

EL LABORATORIO DE FISIOLÓGIA DEL ESFUERZO DEL INEF DE MADRID (1973-2015). CONMEMORACIÓN DEL "L" ANIVERSARIO DEL INEF DE MADRID

---

Meléndez Ortega, Agustín, profesor ad honorem de la Facultad de Ciencias de la Actividad física y del Deporte-INEF

Calderón Montero, Francisco Javier, profesor titular de universidad en la Facultad de Ciencias de la Actividad física y del Deporte-INEF. Departamento de salud y Rendimiento humano.



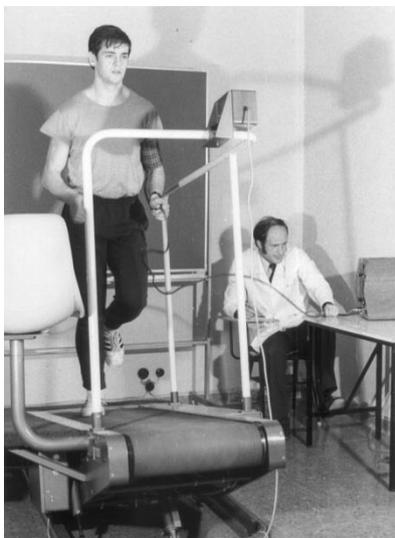
Profesor Dr. Álvaro Gracia



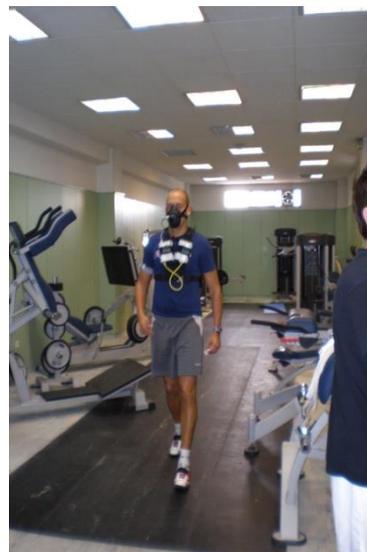
Profesor Agustín Melendez



Profesor Fco. Javier Calderón



Sujeto realizando una prueba en un tapiz rodante (1973)



Sujeto realizando una prueba mediante un sistema portátil (2014)

## ÍNDICE

### 1. INTRODUCCIÓN

### 2. PRIMER PERIODO DEL LABORATORIO DE FISIOLOGÍA DEL ESFUERZO (1975-1981).

2.1 Análisis del plan de estudios y de los promotores del laboratorio.

2.2 Puesta en marcha de las prácticas de fisiología del esfuerzo.

### 3. SEGUNDO PERIODO DEL LABORATORIO DE FISIOLOGÍA DEL ESFUERZO (1982-2000).

3.1 Análisis del plan de estudios y de los promotores del laboratorio.

3.2 Actividad del laboratorio con un objetivo docente

### 4. TERCER PERIODO DEL LABORATORIO DE FISIOLOGÍA DEL ESFUERZO (2000-actualidad).

4.1 Razones del “impulso” del “impulso” del laboratorio.

4.2 Estructura organizativa del Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo

4.3 Gestión del laboratorio: recursos materiales y humanos.

4.2.1 Adquisición de equipamiento.

4.2.2 Balance económico

4.4 Labor docente

4.5 Labor investigadora

### 5. BIBLIOGRAFÍA

#### 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la valoración de la capacidad para realizar ejercicio físico de diferentes características (tipo, intensidad, duración) es una realidad como se demuestra por la considerable cantidad de textos existentes, de los cuales únicamente se referencian algunos (Ellestad 1979; Medicine 1980; Ferrero, García del Moral et al. 1989; MacDougall, Wenger et al. 1991; César, Martínez et al. 1996; Ashley, Myers et al. 2000; Tanner and Gore 2000; Cooper and Storer 2001; Fletcher, Balady et al. 2001; Winter, Jones et al. 2006; Chaitman, Moinuddin et al. 2007; Pino, Río et al. 2007; Myers, Arena et al. 2009; Balady, Arena et al. 2010; Acevedo and Starks 2011; Jackson, Disch et al. 2011). La valoración de la capacidad funcional mediante pruebas de esfuerzo ha sido llevada a cabo principalmente por la medicina, ya sea con un objetivo clínico (diagnóstico y tratamiento) o de investigación en ciencias del deporte. Principalmente, ha sido en la cardiología donde se han desarrollado las pruebas de esfuerzo con un carácter diagnóstico (Ellestad 1979) utilizando diversos protocolos de valoración entre los que destacan los de Bruce, Ellestad, Naughton y otros autores que no siempre resultaron apropiados para valorar la capacidad funcional de los deportistas de elite. En el campo de la investigación, la valoración del gasto energético mediante calorimetría directa e indirecta ha sido objeto de numerosos esfuerzos como se recoge en el excelente libro de McLean y Tobin (McLean and Tobin 1987).

