

НАЦИОНАЛНА СПОРТНА АКАДЕМИЯ „ВАСИЛ ЛЕВСКИ“
ИНФОРМАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА АНАЛИЗ НА ДВИЖЕНИЯТА
ДЕОИТ

ДОЦ. НИКОЛИНА ДИМИТРОВА, ДОКТОР

БИОМЕХАНИЧНА СТРУКТУРА
НА СПОРТНО-ТЕХНИЧЕСКОТО МАЙСТОРСТВО В
ДЖУДО

АВТОРЕФЕРАТ

НА
ДИСЕРТАЦИОНЕН ТРУД
ЗА ПРИДОБИВАНЕ НА НАУЧНА СТЕПЕН
«ДОКТОР НА НАУКИТЕ»
В ПРОФЕСИОНАЛНО НАПРАВЛЕНИЕ 7.6. СПОРТ

ОФИЦИАЛНИ РЕЦЕНЗЕНТИ:

ПРОФ. ТАТЯНА СТАНЧЕВА ЯНЧЕВА, ДН

ПРОФ. ОГНЯН СТОЯНОВ МИЛАДИНОВ, ДН

ПРОФ. АНЖЕЛИНА ГЕОРГИЕВА ЯНЕВА, ДОКТОР

София, 2020

Дисертационният труд е обсъден и насочен за публична защита от разширен научен колегиум на ДЕОИТ “Информационни технологии за анализ на движенията” при НСА “Васил Левски”.

Трудът е с обем от 252 стандартни страници, в т.ч. Библиографията, която включва 175 източника. Онагледен е с 40 таблици, от които 22 бр. в основния текст и 54 фигури.

Публичната защита ще се състои на на 02.06.2020 г. от 14.00 часа в зала А-3 на НСА „Васил Левски“ на заседание на специализираното научно жури. Материалите по защитата на дисертацията са на разположение в библиотеката на НСА «Васил Левски».

Забележка: Номерацията на фигурите и таблиците в автореферата, съответства на тази от дисертацията.

СЪДЪРЖАНИЕ

ВЪВЕДЕНИЕ	4
РАБОТНА ХИПОТЕЗА, ЦЕЛ, ЗАДАЧИ, МЕТОДИ И ОРГАНИЗАЦИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО	5
Работна хипотеза, цел, задачи.....	5
Методи и организация на изследването.....	7
РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ.....	9
Теоретичен анализ.....	9
Теоретични основи на спортно-техническото майсторство	9
Класификационна структура на двигателните действия в джудо.....	10
Функционално анатомичен анализ.....	17
Основни тенденции за развитието на световното джудо.....	18
Структура на спортно-техническото майсторство	22
Биомеханична оценка на техниките Сеои Наге и Учи Мата в джудо спорта..	27
Кодокан принципи на Учи Мата	27
Динамична структура	27
Кодокан принципи на Учи Мата	30
Динамична структура	30
Експериментален анализ	32
Специфика на състезателните изпълнения.....	37
Педагогически експеримент	42
Биомеханични параметри на координационната структура в джудо спорта ..	48
ИЗВОДИ.....	52
ПРЕПОРЪКИ	54
ПРИНОСИ.....	56
Публикации по дисертационния труд.....	57

ВЪВЕДЕНИЕ

В литературата за джудо най-често се борави с източни мъдрости, сентенции и легенди.

На тази основа спортно-техническото майсторство все още твърде често се интерпретира от гледна точка на мъгливо изказвани принципи, които се афишират като „мъдрост“ от вековете.

От друга страна, съвременната спортна наука разполага с нови информационни технологии и мощни технически средства за оценка и анализ на двигателните действия. Така се очертава необходимостта от съпоставяне на двата подхода – традиционният от „мъдростта на вековете“ и научният анализ и синтез на двигателните действия при човека. Проблемът е от изключително значение, тъй като подходът има силно влияние върху цялостния учебно тренировъчен процес и по специално върху системата за усъвършенстване на спортно-техническото майсторство в този спорт.

При това не става дума за отричане на който и да е подход. Интересна идея е да се изследват възможностите за пренос на положителния опит от традиционното обучение, като се съчетаят със съвременните научни методи и средства за учебно-тренировъчна дейност.

Така например една от най-специфичните традиционни особености в този спорт е наличието на строгата, възприета в цял свят, Кю-дан система за обучение. Тя стимулира изграждането на богата двигателна култура, като представлява добър пример и за други спортни дисциплини. На Кю-дан системата следва да се гледа и като на уникална система за усъвършенстване на базови елементи от способността за управление на двигателния апарат като усет за местоположението на собствения и обобщен Общ Център на Тежестта, степента на равновесната устойчивост, потенциалните възможности за развитие на силовата структура в зависимост от пространствените характеристики, управление на „необходимото бъдеще“, способността за контрол и управление на ритмичната структура и т.н.

РАБОТНА ХИПОТЕЗА, ЦЕЛ, ЗАДАЧИ, МЕТОДИ И ОРГАНИЗАЦИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

РАБОТНА ХИПОТЕЗА, ЦЕЛ, ЗАДАЧИ

Огромното богатство и разнообразие от хвърлящи техники, налага като първо предварително условие да се редуцира обекта на изследване.

Това трябва да са техники с възможно най-голяма популярност и ефективност. Освен това анализът им трябва да позволява пренос и върху други техники от Джудото, т.е. техниките трябва да имат основополагаща биомеханична структура за възможно най-широко кластерно представителство. Предварителният теоретичен анализ недвусмислено установи, че тези предварителни условия напълно се покриват от двете най-популярни техники – Сеои Наге (раменно хвърляне) и Учи Мата (вътрешно-бедрено хвърляне).

Характерна особеност на спортно-техническите действия в Джудо са неконтролируемите вариации на вътрешните и външни силови полета.

Направеният литературен обзор и анализът на статистическите данни от наши и международни турнири, разкриха два основни проблема:

1. Противоречието между класическите модели, унифицирани в закономерностите на Кю-дан системата, от една страна, и богатството от индивидуални различия в състезателни условия, от друга.
2. Наличието на нееднозначни и многомерни зависимости между кинематичната и динамичните структури, изграждащи системата на двигателните действия.

Първият проблем е свързан със средствата и методите за начално обучение и дефинирането на понятията за обща и специална спортно-техническа подготовка.

Вторият проблем изисква научна обосновка и интерпретация на понятието за биомеханична целесъобразност на спортно-техническите действия.

Установената многомерна сложност на причинно-следствените връзки и взаимозависимости между външното и вътрешното силови полета, огромния (за разбиранията на класическата механика) брой от степени свобода на движение, както и променливите маси, участващи при формиране на силовите вектори, ни дават основание да предполагаваме съществуването на по-тънки структурни взаимовръзки между отделните биомеханични характеристики.

В тази връзка бе формулирана следната работна хипотеза:

Допускаме, че разкриването и изследването на скрити структурни взаимовръзки и компенсаторни възможности от гледна точка на биомеханиката, би могло да подобри ефективността на системата за усъвършенстване на състезателната техника при максимално съобразяване с индивидуалните характеристики на конкретния състезател.

Обект на изследването е понятието за биомеханична целесъобразност на спортно-техническото майсторство при високоразрядни спортисти.

Предметът на изследването е количествената оценка и анализът на многомерната динамична структура на двигателните действия, в зависимост от реакциите на Уке.

Целта на изследването е да бъде разкрита вътрешната биомеханична структура на системата от движения на техники в джудо, на базата на комплексен биомеханичен анализ, за оптимизиране на учебно-тренировъчния процес и повишаване на нивото на спортно-техническото майсторство на елитни състезатели по джудо.

По пътя към поставената основна цел се наложи и решаването на следните по-съществени **задачи**:

1. Разработване на методика за регистрация и анализ на динамичните характеристики в условията на «активен» експеримент.
2. Биодинамични експерименти за получаване количествена оценка на силовия вектор на опорната реакция.
3. Разработване на система за моделиране на външното силово поле.
4. Функционално-анатомичния анализ за установяване на ритмичната структура в междумускулната синергия.
5. Теоретичен функционално-анатомичен и биомеханичен анализ за моделиране на реализационната ефективност.
6. Разработка на подходящ математичен формализъм за анализ на биомеханичните характеристики.
7. Извеждане на критерии за количествена оценка на спортно-техническото майсторство и оценка на индивидуалните особености.
8. Разработване на методика за усъвършенстване на тренировъчния процес
9. Осъществяване на подходящи педагогически експерименти за оценка ефективността на предлаганите нови методи и средства за учебно-тренировъчната работа.

МЕТОДИ И ОРГАНИЗАЦИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Организацията и методиката са разработени с цел да се разкрие динамичната структура на двигателните действия в зависимост от реакциите на Уке (джудистът върху когото се изпълнява техниката). Анализирани са структурните взаимовръзки между кинематичните и динамични биомеханични характеристики. Потърсени са параметри и неявни функции, които управляват компенсаторните механизма, осигуряващи целевата функция и управлението на системата на действие.

Използван е дедуктивен подход за комплексен анализ – от статистически анализ за оценка на общите закономерности до лабораторни планирани експерименти за оценка на индивидуалните особености и педагогически експеримент за верификация на учебно-тренировъчния процес.

Статистическите анализи са на базата на официални Олимпийски, Световни и Международни турнири при участието на **повече** от 400 състезатели, през периода от 01.01. 2012 г. до 30.09.2018 г.

Лабораторните експерименти са проведени през периода от 20.02.2014 г. до 21.06.2018 г.

Педагогическият експеримент е осъществен в автономен режим, като ефектът от методиката се оценява в индивидуален план. Количествената оценка за биомеханичната целесъобразност се извежда от зависимостите между стабилността и вариативността на динамичната структура в системата.

В хода на работата бяха използвани няколко основни групи методи за изследване и методи за анализ на резултатите:

Изследователските методи включват:

- a.** Изучаване на специалната научна и методична литература.
- b.** Биомеханичен теоретичен анализ и моделиране.
- c.** Кластер анализ на спортно-техническите действия в джудо спорта.
- d.** Статистически методи за оценка на ефективността и честотата на използваните техники в реални състезателни условия.
- e.** Лабораторни експерименти за биомеханичен (кинематографичен и динамографичен) анализ на основните техники в джудо.
- f.** Лабораторни експерименти с моделиране реакцията на уке.
- g.** Разработване на индивидуализирани модели за усъвършенстване на спортно-техническото майсторство.
- h.** Педагогически експерименти.

При изчисляване на индексите за техническа и тактическа готовност (активност, вариативност, ефективност, резултатност и т.н.) са използвани формулите разработени от Волков В. и кол. (1981).

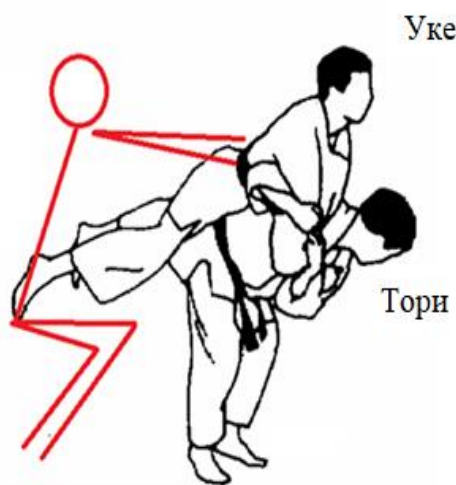
При кинематографичните методи, по пътя на решаване на основната Прва задача на биомеханиката, се получават данни и за динамичната структура. При динамографичните методи се налага решаването на основната Обратна задача на механиката.

В работата е използвана разработената от Ariel Dynamics inc. Система APAS (Ariel Performance Analysis System) - видео-базирана 3D система за анализ на движението.

За нуждите на необходимия ни биомеханичен анализ са използвани следните приложения:

- Модулът за паралелно представяне (APASView)
- Кинетичния модул (Kinetics) и
- Векторния модул (Vector) – създаден специално за изследване на реакциите на опората.

Оценката за ролята на компенсаторните механизми осъществихме с помощта на „активен” експеримент (фиг.5).



Количествените оценки се реализират на основата на „особените“ точки (глобални и регионални екстремуми и инфлексни точки) от функционалните криви на силовия вектор приложен върху „Уке“.

Компютъризираната обратна връзка със стабилографската платформа отключва механизъм за реакция на чучелото срещу извеждащата от равновесие сила в интервал от време, определен от глобалния екстремум на хоризонталната съставляща на опорната реакция.

Фиг.5 „Активен“ експеримент

За нуждите на статистическия анализ е използвана програмата SPSS (Statistical Product and Service Solutions)

За нуждите на сравнителния биомеханичен анализ са използвани методите на вариационния и корелационния статистически анализ.

РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

Съгласно методиката представянето на резултатите следват логиката на цялостното изследване, което до голяма степен всъщност съвпада с поетапната временна последователност на извършената теоретична и експериментална работа.

ТЕОРЕТИЧЕН АНАЛИЗ

ТЕОРЕТИЧНИ ОСНОВИ НА СПОРТНО-ТЕХНИЧЕСКОТО МАЙСТОРСТВО

Дефинираните от Класиците на джудо спорта основни принципи обикновено са твърде мъгляви, а често пъти и доста наивни в претенциите си за основополагащи истини и закономерности.

Нещо повече, откриват се и противоречиви твърдения по отношение ролята на акцептора на действие. В това направление много по-точен и научно обоснован е подхода на проф. Р. Петров (Петров, Р. 1978). - разработил система от технико-тактически комплекси в борбата. Подобни комплекси, за съжаление, все още няма в ДЖУДО спорта. Противоречив е дори и най-основният принцип на проф. Джигоро Кано - "Минимум усилия за максимална ефективност".

В съвременното джудо с популярност в учебно-тренировъчния процес се ползват принципите на Кудо, които в най-общ вид интерпретират фазовата структура на техническото изпълнение:

1. Зараждане на силата;
2. Кудзуши (извеждане от равновесие);
3. Цкури (подготовка за изпълнение на техниката);
4. Каке (завършващата фаза на техниката на хвърляне).

Счита се, че до най-голяма степен успехът на атаката зависи от двете фази – Цкури и Кудзуши.

Тук обикновено се набляга на вълнообразното "икиой" (предварителния импулс или ускорение в съвместното движение), ритмичността, плътния контакт и т.н.

В началните етапи обикновено се използват имитационните изпълнения, така наречените „ката“.

Успехът на всяка техника за хвърляне в най-голяма степен зависи от преодоляване на възможностите на Уке за реакция и контриращи действия. Това се постига чрез правилното конструиране на първата фаза - „кудзуши“. Тази фаза играе ролята на основна „философия“ за спортно-техническото майсторство. Значимостта на тази фаза изисква уточняване на някои основни нейни характеристики, като характер на опорната площ, ъгъла на устойчивост, въртящите моменти на силите, общия и частния център на тежестта, силовите импулси и т.н.

Биомеханични основи на спортно-техническото майсторство

Анализирайки основният принцип за "цкури", спортната биомеханика различава два вида устойчивост на равновесие: статична и динамична. Съществена е ролята на динамичното равновесие, което се определя от възможността на спортиста да възстановява временно загубеното си равновесие.

КЛАСИФИКАЦИОННА СТРУКТУРА НА ДВИГАТЕЛНИТЕ ДЕЙСТВИЯ В ДЖУДО

Разработването на **научнообоснована** класификационна структура се смята за фундаментална задача на всяка наука. Тази задача е довела до обособяването на строго дефинирани самостоятелни научни дисциплини (със собствени принципи и методология), каквито са съвременните науки таксономия, ботрилогия, клъстер анализ и т.н. Връзката между критериите за класификация и биомеханичната целесъобразност на учебно-тренировъчния процес налага по детайлен анализ на съществуващите видове кластеризация.

Проблемите за класификация и учебен процес (Go Kyu) са били разглеждани още от д-р Кано с научна методика, съобразена с тогавашните условия (Таблица 1).

Тази класификация изглежда проста, разбираема (и все още се използва след повече от 100 години), въпреки че енергията за хвърлянето не може да бъде предадена само от отделна част от тялото.

