніше, чим вища активність МС, раніше ССС та СД досягають своїх граничних значень, чим менш тренований спортсмен, і раніше розвивається втома.

Проявляючи домінування генетичних програм реагування на навантаження, які виражаються у подібному характері соматичних та вегетативних зрушень у спортсменів різних видів спорту, у вигляді високих кореляцій з потужністю ФН і зусиллями при велоергометрії, функціонування фізіологічних систем виявляє і специфічні особливості *адаптації, набуті в онтогенезі*: більш тренованим спортсменам притаманний більш низький рівень активності систем при виконанні неграничної роботи; менша їх реактивність на ФН та взаємні впливи; - пізніше виникнення нелінійності у зрушеннях, менші зрушення у гуморальній ланці регулювання при неграничній роботі, економічність, автономність функціонування.

Взаємодіючі системи тренованих спортсменів досягають своїх граничних значень пізніше, при більш великій потужності ФН та електричної активності м'язів, функціонують на вищому рівні, довше, при більших змінах внутрішнього середовища, ніж нетренованих, що загалом свідчить про їх більш великі функціональні резерви (рис. 3).

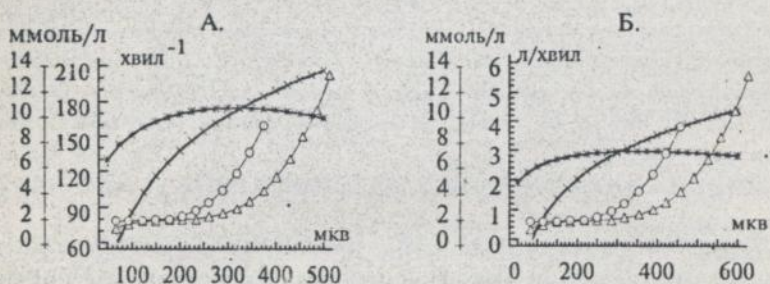


Рис. 3. Зміна ЧСС (А - ж, \times), V_{O_2} (Б - ж, \times), лактату (Δ , \square) при зміні електричної активності чотириглавого та ікроножного м'язів бедра в процесі велоергометричного тестування у тренованих (\times , Δ) та нетренованих (\ast , \square) спортсменів.

Виконання циклічного ФН характеризується підсиленням взаємозв'язків як у окремій фізіологічній системі, що входить компонентом у функціональну систему (ФС), так і в різних ФС (які забезпечують м'язову активність, V_{O_2} , V_{CO_2} , хвилинний об'єм крові - ХОК тощо), які входять компонентами в систему більш високого рівня - (циклічного руху) та взаємодіють між собою через параметри своїх кінцевих пристосу-

вальних результатів для забезпечення провідної функції основної системи (рис. 4).

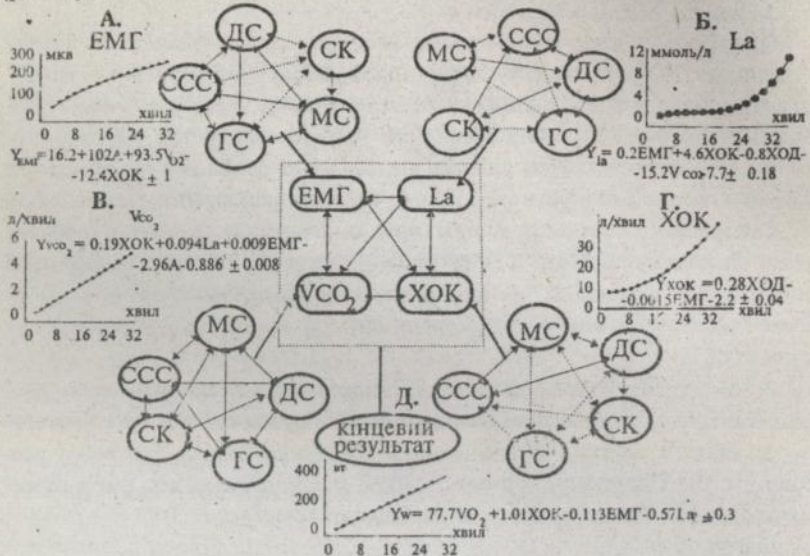


Рис. 4. Принципова схема взаємодії систем організму при виконанні фізичного навантаження зростаючої потужності. Суцільною лінією позначені взаємозв'язки, що найбільш впливають на кінцевий пристосувальний результат як окремих підсистем (А, Б, В, Г), так і всієї системи в цілому. МС, ССС, ДС, ГС, СК - м'язова, серцево-судинна, дихальна, гормональна системи, система крові - відповідно.

Взаємозв'язки систем організму при управлінні позою та довільним рухом.

Управління позою та довільним циклічним рухом у спортсменів базується на жорстких і гнучких, лінійних і нелінійних, сильних і слабких та інших взаємозв'язках. Жорсткими, здебільш лінійними взаємозв'язками є взаємозв'язки в окремих системах, домінуючими у спокої і у сталих умовах функціонування, гнучкими, у значній мірі нелінійними - між системами, що переважають в процесі зміни пози і ФН (табл. 1).

Таблиця 1. Внутрішньо- та міжсистемні взаємозв'язки (середньогрупові величини r) у процесі ускладнення пози та при фізичному навантаженні у спортсменів

Умови	Взаємозв'язки	У окремих системах		Між системами		Достовірність різниць	
		М	± м	М	± м	t	P
Спокій		0.341	0.028	0.233	0.021	3.08	<0.01
Плавне ускладнення пози		0.457	0.037	0.494	0.033	0.75	>0.05
Ступінчасте ускладнення пози		0.830	0.027	0.754	0.027	2.07	<0.05
Фізичне навантаження		0.618	0.036	0.634	0.019	0.4	>0.05

У стані спокою та в стабільних умовах функціонування взаємозв'язки нижчі, ніж на протязі зміни біодинамічних характеристик пози або руху.

Вісцеро-вісцеральні взаємозв'язки між ССС та ДС - більш консервативні, ніж моторно-вісцеральні між МС з ССС, ДС, ГС.

Але навіть жорсткі генетично обумовлені взаємозв'язки виявляють певну варіативність у залежності від умов функціонування.

