



Bases didácticas del judo

*Biomecánica para el estudio y el aprendizaje
de la técnica y la táctica del judo*

Jaume A. Mirallas Sariola

Primera edición: **Abril 1995**

Título: **"BASES DIDÁCTICAS DEL JUDO"**
*Biomecánica para el estudio y el aprendizaje
de la técnica y la táctica del judo*

Autor: **Jaume A. Mirallas Sariola**

Editor: **Jaume A. Mirallas Sariola**

Producción: **CPET** (Centre de Publicacions del Campus Nord)
La Cup. C/ Gran Capitán, s/n. 08034 Barcelona

Depósito Legal: B-6132-95
ISBN: 84-605-3104-X

BASES DIDÁCTICAS

DEL JUDO

***Biomecánica para el estudio y el aprendizaje
de la técnica y la táctica del judo***

Jaume A. Mirallas Sariola

*Licenciado en Educación Física
Maestro-Entrenador Nacional de Judo*

Piera, 1.994

Han colaborado

Asesor lingüístico

Fco. Javier Núñez Rodríguez

Doctor en Filosofía y Letras

Licenciado en Derecho

Profesor de lenguas clásicas

Asesores técnicos

Joan Verdaguer Codina

Doctor Ingeniero Industrial

*Responsable de Ingeniería en el Dpto. de Investigación del
Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat del Vallès (CAR)*

Eusebio Esparza Barroso

Licenciado en Educación Física

*Profesor titular de biomecánica del ejercicio
del INEFC de Barcelona*

Carles Ventura Farré

Psicólogo clínico

Psicólogo del deporte [miembro de la ACPE]

Entrenador Regional de Judo 3º Dan

Àngel Solà Mauri

Psicólogo clínico

Psicólogo del deporte [miembro de la ACPE]

Pla de Tecnificació Esportiva a Catalunya

[CCC del Baix Llobregat - Barcelona]

Jordi Yuste Gutsems

Maestro-Entrenador Nacional de Judo 5º Dan

Isidre Punsà Cals

Maestro-Entrenador Nacional de Judo 5º Dan

Han colaborado como "Uke"

José Manuel Agrás Martínez
Cinturón marrón

David Luque Blánquez
Cinturón marrón

Alfonso Rodríguez Valencia
Cinturón marrón

Fotografías y gráficos
Jaume A. Mirallas Sariola

Portada
Èric Mirallas Vilaseca
Toni Bou Mena

Agradecimientos

Introducción

1 Fundamentos elementales de biomecánica aplicables al estudio de la acción técnico-táctica en el judo

1.1 La biomecánica

1.1.1 Áreas de aplicación

1.1.1.1 La biomecánica de los movimientos humanos

1.1.1.1.1 La biomecánica básica

1.1.1.1.2 La biomecánica médica

1.1.1.1.3 La biomecánica deportiva

1.1.2 Áreas de la mecánica

1.1.2.1 Fases de análisis de los movimientos humanos (esquema)

1.1.3 Leyes fundamentales de la Mecánica

1.1.3.1 Primera Ley de Newton del movimiento

1.1.3.2 Segunda Ley de Newton del movimiento

1.1.3.3 Tercera Ley de Newton del movimiento

1.1.3.4 Ley de la gravitación universal

1.1.3.5 Ley del paralelogramo de Stevinus

2 Estructura del sistema biomecánico de las acciones técnico-tácticas en el judo

[2 Estructura del sistema biomecánico de las técnicas específicas del judo, revista "APUNTS" nº 21, septiembre 1.990]

2.1 Elementos básicos del sistema biomecánico

2.1.1 La estabilidad

2.1.2 El equilibrio

2.1.2.1 El equilibrio estático

2.1.2.2 El equilibrio dinámico

2.2 *Acción técnico-táctica* [1.2 Proceso del desequilibrio ("kuzushi"), revista "APUNTS" nº 21, septiembre 1.990]

2.2.1 *Elementos técnico-tácticos (elementos espaciales)*

2.2.1.1 *La POSICIÓN de equilibrio del cuerpo*

2.2.1.1.1 *Posición de equilibrio estático*

2.2.1.1.2 *Posición de equilibrio dinámico*

2.2.1.2 *La POSTURA del cuerpo ("shisei")*

2.2.1.2.1 *Postura de equilibrio estático*

2.2.1.2.2 *Postura de equilibrio estable*

2.2.1.2.3 *Postura de equilibrio inestable*

2.2.1.3 *El CONTROL*

2.2.1.3.1 *La PRESA ("Kumi-kata" y "tsuri")*

2.2.1.3.1.1 *La forma de coger*

2.2.1.3.1.2 *La forma de agarrar*

2.2.1.3.2 *El CONTACTO*

2.2.1.4 *El DESPLAZAMIENTO ("shintai")*

2.2.1.4.1 *Desplazamiento lineal*

2.2.1.4.1.1 *Fundamental*

2.2.1.4.1.2 *Específico*

2.2.1.4.2 *Desplazamiento circular*

2.2.1.4.2.1 *Fundamental*

2.2.1.5 *La CAIDA ("ukemi")*

2.2.1.5.1 *Hacia atrás*

2.2.1.5.1.1 *Dorsal ("ushiro")*

2.2.1.5.1.2 *Lateral ("yoko")*

2.2.1.5.2 *Hacia adelante*

2.2.1.5.2.1 *Frontal ("mae")*

2.2.1.5.2.2 *Lateral ("zenpo")*

2.3 Estructura cinética de la acción técnico-táctica en el judo

[1 Estructura cinética del proceso del desequilibrio, revista "APUNTS" nº 21, septiembre 1.990]

2.3.1 Fases de la acción técnico-táctica (elementos temporales)

[1.3 Fases del proceso del desequilibrio, revista "APUNTS" nº 21, sep. 1.990]

2.3.1.1 Fase preparatoria

2.3.1.2 Fase inicial

2.3.1.3 Fase final

2.3.2 Secuencias de cada fase de la acción técnico-táctica en el judo ("tachi-waza")

3 Funciones del sistema biomecánico de las acciones técnico-tácticas en el judo

3.1 Estructura motora de las acciones técnico-tácticas en el judo

3.1.1 Estructura básico-funcional de la TÉCNICA

3.1.1.1 La acción técnica (acción de "arranque" de la fase inicial CLARAMENTE DEFINIDA)

3.1.2 Estructura funcional de la TÁCTICA

3.1.2.1 La acción táctica

3.1.2.1.1 La acción táctica ofensiva

*(ANTICIPACIÓN/RETENCIÓN/TRANSFORMACIÓN de
la acción de "arranque" de la fase inicial)*