Г. Койзуми (Koizumi, G., 1960) класифицира стандартните техники спрямо движението на тялото на уке:

- *Kuruma waza* – техники на въртене, например - Uki goshi;
- *Tenbin waza*- техники везна, например Uchi-mata ,Osoto-gari и др.;
- *Tsumazukasc waza* - техники на блокиране, например - *Hiza guruma*.

Таблица 1 *Първа Кодокан класификация (1885)*

<i>Te waza</i>	<i>Koshi waza</i>	<i>Ashi waza</i>	<i>Ma sutemi waza</i>	<i>Yoko sutemi waza</i>
Uki waza	Uki goshi	Okuri ashi harai	Tomoe nage	Yoko gake
Seoi nage	Harai goshi	Sasae tsurikomi ashi	Ura nage	Yoko guruma
Kata guruma	Tsuri komi goshi	Uchi mata	Sumi kaeshi	Yoko otoshi
Tai otoshi	Koshi guruma	Hiza guruma	Hikkikomi gaeshi	Daki wakare
Obi otoshi	O goshi	O soto gari	Tsuri otoshi	Yoko wakare
Seoi otoshi	Ushiro goshi	De ashi harai	Tawara gaeshi	Soto makikomi
Uki otoshi	Hane goshi	Ko uchi gari		Uchi makikomi
	Tsuri goshi	Ko soto gari		Tani otoshi
	Utsuri goshi	Harai tsurikomi ashi		
		O uchi gari		
		Yama arashi		
		O soto guruma		
		O soto otoshi		

Geesink набляга на динамичната роля на биодинамичните вериги (Geesink Anton J, 2000), докато G. R. Gleeson събира техниките за хвърляне в две групи - Първата, използваща въртящи моменти около определена степен на свобода и втората, използваща пряка атака към опорно кинематично звено (Gleeson G.R. 1984; Gleeson G.R. 1971).

Количкин (Kolychkine A. 1989) предлага анатомична класификация, основана на предложението за различаването на главни и афинитетни движения.

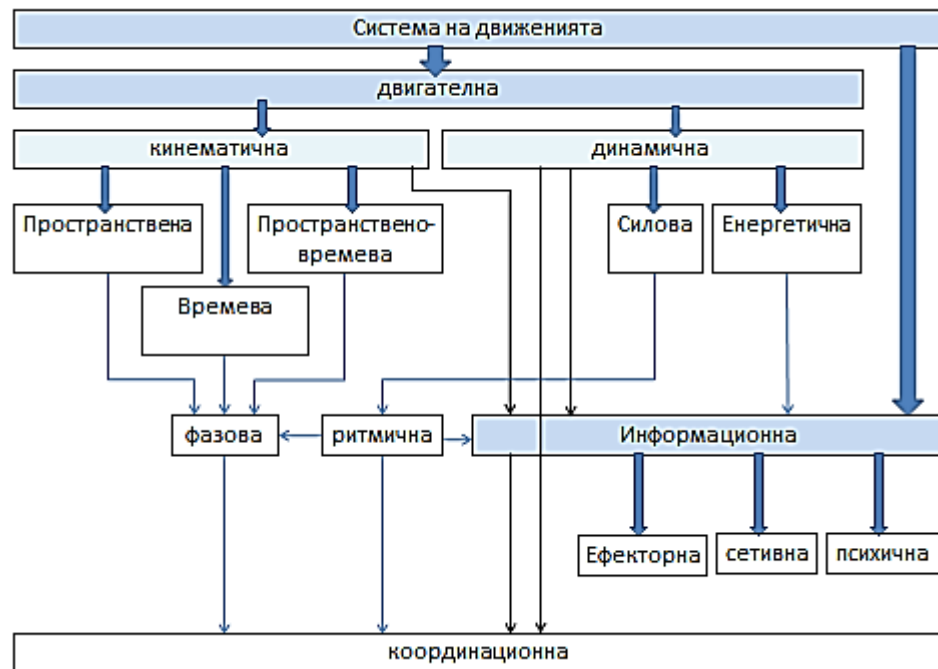
Съществуват подходи (Sacripanti A., 1990; Sterkowicz S. et al., 2013), на базата на фазова или пространствена структури на техниките на хвърляне. Този подход показва интересни прилики между техники, които досега не са доказани, напр. между О-сото гари и Учи мата, или между Сасае цури коми аши и Тай отоши.

Очевидно, всяка една от класификациите има своя логика и право на съществуване, като на практика илюстрира многомерното и богато съдържание на системно структурната организация на спортно-техническите действия в този спорт.

Биомеханична класификация

От гледна точка на съвременните научни знания особен интерес представлява разработването на класификация, съобразена с основните биомеханични принципи. Този вид класификационна структура има пряко отношение към закономерностите за управление на двигателния апарат и учебно тренировъчния процес (фиг.8).

Върху тази обща основа следва да се разграничат критерии (направления) по основните структурни направления.



Фиг . 8. Биомеханична схема за системно-структурен анализ

Пространствена структура – видът на траекториите и техните симетрии и ориентация, преместванията (глобални и регионални), посоките на кудзуши.

Времева структура – необходимата точност на акцентиращите моменти и времевите интервали, взаимовръзка между отделните фази и ритмичната им организация.

Координационната сложност има два параметъра – количествен и качествен. В първия случай критерият оценява броя на управляваните степени на свобода, а във втория – сложността на междумускулната синергия. Освен това усложнението може да се постига и чрез управление на смущаващите въздействия на външната среда.

В областта на силовата структура могат да се класифицират действия със сферична и цилиндрична симетрия на въртящите моменти, такива, използващи ефекта от двойка сили или многоставни лостове, и т.н.

От фиг. 8 става ясно, че двигателните действия представляват сложна системна организация с многостранна структурна взаимозависимост между огромното число разнородни параметри, представляващи твърде често обект на изследване от различни научни дисциплини - физиология, биомеханика,,

психология, анатомия и т.н. Основният проблем на всеки изследовател е адекватното спрямо поставената цел обособяване на "целостта" на системата. Тази цялост се обуславя и от силната биомеханична и психологична връзка между основните (стойки, захвати, начин на придвижване, укеми и т.н.) и специалните техники (тачи уадза, катаме уадза и т.н.).

При всички бойни изкуства съществува един основен проблем, съдържащ се в противоречието между целта да се овладеят техники, способни напълно да обезвредят противника, и необходимостта от запазване здравето на практикуващите. В този смисъл техниките на падане са в основата на психологическите механизми, участващи (често пъти подсъзнателно) в структурното изграждане на атаката.

Съгласно втория закон на динамиката силата при падане се определя от

$$F = m \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (16),$$

където **m** е масата на тялото, а ΔV и Δt са съответно скоростта и времето за амортизация.

Техниката предполага управление и на трите характеристики.

Създаването на противен по посока силов импулс е втора стратегия, съобразена с третия Нютонов принцип на механиката.

Една от най-характерните особености на джудо е фактът, че се дава възможност за прилагане на относително постоянен захват. В него се отразяват и всички локални, регионални и глобални премествания на отделните кинематични звена на човешкото тяло. Ето защо частните цели не се изчерпват с възможните начини на захват, но и с развитието на съответния усет за контрол върху приложните точки на силите, на уменията за „поддаване“, т.е. освобождаване на някои кинематични звена, без това съществено да въздейства върху собствения ОЦТ, с цел да „увисне“ фокусът на „атаката“ и т.н.

Техниките на хвърляне (наге уадза), предмет на настоящото изследване са представени в табл. 2.

Независимо от класификационната структура, фазата кудзуши е основополагаща за успеха. Тя може да се реализира чрез следните стратегически планове:

- Посредством директно въздействие чрез захвата.

- Индиректно извеждане от равновесие чрез използване на естествената реакция на партньора, т.е. като се използва извеждане в посока на защитната реакция на Уке.
- Посредством блокиране движението на опората.
- Стратегия с максимална бързина на изпълнение (дори без фактическо извеждане от равновесие), отнемаща времето за реакция на защитата.

Таблица 2. Техники на хвърляне

Наге уадза Техники на хвърляне	Тачи уадза Техники на хвърляне от стойка	Те уадза Техники на хвърляне с ръце
		Коши уадза Техники на хвърляне с таз
		Аши уадза Техники на хвърляне с крак
	Сутеми уадза Самопожертвувателна техника на хвърляне	Ма сутеми уадза с гръб към татамито
		Йоко стеми уадза с падане настрани

От своя страна, обикновеното ходене е поредица от нарушаване и възстановяване на равновесието.

Посредством придвижванията „тай сабаки“ може да се усвои и един от основните принципи в джудото този за използване на външната сила в интерес на собствената атака. От друга страна, биомеханичният анализ следва да се съобразява и с факта, че всяка фаза (**Kuzushi, Tsukuri и Kake**) има своя частна цел. При това става възможно и проследяването на т.нар. верижни грешки, които обикновено остават скрити за външния наблюдател.

В този смисъл може да се смята, че ефективността на джудо техниките зависи от характеристиките на позицията на атаката - Kumi Kata (захват), Shizei (поза), Ъгъл на атаката, Разстояние от уке, Shintai (придвижване) - Ayumi Ashi, Tsugi Ashi, Tai Sabaki, Kuzushi(извеждане от равновесие), Nage (хвърляне).

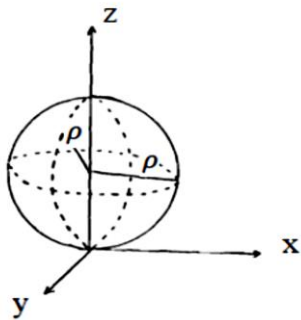
Освобождаването на всяка степен свобода на движение „изключва“ масата на съответното кинематично звено и по този начин може да се въздейства за намаляване на ефективността на атаката.

Следвайки частните цели на отделните фази, могат да се определят основните принципи, участващи в разлагането на силите – при цкури-кудзуши върху целия ъгъл от 360° в хоризонталната равнина и 90° при каке във вертикалната равнина.

На фиг. 9 е илюстриран случаят на сферична симетрия при кръгова траектория по Sacripanti A. (1987).

На фиг. 10 е представен случаят на спираловидна техника с цилиндрична симетрия.

Анализът на биомеханичната целесъобразност доказва, че подобно изпълнение се характеризира с минимална работа и най-малка загуба на енергия. Условието в този случай е радиусът на огъване на спиралата да е пропорционален на разстоянието r от оста на въртене.

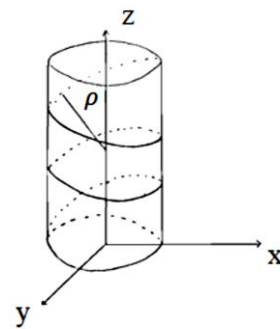


Фиг. 9. Сферична симетрия при кръгова траектория

$$I = 2m \int r dr$$

$$\rho = r$$

$$r^2 = x^2 + y^2 + z^2 \quad (17)$$



Фиг. 10. Спираловидна техника с цилиндрична симетрия

$$I = 2m \int r dr$$

$$\rho = (1 + k^i)r$$

$$x = r \cos \varphi$$

$$y = r \sin \varphi \quad (18)$$

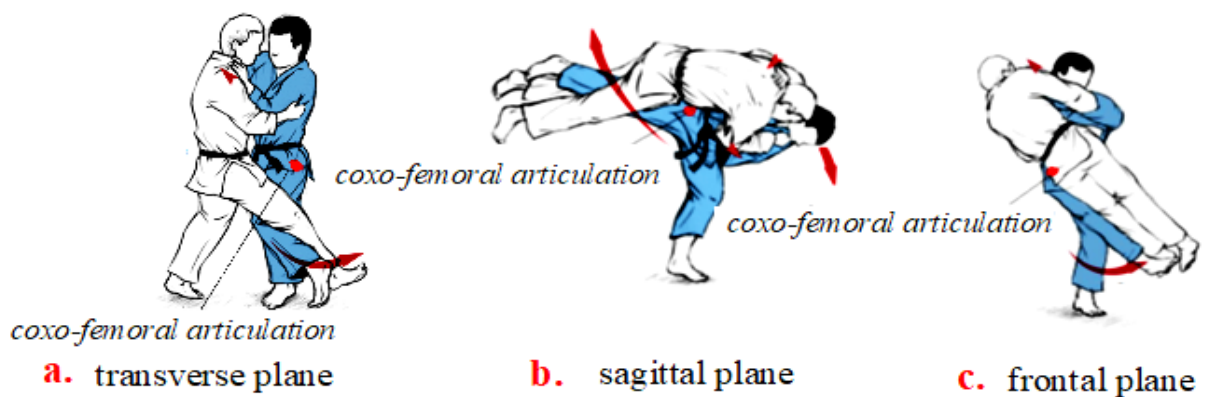
От формата на траекториите описвани от кинематичните звена на уке е възможно да се разграничат някои вътрешни механизми, формиращи динамичната структура на техниките. Така могат да се разграничат:

- Техники, при които Тори (джудистът, който изпълнява техниката) използва двойка сили за хвърляне на Уке
- Техники, при които Тори използва физически лост за хвърляне на Уке.

Не трябва да се изпуска обаче предвид и фактът, че върху цялостната система активно участват и реакциите на уке, така че на практика картината е много по-комплицирана.

На фигура 12 са представени примери за използване на двойка сили съответно за сагиталната, фронталната и трансферзалната равнина.

От спортно педагогическа гледна точка става ясна основната роля на *coxo-femoral articulation* става в тази група и необходимостта от специална подготовка на тази става както по отношение на двигателните и качества, така и за нервно мускулните механизми за управлението ѝ.



Фиг.12. Двойки сили в трансферзалната, сагиталната и фронталната равнина

Техниките от "Групата на физическия лост" включват всички хвърляния, които са следствие завъртане тялото на Уке около опорна точка (таз, крак, стъпало и т.н.). Могат да се различат подструктури в зависимост от дължината на рамото на лоста, приложен върху тялото на Уке.

Подобен род класификация има смисъл само доколкото насочва към различен подход при тренировъчните методи и средства за усъвършенстване на двигателните качества. В същото време тук не е отчетен фактът, че силите са векторни величини и рамото на въртящите моменти не се определя еднозначно от приложената им точка, а в най-голяма степен зависи от посоката на силовия вектор.

И в този случай биомеханична класификация разкрива примери за подобие скрити за кю дан системата, като например между техниките *Аши Гурума* и *Хидза Гурума*.

Една от целите на фазовото структуриране на джудо е да се търси правилната методика за обучение. В същото време отделните фази не бива да се анализират като напълно самостоятелни и независими структурни единици.

ФУНКЦИОНАЛНО АНАТОМИЧЕН АНАЛИЗ

В зависимост от конкретната техника кинематичната верига се формира по различен начин и чрез различна степен на участие на отделните мускулни групи. Нещо повече, известните от спортната наука физически качества добиват характер на спортно-техническо майсторство, зависят от управлението на двигателния апарат и външно се дефинират като междумускулна синергия.

В този смисъл уместно се оказва използването на терминологията от роботиката, разграничаваща видовете локални, регионални и глобални пространствени премествания.

Тъй като интервалът от време, за който се осъществява първата най-отговорна фаза на всяко хвърляне, е от порядъка на няколко десети от секундата, то очевидно става въпрос не за максимални скоростни възможности, а за максимални ускорения.

Този теоретичен извод е и основанието за издигането на работна хипотеза, че взривната сила при специфичните за джудо техниките изпълнения е характеристика на междумускулната синергия, т.е. на СПОРТНО-ТЕХНИЧЕСКОТО МАЙСТОРСТВО. Това налага осъществяването на функционално-анатомичен анализ, оценяващ по кинематичен път РАБОТАТА НА ОСНОВНИТЕ МУСКУЛНИ ГРУПИ.

При извеждането от равновесие - кудзуши - движението в лява раменна става, е разгъване и отвеждане, а в лакътна става - сгъване и вътрешна ротация. Движението се осъществява: За раменна става от *m. deltoideus* - гребенна и раменна част, *m. trapezius* - възходяща и напречна част и *m. triceps brachii*; За лакътна става: *m. brachialis*; *m. biceps brachii*; *m. brachioradialis*; *m. pronator teres*.