Так, у ССС жорстка функціональна залежність ЧСС від тривалості інтервалів серцевого циклу базується на неоднаковій парціальній ролі кожного із часових відрізків: частковий вклад інтервалу Т-Р ЕКГ є домінуючим і разом з Q-T (який характеризує тривалість електричної систоли шлуночків, реполяризаційні процеси), обумовлюють змінність більшої частини дисперсій ЧСС за різних умов функціонування. Характер залежності при цьому неоднаковий: при загальній лінійній функціональній залежності від тривалості інтервалу R-R ЕКГ взаємозв'язки з Т-Р ЕКГ носять переважно експоненціальний характер, з Q-T - лінійний. Взаємозв'язки ЧСС з P-Q слабкі.

Високі взаємозв'язки проявляються: у горизонтальній та вертикальній позах, у стані спокою та при ускладненні умов стояння, дії ФН, відображаючи жорсткий їх характер у ССС, слабо залежний від сигналів зворотного зв'язку працюючих м'язів. Математичні моделі показують, що за високих мало змінних кореляцій парціальний вклад у зміну ЧСС процесів кожного з інтервалів і характер їх взаємозв'язків змінюються: внесок інтервалу Q-T підвищується, а Т-Р - знижується.

Залежність ЧСС від інтервалу Т-Р, у свою чергу змінюється від близької до лінійної у стані спокою при горизонтальній позі до експоненціальної - при ускладненні вертикальної пози і циклічному ФН зростаючої потужності, яке виконується до відмови (рис. 5).

Чи трудніше завдання, яке виконується, тим у більшій мірі виявляється нелінійність у взаємозв'язках.

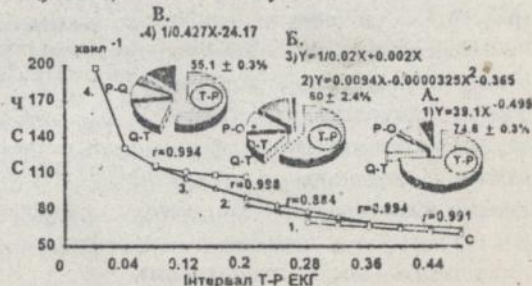


Рис. 5. Залежність ЧСС від тривалості інтервалу Т-Р ЕКГ в горизонтальній (1), звичайній (2) та ускладненій (3) вертикальній позах, при дії фізичного навантаження (4) та парціальна роль фаз серцевого циклу в детермінації величини ЧСС: А. - у горизонтальній позі, Б. - в ускладненій вертикальній позі, В. - при дії ФН.

Факторний та регресійний аналізи свідчать про те, що зміни ЧСС за різних умов залежать переважно від процесів, які відбуваються під час загальної діастоли серцевого циклу та які обумовлюють тривалість заповнення кров'ю передсердь і шлуночків, відновні процеси у міокарді, у клітинах водія ритму. І лише за напружених умов функціонування зростає залежність ЧСС від процесів, які відбуваються під час систоли передсердь та шлуночків.

Взаємозв'язки в ДС у різно тренованих спортсменів мають схожий характер - лінійний. Разом з тим, у регресійні моделі входять різні компоненти, що відображають більш ефективно забезпечення організму тренуваних спортсменів киснем при ФН.

Взаємозв'язки у МС є переважно лінійними як за ходом виконання навантаження, так і в одиночному циклі педалювання, одиночному стрибковому русі.

При керуванні одиночним велоергометричним чи стрибковим рухами принципово не змінюється провідна роль ЛМ, ЧМС, ДМС, які виявляють високі взаємозв'язки між собою із зусиллями, що розвиваються.

Під час втоми на початковому відрізку зусилля, що розвивається при велоергометрії, порушуються реципрокні відношення ЛМ, ДМС лівої ноги та ЧМС - правої з ЧМС лівої ноги (рис. 6).

Негативні взаємозв'язки стають позитивними, відображаючи генералізований характер розповсюдженого збудження, ірадиуючого на реципрокно взаємодіючі нерві зі центри. Зменшується внесок ЧМС у розвиток початкового зусилля та підвищується внесок ЛМ, знижуються взаємозв'язки досліджуваних м'язів.

Виконання стрибків до втоми характеризується зниженням частки в зусиллі, що розвивається, і взаємозв'язків ЧМС лівої ноги та ДМС, підвищенням ролі ЧМС правої ноги та ЛМ, зменшенням амплітуди ЕМГ ЧМС лівої і правої ноги при розвитку F_{max} , зниженням їх взаємозв'язків з ЛМ і ДМС зусиллям, що розвивається (рис. 7).

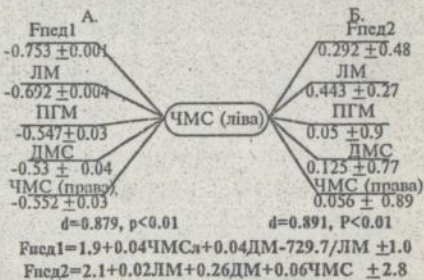
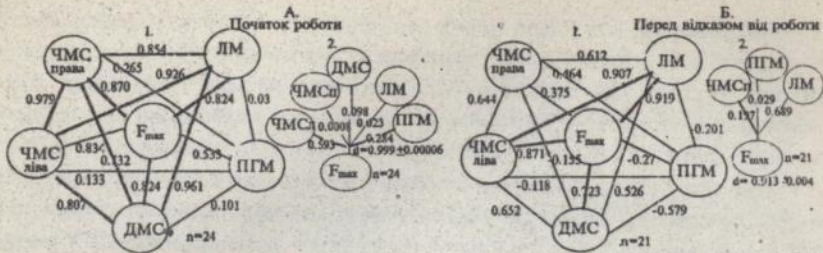


Рис. 6. Взаємозв'язки м'язів нижніх кінцівок при розвитку зусилля (Fпед) до максимального у циклі педалювання у стійкому становищі (А) і у втомі (Б). ПГМ - передньо-гомільковий м'яз.



$$Y_{F_{\max}} = 11.98 + 0.18\text{ПГМ} + 0.72\text{ЧМС}_{\text{права}} + 1.2\text{ЛМ} - 1.26\text{ЧМС}_{\text{ліва}} - 0.35\text{ДМС} \pm 1.1 \quad Y_{F_{\max}} = 23.6 + 2.97\text{ЛМ} + 0.064\text{ПГМ} - 0.4\text{ЧМС}_{\text{ліва}} \pm 15.2$$

Рис. 7. Схема взаємозв'язків м'язів нижчих кінцівок (1), їх парціальний та сукупний внесок (2) у зусилля, що розвивається (F_{\max}) під час стрибків з місця у верх на початку (А) та у кінці (Б) тестування.