3.1.2.1.1.1 Ataque directo (anticipación)

3.1.2.1.1.2 Contra-ataque (retención)

3.1.2.1.1.3 Combinación (transformación)

3.1.2.1.2 La acción táctica defensiva

3.1.2.1.2.1 Esquiva

3.1.2.1.2.2 Afrontamiento

Anexo 1: Etapas de la vida del judoka. Categorías de cinturones infantiles

Anexo 2: Estructura didáctica de la sesión de entrenamiento de judo

Anexo 3: Preparación psicológica del judoka

Anexo 4: Estrategia en el combate de judo

Anexo 5: Magnitudes físicas, sus símbolos y dimensiones

Anexo 6: Léxico de los términos utilizados. Analogía entre cantidades lineales y angulares

Anexo 7: Léxico del judo

Bibliografía

Agradecimientos

Debo manifestar mi especial agradecimiento por su apoyo y entusiasmo compartido en la elaboración de este trabajo a: Alejandro Blanco Bravo (Presidente de la F.E.J y D.A.), Emilio Serna Díez (Presidente de la F. C.J. i D.A.); Francesc Ricart i Pidelaserra (Cap del Servei de Docència i Investigació de la D.G. de la Secretaria General de l'Esport de la Generalitat de Catalunya); Josep Masriera i Ballescà (Cap del Servei d'Activitats Esportives de la D.G. de la Secretaria General de l'Esport de la Generalitat de Catalunya); Joan Antoni Prat i Subirana (Director del Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallès - Barcelona y profesor de "Teoría y Práctica del Entrenamiento Deportivo" del INEFC de Barcelona); Andrés Kolychkine Thomson (Dr. en ciencias pedagógicas y profesor titular de judo 7º dan del ISCM de la Habana -Cuba) y Franticek Jahoda (Mag. Diplo. Ing. Universidad de Salzburg - Austria y profesor de judo 3º dan).

Introducción

Jigoro Kano, fundador del judo, ideó una "Regla fundamental del desequilibrio" ("kuzushi"), cuando estudiaba en las escuelas Tenshin-Shinyo y Kito de ju-jitsu. Ésta consistía en la utilización de un esfuerzo mínimo para proyectar al adversario, si antes era colocado en una postura de equilibrio inestable, "rompiendo" la estabilidad de su postura estática/estable ("tsukuri"). En su inicio, en 1.882, el judo es un método pedagógico para cultivar la personalidad del hombre a través de sus "Principios fundamentales".

Hay que reconocer la importancia de esta afirmación, pues ninguna otra escuela de ju-jitsu (disciplina, que se remonta al año 1.532, en la época de Temmon) había manifestado nada similar al respecto.

Aún hoy en día, Jigoro Kano es la figura más relevante. Recopiló una gran "colección" de técnicas (proyecciones, controles, luxaciones, estrangulaciones y golpes), basándose en esta "Regla fundamental del desequilibrio". A pesar de las distintas transformaciones sufridas a través del tiempo, actualmente todavía perdura el legado de este hombre singular, aunque con las modificaciones introducidas entre 1.920-25 y las que en 1.948 se elaboraron para institucionalizar el judo como deporte.

Conviene aclarar que hasta después de la 2ª Guerra Mundial el judo no fue considerado deporte de competición exclusivamente, debido a la necesidad de sistematizar los entrenamientos hacia la consecución de logros deportivos, como principal objetivo. El hecho de que el judo tuviera un importante atractivo para los occidentales, reside en su apariencia exótica y teñida de cierto misticismo oriental. Esta idea encajó perfectamente en una generación de postguerra, que por entonces empezaba a descubrir la práctica del budismo, así como de otras filosofías orientales. Hasta esa época, el judo fue un instrumento de educación filosófica, psicológica y física, cimentado en el misticismo de la cultura oriental y en el empirismo de la sociedad nipona, fiel a sus tradiciones más ancestrales, difícilmente comprensibles en occidente.

Tanto Jigoro Kano, como Koizumi y Kawaiishi, padres del judo europeo, se empeñaron en mantener la tradición y conservar el carácter no violento, que diferenciaba al judo de las demás formas de lucha (ju-jitsu, boxeo, etc.). La dimensión lúdico-agonística de los deportes occidentales triunfó, dejando al margen la ética oriental e imponiéndose tras la difusión del judo por todo el mundo en los años '50.

La enseñanza del judo ha seguido, no obstante, una metodología tradicional, mediante conocimientos adquiridos (empíricos), acumulación de datos y de observaciones (directas y/o indirectas), fundamentadas en la experiencia del más viejo maestro (profesor), pero sin rigor científico. Estos conocimientos no son aisladamente falsos y tampoco constituyen un sistema (asistemáticos), ni siguen un método riguroso.

Las distintas metodologías son producto de una recopilación de material y documentación -- "corpus" de conocimiento -- sin una ordenación sistemática de los contenidos, sin una nomenclatura precisa y con unos principios y postulados más que discutibles.

De todas formas, todo lo expuesto hasta aquí no nos hace rechazar las aportaciones empíricas, ni los datos acumulados de la enseñanza tradicional, sino muy al contrario. Nos hace pensar en el aprovechamiento de algunas, estructurándolas como cualquier proceso sistemático al nivel de las exigencias actuales, empezando a interrelacionar sus elementos y sus partes.

* * *

Después de un exhaustivo estudio del judo desde sus inicios, se creó en mí la necesidad de actualizar y equiparar este deporte con otros, que han seguido un desarrollo paralelo a la evolución competitiva. Las nuevas e increíbles marcas en atletismo, por ejemplo, no son fruto de la casualidad, sino de profundos estudios biomecánicos y anatómico-fisiológicos, aplicados en los procesos de entrenamiento de los atletas. La adaptación del organismo del deportista es otra de las características, condicionante de logros deportivos antaño insospechados. Todo ello es el resultado de la investigación y de la utilización de tecnología moderna con el objetivo de mejorar el rendimiento deportivo. Estos avances no serían posibles sin una correcta elaboración de la técnica y de la táctica en base a una metodología/didáctica adaptada al deportista, según la racionalidad de cada planteamiento.

Una didáctica específica sólo puede elaborarse en función de una didáctica general. El dilema consiste en que "una didáctica" del judo no existe en la pedagogía actual, sino únicamente diversos planteamientos, que tratan de circunscribir la problemática, resumida bajo el término didáctica, y de señalar posibilidades de resolverla.