На края на това движение лопатките са фиксирани успоредно на гръбначния стълб от ромбовидните мускули и напречната част на трапецовидните мускули. Движенията за горна скочна става се осъществяват в отстъпващ режим на работа от следните мускулни групи: **задната група на подбедрицата** – *m. triceps surae* (състоящ се от двойка мускули - двуглав *m. gastrocnemius* и *m. soleus*); *m. fl. digitorum longu*; *m. fl. halucis longus*; *m. tibialis posterior*; **за коленна става** - *m. quadriceps femori* (голяма мускулна група, която

включва четири преобладаващи мускули на предната част на бедрото: *rectum femoris*, *vastus lateralis*, *vastus medialis* и *vastus intermedius*; за тазобедрена става *m.gluteus maximus*; *m.biceps femoris*; *m.semimembranosus*; *m.semitendinosus*; *m.adductor magnus*; **Фиксатори за тазобедрената става** са: *m.gluteus medius*, *m.gluteus minimus* и медиалната група на бедрото. Хвърлянето става с ротация на туловището наляво, сгъване в горна скочна, разгъване в коленна става и разгъване с вътрешна ротация в тазобедрена става.

За долен крайник участват същите мускулни групи, но при преодоляващ режим на работа. Сгъването с лява ротация се извършва от *m. obli. externum abdominis*; *m. obli. internum abdominis*; *m. rectus abdominis* и лява група собствени мускули на гърба. Движението е едновременно с дясна раменна става, в която се извършва разгъване с привеждане и вътрешна ротация. Мускулите, които участват с преодоляващ, режим на работа, са: *m.platissimus dorsi*; *m. pectoralis major*; *m. serratus anterior*; *m. trapezius*; *m. deltoideus* в ключичната част.

За нуждите на педагогическия експеримент е необходимо да се оцени разделно режимът на работа на конкретна мускулна група, както и смяната в посоките, т.е. ритмиката в работата на мускулите агонисти и антагонисти.

ОСНОВНИ ТЕНДЕНЦИИ ЗА РАЗВИТИЕТО НА СВЕТОВНОТО ДЖУДО

Структурното изграждане на техническото майсторство пряко зависи от промените в спортно-състезателния правилник. От друга страна, световните тенденции в развитието на спорта дават възможност за разработване на научно обосновани изпреварващи методики за учебно тренировъчен процес.

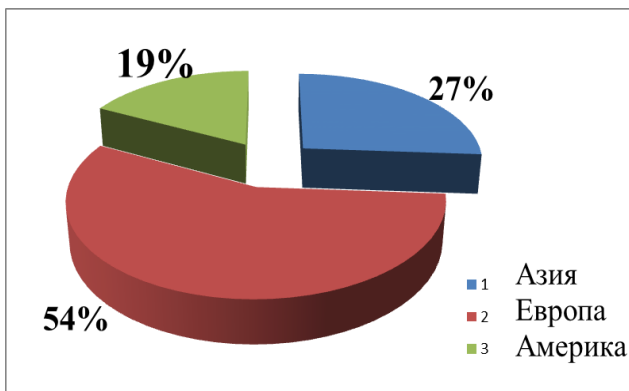
Започвайки в Токио само с 31 състезатели през 1956 г., Световните първенства достигат до 755 джудока от 124 държани през 2018 г. в Баку Азарбейджан.

На Олимпийските игри в Лондон през 2012 взимат участие 387 джудисти от 135 държави, което извежда джудо на трета позиция по популярност в Света на спорта. Според данни на IJF днес над 40 милиона души по целия свят, практикуват джудо. (www.ijf.org)

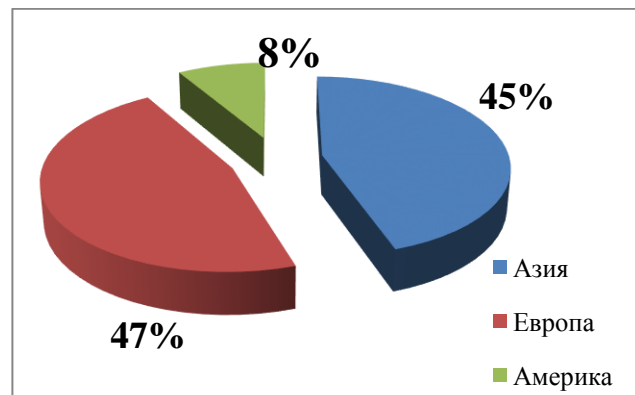
Изключително богатият спортен календар допринася за обмяната на опит и непрекъснато развитие на ефективността в противоборството между атаката и защитата. Ето защо от особено значение е анализът на историческите тенденции

и закономерности за успеваемостта и честотата на използване и на спортните техники.

Медалите се разпределят между 22 страни на Световно първенство в Баку, и между 26 страни на Олимпийските игри в Рио де Жанейро. (фиг.18)



Фиг. 18 Олимпийски игри в Рио де Жанейро



Фиг.19. Световно първенство Баку Азербайджан 2018

На Световно първенство в Баку 2018, Европа отчита спад с 5% (медалите са 27) (фиг.19). Близко 30% отиват в Азия, като преди всичко са за Япония.

През последните години се правят редица корекции в международния правилник за провеждане на състезанията по джудо. Това довежда до нетърпимост към пасивната игра и фиктивната атака, което от своя страна повишава динамиката на спорта - всичко това предявява нови изисквания към спортно техническото майсторство.

Обобщеният статистически анализ очертава като най-силни страни с подчертано стабилно класиране на всички големи първенства - Япония, Русия, Франция, Южна Корея, Бразилия, Азербайджан и Грузия. В тази конкуренция, за да се осигури спечелването на един медал от Световно първенство или Олимпийски игри, отборът трябва да разполага с поне трима/четирима състезатели с реални потенциални възможности за призово класиране.

Проведеният статистически анализ очертава и една тенденция, при която група техники се прилагат като основни за постигането на оценка, а други изпълняват определени тактически задачи. Така техники като Ко-учи-гари, Ко-сото-гаке, О-учи-гари, Сасе-цури-коми-аши и сходни на тях се прилагат твърде често, но предимно в качеството на подготвителни и подпомагащи в тактически план основните, които в крайна сметка носят точковите оценки. Пряката

ефективност на тези техники е от порядъка на 30% от тази на *Сеои Наге* и *Учи Мата*.

Независимо от очерталите се общи тенденции в световен мащаб, могат да се различат няколко основни школи, които имат своите особености и специфични различия. Най-ярко е изразена азиатската школа с типични представители Япония и Южна Корея, Монголия и някои други представители на бившите страни от СССР. Последните са силно повлияни от националните им борби. Джудо в Европа, след първоначалното подражание на японците, придоби свой облик, различен от този на Азия. Руската школа (на основата на самбото и националните борби) внася определен дял в еволюцията на джудо и излизането му от рамките на чисто азиатския стил.

Независимо от наличието на различни школи, практиката е унифицирала спортно-техническите средства по отношение на честотата и ефективността на приложението им.

Следвайки анализа на състезателното развитие на Джудо спорта, интерес за учебно-тренировъчния процес представлява разработването на адекватна нова класификационна структура извън установените рамки на Кю Дан системата. Картината за приложимостта и ефективността на техниките в исторически план търпи повече или по-малко значими вариации. Така напр. данните от Световното първенство в Баку 2018 г. (Таблица 7) съществено се различават от анализа на Syd Hoare (Таблица 6).

Таблица 6. Сравнителния исторически анализ на Syd Hoare (1987)

#	клъстер	техника	общо
1	Te-waza	Morote Seoinage	88
2	Ashi-waza	Uchi-mata	76
3	Ashi-waza	Osoto-gari	71
4	Ashi-waza	O-uchi-gari	43
5	Te-waza	Tai-otoshi	43
6	Koshi-waza	Harai-goshi	35
7	Ashi-waza	Kosoto-gari	31
8	Ashi-waza	Kouchi-gari	25
9	Te-waza	Ipon Seoinage	16
10	Ashi-waza	Tsuri-komi-ashi	11

Таблица 7. Световно първенство в Баку 2018г

#	кластер	техника	уадзаари	ипон	общо	%
1	Te-waza	Seoi-nage	56	23	79	10.35%
2	Ashi-waza	Uchi-mata	43	23	66	8.65%
3	Te-waza	Sumi-otoshi	52	11	63	8.26%
4	Koshi-waza	Sode-tsurikomi-goshi	25	19	44	5.77%
5	Ashi-waza	O-uchi-gari	30	14	44	5.77%
6	Te-waza	Ippon-seoi-nage	26	8	34	4.46%
7	Ashi-waza	Ko-soto-gake	18	14	32	4.19%
8	Ashi-waza	Ko-uchi-gari	19	10	29	3.80%
9	Ashi-waza	Ko-soto-gari	20	7	27	3.50%
10	Ashi-waza	O-soto-gari	15	12	27	3.50%

Особен интерес представлява сравнителния анализ за честотата на използване на техническите действия и тяхната ефективност през последните Световни и Олимпийски игри. (Табл. 8)

Таблица 8. Десетте най-ефективните техники

№	ОИ 2012	СП 2014	СП 2015	ОИ2016	СП 2017	СП 2018
1	Morote	Uchi mata	Eri seoi nage	Uchi mata	Eri seoi nage	Eri seoi nage
2	Uchi Mata	Morote	Uchi mata	Sode tsuri	Uchi mata	Uchi mata
3	Ippon Seoi nage	Ippon Seoi nage	Sode Tsuru	Ippon seoi	Sumi gaeshi	Sumi-otoshi
4	Harai Goshi	Sode Tsuru	O uchi gari	O uchi gari	Sode tsuri	Sode-tsurikomi
5	O Uchi Gari	Eri seoi nage	Sumi gaeshi	Eri seoi nage	O uchi gari	O-uchi-gari
6	Ko Uchi Gari	Harai goshi	O soto gari	Sumi gaeshi	Uki Waza	Ippon-seoi-nage
7	Yoko Tomoe	O uchi gari	Morote	O soto gari	Soto Maki Komi	Ko-soto-gake
8	Sumi Gaeshi	Sumi gaeshi	Soto Maki Komi	Morote	Morote	Ko-uchi-gari
9	Eri Seoi Nage	Soto Maki Komi	Ko uchi gari	Harai goshi	Tai otoshi	Ko-soto-gari
10	Sode Tsuru	Ko uchi gari	Tai otoshi	Uki Waza	Yoko tomoe	Tai otoshi

Легенда: ОИ 2012 – Олимпийски игри Лондон; СП 2014 - Световно първенство Челябинск, Русия; СП 2015 - Световно първенство Астана, Казахстан; ОИ2016 - Олимпийски игри Рио де Жа йро, Бразилия; СП 2017 - Световно първенство Букурещ, Унгария; СП 2018 – Световно първенство Баку Азербайджан

Доколкото състезателният резултат се обуславя от съвършеното владение на ограничен брой техники, внимание заслужават тези, които носят по-голяма ефективност. На тази основа основополагащи за цялостната система от спортно технически умения се оказват техниките Сеои наге и Учи мата. (Табл. 8) В случая не става въпрос за фаворизиране на определени техники, а до факта, че те в действителност притежават не само твърде висока ефективност, но и забележителна, постоянно поддържана на всички видове турнири, висока честота и ефективност на употреба.



Фиг. 21. *Процентно съотношение на видовете победи в Баку*

Към тези характеристики на сеои наге и учи мата следва да отчетем и основополагащата им се роля за биомеханичното структуриране на всички хвърлящи техники в посоката на тори.

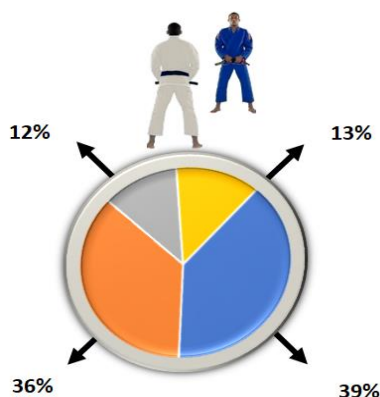
СТРУКТУРА НА СПОРТНО-ТЕХНИЧЕСКОТО МАЙСТОРСТВО

Джудо спортът се отнася към спортовете с нестандартна характеристика на двигателните действия при силно вариативно външно силово поле. С други думи, структурата на двигателната система зависи от конкретната ситуация, т. е. състезателят е принуден да решава различни, спонтанно възникващи двигателни задачи в изключително вариативни условия.

От друга страна, спортът е индивидуален и всеки състезател има собствен стил и двигателни стереотипи. Практиката налага извода, че по аналогия на физическата подготовка право на съществуване имат и понятията обща и специална техническа подготовки (СТП). Възприетата традиционна Кю-Дан система има своята научна логика и всеобща приложимост само по отношение на общата спортно техническа подготовка. СТП изисква по детайлна разработка и диференциация съобразно индивидуалните особености както на индивида, така и на биомеханичната структура на техниките.

На Световното първенство в Баку 2018 г. мъжете са използвали 50, а жените - 47 различни техники в четирите основни посоки. (фиг. 22 и табл. 10) Очевидно е, че джудо спортът същностно изисква максимална „комплексност“ на техническата подготовка, тъй като овладяването на разнопосочните изпълнения максимално затруднява действията на защитата.

Ранговата корелация обаче не отчита реалното тегло в честотата на използваните техники. Така например техниката *Сеои наге* при мъжете превишава близо 2 пъти *Сеои наге* при жените.



Фиг. 22. Процентно съотношение
напред (ляво-дясно), назад(ляво-дясно) СП
2018 Баку

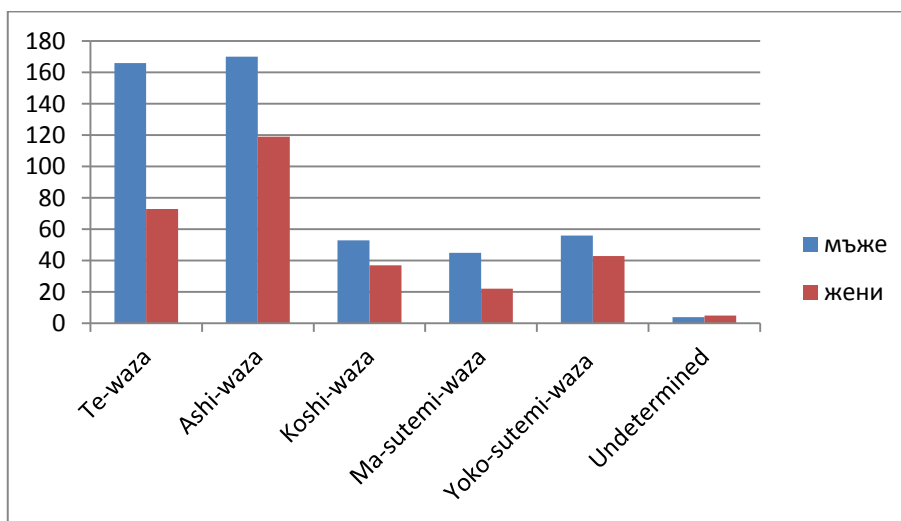
Таблица 10. Процентно съотношение
напред (ляво-дясно), назад(ляво-дясно)

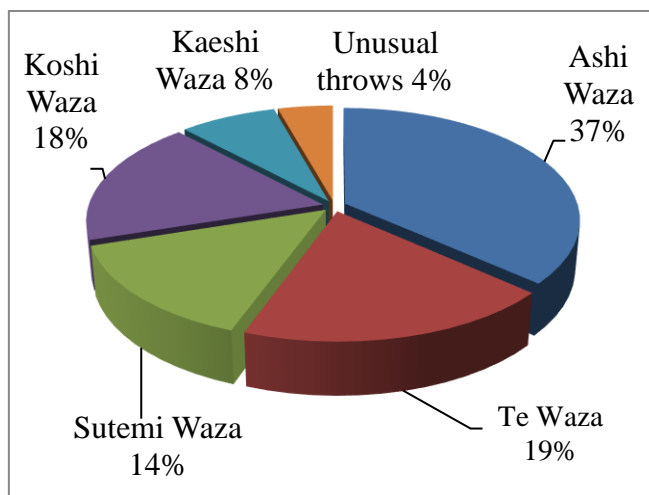
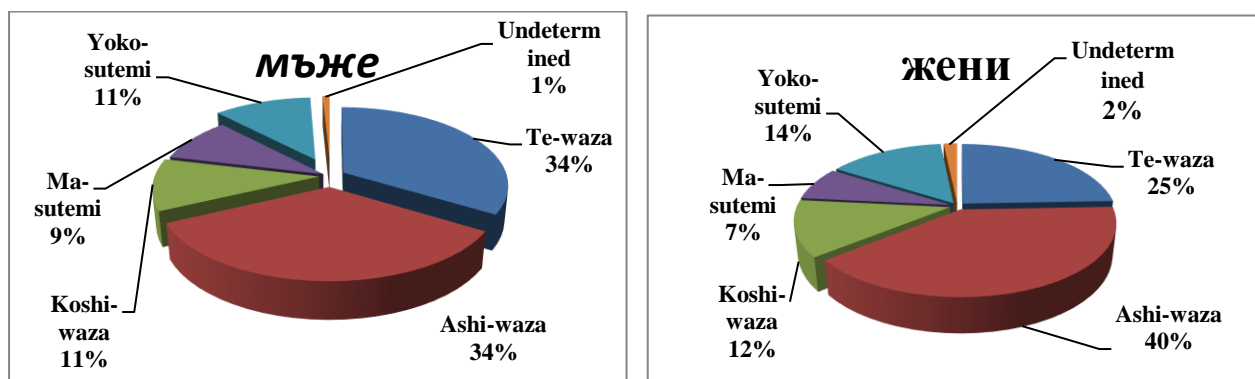
	напред	%	назад	%
2012	412	21%	1511	79%
2014	906	21%	3412	79%
2015	1564	26%	4491	74%
2016	908	25%	2680	75%
2017	1214	24%	3809	76%
2018	1448	25%	4454	75%

На фиг. 23 са представени резултатите групирани по клъстери.