Naturalmente, nuestro país no ha sido la excepción. Refiriéndonos concretamente a la comunidad de Madrid, el primer laboratorio de esfuerzo se desarrolló en la Facultad de medicina de la Universidad Complutense de Madrid, siendo catedrático de fisiología el profesor Gallego, bajo cuya dirección se adquirió el metabógrafo de Fleish. Con este aparato y un cicloergómetro se realizaron diversos estudios, cuyo resultado fue la tesis doctoral del profesor Julio Cesar Legido Arce y la presentación de diversas comunicaciones en congresos nacionales. Por otra parte, en todos los servicios de cardiología de los hospitales de Madrid se consideró la necesidad de realizar pruebas de esfuerzo con una doble finalidad: diagnóstica y de ayuda al tratamiento (rehabilitación cardiaca). Concretamente, la rehabilitación cardiaca

comenzó en el hospital Ramón y Cajal (Velasco and Maroto 1995; Maroto Montero and Pablo Zarzosa 2011), siendo el jefe de servicio el Dr. Maroto.

El Instituto Nacional de Educación Física de Madrid (INEF), con unos objetivos diferentes a los señalados, también tuvo en cuenta la necesidad de crear un laboratorio de fisiología del esfuerzo. El Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo del INEF de Madrid comenzó a funcionar durante el curso 1975-1976 y continúa haciéndolo en la actualidad. Las vicisitudes por las que ha pasado son las inherentes a cualquier laboratorio y obedecen a los siguientes problemas generales:

- 1) de financiación por el coste económico que supone la adquisición de aparatos
- 2) de financiación para contratar a personal técnico y profesional que pueda realizar labores propias de un laboratorio.
- 3) de la propia evolución del conocimiento en las ciencias del deporte

Pretendemos en ésta monografía poner de relevancia cómo se gestó el laboratorio, sirviendo de “homenaje” a todas las personas que se dedicaron a promoverlo: los anteriores promotores merecen el más absoluto respeto y consideración. Pensamos que puede ser útil a las generaciones actuales y venideras el tener un documento donde se ponga de manifiesto la “historia” del laboratorio del INEF de Madrid.

La evolución del laboratorio del INEF de Madrid se puede dividir en tres periodos críticos, que se relacionan estrechamente con los problemas señalados anteriormente y la asignación de un espacio para ubicarlo. Naturalmente, los tres periodos no hay que tomarlos en sentido rígido, pues en algunos casos la adquisición de parte del equipamiento se realiza entre periodos. Los dos primeros periodos (1975-1981 y 1982-2000) se corresponden con la dependencia del INEF del organismo que gestionaba el deporte (Delegación Nacional de Deportes y posteriormente el Consejo Superior de Deportes), el cual a su vez se ubicaba dentro de la estructura de un ministerio (Cultura y Deportes y/o de Educación. Según el periodo). El último periodo (2001-actualidad) tiene su origen en la entrada del INEF en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) cuya adscripción definitiva se produce en octubre de 2003 ([www.INEF.upm.es/Facultad/Reseña histórica/Proceso de integración en la UPM](http://www.INEF.upm.es/Facultad/Reseña%20histórica/Proceso%20de%20integración%20en%20la%20UPM)). Desgraciadamente, no se han conservado documentos dónde se pueda avalar de forma documentada lo que corresponde a los dos primeros periodos<sup>1</sup>. Así hemos tenido que “hacer uso de la documentación privada de los profesores” que fueron responsables durante los periodos señalados.