La didáctica como ciencia de enseñanza se refiere a un tejido de procesos educativos, intencionales y funcionales. La didáctica específica del judo deberá entenderse como un equilibrio de principios previa a la metodología: didáctica y metodología deben constituir una unidad inseparable. El paso desde la reflexión didáctica a la enseñanza ha de producirse continuamente y el centro de atención de los profesores debe estar dirigido hacia el qué (didáctica) y hacia el cómo (metodología). La formulación y revisión de los objetivos es cometido de la didáctica, mientras que la metodología ha de ocuparse de la elección de los contenidos.

La utilización de principios biomecánicos y leyes físico-mecánicas en el estudio de los aspectos técnico-tácticos del judo es la principal problemática para muchos autores interesados en la evolución científico-técnica de este deporte.

Este trabajo presenta un estudio del judo basado en la biomecánica de los ejercicios físicos con un análisis de la posición de equilibrio estático-dinámico y de la estabilidad de la postura del cuerpo y los segmentos corporales. Aplicada progresiva y sistemáticamente en el proceso de aprendizaje y entrenamiento de los elementos técnico-tácticos y mediante la estructuración de la acción técnica y táctica respectivamente, como sistema biomecánico, la enseñanza se convierte didácticamente en coherente y fundamental.

Una estructura básico-funcional de la técnica, estereotipo dinámico-motor, incrementa la coordinación y el equilibrio del judoka, junto con un desarrollo músculo-esquelético apropiado, esencialmente de los abdominales, zona lumbar y extremidades inferiores.

En base a esta estructura básico-funcional de la técnica también puede aumentarse la resistencia y la preparación volitiva dentro del proceso de entrenamiento de los judokas de élite. La aplicación competitiva de esta estructura básico-funcional de la técnica se transforma en una estructura funcional de la táctica.

* * *

*Durante los últimos años, ha habido un cambio cualitativo en la práctica deportiva, que ha afectado a la estructura y a la concepción **científico-técnica** del deporte. En su evolución, y de la misma forma que otras actividades humanas, el deporte se ha visto inexorablemente complicado en un proceso de tecnificación.*

Sin duda uno de los principales impulsores de este cambio ha sido la existencia de la alta competición (alto rendimiento), estimulando el desarrollo de una sistemática de trabajo (proceso de entrenamiento deportivo), que ha ido elevando cada vez más las "performances".

La importancia de las ciencias de soporte al entrenamiento de los deportistas de élite es indiscutible. La biomecánica ocupa, en este sentido, un nivel destacado, como ayuda a la enseñanza de la técnica deportiva.

*Para la elaboración de este trabajo se han considerado las siguientes bases biomecánicas: a) la **disposición estructural en tres fases de los movimientos acíclicos en el deporte** y b) la **mecánica de las acciones técnico-tácticas en el judo en su dimensión cinética estática y dinámica con sus leyes fundamentales** (mecánica clásica: tres leyes de Newton, ley de gravitación universal y ley del paralelogramo de Stevinus).*

*El objetivo principal es ofrecer al judoka una enseñanza **sistemática** y progresiva de la técnica desde un punto de vista biomecánico y anatómico-funcional. Didácticamente cada profesor-entrenador deberá estructurar las acciones técnicas en el judo (técnicas específicas y complementarias o recursos técnicos), que pretenda enseñar, en tres fases (preparatoria, inicial y final) bien diferenciadas para conseguir una adecuada fijación de todos los elementos técnicos, sobretodo, en el judoka principiante.*

La estructura cinética de la acción técnico-táctica en el judo es un análisis del equilibrio y sus tipos (estático/dinámico) para expresar la relación existente entre la estructura cerebral del entendimiento y sus funciones, articulándose en fases determinadas, susceptibles de ser claramente diferenciadas.

*La estructura del sistema biomecánico de las acciones técnico-tácticas en el judo es una interrelación de todos los rasgos esenciales de cada fase y sus funciones. El desarrollo de la estructura motora se basa en las leyes de la interrelación de los movimientos en el espacio y en el tiempo (estructura cinética) y en las interacciones energéticas y de fuerza (estructura dinámica) en el sistema de movimientos. La enseñanza de la técnica en el proceso de aprendizaje se presenta como una **estructura básico-funcional** en fases claramente definidas y la de la táctica, como **estructura funcional**, mediante una fusión fluida de las fases con la anticipación (ataque directo), la retención (contra-ataque) o la transformación (combinación) de la **acción de "arranque"** de la fase inicial.*

Finalmente quisiera expresar mi gratitud a Carles Ventura Farré, compañero y amigo, quien amablemente se ofreció a elaborar La preparación psicológica del judoka (anexo 3), contribuyendo a enriquecer la edición de este libro. Pienso que esta colaboración puede ser el inicio de un trabajo conjunto interdisciplinar entre el psicólogo del deporte y el entrenador de judo, de gran ayuda para elevar el rendimiento del judoka competidor.

*Espero que el contenido de **"Las Bases didácticas del Judo"** sirva para potenciar la investigación en el ámbito deportivo y, en el judo, para favorecer el nivel de los profesores con una enseñanza sistemática basada en conocimientos científico-técnicos.*

Para concluir esta introducción quiero referirme a una frase de Roy Inman, que encabeza el capítulo 3 ("Cómo desarrollar la habilidad en la competición") de su libro "Las técnicas de los campeones en combate": "La falta de una enseñanza sistemática en el judo frecuentemente crea una mentalidad chapucera".

Piera, junio de 1.993.