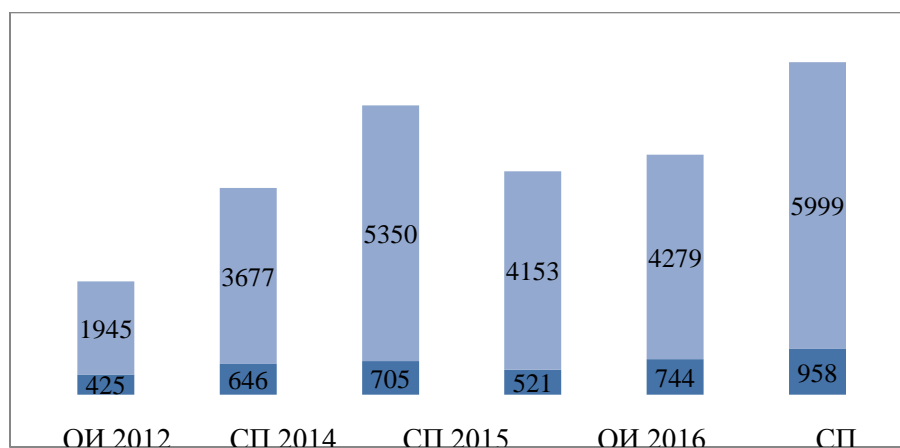
Процентните съотношения са илюстрирани графично на фиг. 24 (Фиг. 25 Процентни съотношения мъже и жени). Междуполовите различия са очевидни и лесно обясними – мъжете разчитат в по-голяма степен на силата на ръцете и не се притесняват от пожертвувателни техники. Жените са ориентирани към използване възможностите на по-мощните мускулни групи.

Доколкото крайната цел на състезанието е постигането на победа, от съществено значение е ефективността на спортно-техническото действие. Статистическото измерване на тази ефективност е илюстрирана на таблица 12, таблица 13. и фиг. 27.



Фиг. 23. Съотношение мъже – жени по кластер, Баку 2018**Фиг. 24.** Общо мъже – жени по кластери, Баку 2018**Фиг.25** Процентни съотношения СП 2018, Баку**Таблица 12.** Динамика на получените резултати

състезание	Атака без резултат	иппон	оценка	общо	ефективност
ОИ 2012	1945	161	425	2370	30%
СП 2014	3677	181	646	4323	22%
СП 2015	5350	178	705	6055	16%
ОИ 2016	4153	191	521	4674	17%
СП 2017	4279	139	744	5023	21%
СП 2018	5999	389	958	6957	22%

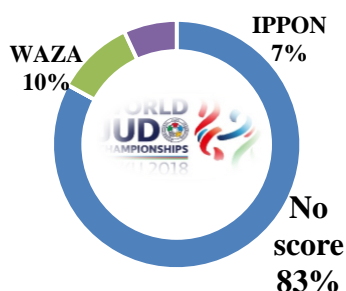
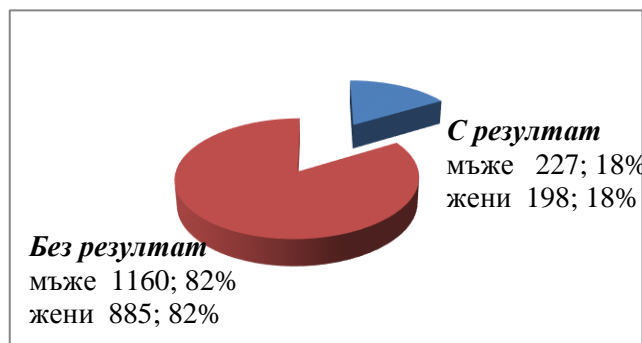


Фиг. 27. Статистическото измерване на ефективността

Таблица 13. Статистическото измерване на ефективността

Резултат	ОИ 2012	СП 2014	СП 2015	ОИ 2016	СП 2017	СП2018
No score	1945	3677	5350	4153	4279	4668
YUKO	152	222	259	169	0	0
WAZA	112	243	268	161	605	569
IPPON	161	181	178	191	139	389
Общо	2370	4323	6055	4674	5023	5626

Очевидно и при двата пола борбата между атаката и защитата е на едно и също ниво. Сравнението между Лондон и Баку не показва развитие по отношение търсената от Световната федерация атрактивност. (фиг. 28 и фиг. 29) Очевидно трябва да се потърсят нови промени в състезателния правилник.


 Фиг. 28. Резултатност
СП 2018 Баку

 Фиг. 29. Брой атаки - мъже, жени -
ОИ 2012

В джудо спорта особена роля играе оценката *Ippon*. С тази оценка са завършили срещите в 45.7% от опитите на мъжете и 40.8% на жените .

Така представени данните могат да доведат до заблуждение, тъй като 100% ефективност (напр. при *Okuri ashi barai*) се дължи на единични опити.

Стават видими както някои общи закономерности, така и някои различия между половете. Общо е развитието на техниките *Ko soto gake*, *Tai otoshi*, *Uchi mata gaeshi*, а разликите са в ефективността на *Sode tsuri komi* и *Uki otoshi*.

От друга страна, техниките *Koshi guruma*, *De ashi barai*, *Soto maki komi* и др. са значително по-успешни при джудистките, докато например техниката *Sode tsuri* - приляга по-добре на мъжете.

При контриращите техники особен интерес представлява техниката *Uchi mata gaeshi* – девет резултата от 10 опита.

На тази основа се налага и един логичен извод, че по-рядко използваните техники носят фактор изненада, който обуславя и високия процент на успеваемост.

Съвсем естествено е, че когато една атакуваща техника има успех след определен период от време, защитата ще намери адекватни реакции и ще принуди атаката да се развие в друга посока. Не на последно място е и фактът, че по понятни причини (антропометрични показатели) цитираните статистики силно се влияят от тегловите категории.

С нарастване на спортно-техническото майсторство биомеханичната целесъобразност предполага, че индивидуалните особености придобиват все по-голяма тежест. Така напр. съществуват елитни състезатели, чиито основни техники са извън статистическата класификация. Освен това някои са до такава степен индивидуализирани, че трудно могат еднозначно да се определят към общо приетите групи в кю-дан системата.

Независимо от значителната информационна стойност на статистическия подход, този тип анализи не следва да е водещ в процеса за усъвършенстване на спортно-техническото майсторство. От една страна, спортно техническото разузнаване след всяко състезание подготвя адекватни защиты за следващото, а от друга, елитните състезатели по принцип се отличават от общата статистическа картина и водещи при тях са индивидуалните особености. Следователно, ако учебно-тренировъчната работа следва безкритично статистическите изводи, методиката ще е изоставаща и ще се движи след събитията.

Съществена обаче е една друга тенденция и това е стремежът на Световната федерация да повиши атрактивността на стехниките. В този смисъл изпреварващата методика следва да повиши вниманието си към тези техники, които носят по-високи оценки.

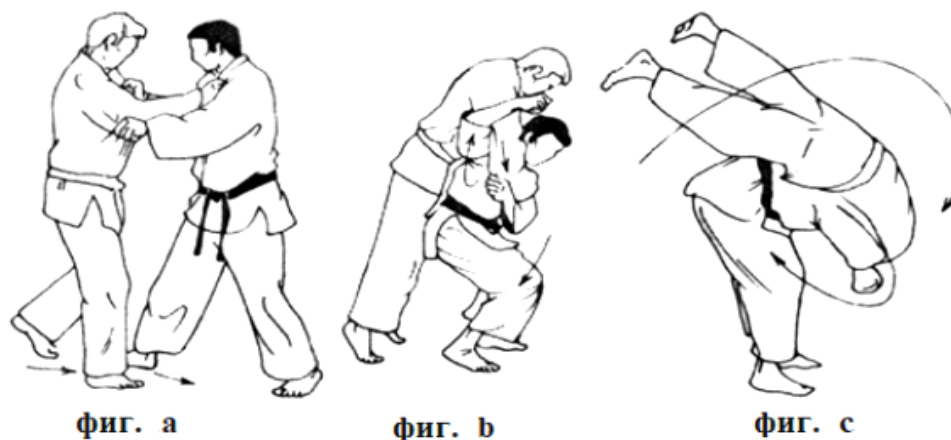
Следвайки парциалните изводи от статистическия преглед за развитието на джудо спорта, с висока достоверност могат да се отделят двете техники – *Сеои наге* и *Учи мата* - намиращи се и в основата на Кю-дан системата.

Тези техники се оказват водещи както по отношение на честотата и ефективността на изпълнение по време на състезание, така и като биомеханична структура, върху която се формират техническите умения в учебно-тренировъчната работа. Тези техники се оказват водещи за целия клъстер хвърляния в посоката на тори. Ето защо техният биомеханичен анализ е от съществено значение както за началното обучение, съгласно кю-дан системата, така и при индивидуализацията на високото спортно майсторство.

БИОМЕХАНИЧНА ОЦЕНКА НА ТЕХНИКИТЕ СЕОИ НАГЕ И УЧИ МАТА В ДЖУДО СПОРТА

КОДОКАН ПРИНЦИПИ НА УЧИ МАТА

Техниката *Сеои наге* е илюстрирана на (фиг. 30), а съответната силова структура е илюстрирана на фиг. 31. Изходно положение миги-шидзен-тай, съвпада с фазата Кудзуши.



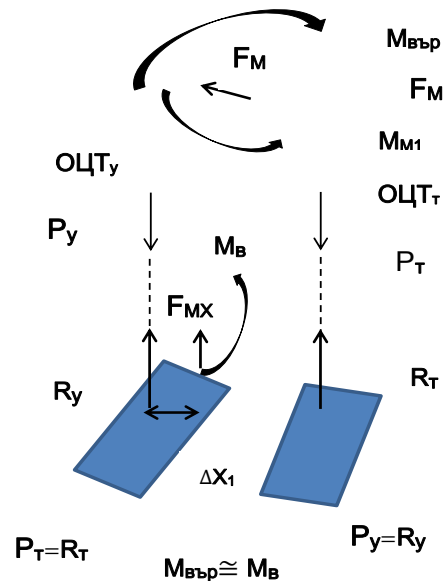
Фиг.30. Класическия вариант на изпълнение на *Сеои наге*

ДИНАМИЧНА СТРУКТУРА

Обобщената силова диаграма за *Сеои Наге* е представена на фиг. 31.

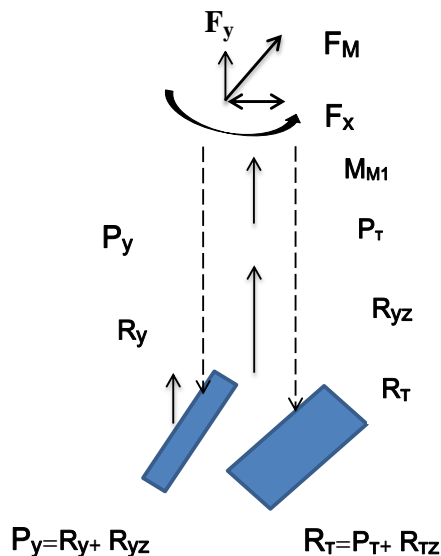
След Кудзуши върху тялото на уке действат силите ***P*** теглото на спортиста с приложна точка в ОЦТ, ***F_M*** силата на хвата на лявата ръка, насочена напред и

покрай тялото на тори и осигуряваща поддръжане на постигнатото Кудзуши. (фиг. 32)



Фиг. 31. Силова структура на Сеои наге изх. положение (миги-ишідзен-тай)

Легенда: ОЦТу - ОЦТ уке; ОЦТт – ОЦТ тори; P_y – тегло на уке; P_T – тегло на тори; F_m – мускулна сила; M_{m1} – въртящ момент от мускулна сила; R_y – реакция на опората на уке; R_T – реакция на опората на тори; $M_{вър.}$ - въртящ момент; M_v – възстановяващ равновесието момент



Фиг. 32. Силова структура на Сеои Наге във фаза Кудзуши

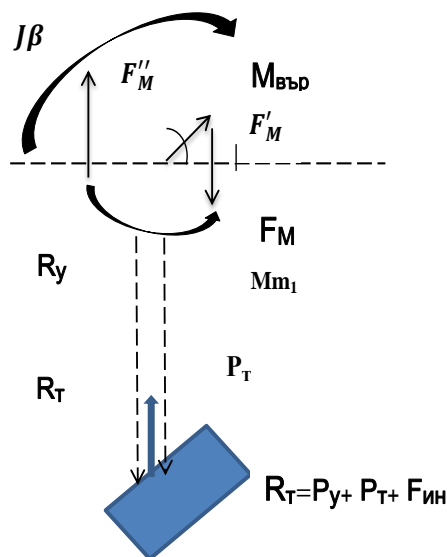
Легенда: $M_{обр.}$ - въртящ момент (обръщане); F_m – мускулна сила; F_x , F_y – разлагане на силите, M_{m1} – въртящ момент от мускулна сила; P_y – тегло на уке;

R_T – тегло на тори; R_y – реакция на опората на уке; R_T – реакция на опората на тори;

Тази сила до голяма степен зависи от кинематиката в позициите на двете тела. Може да се счита, че F_M се композира от въртящия момент $M_{\text{вър}}$ на F_M и съпротивителния от M_B (теглото на уке). Следователно от значение не е абсолютната стойност на $M_{\text{вър}}$, а превеса над въртящия момент, създаван от теглото на тори, спрямо този от теглото на уке.

Вертикално насочената сила всъщност има за задача да намали именно този съпротивителен момент, именно за това се счита за грешка, ако дясната предишница на тори не е разположена водоравно под рамото на уке.

Хвърлянето (фиг. 30с). как се получава вследствие двойката сили F'_M и F''_M . (фиг. 33). От тях идентификацията на F''_M е твърде трудна, тъй като тя е резултатна от опорната реакция, инерционните сили и теглата на двамата състезатели. Освен това тази сила, неконцентрирана в една опорна точка и вектора на въртящия момент, може да се определи само косвено от външната кинематична картина при видео-компютърен анализ.