З розвитком стартового зусилля зменшується роль ДМС, її позитивні міжм'язові взаємозв'язки з ЧМС, ЛМ, ПГМ стають негативними. Відбувається запізнення в прояві активності ЧМС лівої ноги, ЛМ. Тобто під час утоми відбувається перерозподіл активності м'язів, змінюються внутрішньосистемні взаємозв'язки. Порушуються ізохронність функціонування м'язів - синергістів під час стрибків та рециприкні взаємовідношення між м'язами-антагоністами у циклі педалювання при велоергометрії.

Взаємозв'язки показників системи крові і гормональної регуляції носять сильний і переважно лінійний характер, із яких жорсткими маломінливими в процесі навантаження є взаємозв'язки PCO_2 , HCO_3 , La, BE, pH.

Взаємозв'язки А і НА між собою та з показниками системи крові суттєво підсилюються у кінці ФН.

Із моторно-вісцеральних та вісцеро-вісцеральних взаємозв'язків найбільш тісними є взаємозв'язки електричної активності ЧМС та ЛМ із ЧСС, інтервалом Т-Р ЕКГ, амплітудою зубця Т ЕКГ, V_{O_2} , V_{CO_2} , хвилинний об'єм дихання - ХОД; також ХОД, ЧСС, із V_{O_2} , V_{CO_2} .

М'язова система, беручи участь через пропріоцептивну та гуморальну системи у корекції моторних програм управління позою і рухом, детермінує лінійний і нелінійний характер вегетативних зрушень, моторно-вісцеральних та вісцеро-вісцеральних взаємозв'язків, виконуючи ведучу роль у формуванні "соматовегетативного інтегралу" (за Ю.В. Уриваєвим, 1987).

За даними дисперсійного факторного аналізу, парціальний вплив біоактивності окремих м'язів на зрушення вегетативних показників при ФН коливається від 0,5 до 32%, в той час як сукупний їх вплив зростає до $79,8 \pm 1,2\%$ - на V_{O_2} , до $82,9 \pm 1,1\%$ - на ЧСС від загального впливу всіх факторів.

Дослідження показали, що в моторно-вісцеральних взаємозв'язках поряд з підсиленням може проявлятися "феномен упливання" вегетативних зрушень від активності МС: при виконанні ФН до кінця, при статичному утриманні ортоградної пози у глибокому сіді у ряді досліджуваних, при граничній ДМН.

При досягненні граничних значень по ряду ведучих показників ССС і ДС починають виявляти відносну незалежність функціонування від МС і одне від одного на тлі експоненціального зростання змін ГС, метаболізму.

Зниження ЧСС при підвищенні ЕМГ в глибокому сіді у вертикальній позі, вірогідно, пов'язано з подразненням аферентних гілок міграційного нерва - проявленням рефлексу Гольца у низькій стійці.

Низький градієнт і кутові коефіцієнти лінійної залежності ЧСС від електричної активності м'язів нижніх кінцівок на початку динамічного зменшення КК у вертикальній позі і La, A, HA - на початку ФН і високі їх значення у кінці ускладнення пози і ФН свідчать про підвищення реактивності ССС і ГС на підвищення активності МС, підсилення моторно-вісцеральних взаємозалежностей.

Експоненціальний характер змін La, A, HA, BE при зростанні електричної активності м'язів на фоні зменшення чи закінчення приросту ЧСС, артеріального тиску, дихального об'єму, O_2RC необхідно розцінити як компенсаторне підсилення діяльності системи гуморальної регуляції, інтенсивності анаеробного метаболізму для мобілізації та перерозподілу енергоресурсів організму в функціональній адапційній системі (М.Г. Пшениківа, 1986; Ф.З. Меерсон, 1986), як реакцію на вичерпання функціональних можливостей ДС і ССС, неможливість підвищення їх продуктивності (В.Л. Карпман, Б.Г. Любина, 1982). Це особливо наочно виявляється у нетренованих спортсменів.

Індивідуальні відмінності у взаємозв'язках систем виникають у найбільш складних умовах збереження пози і виконанні ФН. У взаємозв'язках компонентів окремої вісцеральної системи виникає менша індивідуальна різноманітність ніж між системами.

Можливість здійснення однієї і тієї ж функції різним набором фізіологічних компонентів і участь одних і тих самих компонентів з близькими кількісними значеннями при реалізації різних функцій свідчать про те, що при управлінні позою і рухом використовується як моно-, так і мультипараметрична організація фізіологічних функцій (В.О. Шидловський, 1982), яка обумовлює індивідуальну різноманітність сполучень уроджених і набутих механізмів регулювання у спортсменів за різних умов.

Перехід від стану спокою до роботи великої інтенсивності, підсилюючи діяльність м'язової та серцево-судинної систем, синхронізує їх активність, змінює характер їх взаємодії - від лінійного - на початку роботи до експоненційного - в кінці утягування в роботу та в усталеному стані, характеризуючи підвищення реактивності ССС на зміну активності МС на кінець кожного із цих періодів.

При настанні ж декомпенсованої втоми ступінь інтеграції систем може зменшуватися.

Активність ССС при ФН, моторної системи при ускладненні пози і виконанні точнісного руху залежить також від їх висхідних величин: абсолютні величини ЧСС, амплітуди зубців ЕКГ, тремору рук, коливань ЗЦМ тіла знаходяться у прямій, а приріст цих величин у зворотній залежності від їх висхідних значень.

У спортсменів з виразною висхідною брадикардією приріст ЧСС вищий, що відбиває більші їх резервні можливості. Однак залежність від висхідних значень відносно невелика. Домінуючою є роль пропріоцептивних впливів у детермінації зрушень ЧСС, амплітуди зубців Т ЕКГ, тремору при динамічному ускладненні пози, дії ФН. Ця роль зростає на кінець тестування.

Структурно-функціональна організація взаємодії систем регуляції пози і довільного руху у спортсменів.

Аналіз *взаємодії функціональних систем* регулювання пози і довільного руху показав, що від структури та характеру управління попередньо прийнятої пози у спортсменів - борців, стрільків, лижників-двоборців залежить виконання динамічних, точнісних характеристик довільного руху.