Los tres periodos señalados están directamente relacionados con los objetivos generales de la institución. El INEF surgió con un claro objetivo docente ([www.INEF.upm.es/Facultad/Reseña histórica/Historia del INEF](http://www.INEF.upm.es/Facultad/Reseña%20histórica/Historia%20del%20INEF)), como era la idea de su promotor, Jose María Cagigal. Por tanto, el objetivo principal del Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo durante los dos primeros periodos era principalmente docente, aunque se realizaron algunos intentos de investigación, publicados en una revista interna, la revista de investigación del INEF Madrid, concretamente en el nº2 de 1976. Posteriormente, con la incorporación del INEF a la estructura universitaria y muy influido por el “hambre” de un puesto laboral, el Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo ha evolucionado, teniendo en la actualidad tres objetivos: docencia, investigación y prestación de servicios. Es fácil deducir lo que supone simultanear estos objetivos. Las diferencias respecto a los procedimientos de financiación también son necesarias a tener en consideración:

- 1) La dependencia del INEF de organismos de diferentes ministerios determinó que para la adquisición de aparatos únicamente se tuviera que realizar una memoria justificativa que, analizada por los estamentos correspondientes, era concedida sin mayor problema. Así es como se obtuvo el material del laboratorio en los dos primeros periodos (1975-1981 y 1982-2000)
- 2) La entrada del INEF en la universidad determina que la financiación para material sea a través de proyectos de investigación, lo que conlleva ineludiblemente una mayor complejidad. Esto es lo que sucede en la actualidad. La adquisición de material inventariable va ligada a un estudio de investigación

1. Las fechas y las prácticas realizadas son estimaciones basadas en recuerdos personales y documentos personales recibidas en las fechas referenciadas

## 2. PRIMER PERIODO DEL LABORATORIO DE FISIOLÓGÍA DEL ESFUERZO (1975-1981)

El INEF inicia su labor docente el día 3 de noviembre de 1967 cuando da comienzo el primer curso con un plan de estudios de cuatro años ([www.INEF.upm.es/Facultad/Reseña histórica/Historia del INEF](http://www.INEF.upm.es/Facultad/Reseña%20histórica/Historia%20del%20INEF)). Para comprender en toda su dimensión la función del laboratorio durante este periodo, conviene explicar aunque sea de forma somera, las circunstancias del INEF durante ese periodo. Por ejemplo, durante el curso académico 1977-1978 se produce la integración del alumnado de la Academia Nacional de Mandos "José Antonio" y de la Escuela Nacional "Julio Ruiz de Alda" en el INEF triplicando el alumnado. Igualmente procedente es analizar el plan de estudios así como las personas vinculadas directamente con la puesta en marcha y desarrollo del mismo.

### 2.1 Análisis del plan de estudios y de los promotores del laboratorio

*Los planes de estudio.* Las consideraciones que se realizan están tomadas del siguiente documento (Fernández Náres 1993) y de la propia experiencia de los que subscriben. En este interesante libro se indica que *"la anatomía y la fisiología se imparten a nivel de Facultad"* (Fernández Náres 1993). ¿Por qué esa consideración "tan elevada" de estas dos disciplinas?. La razón es que el profesor Cagigal estableció una relación muy estrecha con el profesor Julio Cesar Legido Arce, profesor de la facultad de medicina de la universidad complutense de Madrid y un entusiasta de la educación física de base, que se configuró como asignatura con esta denominación en el plan de estudios señalado. Como se puede consultar en los diferentes planes de estudio para medicina (RDGUI, 285/1973; RDL, 202/1967 de 24 Agosto, 241/1953 de 29 de agosto), en efecto, la consideración de la fisiología en el INEF en cuanto al número de cursos donde se impartía, era un reflejo de las enseñanzas en la Facultad de Medicina de la Universidad complutense de Madrid (UCM). Básicamente, se intentaba reproducir lo que se impartía en las facultades de medicina pero con aplicación a los estudios que se impartían en el INEF. La distribución era como sigue:

- Curso 1º (Fisiología I): Tenía por objetivo los fundamentos de bioquímica
- Curso 2º (Fisiología II): Tenía por objetivo explicar el funcionamiento de los órganos y tejidos en condiciones de reposo. Es decir, de forma clásica se explicaba la fisiología del sistema cardiovascular, aparato respiratorio, etc
- Curso 3º (Fisiología del ejercicio): Tenía por objetivo explicar el funcionamiento de organismo en ejercicio, es decir, la fisiología del ejercicio.
- Curso 4º (Valoración de la condición biológica)

Es obvio que, a pesar de las similitudes entre medicina e INEF respecto a esta disciplina, las diferencias en cuanto a contenidos y exigencia eran notables. Entre otros motivos, porque en los citados planes de estudio de medicina las asignaturas de física, matemáticas y química eran obligatorias.