BASES DIDÁCTICAS DEL JUDO

1 Fundamentos elementales de biomecánica aplicables al estudio de la acción técnico-táctica en el judo

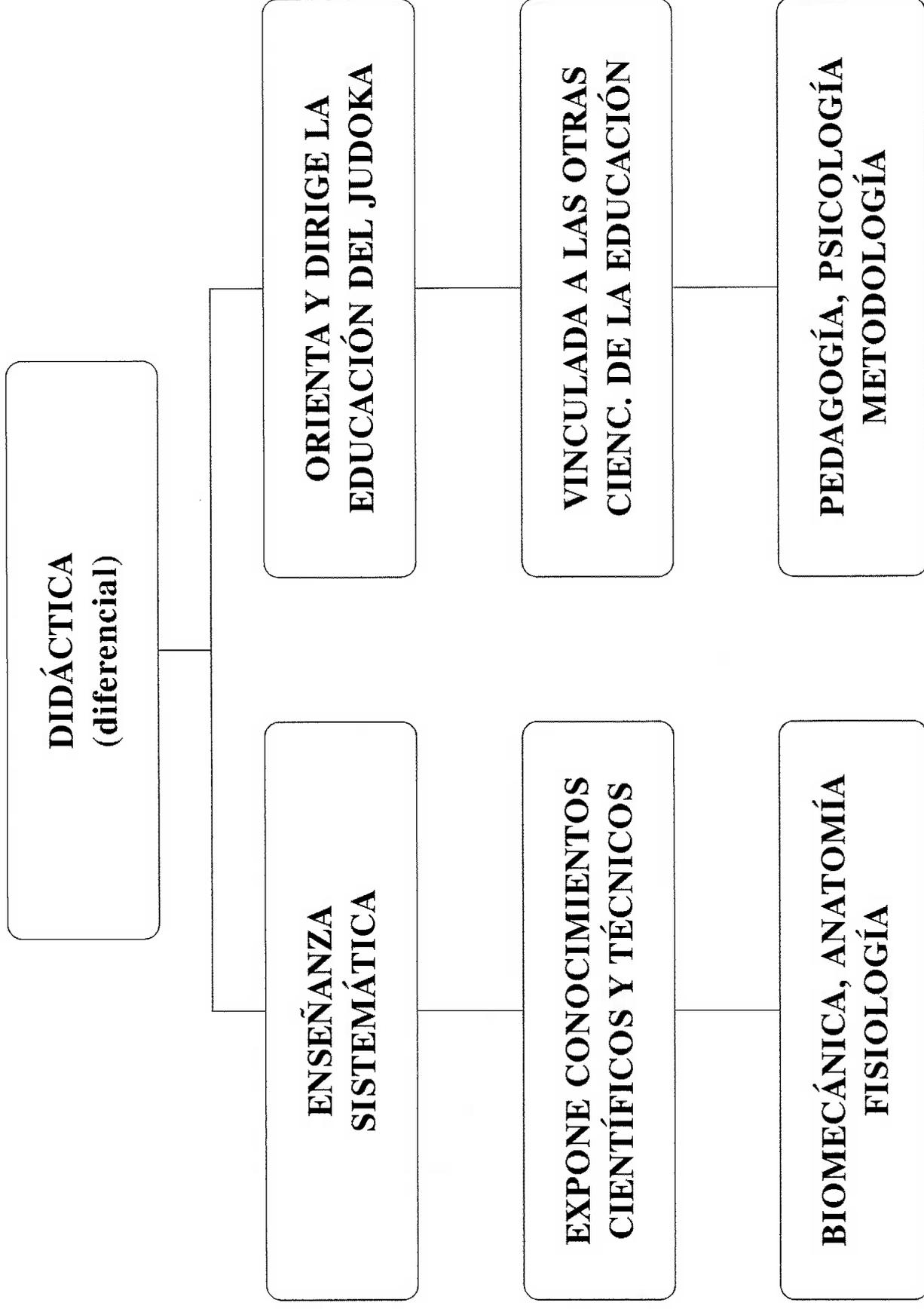
1.1 La biomecánica

1.1.1 Áreas de aplicación

1.1.2 Áreas de la mecánica

1.1.3 Leyes fundamentales de la Mecánica

CONCEPTO DE DIDÁCTICA DEL JUDO



BASES DIDÁCTICAS DEL JUDO

1 Fundamentos elementales de biomecánica aplicables al estudio de la acción técnico-táctica en el judo

Es imprescindible recordar algunos principios de la física que pueden ser aplicados al análisis de los movimientos humanos. Efectivamente, los estudios basados en estos principios no son numerosos, pero el interés respecto a estos problemas va aumentando progresivamente y permite entrever que los diferentes métodos alcanzarán un desarrollo considerable.

Al analizar un movimiento del cuerpo o de una parte del cuerpo hay que tener en cuenta e identificar de manera precisa todo el conjunto de fuerzas que se ponen en juego: las fuerzas internas producidas por las diferentes contracciones musculares, actuando sobre los segmentos óseos ya sea movilizándolos (gesto) o estabilizándolos (mantenimiento de la actitud postural) y también las fuerzas externas, que pueden oponerse o bien agregarse a las anteriores. En cada una de estas fuerzas se consideran las características de dirección, sentido, punto de aplicación e intensidad.

La aplicación de los principios simples, que se exponen en los siguientes apartados, permite analizar con más precisión los movimientos del cuerpo humano.