Зменшення So_p , КК супроводжується зниженням відповідності відтворення довільного руху за амплітудою та зусиллям у борців (також спостерігається при функціональній депривації зорової сенсорної системи), влучності стрільби у мішені - у стрільців. Величини КК у ортоградній позі визначають також зусилля при взаємодії з опорою та висоту стрибка з місця уверх, So_p стояння - характер регулювання рівноваги у ортоградній позі.

Дослідження, які були проведені на стрільцях та борцях, свідчать про те, що передуюча руху перебудова пози характеризується як уродженими реакціями *бульбо-спинального рівня*, що виявляються у вигляді низькоамплітудних коливань ЗЦМТ, тремору рук і ніг, що важко піддаються управлінню, так і реакціями відносно повільного типу, які здійснюються з більшою амплітудою і піддаються управлінню, що є важливою рисою супраспинальної організації рухів.

Підвищення усталеності постви перед пострілом супроводжується високою точністю стрільби і наляпками.

Дослідження за допомогою моделей показали, що точність пострілу залежить переважно від амплітуди тремору руки під час виготовки та від коливань ЗЦМТ - безпосередньо перед пострілом.

Перед пострілом відносно повільні, високоамплітудні коливання ЗЦМТ найбільш керовані. Зменшуючи їх, спортсмени підвищують стійкість пози і результат у стрільбі. Спортсмени високого класу здатні у складних умовах повністю гасити їх, зменшувати амплітуду тремору, електричну активність ДМ та ППМ (табл. 2).

Таблиця 2. Соматичні показники і ЧСС в нормальній та ускладненій позях у тренуваних і нетренуваних стрільців. Позначення: ЗЦМТ - загальний центр маси тіла. ($\bar{X} \pm m$)

Показники:	Досліджувані	Нормальна поза		Ускладнена поза		
		виготовка	перед пострілом	виготовка	перед пострілом	
Амплітуда тремору, у-е	тренув.	5.5 + 0.3	4.7 + 0.4	6.8 + 0.5	5.5 + 0.5	
	нетрен.	4.8 ± 0.3	4.0 ± 0.4	6.6 ± 0.8	9.9 ± 1.0	
Колівання ЗЦМТ, мм	тренув.	1.6 + 0.2	1.15 + 0.2	3.9 + 0.7	1.1 + 0.08	
	нетрен.	1.5 + 0.18	1.4 + 0.15	3.4 + 0.6	3.4 + 0.4	
ЕМГ, мкВ	ППМ	трен.	242 + 29	198 + 23	231 + 23	181 + 20
		нетрен.	207 + 18	193 + 16	211 + 15	307 + 28
ЧСС, хвил-1	трен.	92.4 + 2.8	89.3 + 3.2	104.4 + 3.5	101.7 + 3.2	
	нетрен.	88.2 + 2.4	87.2 + 2.2	100 + 9.2	113 + 3.5	
Результат у стрільбі	трен.	-	49.3 + 0.2	-	48.4 + 0.3	
	нетрен.	-	48.2 + 0.2	-	46.0 + 0.7	

У менш тренуваних спортсменів при втомі зростає амплітуда і синхронність коливань різних ділянок тіла в ортоградній позі, електричної активності навантажених м'язів, втрачається здатність гасити або зменшувати ці коливання, погіршується якість стрільби, що свідчить про генералізований характер регулювання діяльності компонентів функціональної системи в екстремальних умовах.

Тривале стояння в ускладненій позі стрільця, утримання пістолета врівняною рукою до втоми знижують стійкість пози, підсилюють діяльність і взаємозв'язки МС, ССС та СД, приводять до збільшення енерговитрат.

Форма регресійних кривих, коефіцієнти детермінації (d), регресії свідчать (рис. 9) про те, що взаємозв'язки у руховій системі під час погіршення усталеності підсилюються, що при втомі зростає реактивність ССС і МС на зміну параметрів усталеної пози, а ССС - на зміну активності МС.

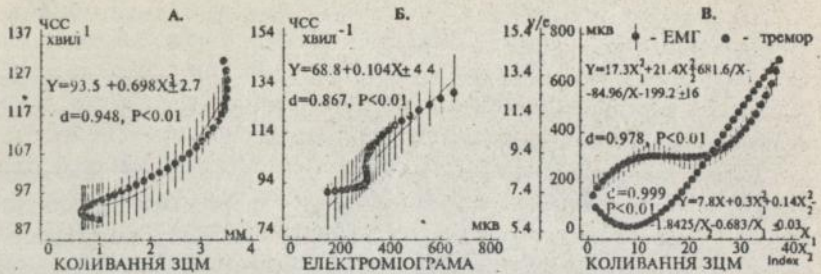


Рис. 9. Взаємозв'язки ЧСС і рухової систем при ускладненні пози у стрільцях. X_1 -сагітальна, X_2 - фронтальна стабілограми; — - лінії регресії; ● - емпіричні значення.

Аналіз взаємодії ЧСС і ЧСС при ускладненні пози показав, що залежність ЧСС (1) від ведучих соматичних показників набуває перед пострілом (2) експоненційного характеру, який відбиває підсилення взаємодії ЧСС та соматичної систем при розвитку втоми.

$$Y = 84.55 + 0.33X_1 + 0.0255X_2 - 7.46X_3 \pm 0.37, \quad (1),$$

де Y = ЧСС (скор/хвил.), X_1 - амплітуда тремору (у.о.), X_2 - електрична активність дельтавидного м'яза (мкВ), X_3 - амплітуда фронтальної стабілограми (мм).

Трьохфакторний дисперсійний аналіз показав, що більша частина дисперсії ЧСС обумовлена впливом взаємодії факторів - 57.8±3%.

Зниження усталеності рівноваги, підвищення активності і взаємодії моторної та серцево-судинної систем, зростання ЕМГ, тремору, ЧСС, ХОД, V_{O_2} , VC_{O_2} , частоти дихання, енерговитрат, погіршення влучності стрільби відбивають підсилення за ускладнених умов інтеграції рухової і вегетативної систем, систем регулювання пози і точнісного руху.

Високі кореляції між ЕМГ ЧМС, ДМ, ППМ, коливаннями ЗЦМТ, тремору, влучності стрільби говорять про те, що із змінами системи пози пов'язані зміни системи довільного руху.

Систематичний тренувальний процес удосконалює взаємозв'язки двох функціональних систем.