Durante el curso 1977-1978, el plan anterior es sustituido por otro en el que *"las novedades más destacables son la diferenciación entre materias obligatorias y optativas, y el desarrollo de seminarios"* (Fernández Náres, 1993), pero en lo referente a la fisiología no cambia en cuanto a los cursos dónde se imparte.

*Los profesores responsables directa o indirectamente relacionadas con el laboratorio de fisiología del esfuerzo.*

**Jose María Álvaro Gracia Sanfiz.** Este profesor fue el responsable de las asignaturas de fisiología que se impartieron en el INEF desde su creación. Este profesor provenía de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid, concretamente se había formado en el departamento de fisiología que dirigía el catedrático de fisiología Jose María Corral García. Cuando se hace cargo del departamento de fisiología el catedrático Antonio Gallego Fernández, el profesor Álvaro Gracia Sanfiz decide hacerse cargo de la enseñanza en el INEF, dado su interés por el deporte. El plan de estudios diseñado conjuntamente por Jose María Cagigal y Julio Cesar Legido Arce hace que las asignaturas biomédicas tengan un considerable peso.

Debido a que el profesor Álvaro Gracia se tiene que dedicar a la docencia y a desarrollar labores asistenciales de médico en la seguridad social y el ayuntamiento de Madrid, no disponía de tiempo para dedicarse al desarrollo del Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo. Por ello, el laboratorio sufre un retraso y no se pone en marcha hasta 8 años después de comenzar a funcionar el INEF. Es durante el periodo 1975-1976 cuando se consigue el primer material para el laboratorio (tabla 1).

**Julio Cesar Legido Arce.** El profesor Legido ha contribuido de forma decisiva al desarrollo del conocimiento en el campo de la actividad física y el deporte en el Instituto Nacional de Educación Física (INEF). Este profesor intervino a nivel práctico en el diseño del plan de estudios y desde un punto de vista de la concepción teórico-práctico de la educación física, desarrollando una asignatura (la educación física de base) que en otros países estaba más desarrollada. Aunque el profesor Legido era profesor de fisiología en la Facultad de medicina, prefirió dedicarse a desarrollar la asignatura señalada y dejar en manos, “sabiamente”, la docencia de la fisiología al profesor Álvaro-Gracia. No obstante, con una gran intuición y viendo la labor que podían desempeñar los futuros profesores de educación física en el INEF planteo la asignatura de valoración de la condición biológica íntimamente ligada a la función que podía desempeñar el Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo.

Tabla 1. Aparatos adquiridos para el Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo (1975-1976)	
Aparato	Características
Dinamómetros digitales (TKK)	Medición de la fuerza de la musculatura extensora de las piernas, de la espalda y de la fuerza de la musculatura flexora del antebrazo
Cinta o tapiz rodante (Avionic)	Medición de la velocidad y pendiente de locomoción (caminar o carrera) que se realizaba de forma automática
Medidor de la presión arterial (E-20 avionic de forma automática)	Medición de la presión arterial mediante banda neumática con lectura de los valores de presión sistólica y diastólica
Sistema de electrocardiografía (Avionic 2900 B) con un canal de telemetría (METREL 2619)	Registro del electrocardiograma tanto en pantalla como en papel milimetrado, así como posibilidad de registrar la frecuencia cardíaca mediante telemetría
Espirómetro de campana con helio	Medición del volumen residual que se podía utilizar entre otras aplicaciones para determinar ciertos componentes de la composición corporal
Espirómetro de campana sencillo	Medición de los volúmenes y capacidades del pulmón registrados en papel milimetrado
Oxicom Mijnhard (distribuido por Jaeger)	Aparato que permitía medir uno de los parámetros centrales de la fisiología del esfuerzo. El consumo máximo de oxígeno