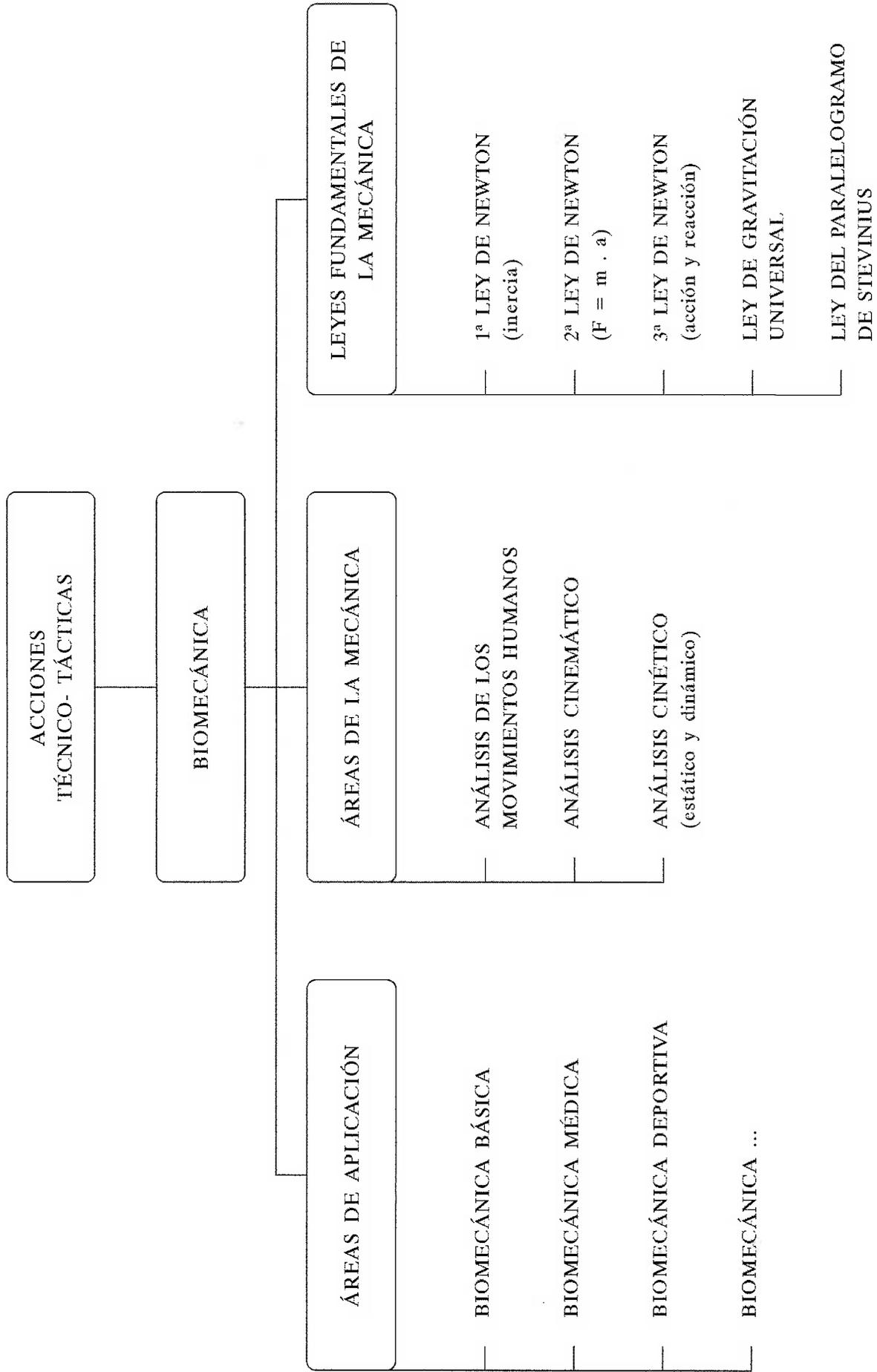
1.1 La biomecánica

El ritmo creciente de desarrollo de las ciencias y tecnologías, característico de nuestra sociedad, se debe, en gran medida, al nacimiento de nuevas y fecundas ciencias interdisciplinarias, entre las que se incluye la biomecánica. El desarrollo de la mecánica ejerció una influencia decisiva en el surgimiento de la biomecánica, especialmente, su tendencia nueva formada desde tiempos de Galileo y Newton. Ya Leonardo da Vinci afirmaba que "la ciencia de la mecánica era la más útil y generosa de todas las ciencias semejantes, porque resulta que todos los cuerpos vivos, que tienen movimiento, actúan bajo sus leyes".

Como ciencia reciente, existe un buen número de definiciones de la biomecánica. Resumiéndolas, se podría utilizar la siguiente:

"La biomecánica es la ciencia de las leyes del movimiento mecánico, que aplica los conocimientos procedentes de la ingeniería mecánica al análisis de los sistemas biológicos y, en particular, del cuerpo humano".

FUNDAMENTOS ELEMENTALES DE BIOMECÁNICA APLICABLES AL ESTUDIO DE LAS ACCIONES TÉCNICO-TÁCTICAS EN EL JUDO



1.1.1 Áreas de aplicación

Centrándonos en la biomecánica del cuerpo humano y haciendo una primera aproximación a los esfuerzos, que en su seno se están desarrollando, en la confusión que caracteriza el establecimiento de una elaborada y delimitada estructura de conocimientos en una ciencia nueva como la biomecánica, centran nuestra atención tres grandes campos de aplicación práctica dentro de la biomecánica de los movimientos humanos: la biomecánica básica, la biomecánica médica y la biomecánica deportiva.

1.1.1.1 La biomecánica de los movimientos humanos

La biomecánica de los movimientos humanos se ocupa de analizar los movimientos desarrollados en actividades humanas tales como la marcha, el trabajo, el deporte, la danza.

1.1.1.1.1 La biomecánica básica

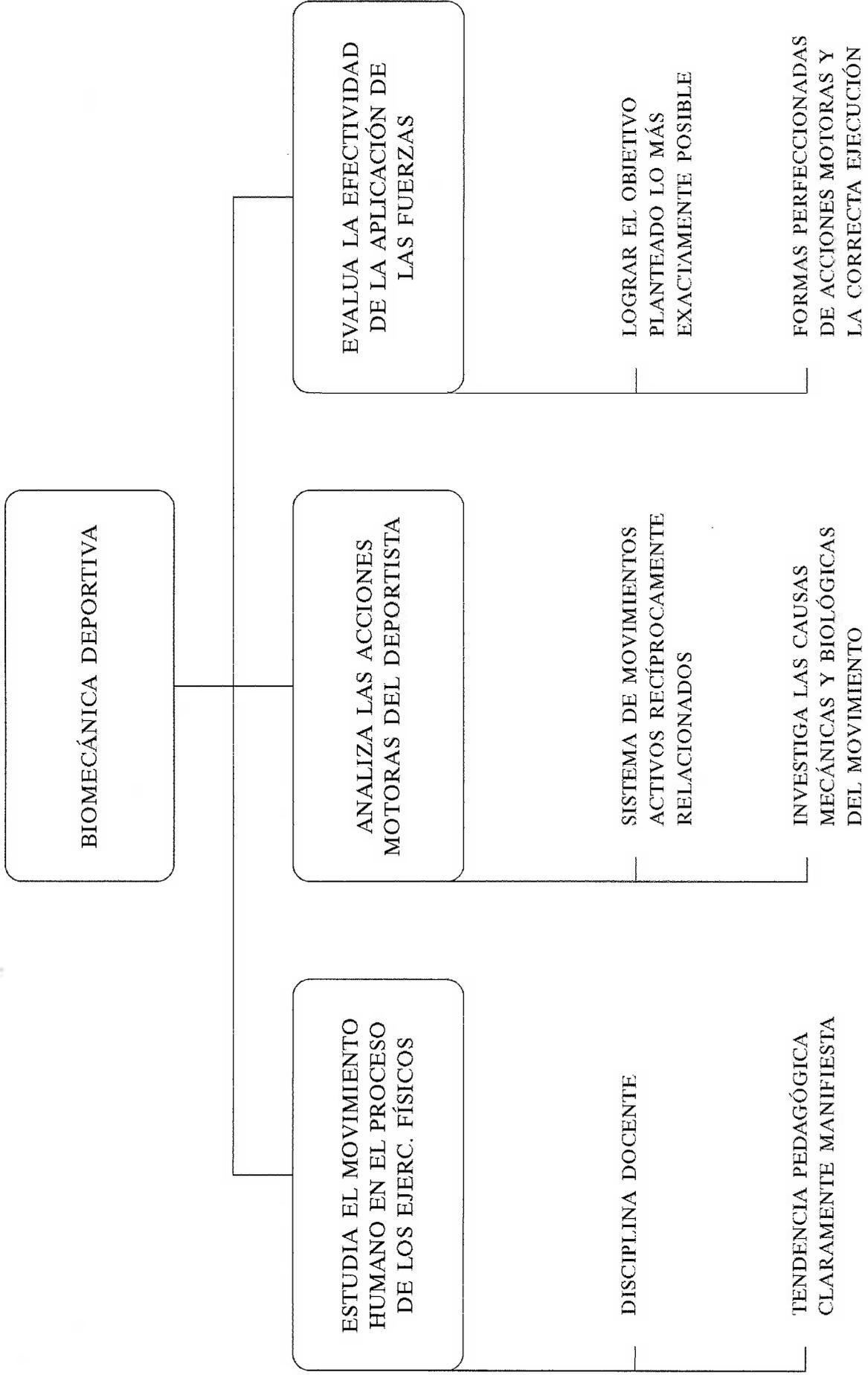
La biomecánica básica está ligada a la comprensión mecánica de la fisiología humana y genera los conocimientos en los que se apoyan las otras biomecánicas e incluso muchas de las técnicas de trabajo son de uso común.