Володіючи автономними механізмами регулювання, вертикальна поза і точнісний рух, взаємодіючи, об'єднуються у якості підсистем у систему управління більш високого рівня з блоком загальної оціночної функції (БЗОФ), програмою регулювання і акцептором результату дії. Завдяки цьому блоку інформація про "схему тіла", характер регулювання пози і локального руху зіставляється в апараті зіставлення з еталонними їх характеристиками (що дорівнюють одна одній), управління позою коригується у залежності від характеру регулювання локального прицільного руху та локальним рухом - у залежності від характеру регулювання пози,

визначаючи коливання ЗЦМТ, руки, електричну активність м'язів, достатньо тісно скоригованих між собою. І лише після цього здійснюється "вихід" на кінцевий результат системи - стрільбу у мішені.

Згідно представленою концептуальною моделлю (рис. 10), взаємодія двох систем регулювання може відбуватися на різних рівнях як в процесі аферентного так і еферентного синтезу.

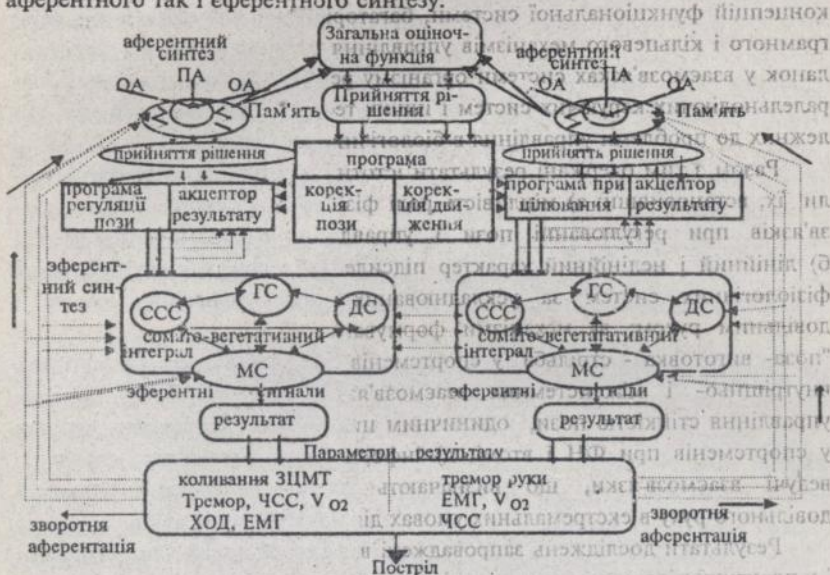


Рис. 10. Загальна структура механізмів взаємодії функціональних систем регулювання пози та довільного прицільного руху у стрільців.

У менш підготовлених спортсменів взаємозв'язки систем з участю вищих відділів ЦНС менш стійкі. При цьому у них губиться здатність зіставляти через БЗОФ інформацію про позу і локальний рух та коригувати при неузгодженості моторні програми регулювання. Зберігаються взаємозв'язки нижчих рівнів, які важко піддаються довільному регулюванню.

Таким чином, шляхи формування інтегративного точнісного руху зводяться до: 1) розробки ефективної програми передуючої перебудови пози; 2) включення безумовно і умовнорефлекторних позових координацій різних рівнів до складу інструментальної реакції; 3) формування через БЗОФ механізмів взаємної корекції пози і точнісного руху.

Висока змінність ряду соматичних та вегетативних показників, задовільна відтворюваність їх значень при повторному тестуванні у подібних умовах, високі кореляції, коефіцієнти детермінації і регресії дають змогу вважати провідними, найбільш інформативними під час управлін-

ня позою, циклічними та точнісними рухами такі показники та їх взаємозв'язки: із соматичних - амплітуда ЕМГ тремору рук, ніг, коливань ЗЦМТ, із вегетативних - ЧСС, ХОК, Т, Т-Р ЕКГ, ХОД, V_{O_2} , V_{CO_2} , найбільш стабільнішими, малозмінними та неінформативними є частота тремору рук, ніг, тривалість інтервалу Р-Q ЕКГ, вольтаж зубців Р, R.

Результати досліджень підтвердили справедливість ряду положень концепцій функціональної системи, багаторівневої побудови рухів, програмного і кільцевого механізмів управління рухами, гнучких і жорстких ланок у взаємозв'язках системи організму регуляції постави людини, паралельнодіючих керуючих систем і інших теорій, в тій чи іншій мірі належних до проблеми управління в біологічних системах.

Разом з тим одержані результати істотно доповнили і конкретизували їх, встановивши: а) мінливість ролі фізіологічної системи, її взаємозв'язків при регулюванні пози і управління рухом у спортсменів; б) лінійний і нелінійний характер підсилення взаємозв'язків провідних фізіологічних систем за ускладнених умов управління позою і довільним рухом; в) механізми формування функціональної системи "поза- виготовка - стрільба" у спортсменів; г) стабільність і мінливість внутрішньо- і міжсистемних взаємозв'язків при реалізації програм управління стійкістю пози, одиничним циклічним і стрибковим рухами у спортсменів при ФН і втомі; д) інформативні показники, критерії і ведучі взаємозв'язки, що визначають якість регулювання пози і довільного руху в екстремальних умовах діяльності спортсменів.

Результати досліджень запроваджені в учбовий процес вищої школи і у практику підготовки спортсменів вищої кваліфікації.

ВИСНОВКИ

1. При управлінні позою, довільним циклічним і точнісним рухами проявляються багатогранні взаємозв'язки систем організму людини: у стані спокою - жорсткі, переважно лінійні взаємозв'язки в окремих системах; при ускладненні пози або зростаючому фізичному навантаженні - гнучкі взаємозв'язки між фізіологічними системами. Механізми регуляції характеризуються підсиленням взаємодії систем організму, нелінійністю у взаємозв'язках в екстремальних умовах.

2. Роль окремої фізіологічної системи, рівень її активності та взаємозв'язку у системі пози та довільного руху змінюється в залежності від структури функціональної системи, характеру її регулювання, потужності фізичного навантаження, тренуваності спортсменів, вихідних значень окремих фізіологічних показників, стану організму при м'язовій діяльності, індивідуальних особливостей, втомі, яка розвивається.