Фиг. 33. Обобщена диаграма на силова структура на уке и тори във фаза „Каке“

Легенда: $J\beta$ - инерчен момент; $M_{\text{вър}}$ - въртящ момент (обръщане); F_M – мускулна сила; M_{m1} – въртящ момент от мускулна сила; R_y – реакция на опората на уке; R_T – реакция на опората на тори; P_y – тегло на уке; P_T – тегло на тори; $F_{\text{ин}}$ - инерчна сила

КОДОКАН ПРИНЦИПИ НА УЧИ МАТА

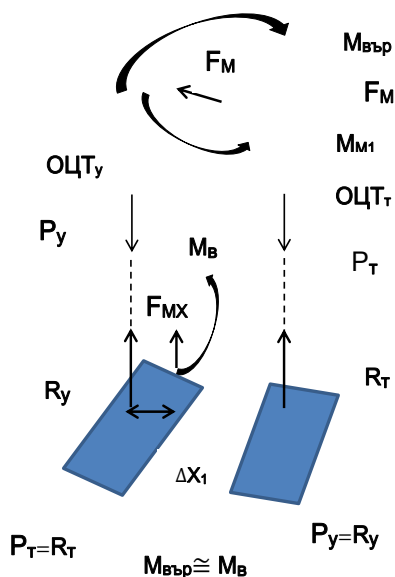
На фиг. 34 е представен класическият вариант на изпълнение от Миги-шизен-тай.



Фиг. 34. Класическия вариант Учи Мата

ДИНАМИЧНА СТРУКТУРА

Координираното извършване на двете действия осигурява необходимото извеждане от равновесие (силите F_{M1} и F_{M2} от фиг. 35) и принуждава уке да направи по-широка крачка по-вляво от обикновено. През цялото време тори не трябва да намалява действието на силата F_{M1} . Обобщената силова диаграма за техниката Учи Мата е представена на фиг. 35.

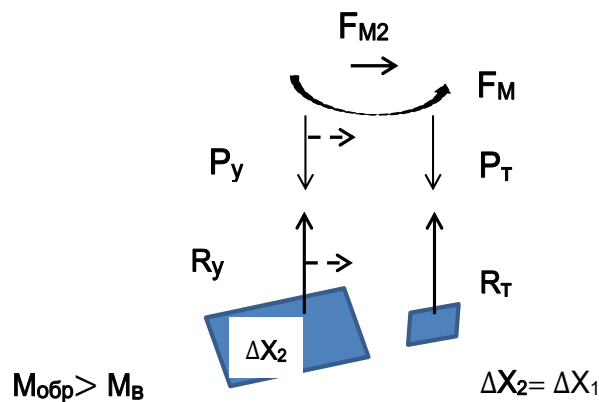


Фиг. 35. Силова структура на Учи Мата от изходно положение (миги-шидзен-тай)

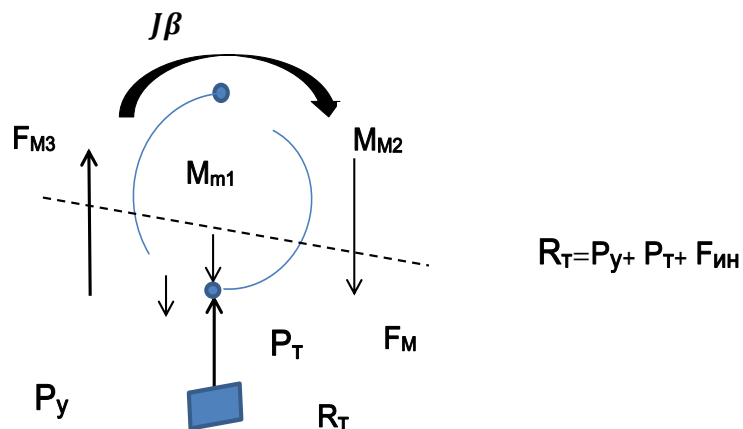
Легенда: ОЦТу - ОЦТ уке; ОЦТт – ОЦТ тори; Ру – тегло на уке; Рт – тегло на тори; Fm – мускулна сила; Mm1 – въртящ момент от мускулна сила; Ру – реакция

на опората на уке; R_T – реакция на опората на тори; $M_{в\ddot{p}}$ - въртящ момент (обръщане); M_B – възстановяващ равновесието момент.

Следователно първоначално тори трябва да създаде въртящ момент около напречната ос на тялото на уке посредством силите F_{M3} , F_{M4} и P_y . (фиг.37) Освен от големината, и посоката на тези оси величината на момента ще зависи и от разстоянието между тях. Оптимална ефективност би се получила, ако центърът на въртене съвпадне с разположението на общия център на тежестта, тъй като в този случай инертните сили имат минимална стойност.

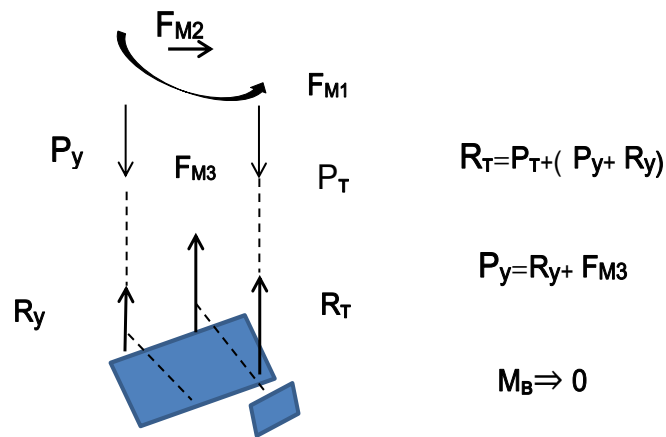


Фиг.36. Силова структура на Учи мата във фаза кудзуиши



Фиг. 37. Обобщена диаграма на силова структура на уке и тори във фаза „Каке“

Легенда: $J\beta$ - инерчен момент; $M_{обр}$ - въртящ момент (обръщане); F_m – мускулна сила; M_{m1} – въртящ момент от мускулна сила; R_y – реакция на опората на уке; R_T – реакция на опората на тори; P_y – тегло на уке; P_T – тегло на тори; $F_{ин}$ - инерчна сила



Фиг. 38. Силова структура на учи мата

Вторият характерен момент е създаването на въртящ момент около надлъжната ос, който се създава от силата F_{M2} и собственото тегло P_y на уке. (фиг. 38)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН АНАЛИЗ

Поради наличието на значителни вътрешни сили, посредством постоянно наложения захват, биомеханичният анализ изисква комплексна оценка за кинематичната и динамичната структура в системата. Независимо от това активната външна сила от опорната реакция на тори се явява като интегрален показател, еднозначно определящ движението на обобщения ОЦТ. Характерът на този силов вектор наложи използването на компютъризирана тримерна тензометрична платформа за получаване на количествената му оценка.

Изследвани са двадесет и четири състезатели от националния отбор на България - при петнадесет от тях техниката *Seoi nage* е основна хватка в състезателни условия, а при другите девет тази роля изпълнява техниката Учи Мата.

В Таблицы № 19 и № 20 са представени данните от вариационния анализ на силовите характеристики за двете групи опитни лица.

Първият извод от сравнителния анализ е потвърждаването на предположението, че основната техника е с много по-голяма стандартизация и стабилност на биомеханичната структура.

Съществени различия се откриват и по направление по оста Z. Това направление, въпреки че не е в посока на хвърлянето, държи сметка за компенсаторните механизми и стабилността на техниката.

Доколкото хватката се изпълнява от статично положение в лабораторни условия, стойностите на вариационните коефициенти са измерител и за степента на автоматизация на техниката.

Таблица 19. Вариационен анализ Сеои наге

Състезател (характеристики)		Основна техника Сеои Наге						Допълнителна техника Учи мата					
		I фаза	S	V%	II фаза	S	V%	I фаза	S	V%	II фаза	S	V%
времетраене на фазите в sek		39	3.8	9.7	120	7.5	6.3	50	5.1	10.2	124	15.2	12.3
Fmax	x	126	8.6	6.8	280	19.9	7.1	78	4.5	5.8	258	28.6	11.1
	y	720	61.9	8.6	1640	193.5	11.8	660	38.2	5.8	1600	174.4	10.9
	z	122	4.4	3.6	200	17.8	8.9	112	7.5	6.7	150	22	14.7
t за Fmax	x	18	0.8	4.8	44	4.5	10.2	26	1.7	6.4	52	6.2	11.9
	y	26	1.1	4.1	46	1.19	2.6	30	1.5	5.1	50	4.6	9.3
	z	21	1.4	6.8	38	1.8	4.8	28	20.4	73	58	4.9	8.4
Импулс на Fmax	x	52	2.9	5.6	26	1.7	6.8	46	3.4	7.5	22	1.7	7.8
	y	102	6.3	6.2	232	16.2	7	88	2.3	2.6	210	16.4	7.8
	z	44	1.7	3.9	66	2.5	3.8	42	2.6	6.3	52	7.6	14.6
Градиент на Fmax	x	28	0.5	1.8	62	5.6	9.1	18	0.7	3.9	66	6.1	9.3
	y	30	0.7	2.2	70	2.7	3.9	16	0.4	2.8	60	2.6	4.4
	z	52	1.1	2.2	54	2.5	4.6	26	1.1	4.4	28	1.3	4.8

Таблица 20. Вариационен анализ Учи мата

Състезател (характеристики)		Основна техника Учи мата						Допълнителна техника Сеои наге					
		I фаза	S	V%	II фаза	S	V%	I фаза	S	V%	II фаза	S	V%
времетраене на фазите в sek		38	3.7	9.8	112	8.3	7.4	36	3.3	9.1	120	15.1	12.6
Fmax	x	91	7.5	8.2	99	8.6	8.7	101	9	9	56	0.8	1.4
	y	720	70.5	9.8	1430	173	12.1	660	79.9	12.1	1360	127.8	9.4
	z	126	7.7	6.12	210	20.6	9.8	140	11.5	8.2	180	15.8	8.8
t за Fmax	x	16	0.5	3.4	34	3.8	11.1	18	1.1	6.1	32	3.2	10.1
	y	10	0.4	4.1	32	1.3	4.1	19	0.7	3.8	31	3	9.8
	z	26	1.6	6.1	48	2.2	4.6	21	1.4	6.8	36	2.9	8.1
Импулс на Fmax	x	38	2.3	6.1	122	8.8	7.2	40	2.3	5.8	138	11.2	8.1
	y	112	8.3	7.4	280	20.7	7.4	72	5.6	7.8	244	21.5	8.8
	z	52	2.1	4.1	72	3.7	5.1	37	3	8.2	82	7.2	8.8
Градиент на Fmax	x	22	0.8	3.5	34	3.4	9.9	20	0.7	3.8	39	2.8	7.2
	y	16	0.4	2.8	52	2	3.8	14	0.4	3.1	42	1.3	3.1
	z	26	0.9	3.7	30	1.1	3.9	30	1.2	4.1	36	1.7	4.8

Интересен факт е, че силовите характеристики по абсолютни стойности не се различават достоверно в статистически смисъл. По-съществени разлики се наблюдават в областта на времевите характеристики и особено при оценката на ритмичната структура. Подобен резултат лесно се обяснява с това, че експериментите се провеждат в лабораторни условия, т.е. двигателната задача е стриктно дефинирана като кинематични условия. В същото време съществените разлики във времевата структура е указание, че този вид биомеханични

характеристики се оказват много по чувствителни параметри за количествена оценка на спортно-техническото майсторство.

Съществен извод от статистическия анализ на динамичната структура за разлика от фазовата структура е голямата степен на индивидуализация. Опитът за статистически изводи се компрометира от недопустимо високите стойности на коефициентите на вариация. Това потвърждава факта, че независимо от външната прилика, основана на основните джудо принципи, вътрешната силова структура се подчинява на редица индивидуални особености за всеки конкретен състезател. Резултатът е важен и трябва да се има предвид при количествената оценка на биомеханичната целесъобразност. Става дума за съобразяване на моделите както с общите принципи, така и с индивидуалните характеристики на състезателите.

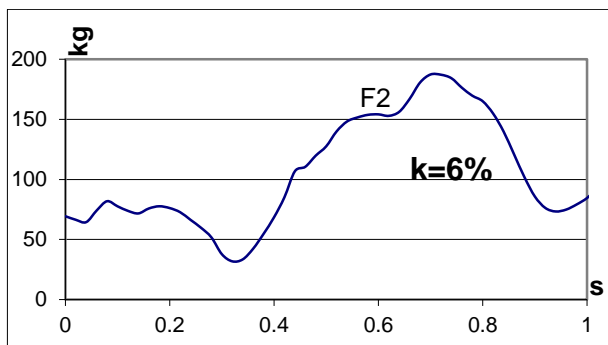
Доколкото нашата основна задача е да се намерят пътища за усъвършенстване на вече изградена, със стабилна биомеханична структура система на движение, осъществихме и експерименти за оценка на индивидуалните биомеханични особености при изпълнението на двете техники.

Сравнителният анализ между математичните модели на отделни състезатели разкрива характерни индивидуални особености в конструирането на техниките. В едни случаи се разчита основно на градиента на силовите вектори за осъществяване на кудзуши, докато в други атаката се построява за сметка блокиране степените свобода на движение. Това води и до съществени разлики в ритмичната структура. Съществуват, разбира се, много силни причинно-следствени връзки между кинематичната и динамичната структура в системата на движение. Така например установените амплитуди на разликите в ъгъла на силовия вектор при Tsukuri (от 66^0 до 74^0) до голяма степен предопределят различия и в абсолютните стойности на опорните реакции.

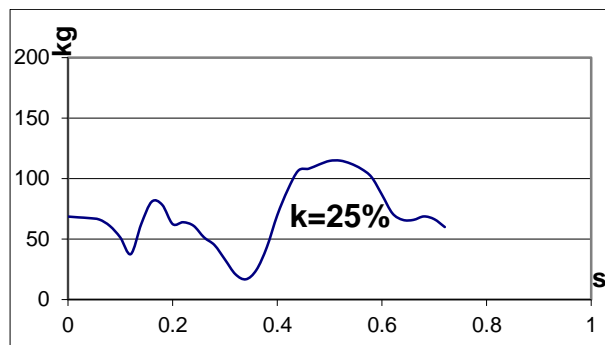
На фиг. 39-42 са представени динамографични записи от изследванията на опитните лица с най-високи показатели на реализационната ефективност.

Първият състезател (*Seou Haze*), значително по-бавно и по-несъществено снижава собствения си ОЦТ в първата фаза от изпълнението.

По-малък е и градиентът с който се предава силата върху тялото на уке. Освен това през основната фаза се наблюдава известна етапност в развитието на взривната сила. Тази разлика между първия и следващия глобален максимум очевидно се дължи на техническото несъвършенство и нарушената междумускулна синергия. От друга страна, глобалният максимум е най-висок между всички изпълнители, което показва, че този състезател има значителен потенциал за усъвършенстване на техниката си.



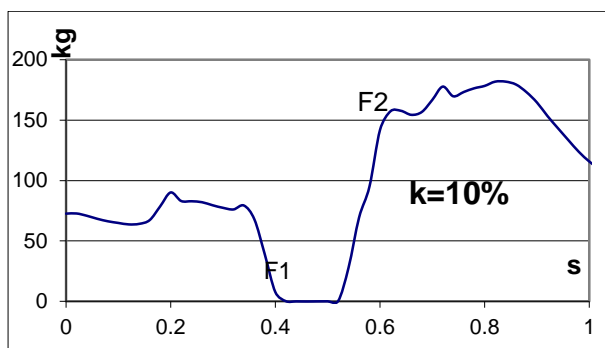
Фиг. 39. *Обобщена силовата структура на състезател №1 (Сеои Наге)*



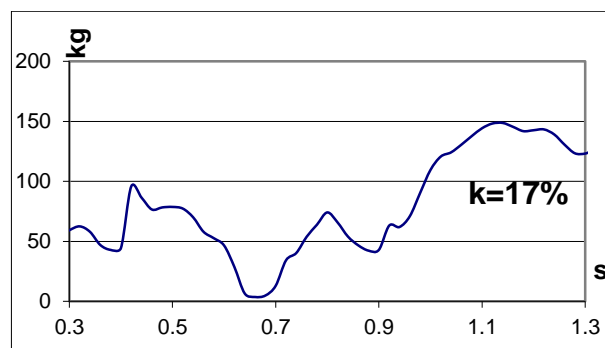
Фиг. 40. *Обобщена силовата структура на състезател №2 (Сеои наге)*

Особен интерес представлява динамограмата на втория състезател (Сеои Наге). При него силовата структура е изградена много правилно от биомеханична гледна точка, основен недостатък обаче е слабата реализация на силовите възможности. Очевидно при този състезател съществува надеждно изградена техническа база, но върху нея следва да се надстрои силовият компонент.