## 2.2 Puesta en marcha de las prácticas de fisiología del esfuerzo.

Cómo en el plan de estudio de entonces no estaban consideradas las clases prácticas, la adquisición de material no era un tema prioritario. No obstante, siempre estuvo en la idea de los responsables (Dr. Julio Cesar Legido Arce) llevar a cabo prácticas relacionadas con la valoración de la condición biológica. Por consiguiente, dado el objetivo del INEF en esa época, las prácticas tenían un objetivo claro: incentivar a los responsables del INEF sobre la **necesidad de tener un equipamiento que sirviera para que los alumnos adquirieran de forma práctica conceptos que se impartían en las clases teóricas.**

1. Las fechas y las prácticas realizadas son estimaciones basadas en recuerdos personales y documentos personales recibidas en las fechas referenciadas

Siendo responsable de la asignatura el profesor Dr José María Álvaro- Gracia, la puesta en marcha de los aparatos fue llevada a cabo por el profesor Melendez, que para esa fecha tenía contrato de profesor adjunto. Éste profesor, basándose en la bibliografía existente en la biblioteca del INEF elaboró un primer catálogo de prácticas sencillas que realizarían los alumnos en pequeños grupos. Este catálogo lo presentó el profesor Melendez al Dr. Jose María Álvaro-Gracia. Aunque éste estuvo de acuerdo, en ese momento el procedimiento era poco viable y sólo se comenzaron a realizar algunas prácticas con el limitado equipo disponible:

1. Dinamómetro digital (primer material de relativo coste económico) (tabla 1)
2. Aparatos de mercurio para la medición de la presión arterial
3. Fonendoscopios para auscultar el corazón y determinar los ruidos de Korotov
4. Cronómetros
5. Metrónomo
6. Tarima de madera aglomerada en diversas alturas

Aprovechando este material se realizaron diferentes prácticas, recogidas en la tabla 2, que se compaginaban con el horario de la asignatura de fisiología del esfuerzo. Estas prácticas se diseñaron basándose en manuales de laboratorio de fisiología del ejercicio (DeVries 1971; Morehouse 1972).

Como se ha señalado anteriormente, estas prácticas sirvieron para crear el ambiente y la necesidad de disponer de más material y un espacio más apropiado, pues se llevaban a cabo en el vestíbulo de la 5ª planta hoy inexistente por la remodelación de los espacios en la institución. Sin embargo, la incorporación de alumnos de otras instituciones que llevaban a cabo la formación de profesores de educación física (1977-1978) dificulta y hace inviable la impartición de las prácticas de fisiología del ejercicio en grupos reducidos a todo el alumnado.

Aproximadamente un año después se completa el equipamiento con los siguientes aparatos que se describen de forma pormenorizada en la tabla 1:

1. Una cinta o tapiz rodante
2. Un medidor automático de la presión arterial
3. Un sistema de electrocardiografía con un canal de telemetría
4. Un analizador del volumen y composición del gas espirado.
5. Dos espirómetros de campana uno de helio y otro sencillo

La adquisición de este nuevo material y las consideraciones realizadas más arriba determinan la necesidad de ubicar el laboratorio en un lugar adecuado. Así, se determina que el laboratorio se ubique en la planta 5ª en una sala con una superficie de aproximadamente 70 m<sup>2</sup>. La foto número 1 muestra una imagen del laboratorio.

<b>Denominación</b>	<b>Objetivos</b>
Toma manual y con fonendoscopio de frecuencia cardíaca.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Valorar las diferencias de los valores de presión arterial en diferentes posturas: tumbados, sentados, de pie.</li> <li>2) Valoración del tiempo para ajuste al cambio de postura.</li> <li>3) Valoración de las diferencias entre las diferentes posturas.</li> </ol>
Cambios en la frecuencia cardíaca subiendo a una tarima (diferentes alturas y/o diferentes frecuencias de subida). Utilización del metrónomo para regular la intensidad	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Valoración del incremento experimentado en el tiempo,</li> <li>2) Valoración de la estabilización de la frecuencia cardíaca</li> <li>3) Análisis de la relación frecuencia cardíaca/intensidad.</li> </ol>
Cálculo del doble producto con diferentes ejercicios (trabajo de piernas o manteniendo la presión de agarre de mano)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Estimar el consumo de oxígeno miocárdico en diferentes ejercicios</li> <li>2) Comparar cuál de los ejercicios es más exigente para el miocardio</li> </ol>
Cálculo del $PWC_{170}$ utilizando la frecuencia cardíaca y la tarima para determinar las cargas y sus incrementos.	Aplicación de las curvas de frecuencia cardíaca e intensidad.
Estimación del Consumo máximo de oxígeno mediante el Nomograma de Astrand.	Procedimiento utilizando la tarima y la frecuencia cardíaca y un nomograma.
Dinamometría: Medida de la fuerza, de prensión, piernas y extensión de la espalda. Confección de índices de fuerza.	Relación con el perímetro del antebrazo y de la pierna. Relación fuerza-mano derecha e izquierda. Índices de disminución de la fuerza
Tiempo de reacción simple.	Calculado de la distancia de caída de una regla
Composición corporal mediante panículos.	Con un calibrador de panículo adiposo fabricado por uno de los alumnos basado en un diseño encontrado en la bibliografía y un nomograma.
Volúmenes y capacidades pulmonares, VEMS (FEV1) y Tiffeneau (FEV1/FVC).	Demostración y cálculos