3. Ускладнення пози підсилює роль зорової та пропріоцептивної сенсорних систем, їх взаємодію в управлінні стійкістю пози, виконання фізичного навантаження до відмови пов'язане з підсиленням ступеня інтеграції соматичної та вісцеральних систем, зміною участі окремих м'язів під час м'язових зусиль, підсиленням сукупного впливу м'язів нижніх кінцівок на активність вісцеральних систем. М'язова система є домінуючим елементом еферентного синтезу, що визначає вегетативні порушення при керуванні позою та рухом.

4. Регулювання пози та управління довільним циклічним і ациклічним точнісними рухами характеризуються різними за формою, силою, напрямом внутрішньо- та міжсистемними взаємозв'язками:

а) у вісцеральних системах - переважно жорсткими, сильними - за різних умов функціонування;

б) між вісцеральними системами - гнучкими, сильними, зростаючими при м'язовій діяльності, ускладненні пози;

в) між м'язовою та вісцеральними системами - гнучкими, слабкими у стані спокою та зростаючими - при м'язовій діяльності;

г) у окремих системах - переважно лінійними або близькими до них, між системами значною мірою нелінійними - при виконанні навантаження до відмови.

5. Управління циклічними та повторюваними ациклічними рухами характеризується жорстким програмним механізмом регулювання, який змінює у кожному окремому русі у стані неграничного фізичного навантаження масштаби вихідних параметрів центральної програми регулювання за потужністю (ступінь розвитку м'язових напружень) та у стані стомлення - також часткову участь м'язів та міжм'язові зв'язки.

6. Підвищення рівня функціональної підготовленості характеризується зниженням реактивності та взаємодії систем організму при неграничній роботі, економічності, автономності функціонування. Взаємодіючі системи у тренуваних спортсменів досягають своїх граничних значень пізніше; у стані більш високої потужності фізичного навантаження виникає нелінійність зрушень та взаємозв'язків, і вони здатні функціонувати на більш високому рівні, на більших зрушеннях внутрішнього середовища порівняно з нетренованими, що відображає підвищення їх функціональних резервів та високу їх працездатність.

7. Взаємозв'язки двох систем управління - пози та довільного точнісного руху визначаються складністю утримуваної пози, характером регулювання пози та довільного руху, ступенем підготовки спортсменів, та здійснюються за участю різних рівнів ЦНС і проявляються як через

параметри кінцевого пристосувального результату, так і через фізіологічні компоненти кожної функціональної системи.

8. Формування у процесі тренування механізмів взаємодії двох систем управління - пози та довільного точнісного руху характеризується:

- 1) виробленням ефективною програмою передуючої перебудови пози;
- 2) включенням безумовно- та умовнорефлекторних позових координацій різних рівнів до складу інструментальної реакції;
- 3) створенням інтегративного блоку оцінки та координації функцій, у якому моторна програма регулювання пози коригується відповідно до еталонних характеристик майбутнього руху, а локального руху - залежно від попередніх реакцій пози.

9. Вдосконалення механізмів регулювання пози і точнісного руху, їх взаємозв'язків характеризується вираженою здатністю кваліфікованих спортсменів управляти реакціями пози та руху, функціонуванням фізіологічних систем у відповідності з принципами: автономності, ієрархічності, економічності, найменшої взаємодії, ведучої аферентації, більш якісно використовуючи зворотний зв'язок для корекції пози та руху при реалізації моторної програми.

10. Висока точність виконання довільного руху, якість регулювання пози визначаються як функціональним станом окремої фізіологічної системи, її взаємозв'язками з іншими, так і характером взаємодії функціональних систем пози та руху, особливостями регуляції кожної з них. Ведучими критеріями якісного функціонування системи "поза-точнісний рух" є: а) відносно низькі величини амплітуди тремору, коливань загального центру маси тіла, електроміограми дельтоїдного та плечопроменевого м'язів; б) зменшення їх величин перед реалізацією програми довільного руху; в) позитивна залежність ступеня зниження амплітуди коливань загального центру маси тіла, тремору безпосередньо перед точнісним рухом від їх абсолютних величин під час виготовки; г) наявність негативного взаємозв'язку між амплітудою тремору коливань загального центру маси тіла, електричної активності м'язів, які беруть участь у реалізації руху та точністю виконуваного довільного руху.

11. Характерними ознаками втоми при регулюванні пози, виконанні циклічної роботи до відмови, то чісного руху є: наявність тремороподібної електричної активності м'язів, які зумовлюють ізометричну напруженість; синхронізація коливань загального центру маси тіла, кінцівок, спайкових розрядів мотонейронів на тлі підвищення їх амплітуди, позитивні кореляції між ними та величинами похибок при виконанні довільного руху, значне погіршення усталеності пози, порушення

взаємозв'язків систем, які склалися у стабільному стані при м'язовій роботі великої потужності аж до зміни форми і напрямку.

12. Найбільш інформативними показниками які розкривають провідні взаємозв'язки у функціональних системах регулювання пози, довільного циклічного і ациклічного точнісного рухів, є: а) група соматичних компонентів - амплітуда і тривалість електричної активності чотириглавого та литкового м'язів, амплітуда тремору кінцівок, коливань загального центру маси тіла, швидкість коливань загального центру маси тіла; б) група вегетативних - ЧСС, амплітуда зубця Т ЕКГ, часові інтервали ЕКГ, ХОК, V_{O_2} , V_{CO_2} , ХОД, НА, La. Провідну роль у детермінації високої інформативності за екстремальних умов відіграє чотириглавий м'яз стегна.

13. Математичні моделі, котрі відображають взаємозв'язок систем регулювання пози та довільних рухів, мають бути використані для прогнозу результативності дій спортсмена, а також бути основою для корекції пози та рухів у тренувальному процесі. Як еталонні моделі слід використовувати показники висококваліфікованих спортсменів.

Основні результати дисертації опубліковані у таких роботах:

1. Приймаков А.А., Радзиевский, А.Р., Ткачук В.Г. Исследования роли и взаимодействия анализаторных систем при регуляции движений у борцов// Проблемы надежности двигательных действий в ациклических видах спорта. - Киев.: Комитет по физ. культуре и спорту ... УССР/ КГИФК, 1977. - С. 25-52.

2. Приймаков А.А. Исследование роли и взаимодействия анализаторных систем при регуляции движений у борцов: Автореф. дис.: ... канд. биол. наук. - Симферополь, 1978. - 22 с.