При *Учи Мата* състезател №1 демонстрира по-добра техника по отношение на силовата структура - с най-високи стойности на градиента на силата както по низходящата, така и по възходящата част на кривата.



Фиг. 41. *Обобщена силовата структура на състезател №1 (Учи Мата)*



Фиг. 42. *Обобщена силовата структура на състезател №2 (Учи Мата)*

При него първата фаза завършва със сравнително дълъг период, през който опорната реакция се нулира. Тори осъществява тази фаза с достигане на абсолютния максимум за скоростта на снижаване на собствения ОЦГ. Градиентът на силата по възходящата част е постижение, което предполага високо ниво на спортно-техническия компонент по отношение междумускулната координация.

Широкото плато след първия локален максимум определя и значителния импулс на силата, а оттам и предаденото количество на движение върху тялото на уке.

Значително нарушение в структурата на първата фаза се забелязва при състезател №2 (*Учи Мата*), тъй като необосновано от биомеханична гледна точка удължава времето на кудзуши, респективно времето за реакция и контра действията на уке. И тук обаче техниката не трябва да се интерпретира еднозначно, тъй като този недостатък би могъл да се преодолява от спецификата в кинематичната структура, която не се регистрира от експеримента.

Във всеки случай обаче ниските максимални стойности въпреки поддържането на плато през сравнително дълъг период от време е съществен недостатък на техниката. Друг съществен недостатък е наличието на локален максимум на нивото на собственото тегло, което въпреки поддържането на плато през сравнително дълъг период от време е съществен недостатък на техниката.

В индивидуален план многократните повторения демонстрират стабилност на функционалните криви както по отношение на времевата структура, така и по отношение на силовата структура. Това се обяснява с факта, че опитните лица са състезатели със стабилизирано спортно-техническо майсторство и опитната постановка осигурява стандартност на външните условия. В таблици № 21 и № 22 са представени данните за вариативността на основните характеристики от 10 изпълнения.

Таблица 21. Вариативност на основните характеристики *Сеои наге*

състезател	F1	S1	V%	F2	S2	V%	F3	S3	V%	F4	S4	V%
характеристика												
№1	36.1	1.1	3.04	152.4	2.2	1.44	191.2	2.4	1.25	164.2	3.2	1.94
№2	19.4	2.3	11.85	109.2	1.9	1.73	117.7	3.3	2.8	109.1	3.2	2.93

Таблица 22. Вариативност на основните характеристики *Учи мата*

състезател	F1	S1	V%	F2	S2	V%	F3	S3	V%	F4	S4	V%
характеристика												
№1	0	0	0	159.3	3.1	1.94	178.6	2.3	1.28	186.3	3.6	1.93
№2	5.2	1.2	23.07	126.2	2.3	1.82	153.3	2.6	1.69	144.1	2.1	1.45

Става ясно, че и при двете техники индивидуализацията и усъвършенстването на вече изграденото високо ниво на спортно техническото умение има твърде многомерен характер и най-общо количествената оценка може да се търси в следните направления:

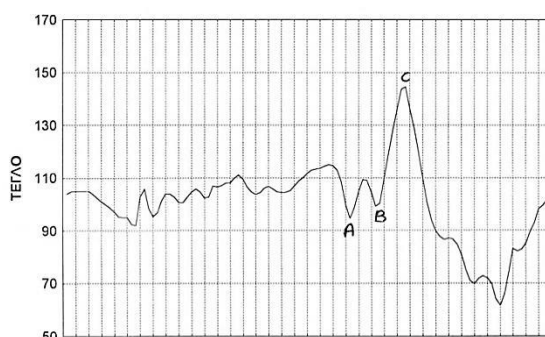
- градиента за взривна сила през основната фаза (max);
- времеви интервал през фазата кудзуши (min) и
- импулса на силата на опорната реакция.

Изключителната стабилност на биомеханичната структура при индивидуалните изпълнения, независимо от значителните особености, води до два извода: спортно-техническото действие е овладяно до нивото на динамичен стереотип и изпълненията се ръководят от „лична стратегия“ за осигуряване на биомеханичната целесъобразност.

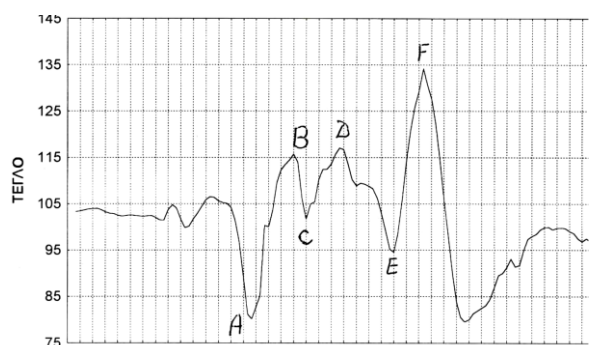
СПЕЦИФИКА НА СЪСТЕЗАТЕЛНИТЕ ИЗПЪЛНЕНИЯ

В състезателни условия техниките невинаги се реализират съгласно „ката“ формите на Кю-Дан системата. За получаването на по-детайлна оценка осъществихме видеометричен анализ върху 60 техники, завършили с оценка по време на Международните турнири „Освобождение“. Оказа се, че в 95% от случаите не се наблюдава считаната от теорията за основна фаза кудзуши. Този резултат наложи и провеждането на пилотни динамографични изследвания за директно измерване устойчивостта на уке.

На фиг. 43 е представена динамограма на вертикална съставяща на опорната реакция при изпълнение на *Сеои наге*.



Фиг.43. Динамограма на вертикална съставяща на опорната реакция *Сеои наге*

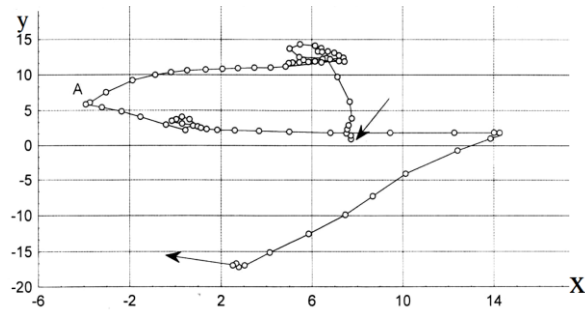


Фиг. 44. Динамограма *Сеои Наге* преди началото на *каке*

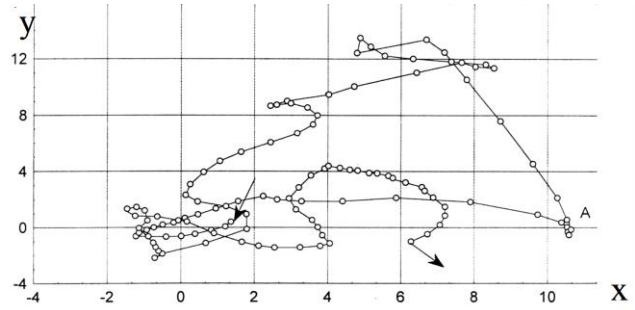
Правят впечатление значително по-малките амплитудни вариации през време на фазите цкури и кудзуши. Промените във вертикалната съставяща се дължат на допълнителните инерчни сили на Д'Аламбер, но са повлияни и от вътрешните мускулни сили, предавани чрез захвата между уке и тори.

Тук като качествен параметър на техниката се очертава степента на гладкост на кривата. В този смисъл наличието на два минимума (т. А и т. В от фиг. 43) е указание за несъвършенството в изпълнението.

Във всички случаи непосредствено преди началото на каке (т. В от фиг. 1 и т. Е от фиг. 44) се наблюдават локални минимума под нивото на статичната сила (теглото на състезателите).



Фиг.45. *Сеои наге – ОЦТ*



Фиг.46. *Учи мата - ОЦТ*

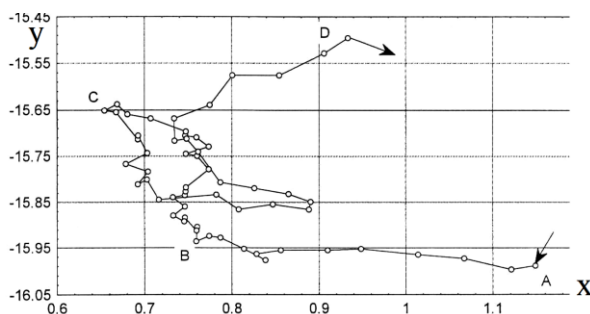
На фиг. 45 и фиг. 46 са представени движенията на проекцията на ОЦТ при изпълненията съответно на *Сеои наге* и *Учи мата*.

Прави впечатление, че началото на каке не се извършва при най-малкия ъгъл на устойчивост, т.е. през времетраене на фазата кудзуши има моменти с много по-нестабилно равновесие за уке. Ето защо считаме, че големите амплитуди при *Учи мата* са закономерни и са следствие от спецификата на техниката.

По-съществено обаче е, че през цялото време на цкури и кудзуши проекцията на центъра на тежестта не напуска опорната площ на състезателите. При *Учи мата* амплитудата е в рамките едва на 12 см, хвърлянето се осъществява след придвижване на ОЦТ само на 5 см. Аналогичните данни за *Сеои наге* са 18 см и 6 см. Съществена разлика има и по отношение на преместванията във фронталната равнина за *Учи мата*, каке се извършва след придвижване на ОЦТ само на около 2 см, докато при *Сеои наге* преместването е от порядъка на 18 см. Не трябва да се забравя, че междинните данни, когато тори премества опорната си площ, са завишени, тъй като се влияят от допълнителните инерчни характеристики. Най-същественото в случая е фактът, че на практика в нито един от изследваните случаи ОЦТ не напуска опорната площ на състезателите преди началото на каке.

На фиг. 47 е представено движението на ОЦТ на уке, при *Учи мата*. Ясно личи постановката на извеждане от равновесие, тъй като амплитуда от А до С е в рамките на не повече от 6 см., като след това кинематичното структуриране на

техниката възстановява напълно равновесието в т.Д, която е начало на фазата на каке.



Фиг.47. Уке –ОЦТ при Учи мата

Става ясно, че във всички изследвани случаи “каке” се осъществява, без да е налице кудзуши. Видеометричният анализ обаче очерта една съществена особеност, дължаща се на взаимното разположение на уке и тори. Въпреки че проекцията на ОЦТ на уке остава в рамките на опорната му площ, очертана от ходилата, съществена роля играе допълнителната опорна площ върху тялото на тори. Тази площ има смисъла на опорна реакция, но не съдейства за стабилизиране на устойчивостта срещу хвърляне, обратно – всяко защитно действие на уке създава в това място външна сила, която предполага техниката на тори. В този смисъл не е правилно да се говори за кудзуши, а за подходящо ограничаване степените на свобода на движение.

Спецификата на състезателните изпълнения се оцени чрез „активен“ експеримент, с помощта на контролирана реакция на уке.

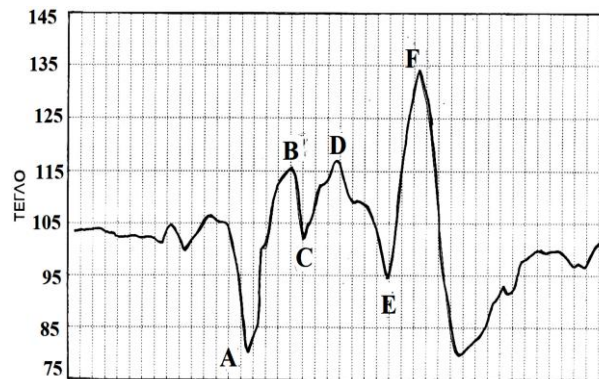
Субект на изследването са елитни състезатели, за които сеи наге е основна техника.

Получените резултати поставят въпроси пред учебно-тренировъчния процес по отношение на мярата между стандартизацията и индивидуализацията на спортно техническото майсторство.

От биомеханична гледна точка оценката на спортно техническото майсторство се постига с помощта на многомерен репер в зависимост от особеностите на целевите функции на конкретните двигателни задачи (например „стабилност-вариативност, произволност-автоматизъм и т.н.).

При всички опитни лица, цялостната кинематична структура се оказва изключително стабилна, като вариационните коефициенти за фазовата структура на цялата група не надминаха 3.8%.

На следващата фиг. 48 е представена кривата, получена при математическо моделиране на базата на особените точки върху силовата функция на вектора на опорната реакция.



Фиг. 48. Моделирана крива за оценка на особените точки при техниката Сеои-наге

Анализът на тази крива показва критичните зони във динамичната фазова структура, които са лимитирани от устойчивостта на атакувания, спрямо противоположната на атаката посока.

Функционалната крива съдържа наблюдаваните общи закономерности в развитието на динамограмите при всички изпълнения. Поради относително високата квалификация на опитните лица и стандартизацията на условията, при всеки от тях се наблюдава устойчиво изграден динамичен стереотип. При това, този динамичен стереотип е изграден на базата на индивидуален „тактически състав“ на биомеханичната структура. С други думи, времевите редове на биомеханичните характеристики по различни „пътища“ реализират преследваната целева функция. В терминологията на спортната наука може да се говори за различна „тактика“ при вътрешно-структурното изграждане на техническото майсторство.

Върху така получените динамографски записи на базата на екстремумите и инфлексните точки върху кривите се определи фазовата структура в системата на движение.

Съгласно методиката, осъщественият активен експеримент моделира адекватна реакция на Уке, в съответствие с биомеханичната целесъобразност на разкритата фазова структура.

Получените резултати установиха съществуването на нови, скрити биомеханични характеристики, които се реализират само в условията на вариативност на външното силово поле. Това налага и принципно нови

теоретични съображения при разработването на методи и средства за усъвършенстване на учебно тренировъчната работа.

Проблемът пред количествения анализ е именно неконтролируемият характер на външното силово поле. Във всички случаи, измерването предполага сравнителни процедури с адекватен биомеханичен модел – статистически или механично детерминиран. На тази основа са изведени основните критерии за биомеханична целесъобразност на спортно техническото майсторство. Строгата им математична обосновка и доказана практическата приложимост в редица спортни дисциплини (лека атлетика, гимнастика и др.) налага верифицирането им и за нуждите на джудо спорта.

Проведените експерименти доказаха, че критерият за началната сила и най-благоприятното разположение на силовия максимум няма необходимата значимост за нивото на спортната техника на джудиста. Причината е в скритият характер на формиране на силовата структура и наличието на редица компенсаторни механизми в двигателната система.

Критерият за координация на частните импулси се компрометира от факта, че в системата на движение участват с различна приведена маса, различен брой кинематични звена.

Критерият за противодействието, доколкото зависи от ролята на вътрешните сили върху разпределението на импулсите, не може да се оцени количествено поради не дефинираният вид на степените свобода на движение.

Не информативен се оказва и критерият за запазване на импулса, тъй като външните сили пряко се намесват върху зависимостта между ъгловите скорости и инерционните характеристики.

Основен недостатък на общите критерии за биомеханична целесъобразност на движенията е факта, че не са съобразени с основни принципи в спецификата на изследваната двигателна система.

Други основни направления, в които могат да се развият показателите за техническото майсторство, са обемът на техническите действия, тяхната разностранност, рационалност, ефективност и усвоеност.

Обемът на техническата подготовка се изразява количествено чрез сумата от спортно-технически действия, които владее състезателят. Статистическият анализ доказва твърде ограничените стойности на този показател за състезателният набор от техники, дори при най-елитните състезатели.

Експерименталните факти показват, че при Джудо спорта, където вариативността е твърде силно изразена, този критерий не корелира с високото спортно майсторство.

Критерият за разностранност определено има място в анализа на спортно състезателната техника. Този критерий очевидно има пряко отношение към формирането на реакции на уке и по такъв начин неявно участва в оценката за ефективност на техническото действие. Малкият обем обаче до голяма степен ограничава и значимостта му за количествена оценка на биомеханичната целесъобразност.

Установените съществени различия между формалните (ката) и състезателните изпълнения илюстрират трудностите за формулиране на надеждни критерии за рационалност, съгласно класическата биомеханика. От друга страна, установеното силно влияние на индивидуалните особености при високоразрядните джудисти обезсилва статистическите методи за оценка на сравнителната ефективност посредством дискриминативните признаци.