La adquisición de este material y la insistencia del profesor Meléndez determinan que mejoren las prácticas citadas (tabla 2). Las fotos números 2 y 3 muestran a un alumno realizando una de las prácticas señaladas. Finalmente, se adquiere un analizador de gases en sangre (gasómetro Radiometer AVL-938). El gasómetro de entonces era de difícil manejo y exigía prácticamente un técnico sólo dedicado a su calibración y puesta en marcha. El buen uso de este tipo de aparatos requería que se realizaran de forma continua gasometrías, lo que obviamente no era el cometido del laboratorio.

Es de reseñar que las prácticas de fisiología eran distintas a los contenidos que se impartían en la asignatura obligatoria denominada valoración de la condición biológica, de la que era responsable el profesor Julio Cesar Legido Arce. Para algunas prácticas, como ya se ha señalado, se utilizaba material propio de la citada asignatura, en la cual además del contenido teórico sobre el significado y procedimientos de

valoración tratados, se realizaban pruebas sencillas en las que apenas se requería poco material, como por ejemplo diversas modificaciones del test de Harvard, el test de flack o la composición corporal.



En resumen, durante este periodo se “gestó” el Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo. Se puede considerar que el equipamiento durante este periodo era más que aceptable. Probablemente, en España habría pocos, por no decir ninguno, laboratorios especializados en el control y valoración de los deportistas que tuvieran un aparatos como los que tenía en ese periodo el INEF. Sin embargo, la utilización de estos aparatos se reducía a la actividad de un único profesor lo que obviamente hacía inviable sacar provecho más allá del aspecto docente, plasmado en clases prácticas.

### 3. SEGUNDO PERIODO DEL LABORATORIO DE FISIOLÓGÍA DEL ESFUERZO (1982-2000)

#### 3.1 Análisis del plan de estudios y de los promotores del laboratorio.

*Los planes de estudio.* Aproximadamente 20 años después de empezar el INEF, dos órdenes ministeriales (O.PE-INEFs, PE-INEF de 1981, , PE-INEFs/1981 de 18 de julio) determinan los planes de estudio y las pruebas de acceso a los INEFs de Madrid y Barcelona. Aquí se regula dos niveles, diplomado (3 años de duración) y licenciado (5 años de duración). En 1996 se aprueba un nuevo plan de estudios, cuya novedad más importante es la eliminación de los dos niveles. En este plan de estudios se sigue manteniendo la misma carga lectiva (3 horas/semana) para la asignatura de fisiología humana. La distribución de las asignaturas relacionadas con el laboratorio de fisiología del esfuerzo era la siguiente:

##### Plan 1981

- Curso 2º (Fisiología humana: 3 horas/semana). Obligatoria y anual. Tenía por objetivo explicar el funcionamiento de los órganos y tejidos en condiciones de reposo. Es decir, de forma clásica se explicaba la fisiología del sistema cardiovascular, aparato respiratorio, etc
- Curso 3º (Fisiología del ejercicio I: 3 horas/semana). Obligatoria y anual. Tenía por objetivo explicar el funcionamiento de organismo en ejercicio.
- Curso 5º (fisiología del ejercicio II: 3 horas/semana). cuatrimestral y optativa

##### Plan 1996

- Curso 1º (Fisiología humana: 3 horas/semana). Igual que en plan 1981
- Curso 3º (Bases Fisiológicas del Esfuerzo). Cuatrimestral. Tenía por objetivo explicar de forma general el funcionamiento del organismo en ejercicio
- Curso 4º (Fisiología del ejercicio). Anual. Tenía por objeto profundizar en el funcionamiento del organismo durante el ejercicio
- Curso 5º (Valoración de la condición biológica. Optativa. Tenía por objeto explicar los métodos y procedimientos para valorar la condición física.