3. Приймаков А.А., Евгеньева Л.Я. Устойчивость позы и точность выполнения произвольных движений и усилий у борцов // Научно-спортивный вестник: Физкультура и спорт. - 1987. - N 4. - С. 5-8.

4. Приймаков А.А., Евгеньева Л.Я. Физиологическая характеристика борьбы: Лекция для студентов. - Киев: Госкомспорт УССР/ КГИФК, 1988. - 19 с.

5. Медико-биологические основы спортивной тренировки в циклических видах спорта: Учеб. пособие/ В.Г. Ткачук, В.П. Брынзак, А.А. Приймаков и др.; Под общ. ред. В.Г. Ткачука. - Киев: КГИФК, 1991. - 90 с.

6. Ткачук В.Г., Евгеньева Л.Я., Приймаков А.А., Дудин Н.П. Формирование внутри- и межсистемных взаимосвязей в процессе адаптации организма спортсменов к напряженной мышечной работе// Теория и практика физической культуры. - 1990. - N 8. - С. 14-18.

7. Щегольков А.Н., Приймаков А.А., Пилашевич А.А. Морфофункциональная перестройка ведущих систем организма спортсменов при развитии выносливости// Механизмы развития выносливости спортсменов /Отв. Р д. В.С. Мищенко. - Киев: КГИФК, 1993. - С. 61-83.

8. Приймаков А.А. Взаимосвязь физиологических и биомеханических показателей при выполнении прыжкового теста до отказа у спортсменов-тяжелоатлетов// Медицинские проблемы физической культуры. - Киев: Здоров'я, 1993. -С. 130 -133.

9. Приймаков О.О. Взаємозв'язок механізмів регулювання стійкості постави та свавільного точнісного руху у спортсменів// Фізіологічний журн. - 1995. - т.41.-№3-4. С. 23-28.

10. Щегольков А.Н., Приймаков А.А., Пилашевич А.А. Методика выявления адаптационных функционально-морфологических изменений в процессе подготовки квалифицированных спортсменов// Адаптационные изменения организма и возможности применения их признаков для текущей коррекции физических нагрузок: Материалы конф. (Каунас, 1990г.). - Вильнюс: Литов. ИФК, 1991.- Ч. 4. - С. 48-53.

11. Приймаков А.А. Активность и взаимодействие соматической и вегетативных систем при усложнении позы и выполнении точностных движений у спортсменов// Адаптационные изменения организма и возможности применения их признаков для текущей коррекции физических нагрузок: Материалы конф. (Каунас, 1990). - Вильнюс: Литов. ИФК, 1991.- Часть 4. - С. 23-29.

12. Приймаков А.А. Влияние различных физических нагрузок на роль и взаимодействие сензорных систем при регуляции ортоградной позы у борцов// Методические разработки молодых ученых КГИФК.- Киев: Спорткомитет УССР, 1977. - С. 97-99.

13. Приймаков А.А., Ткачук В.Г., Романенко С.М, Циркель О.Ф. Взаимодействие анализаторных систем и надежность сохранения равновесия и двигательных действий у спортсменов ациклических видов спорта// Научно-методические основы подготовки спортсменов высокого класса: Тез. докл. науч. конф. - Киев: Комитет по физ. культуре и спорту ... УССР.- 1980, -С.129-131.

14. Приймаков А.А., Ткачук В.Г., Циркель О.Ф. Особенности управления произвольными и произвольными движениями у спортсменов высокой квалификации// Физиологические механизмы физической и умственной работоспособности при спортивной и трудовой деятельности: Тез. докл. науч. конф. - Львов: Комитет по физ. культуре и спорту ... УССР, 1981. - С. 202-203.

15. Приймаков А.А., Ткачук В.Г., Митичкин О.В., Корсаков В.А. Взаимодействие соматической и вегетативных систем в процессе выполнения циклической работы до отказа // Физиологические факторы, определяющие и лимитирующие спортивную работоспособность: Тез. докл. 16^{го} Всесоюз. науч. конф. -М.: Спорткомитет СССР, 1982. - С. 157-158.

16. Ткачук В.Г., Приймаков А.А., Куликов, Г.Н. и др. Метаболические корреляты точностных двигательных актов // Физиологические факторы, определяющие и лимитирующие спортивную работоспособность: Тез. докл. 16^{го} Всесоюз. науч. конф. -М.: Спорткомитет СССР, 1982 - С. 191-192.

17. Приймаков А.А., Зенина И.В., Швец О.В. Применение индукционных датчиков для регистрации перемещений тела в зоне равновесия// Рекомендации по совершенствованию физического воспитания студентов сельскохозяйственных вузов. - Киев: Мин-во сельского хозяйства СССР/ УСХА, 1983. - С. 109-111.

18. Приймаков А.А. Особенности взаимосвязи между позными перестройками и двигательной деятельностью у спортсменов// Рекомендации по совершенствованию физического воспитания студентов сельскохозяйственных вузов. - Киев: Министерство сельского хозяйства СССР/ УСХА, 1983. - С. 181- 183.

19. Приймаков А.А., Куликов Г.М., Зенина И.В. О прогностическом значении тремора при выполнении точностных движений у спортсменов// Прогнозирование спортивных достижений в системе подготовки высококвалифицированных спортсменов: Тез. 2-й Все союз. науч. конф.- М.: ВНИИФК, 1983.-С. 198-200.

20. Приймаков А.А., Радзиевский А.Р. О прогностическом значении тремора при регуляции позы и выполнении точностных движений у спортсменов// Проблемы оценок прогнозирования функциональных состояний организма в прикладной физиологии: Тез. докл. науч. конф. - Новосибирск: Илам, 1984, -С. 28-30.

21. Приймаков А.А. Особенности проявления утомления спортсменов при выполнении циклической работы до отказа// Физиологические проблемы утомления: Тез. докл. Всесоюз. конф. - Киев-Черкассы: Научный совет АН СССР и АМН СССР по физиологии человека, 1985. - Ч. 2. - С. 106-107.

22. Ткачук В.Г., Евгеньева Л.Я., Приймаков О.О. та ін. Структура системи фізіологічного контролю тренуваності спортсмена// XII з'їзд Українського фізіологічного товариства ім. І.П. Павлова: Тези доп. -Львів: Ін-т фізіології ім.О.О. Богомольця, 1986. - С. 203.