1.1.1.1.2 La biomecánica médica

La biomecánica médica está relacionada con el conocimiento de los procesos patológicos y el desarrollo de técnicas de diagnóstico y pronóstico médicas.

BIOMECÁNICA DE LOS MOVIMIENTOS HUMANOS

Área de aplicación práctica



1.1.1.1.3 La biomecánica deportiva

La biomecánica deportiva, como disciplina docente, estudia los movimientos del hombre en el proceso de los ejercicios físicos. Además, analiza las acciones motoras del deportista, como sistemas de movimientos activos recíprocamente relacionados (objeto del conocimiento). En este análisis se investigan las causas mecánicas y biológicas de los movimientos y las particularidades de las acciones motoras, que dependen de ellas en las diferentes condiciones (campo de estudio).

El trabajo general del estudio de los movimientos del hombre en la biomecánica deportiva consiste en evaluar la efectividad de la aplicación de las fuerzas para el logro más perfecto del objetivo planteado.

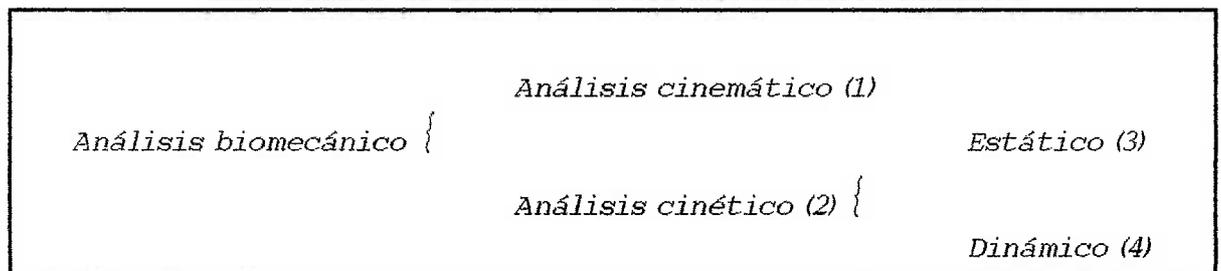
El estudio de los movimientos en la biomecánica deportiva está dirigido al hallazgo de las formas perfeccionadas de las acciones motoras y al conocimiento de la mejor forma de realizarlas. Este estudio debe tener una tendencia pedagógica claramente manifiesta.

1.1.2 Areas de la mecánica

En el análisis biomecánico del cuerpo humano existen dos áreas fundamentales de estudio, que corresponden a los campos básicos de la ciencia de la mecánica, y los aspectos mecánicos de cualquier sistema pueden dividirse en: la estática, ligada al análisis de los sistemas en reposo, y la dinámica, que se ocupa de los sistemas en movimiento.

El estudio biomecánico de los movimientos humanos suele abordarse en dos fases de análisis: el análisis cinemático (descripción del movimiento sin relacionarlo con las cargas mecánicas, que lo han originado o se originan a partir del mismo) y el análisis cinético estático/dinámico (si durante el movimiento se consideran las fuerzas, que actúan interna y externamente sobre el sistema en estudio).

1.1.2.1 Fases de análisis de los movimientos humanos



- (1) Descripción del movimiento mediante la determinación de posiciones, velocidades y aceleraciones lineales y angulares de cada uno de los segmentos del sistema en estudio.

- (2) Descripción del movimiento mediante la determinación de las sollicitaciones mecánicas actuantes sobre cada uno de los elementos del sistema en estudio.
- (3) Análisis cinético, cuando el sistema se halla en reposo.
- (4) Análisis cinético, cuando el sistema se halla en movimiento.

El análisis cinemático de un movimiento humano involucra, por definición, la descripción del mismo con independencia de las fuerzas, que lo causan. El análisis cinético completo de un sistema en movimiento supone conocer las cargas mecánicas actuantes, que se producen o generan a partir del movimiento, en cada uno de los puntos durante el intervalo de tiempo, que dure el movimiento en estudio. Requiere también el conocimiento previo de las variables cinemáticas asociadas al movimiento y las características antropométricas de los distintos segmentos, que integran el sistema en estudio.

El análisis cinemático junto al análisis cinético constituyen los dos pilares básicos en los que se apoya el estudio biomecánico de cualquier movimiento humano. A partir de ellos puede generarse una tercera fase de análisis, el análisis energético, a través de la manipulación matemática de los resultados cinemáticos y cinéticos.

1.1.3 Leyes fundamentales de la Mecánica

*En la Mecánica se establecen abstracciones para describir convenientemente las características del sistema en estudio. Estas abstracciones se denominan **dimensiones**. El conjunto mínimo de dimensiones mutuamente independientes, que permite construir la Ciencia de la Mecánica, se halla integrado por tres dimensiones conocidas como primarias, mientras que las dimensiones construidas a partir de éstas son denominadas secundarias.*

*Entre los conjuntos de dimensiones primarias, que pueden utilizarse, suelen seleccionarse las dimensiones de **longitud, tiempo y masa**. Estas dimensiones constituyen los ingredientes básicos de la mecánica.*

La idea de longitud, como elemento conceptual, permite expresar cuantitativamente la forma de un cuerpo físico. La dimensión del tiempo hace posible ordenar cuantitativamente los acontecimientos o sucesos físicos. La dimensión masa es una propiedad de la materia, que caracteriza el comportamiento de los cuerpos frente a la acción de una fuerza.