Поради многомерния характер на спортната техника, силното влияние на индивидуалните особености и скритият вид на компенсаторните механизми до голяма степен обезсилват всички известни класически биомеханични критерии за оценка на биомеханичната целесъобразност на усвоените джудо техники.

ПЕДАГОГИЧЕСКИ ЕКСПЕРИМЕНТ

Осъществени са два типа педагогически експеримент.

В първия случай е експериментирана методика за усъвършенстване реализационната ефективност на интегралната характеристика на взривната сила при наге уадза. Използваната методика се разработи на базата на кинематографичен и анатомо-функционален анализ на изпълняваните техники. Сравнителният анализ се осъществи посредством дискутираното хардуерно и софтуерно осигуряване.

Във втория случай е осъществен експеримент за усъвършенстване на вътрешната биомеханична структура, формираща биомеханичната целесъобразност на двигателното действие при наге уадза. Използваната методика се основава на разкритите компенсаторни механизми, формиращи поведението на биомеханичните характеристики в условията на променливо външно силово поле.

Двете направления в педагогическия експеримент носят информация за различни параметри на спортно техническото майсторство.

А. Реализационна ефективност

Техниките в джудо се реализират в рамките на времеви интервал от порядъка на 1 s. Става ясно, че в най-голяма степен успехът се определя от реализираната взривна сила. Съществува обаче съществена разлика между взривната сила оценявана като качество с известните педагогически тестове, и тази, която се реализира в условията на сложна междумускулна синергия. Следователно може да се предполага, че качеството взривна сила е само един компонент от “взривността” на атаката. На тази основа би могло да се дефинира коефициентът на реализационна ефективност или биомеханична целесъобразност на техническите параметри на атаката, с оглед потенциалните силови възможности на тори.

За целта и задачите на нашето изследване бяха проведени лабораторни експерименти за осъществяване на сравнителен анализ между способността за взривно съкращаване на основните мускулни групи, от една страна, и реализацията на този потенциал в условията на сложните технически действия при най-популярните техники в джудо – Сеои наге и Учи Мата.

Използвана е компютърната система APAS, която дава възможност за регистриране и оценка на силовата структура в изометричен, изокитенетичен и изотоничен режим. Експериментът се проведе при изокинетичен режим на работа с константна скорост, независимо от вложената мускулна сила ($V=0,05\text{m/s}$).

Изследвани са 24 състезатели от Българския национален отбор.

Всеки състезател прави контролен клек и изправяне за определяне на индивидуалния диапазон на движение, който се определя от звената на цялата му кинематична верига (антропометрични данни).

Мускулите, които вземат активно участие при изправянето, са: четриглав бедрен мускул в коленна става; в тазобедрена става – седалищни мускули и задна група на бедрото; и в глезенна става – разгъвачи.

Доколкото търсената реализационна ефективност използва сравнение между постижения в статичен и динамичен режими на мускулна работа, се налага верифициране на резултатите с помощта на корелационния анализ. В случая

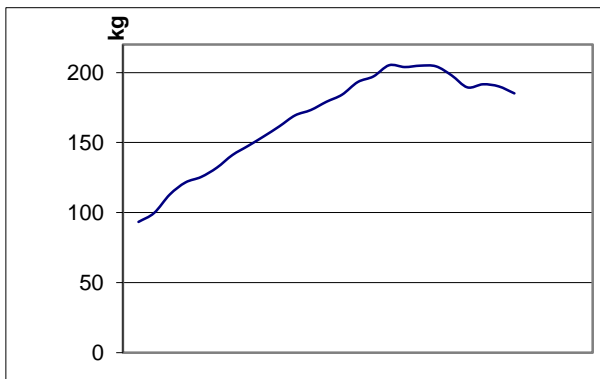
стойностите на корелационните коефициенти са за Сеои Наге $r_1=0.78$ и $r_2=0.81$ за Учи Мата.

На пръв поглед високите стойности на корелационните коефициенти противостоят на идеята за адекватна оценка на реализационната ефективност, като поставят по високи изисквания към чувствителността на търсените коефициенти. Ето защо анализът се извърши върху индивидуални изпълнения, демонстрирали различно поведение на изследваните силови характеристики.

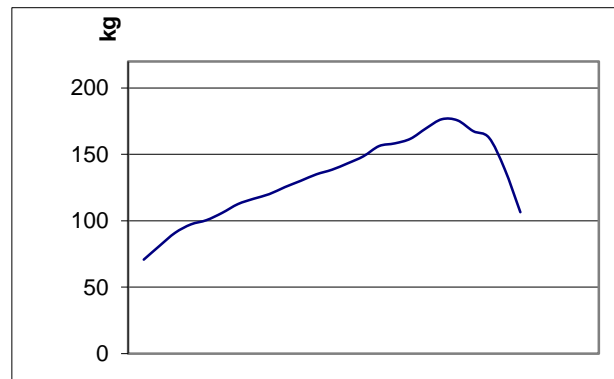
На фиг. 49-52 са представени резултатите от характерни индивидуални случаи от измерването на мускулната сила на долните крайници в преодоляващия квази статичен режим (скорост $0,05\text{m/s}$). Тестът е интересен за сравнение с реализацията на тази мускулна сила при изпълнение на техническото действие. Прави впечатление добрата реализация на „взривната“ сила на първия и четвъртия състезател, при които **Grad F** през основната фаза значително надвишава този при тестовите изпитания. Докато максимално постигнатите резултати за основната мускулна група и сложното техническо действие на първия състезател не се различават съществено, при четвъртия тази разлика е съществена.

При това максималните възможности на последния са значително по-ниски от всички останали. С други думи, ниските екстремални стойности на опорната реакция при сложното двигателно действие не се дължат само на ниските възможности на силите на съответните мускулни групи.

Тези резултати са съпроводени с известна условност относно закономерната връзка между статичната и динамичната мускулна сила.



Фиг. 49. Контролен клек и изпъване за определяне на индивидуален диапазон на движение в изокинетичен режим с $V=0,05\text{m/s}$ – състезател №1



Фиг. 50. Контролен клек и изпъване в изокинетичен режим с $V=0,05\text{m/s}$ – състезател №2

Характерна индивидуална особеност демонстрира вторият състезател, на който глобалният минимум при изпълнението значително надхвърля постигнатият максимум на мускулната сила на долните крайници. Очевидно този състезател по пътя на рационална междумускулна синергия успява да включи и други мускулни групи в различен режим на работа, за да увеличи силовия импулс, предаван на уке.

Този факт обяснява и стъпаловидния характер на кривата, като първата част напълно покрива възможностите на долните крайници, а втората степен се реализира от допълнително включените мускулни групи. Биомеханичната целесъобразност по отношение бъдещето развитие на индивидуалната техника при него изисква усъвършенстване на времевата структура и оптимизиране на междумускулната синергия, така че да се намали до възможния минимум първото плато след локалния максимум.

Третият състезател демонстрира най-големи несъвършенства както по отношение на фазовата структура, така и по отношение на реализационната ефективност, където разликата при теста за мускулната сила и глобалния максимум е повече от 125N.

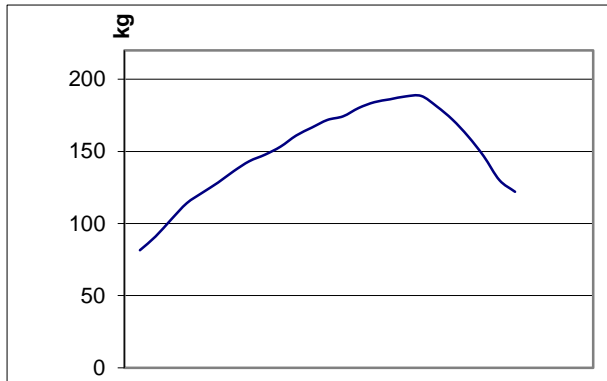
Очевидно при този състезател трябва да се усъвършенства както структурата на двигателното действие, така и параметрите на коефициентите на реализационната ефективност.

В количествен аспект коефициентите на четиримата състезатели могат да се определят в процентно отношение спрямо тестовите резултати.

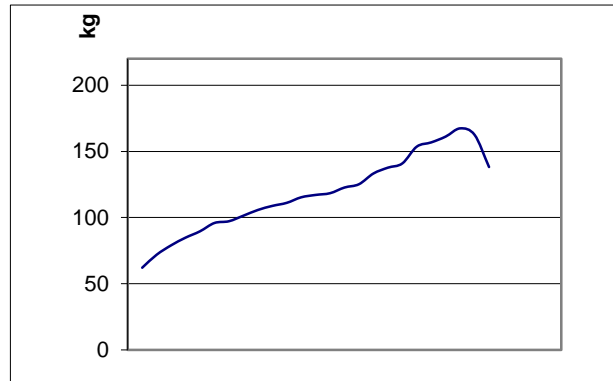
Интерес представлява извеждането на подобен коефициент за реализационна ефективност на базата на пряко измерване на взривността посредством стандартизираният от Юрофит тест (Eurofit 1988)^[106] – вертикален отскок от място. Тази двигателна задача е с качествено нова характеристика на сложност, при която в много по-голяма степен решаваща роля играе нивото на междумускулна синергия.

Абстрахирайки се от сложните морфо-функционални връзки в строежа на опорно-двигателния апарат, на основата на теоретичната механика, създаването на модели в дву- и три-мерното пространство дава възможност за изследване взаимната връзка и обусловеност на динамичните и кинематичните параметри на движението. В този смисъл функционално-анатомичен анализ на движението вертикален отскок от място дава възможност да се опрости моделът до участие

на четири звена в движението -ходилото като цяло, коленната става, тазобедрената става и туловището с глава като цяло. Ако предположим, че движението започва с едновременно създадени управляващи моменти в тазобедрената, коленната и глезенната стави, то максималният момент в тазобедрената става ще превиши този на коленната става с около 1,5 до 2 пъти, а моментите на коленните и глезенните стави ще се изравнят.



Фиг. 51. Контролен клек и изправяне в изокинетичен режим с $V=0,05\text{m/s}$ – състезател №3



Фиг. 52. Контролен клек и изправяне в изокинетичен режим с $V=0,05\text{m/s}$ – състезател №4

Движението започва с разгъване в тазобедрената става, като ускорението на туловището предизвиква увеличаване на натоварването на долните крайници (с това и ръста на силата върху опората) и разтягане на мускулите разгъвачи на коленната става, в които възникват сили на еластична деформация. Това води до намаляване на силовите възможности на разгъвачите в тазобедрената става, а от друга страна, реализиране на максимална сила в разгъвачите на коленна става и сгъвачите в глезенна става, т.е. на базата на нова междумускулна синергия отново се включва биомеханизмът на разгъване на долните крайници и туловището.

Анатомо-функционалния анализ на този вид движение налага особено внимание на двуставните мускули, ангажирани в отделните кинематични звена - правия бедрен мускул, мускулите от задна група на бедрото, триглавия подбедрен мускул. Разтягайки се (при приклякването), двуставните мускули от задна група имат два пъти по-голямо рамо в тазобедрената става, отколкото в коленната. При долна опора ъгълът на мускулната тяга по отношение на коленната става достига 90 градуса и тези мускули стават синергисти на мускулите от предна група на бедрото.

Подобни биомеханични модели не са достатъчно адекватни на цялостната биомеханична структура, но те недвусмислено показват възможностите за намеса

в отделните фази на движението, с цел усъвършенстване на междумускулната синергия.

На тази основа са изчислени коефициентите за реализационна ефективност спрямо максималните силови максимуми и импулсите на силата на опорните реакции.

Б. Структурни взаимовръзки (системно структурно изграждане) – индивидуализация.

Общоприет факт е, че успехът от спортно-техническите действия на хвърлящите техники в джудо в най-голяма степен зависи от "взривността" на атаката, която следва да преодолее бързината на реакция на противника до фазата на какве или блокиране степените му свобода на движение. Най-характерна особеност на джудо техниката е тяхната сложна координационна структура. Външно проявената взривност всъщност представлява сложна координационна структура, при която отделни мускулни групи могат да работят не само в статичен, но и в отстъпващ режим на работа. При това през времето на едно единствено изпълнение различни мускулни групи могат да изпълняват променящи се, често пъти в антагонистичен план, функции и режими на работа. От гледна точка на тактическото построяване на техническото изпълнение, първата фаза до голяма степен се лимитира от стартовите силови възможности и скоростната сила, докато същинската част - отделянето на партньора от земята - има характер на взривна сила. Отчитайки тези принципно различни режими на работа и междумускулна синергия, в педагогически експеримент се опитахме да усъвършенстваме учебно-тренировъчния процес, като разделим в отделни части видовете режими на работа. Поставените допълнителни двигателни задачи в експерименталната група включваха самостоятелни, целенасочени упражнения за максимално бързо реализиране на първата фаза (учи коми) и максимално развитие на взривната сила в позата на същинското хвърляне. След това се извършваха изпълнения със субмаксимална скорост на първата фаза и максимална взривна сила на същинската част (какве), като постепенно се увеличаваше скоростта на първата фаза. Техниката се изпълняваше срещу чучело, за да се избегнат неконтролируемите реакции на партньора. На практика осигурихме обратна връзка с помощта на видеозаснемане, като скоростта на първата фаза се намаляваше в случаи, че се наруши "взривността" на втората. Горният тренировъчен режим се осъществяваше във всяка тренировка 5 дни

поред и съдържаше по 60 хвърляния в серии по 10, с интервал за почивка от 3 мин. Тази методика ни позволи да разкрием значителното влияние на психомоторните механизми върху начина на изпълнение, тъй като във всеки случай в началото на експеримента стремежът да се изпълни по-стриктно цялостната техника водеше до по-слаби резултати в сравнение изискването за изключително стандартизирана техника на опитните лица с дългогодишна състезателна практика, при всички случаи (24 джудисти от Българския национален отбор), с изключение само на един. След петото тренировъчно занятие времевата структура на изпълнението статистически значимо се подобри по отношение и на двете фази. Всъщност от биомеханична гледна точка, въпреки че в спортната литература не е обособена като отделна фаза, най-съществено значение има преходът между цури и каке. Ето защо считаме, че данните, получени за съкращаване на времевия интервал до момента на поставяне на втория опорен крак и отделянето на партньора от земята, са най-съществената част от усъвършенстване на техническото майсторство по отношение реализационната ефективност на взривната сила при изпълнение на техниката.

БИОМЕХАНИЧНИ ПАРАМЕТРИ НА КООРДИНАЦИОННАТА СТРУКТУРА В ДЖУДО СПОРТА

Джудо спортът предлага действия с координационна сложност във всички направления на оценяващия репер.

Методиката предполага лабораторни експерименти за оценка на силовата структура на двигателните действия. Експериментите доказват очакваните съществени различия между „ката“ координацията и изпълненията в условията на „рандори“.

Видеометричният анализ оценява стабилността на времевата, пространствена и пространствено-времева структури.

Усъвършенстването на спортно-техническото майсторство при високо разрядните спортисти налага получаването на надеждна информация за структурните взаимовръзки на координационната структура. Проведените експерименти доказват, че водещите системообразуващи механизми (в зависимост от частните целеви функции на двигателните задачи в отделните фази) се оказват в основата на понятието за биомеханична целесъобразност на двигателните действия при наге уадза.

В този смисъл понятието за „биомеханична целесъобразност“ при управлението на двигателния апарат зависи от двигателните задачи в две независими направления на координационната сложност при различните спортни

дисциплини. Понятието има един смисъл при спортните дисциплини със стабилна структура на системата (например гимнастика, атлетика, плуване и т.н.) и свършено друг при дисциплини с вариативна външна среда (единоборство, спортни игри и т.н.). В първия случай биомеханичната целесъобразност е функционално дефинирана и могат да се разработят математични модели за ефективност, докато при втория координационните способности зависят в много по-голяма степен от ефективността на компенсаторните механизми. В Джудо спорта съществуват и двата вектора на координационната сложност. Проблемът пред количествения анализ е именно неконтролируемият характер на външното силово поле.