23. Приймаков А.А. Взаимодействие соматической и вегетативных систем при регуляции позы у спортсменов// Физиологические механизмы адаптации к мышечной деятельности: Тез. 19 Всес. конф. - Волгоград, 1988. - С 298-299.

24. Приймаков А.А. Адаптация сенсорных, соматических и вегетативной систем при усложнении позы у спортсменов// Эколого-физиологические проблемы адаптации: Тез. 5^{го} Всесоюз. симпози. - М., 1988. - С.180-181.

25. Ткачук В.Г., Евгеньева Л.Я., Приймаков О.О., Дудін М.П., Брінзак В.П. Формування внутрішньосистемних та міжсистемних взаємозв'язків у процесі адаптації організму спортсменів до напруженої м'язової діяльності // Розвиток фізіології в Українській РСР за 1986-1990 р.р: Матеріали. 13^{го} з'їзду Укр. фізіол. тов-ва ім. І.П. Павлова. - Київ: Наук. думка, 1990. -Т.2. -С. 148.

26. Приймаков А.А., Щегольков А.Н., Пилашевич А.А. Комплексная методика тестирования функциональной подготовленности квалифицированных спортсменов //Науч.-метод. и медико-биол. обеспеч. физкульт.-оздоровит. спортивной работы:Тез. докл. науч. конф. - Днепропетровск: Днепропетров. гос. ин-т физ. культуры., 1990.-С.104-107.

27. Щегольков А.Н., Приймаков А.А., Пилашевич А.А. Комплексная методика спортивной диагностики и отбора// Науч.-метод. обеспечение системы подготовки квалифицированных спортсменов и спортивных резервов: Материалы науч.- практ. конф. - М.: ЦНИИФК, 1990.- Ч. 2.- С. 409-410.

28. Приймаков А.А. Активность и взаимодействие мышечной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем в различных условиях деятельности спортсменов// Структурно-энергетическое обеспечение механической работы мышц: Тез. Всесоюз. науч. симпози. - М., 1990. - С. 25-26.

29. Приймаков А.А., Щегольков А.Н., Краснов В.П. Взаимосвязь биомеханических и физиологических характеристик при выполнении прыжкового теста// Совершенствование системы повышения спортивного мастерства студентов вузов: : Тез. докл. межвузовской науч.-метод. конф.. - Б.Церковь: УСХА, 1990. -С. 17-18.

30. Приймаков А.А. Особенности взаимосвязей соматической и вегетативной систем при мышечной деятельности у спортсменов// Комплексная диагностика и оценка функциональных возможностей организма и механизмы адаптации к напряженной мышечной деятельности высококвалифицированных спортсменов: Тез. Всесоюз. науч. конф. - М.: Госкомспорт СССР/ ВНИИФК, 1990. - С. 204-205.

31. Приймаков А.А. Особенности взаимодействия соматической и вегетативной систем в различных условиях деятельности спортсменов// Функциональные резервы и адаптация: Материалы. Всесоюз. конф./ Под ред. Н.А. Агаджаняна, В.Г. Антоненко, В.С. Мищенко, М.М. Середенко. - Киев: Госком. СССР по народному образованию, 1990. -С. 198-199.

32. Приймаков А.А. Ткачук В.Г. Взаимосвязи соматической и вегетативной систем в различных условиях функционирования организма спортсменов// Физиологические механизмы целенаправленной деятельности спортсменов: Тез. докл. (Краснодар, 1991 г.). - М.: ВНИИФК / ЦНИИС. - 1991. - С.14 -16.

33. Щегольков А.Н., Приймаков А.А., Пилашевич А.А. Морфо-функциональные признаки рациональной и нерациональной адаптации мышц и сердца к высоким тренировочным нагрузкам // Современный Олимпийский спорт: Тез. докл. науч. конф. - Киев.: Олимпийский комитет Украины/ КДФК, 1993. - С. 277-279.

34. Приймаков О.О. Взаємозв'язок фізіологічних механізмів регулювання стійкості постави та свавільного точнісного руху у спортсменів // 14-й з'їзд Українського фізіологічного товариства ім. І.П. Павлова: Тези доп. - Київ.: Національна академія Наук, 1994. -С.316-317.

Приймаков А. А. Структурно-функциональная организация взаимодействия систем организма при регулировании позы и движения человека.

Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 14. 03. 25 - биологическая и медицинская кибернетика и информатика. Институт кибернетики им. В.М. Глушкова Национальной академии наук Украины, Киев, 1995.

Защищаются результаты исследований и их концептуальное обобщение, изложенные в 51 опубликованных работах, в которых изучены механизмы регуляции и взаимодействия систем организма при управлении позой и движениями у спортсменов. Показано, что механизмы регуляции характеризуются усилением взаимодействия, нелинейностью во взаимосвязях в экстремальных условиях функционирования, изменением участия систем при управлении позой и движением. Раскрыта структурно-функциональная организация системы "поза - произвольное движение" и разработаны математические модели взаимодействия систем организма.

Результаты внедрены в учебный процесс высшей школы и в практику подготовки спортсменов.

Ключові слова: поза, рух, функціональна система, управління, регуляція, взаємозв'язки, взаємодія.

Primakov A.A. Structural-functional organization of interaction body systems for control human of pose and motion.

Dissertation for competition of scientific degree of doctor byology for speciality 14.03.25 (Byology and medical cybernetic and information). Glushkov's Institut of cybernetics, National Academy of Science, Kiew, 1995.

The results of investigations and the author's conceptual position described in 51 publications are defended. Mechanizmes of regulation and interaction of body systems for control sportsmen's pose and motion are studied.

Mechanizmes of regulation that are characterized by intensification of interaction, unlinearment in interactions on extremal conditions of functioning and change systems participation for control human pose and motion are shown.

Structural-functional organization of system "pose - arbitrary motion" is opened, mathematical models of interaction body systems are elaborated.

The results of investigations are instilled in educational process of high school and practice of preparation of sportsmen.

Key words: pose, motion, function system, control, regulation, correlations, interaction.

Підп. до друку 31.10.95. Формат 60x84/16. Папір для розмнож. апар.
Офс. друк. Ум. друк. арк. 1,86. Ум. фарбо-відб. 2,03. Обл.-вид. арк. 2,0.
Тираж 80 прим. Зам. 823.

Редакційно-видавничий відділ з поліграфічною дільницею
Інституту кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України
252022 Київ 22, проспект Академіка Глушкова, 40

452974

AB 33.627