*Estas dimensiones primarias (básicas) son expresadas o representadas numéricamente en base a **unidades** (metros, minutos, kilogramos,...) y a partir de ellas se han construido las cinco leyes fundamentales de la Mecánica Clásica o de Newton.*

1.1.3.1 Primera Ley de Newton del movimiento

Todo cuerpo (partícula) continua en un estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme (en línea recta y a velocidad constante), si sobre ella no actúa ninguna fuerza exterior. También se llama con frecuencia Ley de inercia. El movimiento rectilíneo uniforme se caracteriza por el vector (segmento de recta orientado en el que se distingue un origen y un extremo) constante de la velocidad: „

$$v = \text{constante}$$

» v no cambia, ni su magnitud, ni su dirección. Un cuerpo en reposo, la constante es cero ($\text{const.} = 0$), permanecerá en reposo. Un cuerpo en movimiento continuará en movimiento con velocidad constante. Un cuerpo se acelera sólo, si una fuerza no equilibrada actúa sobre él (inercia).

Una **fuerza** es un empuje o arrastre ejercido sobre un cuerpo. Es una cantidad vectorial, que tiene **magnitud, dirección y sentido**.

La **inercia** es la tendencia de un cuerpo en reposo de mantener el reposo y de un cuerpo en movimiento de continuar en movimiento sin cambios en el vector velocidad. La **masa** de un cuerpo es una medida de su inercia.

Todo cuerpo continua en un estado de reposo en ausencia de fuerzas externas



Miriam Blasco, después de ganar el oro olímpico en Barcelona '92



Reposo

Todo cuerpo continua en un estado de movimiento rectilíneo uniforme en ausencia de fuerzas externas

Movimiento rectilíneo uniforme



1.1.3.2 Segunda Ley de Newton del movimiento

El cambio en el movimiento, que experimenta un cuerpo (partícula) es proporcional a la fuerza exterior que sobre ella actúa, produciéndose en la dirección con que se aplica. Esta ley se expresa formalmente mediante la ecuación:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Esta fórmula indica que una partícula de masa m sobre la que actúa la fuerza F experimenta un movimiento uniformemente acelerado de aceleración a y misma dirección que la fuerza F . La masa (constante de proporcionalidad entre la fuerza y la aceleración) nos muestra la resistencia de un cuerpo a cambiar su movimiento.

Puesto que la velocidad y la modificación de la velocidad (correspondiente a la aceleración a) son magnitudes vectoriales, la magnitud que los cambia, también ha de ser un vector. El símbolo de la fuerza es: \vec{F}

A) La fuerza \vec{F} necesaria para modificar la velocidad (la aceleración \vec{a} del peso) ha de ser proporcional a la masa.

B) La aceleración \vec{a} es proporcional a la fuerza \vec{F} , si la masa es constante.

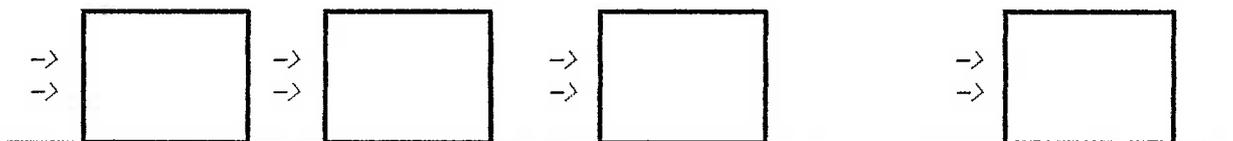
Según las constantes A) y B) podemos concluir: $\vec{F} = \text{constante} \cdot m \cdot \vec{a}$

Si la constante es A), resulta: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

De esta forma también conocemos la dimensión de la fuerza \vec{F} :

$$[F] = [m \cdot a] = \left[\text{masa} \cdot \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo}^2} \right] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{N}$$

N significa "un Newton". 1 N es entonces la fuerza, que impone la aceleración de 1 m/s² a un cuerpo de masa 1 kg.



Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

El cambio en el movimiento, que experimenta un cuerpo es proporcional a la fuerza exterior, que sobre ella actúa.

De la fórmula anterior $[F] = [m \cdot a] = \left[\text{masa} \cdot \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo}^2} \right] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{N}$

resultan dos consecuencias:

A) La aceleración alcanzada es una medida para la fuerza ejercida.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

B) A través de una fuerza constante, un cuerpo (masa constante) recibe una aceleración constante. Un caso importante de fuerza es el efecto de la fuerza gravitatoria, siempre influye en el cuerpo humano y está dirigido hacia el centro de la Tierra. La caída ("ukemi") del judoka, después de ser proyectado con "de-ashi-barai" sobre el tapiz ("tatami") es un ejemplo claro de este efecto.



Aplicación de las Leyes fundamentales de la Mecánica [Dinámica] en el combate de judo.

Si la dirección de una fuerza pasa por el centro de gravedad de un cuerpo, esta fuerza sólo modificará el movimiento de traslación del cuerpo sin modificar en absoluto su eventual rotación. Por el contrario, si esta dirección no pasa por el centro de gravedad, la fuerza modificará el movimiento de traslación y el movimiento de rotación del cuerpo.

En ausencia de aire, los cuerpos caen con la misma velocidad independientemente de su peso y volumen. La aceleración del cuerpo de un judoka debido al efecto de la gravedad sería constante, si no fuera por la energía cinética producida por el adversario.

El judoka desarrolla una fuerza (energía cinética), que imprime una aceleración al cuerpo del adversario mediante el contacto, modificando éste su velocidad en cuanto a magnitud y dirección, que pasará de v_1 a v_2 . Ambos cuerpos permanecerán juntos, después del contacto, moviéndose a una velocidad común.

La energía cinética de un cuerpo es su capacidad para realizar un trabajo, debido a su movimiento. La energía cinética (E_c) se expresa:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2, \quad \text{o también,} \quad E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

La energía de un cuerpo se mide en función del trabajo, que puede desarrollarse. El trabajo se define, como el producto de una fuerza F ejercida sobre un cuerpo y la distancia s recorrida bajo su influencia: $W = F \cdot e$

La energía cinética depende directamente de la masa del cuerpo en movimiento y de su velocidad (al cuadrado). En el judo, la "acción de arranque" de los brazos ("tsuri") y la energía cinética producida por la velocidad en el desplazamiento del cuerpo de "tori", cuando toma contacto con el cuerpo de "uke", produce un incremento de la velocidad de ambos cuerpos y de su inercia en el sentido del desplazamiento del cuerpo de "tori", transformándose en una técnica de proyección.