Усъвършенстването на техниката при високоразрядни джудисти среща два основни проблема. Първият е свързан с високата степен на индивидуализация, а вторият се дължи на затвърдената структура на двигателния навик, постигната по пътя на многократните повторения в учебно тренировъчния процес. На практика се оказва, че много по-лесно може да се повлияе и моделира техниката на начинаещите изпълнители. Нещо повече, при елитния състезател може да се наложи, преди да се изгради новата, да се положат усилия за макар и частично разрушаване на стабилизираната стара структура.

Педагогическият експеримент се проведе с 24-ма високо разрядни джудисти, всички носители на черен колан с теглови категории в рамките на 5 килограма. В началото и края на едномесечен период се проведеха лабораторни експерименти за анализ на функцията на опорната реакция. Двигателната задача изискваше многократни /по 10/ изпълнения на Сеои наге срещу чучело, върху тримерна тензометрична платформа. Конструираха се две статистически неразличими опитни групи, играещи ролята на контролна и експериментална в последващите етапи на изследването. Критерият за неразличимост се потърси на базата на стойностите на компенсаторните реакции срещу силов импулс в критичния минимум на хоризонталната съставяща на опорната реакция. За да се избегне участието на предварителната нагласа и съзнателна изкуствена корекция, външната сила се формираше на случаен принцип.

Следващият период на педагогическия експеримент включваше тренировъчни занятия за експерименталната група с изпълнения на техниката срещу реакции, надвишаващи стойностите на силовия им минимум. При първоначалните експерименти, за част от опитните лица, тази външна намеса напълно разрушаваше системата на движение. В планирания ни експеримент се стремяхме да задаваме импулси на границата на допустимото. Тази идея

поддържахме по пътя на опита и грешката. Тренировъчната програма включи 15 тренировъчни занятия, всяко с по 10 изпълнения.

Контролната група изпълняваше същата тренировъчна програма, но без моделираната реакция на уке.

Съгласно теорията за равновесната устойчивост, количествената оценка в най-чист вид може да се получи на базата на минималната стойност на силовия вектор в посока на нарушаването на равновесие- точка А. От друга страна обаче, векторът на опорната реакция е тримерен.

Ето защо идеята на планирания експеримент беше да се осъществи контролирано външно въздействие в различни моменти от фазовата структура, като се проследят компенсаторните възможности за гарантиране устойчивостта на системата.

Както е видно от получените резултати, за разлика от общата еднотипност на динамограмите при изпълнение "ката", опитите с реагиращо чучело водят до напълно индивидуализирана картина в динамичното развитие.

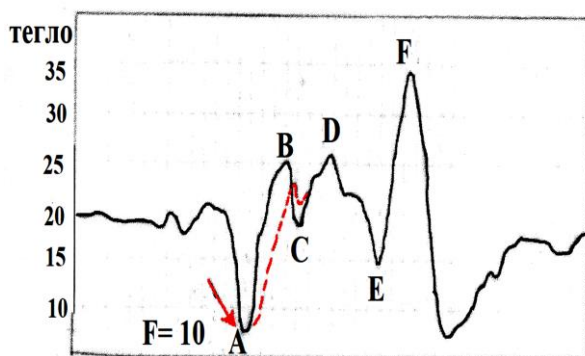
На фиг. 53 и фиг. 54 са представени два типични случая, значително различаващи се както по отношение на статичната, така и по отношение на динамичната устойчивост. В първия случай при критични стойности за F_{min} от 3 кг състезателят успява да компенсира външна реакция от 10 кг, докато при втория случай при критични стойности на F_{min} от 12 кг реакцията от 5 кг напълно разрушава баланса на техниката.

Очевидно усъвършенстването на спортно техническото-майсторство трябва да се търси в строго индивидуален план. Една от най-съществените характеристики на техниката при високоразрядните спортисти е установената стабилност в системата на движение. Последното се оказа статистически достоверно и за компенсаторните реакции срещу контролираните външни силови импулси. Контролната група от опитните лица остана статистически неразличима през целия изследван период както по отношение на статичния, така и на активния експеримент.

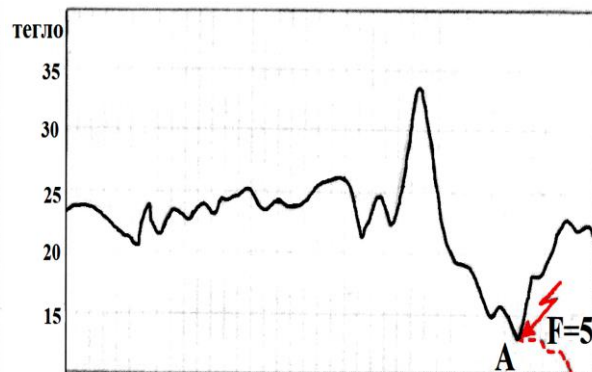
Контролната група също остана статистически неразличима за статичните експерименти. На тази основа обаче всички джудисти от тази група увеличиха съществено компенсаторните си възможности за преодоляване реакциите на защитата.

Получените резултати от педагогическия експеримент водят до някои съществени парциални изводи. На първо място това е фактът, че изградената начална структура на техниката остава непроменена при всички опитни лица. Става ясно, че градената с години техника запазва стабилният си характер и

естествено е още априори да се очаква, че системата ще запази структурните си взаимовръзки.



Фиг. 53. Динамограма при планиран активен експеримент



Фиг. 54. Динамограма при планиран активен експеримент

В същото време скритите компенсаторни механизми доказват възможностите за усъвършенстване на състезателната техника. Втори значим за учебно-тренировъчната работа факт е, че настъпилите промени при експерименталната група имат ярко изразени индивидуални характеристики. При това, размахът на осъществените промени е в твърде широки граници и е указание, че методиките съдържат потенциал за усъвършенстване по пътя на индивидуализацията.

Активният експеримент разкрива съвършено нови възможности за развитие на методите и средствата за усъвършенстване на учебно тренировъчния процес. Създават се условия не само за адекватно моделиране на многомерната спортно-техническа структура, но и за синтез на спортно технически прийоми и „предвиждане на бъдещето“. Преследването на спортно-състезателния успех в условията на изключителна конкуренция и компилация на техники от различни стилове и школи в световен мащаб е немислимо без научното обезпечаване и внедряването на изпреварващи иновативни методики. Интересно самостоятелно направление в този смисъл е и евентуалната разработка на тази основа на система за спортно-техническо разузнаване. Българите сме доказали генетично обосноваването си качества в областта на единоборствата и силовите спортни дисциплини. Ето защо не само си заслужава, но сме и задължени тези природни качества да бъдат подкрепени от спортната наука.

ИЗВОДИ

1. Анализът на традиционните принципи, исторически залегнали в основата на техническото майсторство на джудо, в много от случаите не съвпадат с принципите на съвременната спортна наука.

Осъщественият сравнителен биомеханичен анализ върху основните техники при „наге уадза“, разкрива много по-богатата структура на научно-обоснованата „биомеханична целесъобразност“, спрямо дефинираната от създателите на спорта - „мъдрост на вековете“.

2. Силно изразеният традиционализъм на Японското Джудо е наложил в световен мащаб строго съдържание за обща техническа подготовка. Формите на изучаване са регламентирани като учи коми, ката, какаре-гейко, яку-соко-гейко. В същото време, нашите експерименти недвусмислено доказват наличието на съществено значими разлики в двигателните структура при изпълнение в условията на „ката“ и „рандори“. Тези различия компрометират дори основите на общоприетата фазова структура на всяка атака.

Самостоятелно значение за теорията и практиката на този спорт добива и разкритата нова междинна фаза между кудзуши и каке с пряко влияние върху успеха на атаката.

3. Независимо, че източните философски притчи, илюстриращи традиционните принципи, нямат афишираната от създателите общо валидна значимост, тяхната широката популярност и емоционална образност играят съществена роля за популяризиране на спорта, мотивацията на начинаещите, както и за възпитаването на определени психо-физически качества.

Осъщественият сравнителен биомеханичен анализ обаче налага извода, че Кю-дан системата има своето място само за възпитаване на общата двигателна култура, предимно в началните етапи на обучение.

При високото спортно майсторство, с все по-голяма тежест водещи са не общите закономерности, а индивидуалните особености на състезателите.

4. Нашите експерименти доказаха, че понятието за „взривна сила“ в условията на сложните технически действия при хвърлянията в джудо, има измерения и на спортно-техническо майсторство, тъй като зависи от управлението на междумускулната синергия в цялостната кинематична верига. В интегрален план това качество се проявява като суперпозиция на силовите вектори в отделните кинематични звена.

5. Оказва се, че целевата функция при отделните състезатели се постига посредством различно структурно изграждане на системата за атака.

Разграничават се основно следните стилове стратегии за преодоляване на защитата – чрез „кудзуши“, чрез блокиране степените на свобода или намаляване интервала от време за реакция на „Уке“. Следователно, търсените количествени критерии за оценка на спортно-техническото майсторство имат силно изразени индивидуални особености в зависимост от стратегията за преодоляване на защитата.

6. Проведените експерименти очертават един нов биомеханичен аспект на понятието за спортна техника. Разкриват се биомеханични основания за дефиниране на ново понятие за „тактически състав“ на спортно-техническото решаване на конкретната двигателна задача. Това понятие в най-голяма степен отговаря за оптималното използване на индивидуалните възможности и особености на конкретния състезател. За разлика от тактиката, която държи сметка и за възможностите на защитата, тактическата характеристика на техниката има смисъла на индивидуално нейно двигателно качество.

7. Математичното моделиране на резултатите от лабораторните експерименти разкри многомерния характер на силовата структура на атаката, нейната сложно-съставна функция с редица междинни аргументи. Всички тези резултати имат силно изразен индивидуален характер и не позволяват изграждането на общи модели за усъвършенстване на високото спортно техническо майсторство.

8. Осъщественият активен експеримент разкри една неподозирана имплицитна характеристика на силовата функция. Налага се изключително важният извод, че статичните експерименти, твърде популярни в спортно-научната литература, не носят надеждна информация за количествената интерпретация на понятието за „биомеханична целесъобразност“ при този род двигателни действия. Скрити за треньора и изследователя остават решаващи за крайния резултат компенсаторни възможности и структурни взаимовръзки между външното и вътрешното за Тори силови полета.

9. Проведеният педагогически експеримент доказва възможността, независимо от изключително стабилизираната структура на действията при високо разрядни спортисти, да се постигне срочен ефект върху реализационната ефективност на хвърлящите техники. Този ефект, разбира се, може да се постига в условията на планиран активен експеримент, посредством контролирано въздействие върху индивидуалните особени точки /екстремуми/ от функционалната крива на силовия вектор за всеки конкретен джудист.

ПРЕПОРЪКИ

1. Кю дан системата за усъвършенстване на спортно-техническото майсторство е в основата на всички източни бойни изкуства. Тази идея има основание да се адаптира и за други спортни дисциплини.

2. За нуждите на учебно тренировъчната работа по Джудо, Кю Дан системата има смисъла на обща двигателна култура и следва да се използва само в етапа на началното обучение или за демонстративни изпълнения.

3. Усъвършенстването на спортно-техническото майсторство при високо разрядните спортисти, следва да се съобразява както с индивидуалните особености на конкретния състезател, така и с многомерния характер на изведеното понятие за „тактически състав“ на техническите действия. В този смисъл, интерес представлява идеята за разработка на нов вид Кю Дан система, пряко насочена към действителността на състезателната практика. Осъщественият биомеханичен анализ очертава възможността за системно обвързване на двете школи - на историческите традиции и съвременната спортна наука.

4. Разкритият многомерен характер на техниката в отделното изпълнение, определя и ново съдържание на понятието за обем на спорно-техническото майсторство.

Тъй като биомеханичната целесъобразност може да се осигури посредством различни координационни структури и компенсаторни механизми, състезателите следва не само да усъвършенстват повече видове техники, но и повече начини за изпълнение на една и съща техника.

5. Разработените съвременните методи за видеокомпютърен анализ, осигуряват нови възможности за спортно-техническото разузнаване. Бъдещи по-мощни изследвания биха дали възможност за извеждане на индивидуални моделни характеристики на атаката и защитата, както на собствените така и на чуждите състезатели.

Предстои тази методика да се усъвършенства с помощта на планирани лабораторни експерименти.

6. Доколкото техническото изпълнение на хвърлящите техники в Джудо спорта се осъществява в рамките до около една секунда, от изключително значение е сензорният механизъм за управление на двигателния апарат. Тук се крият специфични възможности за индивидуален подход при усъвършенстване на спортната техника.

7. Внедряването в практиката на понятието за „тактически състав“ на спортно-техническото решаване на конкретна двигателна задача, ще позволи в най-голяма степен да бъдат използвани индивидуалните възможности и особености на отделния състезател.

8. Разработената технология за оценка и усъвършенстване на спортно-техническото майсторство, следва да бъде предоставена на спортните специалисти и внедрена в работата с младите надежди и елитните състезатели по джудо на България.

ПРИНОСИ

1. На базата на задълбочен биомеханичен анализ са установени съществени разлики в биомеханичната структура между изпълненията на джудо техниките от наге уадза в състезателни условия и като „ката“.

Очевидно е, че основните джудо принципи, заложи в Кю Дан системата, имат необходимия смисъл при началното обучение. При високото спортно майсторство все по голямо значение придобиват индивидуалните особености на конкретния състезател.

2. Осъщественият кластер анализ на хвърлящите техники в Джудо ги групира съобразно биомеханични количествени критерии и дава възможност за научно-обосновано усъвършенстване на класическата Кю Дан система.

3. Разработената система за управление и моделиране на външното спрямо „тори“ силово поле, разкрива скрити за класическите динамографични анализи структурни взаимовръзки. Оказва се, че понятието за „биомеханична целесъобразност“ следва да се съобразява и с изключително високата значимост на компенсаторните механизми.

4. Разработените индивидуализирани модели за усъвършенстване на учебно тренировъчния процес са апробирани с помощта на педагогически експеримент. Доказва се, че независимо от изградения динамичен стереотип при елитните състезатели е възможно постигането на срочен ефект за усъвършенстване на спортно техническото им майсторство.

5. Въпреки че в спортната литература не е обособена като отделна фаза, преходът между цури и каке се оказва от най-съществено значение за формиране на взривната сила. Този факт следва да се има предвид при планирането на учебно тренировъчните методи и средства.

6. При елитните състезатели се разкрива и многомерния характер на целевите функции. Въпреки класическата за Джудо задължителна първа фаза „кудзуши“ в състезателните изпълнения тя може да се замени от блокиране степените свобода на движение или скоростни характеристики, изпреварващи реакцията на „Уке“. В този смисъл е уместно да се развие идеята за „тактика“ в „техниката“ на двигателното действие.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. **Димитрова Н., (2017);** Структура на спортно-техническото майсторство в джудо през Олимпийските игри. *Научна конференция „Предизвикателства и перспективи пред спортната наука“, „Специфика на подготовката в различни спортни дисциплини“* - **2016**; ИДК НСА ПРЕС; стр.32-39; София, 2017; *ISBN 978-954-718-457-2*
2. **Dimitrova Nikolina, (2017);** Biomechanical assessment of the physical activities of the technique uchi-mata in judo sport. *International Journal of Scientific and Professional Issues in Physical Education and Sport; Activities in Physical education and sport*; 2017, VOL. 7, № 2, pp180-181, ISSN 1857-7687 (PRINT) ISSN 1857-8950 (ONLINE)
3. **Димитрова Н., (2018);** Биомеханични параметри на координационната структура в джудо спорта, Доклади от Пета научна конференция Спорт и Сигурност 21-22 май 2018; С. 113-116, НСА ПРЕС, София, *ISBN 2367-914X*
4. **Димитрова Н., , Николова А.; Дикова, П. (2018),** Класификационна структура на хвърлящите техники в джудо (nage waza) Научна конференция „Предизвикателства и перспективи пред спортната наука” „Проблеми пред съвременния спорт”, С., 2018, стр. 59; Спорт & Наука; извънреден брой №1; *ISSN 1310-3393*
5. **Димитрова Н., (2011);** Класификационна структура на техниките в джудо. Спорт & Наука Sport & Sciense, бр. №1; Тип – Топ Прес, София, стр. 67-71, **2011**; *ISSN 1310-3393*,