1.1.3.3 Tercera Ley de Newton del movimiento

Las acciones o fuerzas mutuas entre dos cuerpos son siempre iguales y de sentido contrario. A cada acción se opone una reacción de igual magnitud y sentido opuesto (ley de acción y reacción).

En la práctica del judo siempre el cuerpo de "tori" ejerce una fuerza (acción) sobre el cuerpo de "uke", el cual también realiza una fuerza (reacción) idéntica, pero en sentido contrario. De esta forma, ambos judokas mantienen su estabilidad, conservando o recuperando las posiciones de equilibrio estático o dinámico respectivamente. Si el cuerpo de "uke" no puede oponer una reacción igual a la acción del cuerpo de "tori", éste perderá su estabilidad, colocándose en una postura de equilibrio inestable, idónea para ser controlado ("ne-waza") o proyectado ("tachi-waza") con una técnica específica o complementaria del judo.



"Uke" no puede oponer una **reacción** igual a la acción de "tori" y pierde su estabilidad, siendo proyectado con un "seoi-nage"

1.1.3.4 Ley de la gravitación universal

Dos cuerpos (masas, m_1 y m_2) se atraen entre sí con fuerzas de igual magnitud. Esta magnitud es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional a la distancia al cuadrado que entre ellas existe. Formalmente, esta ley puede expresarse mediante la ecuación siguiente:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad \text{donde } r \text{ es la distancia entre los centros de masa}$$

y donde G [$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$, cuando F se expresa en newtons, m_1 y m_2 en kilogramos y r en metros] es denominada constante de gravitación universal.

El peso de un cuerpo es la fuerza de atracción (fuerza de gravedad), que ejerce la Tierra sobre él. Cuando un cuerpo cae libremente, sólo actúa sobre él la fuerza de su peso (P) y la aceleración, que sufre, es la de la gravedad (g). Se puede así expresar la masa en función del peso y de la aceleración:

$$P = m \cdot a$$
$$m = \frac{P}{g}, \quad \text{o sea } P = m \cdot g$$

Siendo el peso una fuerza, es preciso expresarlo en newtons. En el sistema m.k.s. se expresa en kg. y se admite, que la aceleración g es de $9,80 \text{ m/seg}^2$. En el sistema c.g.s., la masa se expresa en gr. y g es de 980 cm/seg^2 . Por ejemplo, el peso de un judoka, cuya masa sea de 75 kg . vendrá dado por:

$$P = m \cdot g = 75 \text{ kg.} \times 9,80 \text{ m/seg}^2$$
$$= 735 \text{ newtons}$$

La relación entre masa y peso a menudo se confunde. Ambos términos son proporcionales entre sí, pero no son lo mismo, ni en concepto, ni en unidades. El factor de proporcionalidad (factor local) es la aceleración gravitatoria g (depende del lugar).

La masa es la medida de la inercia de un cuerpo, mientras que el peso es la fuerza de gravedad, que actúa sobre ese cuerpo. Se habla de kg. (o de gr.) peso. La diferencia con el kg. masa es que el primero es igual al segundo multiplicado por la aceleración.

La fuerza de gravedad tiene su efecto dentro del campo gravitatorio terrestre y siempre está dirigida hacia el centro de la Tierra ($P = m \cdot a$).

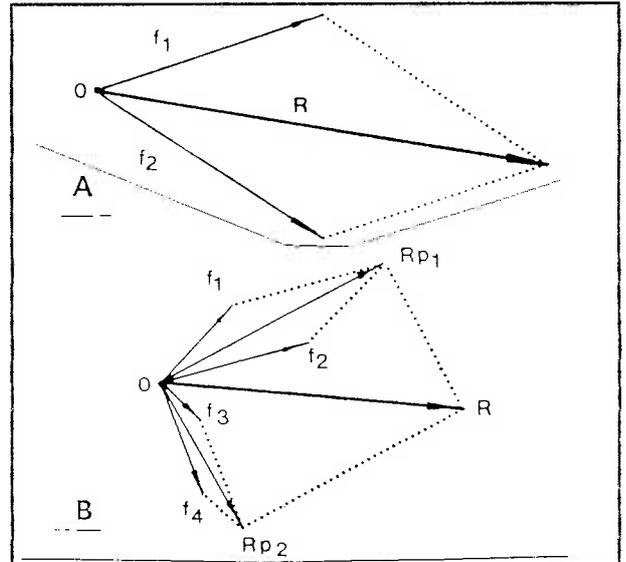
$$g = \frac{M}{r^2} = 9,80 \text{ m/seg}^2$$

1.1.3.5 Ley del paralelogramo de Stevinus

Dos fuerzas de distinta o igual magnitud y de diferente o igual dirección pueden representarse mediante vectores a una determinada escala, dando lugar a un paralelogramo, cuya diagonal representa la suma de ambas fuerzas en magnitud, dirección y sentido.

Un vector (cantidad vectorial) tiene magnitud, dirección y sentido y se representa mediante una flecha dibujada a escala. La longitud de la flecha es proporcional a la magnitud de la cantidad vectorial. El sentido e inclinación de la flecha representan la dirección y el sentido de dicha cantidad vectorial.

La resultante de dos vectores, que actúan en cualquier ángulo, puede representarse por la diagonal de un paralelogramo. Esta diagonal da la intensidad, el sentido y el punto de aplicación de la resultante. La dirección de la resultante se halla alejándose del origen de los dos vectores.



Método del paralelogramo para sumar dos o más fuerzas (cantidades vectoriales).

La figura a) representa dos fuerzas concurrentes (f_1 y f_2), así como la resultante (R), determinada por la diagonal concurrente del paralelogramo construido a partir de dos fuerzas dadas.

La figura b) muestra varias fuerzas concurrentes y la aplicación del método del paralelogramo. Se suman las fuerzas de dos en dos y se construyen progresivamente los resultados parciales, que se combinan, formando una resultante al cerrar el polígono de fuerzas.

En el judo las acciones de los brazos se analizan como fuerzas concurrentes, cuya magnitud, dirección y sentido se halla definida por la diagonal del paralelogramo, que se forma al unirse sus orígenes.

En las técnicas específicas de proyección, la acción de "arranque" de los brazos ("tsuri") pretende una correcta utilización de las fuerzas en el sentido adecuado para lograr proyectar al adversario.