*Los profesores responsables directa o indirectamente relacionadas con el laboratorio de fisiología del esfuerzo.*

**Agustín Meléndez Ortega.** En 1976 en el INEF se recibe la visita del Dr Benedict Coren, profesor del Cheyney State College de Pensilvania (EE.UU) que en su visita a las instalaciones del INEF conoce al profesor Meléndez en el laboratorio y después de charlar con él le anima a continuar sus estudios en EE.UU. Dicho profesor le facilita diversos contactos y el profesor Meléndez comienza una serie de consultas a título personal para poder continuar sus estudios en EE.UU. Después de varias gestiones e intentos, el Dr. Ben Coren, que ha venido apoyando la iniciativa de forma altruista, le comunica la posibilidad de ser aceptado en el programa post-grado de la Universidad de Nuevo Méjico (UNM) ubicada en Albuquerque (NM-EE.UU.).

Una vez aceptado por la universidad en 1980, el profesor Meléndez solicita al Consejo Superior de Deportes (de quien dependía el INEF en ese momento) una excedencia especial de su puesto de trabajo para ampliar sus estudios con la recomendación del entonces director del INEF Fernando Vizcaíno Nodal quien resalta la importancia para el centro de la especialización en Fisiología del Ejercicio de dicho profesor. Consigue también una ayuda de viaje a manera de beca por un año, período previsto para poder adquirir cierta experiencia en el trabajo de laboratorio, y quizás un “Master of Science” en Fisiología del Ejercicio y se desplaza a EE.UU. al finalizar el curso 1980-1981.

La estancia prevista para el profesor Meléndez era de 1 año académico. Sin embargo, al no poder utilizar el equipo necesario para la recogida de datos de su “tesis de maestría” como tenía previsto, ya que el equipo era necesario para la recogida de datos de un proyecto de investigación para los Laboratorios Federales SANDIA, en el que también él estaba tomando parte, solicita una prórroga de su excedencia especial. Con el apoyo del director Fernando Vizcaíno se le concedió una prórroga de la excedencia por un año, manteniendo la “ayuda económica”. Durante esta prórroga, termina y defiende su tesis de maestría (Master’s Degree) y continúa cursando créditos de algunas asignaturas de manera que al terminar dicha prórroga tiene superados una serie de créditos para un programa doctoral (Ph.D.). Sus tutores le animan para que continúe y termine el programa. Solicita prórrogas de su excedencia especial y las gestiones de

Fernando Vizcaíno consiguen que se le prorrogue sus excedencias hasta el curso 1984-1985, aunque no le prorrogan la “beca”.

Afortunadamente, en esos momentos el profesor Meléndez fue propuesto y contratado como “Research Assistant” (Asistente de investigación) para el “Human Performance Laboratory” de la Universidad lo que le permitió conseguir una buena experiencia en el manejo del laboratorio y sus protocolos y terminar su programa doctoral.

Finalmente, el profesor defiende su disertación (tesis doctoral) en septiembre de 1985 reintegrándose al INEF a mediados de octubre y es nombrado Ph.D. por la Universidad (ya ausente de ella) en diciembre de 1985. Se hace mención a éste hecho, porque consideramos es trascendental para entender el cambio en el funcionamiento del laboratorio.

**Eusebio Alvaro-Gracia y Francisco Javier Calderón Montero.** Durante el periodo de estancia del profesor Melendez en Estados Unidos, el profesor Álvaro gracia se queda sin ayudante para la preparación de las clases. Dos médicos se incorporan al INEF para ayudar al profesor Álvaro-Gracia, pero sin ninguna vinculación contractual, lo que obviamente condiciona su labor en el Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo.

**Guadalupe Garrido Pastor.** Esta profesora colabora con el profesor Álvaro-gracia en las asignatura de fisiología del ejercicio. Posteriormente, cuando se incorpora el profesor melendez, colabora con éste en el desarrollo de las clases en la asignatura de fisiología del ejercicio.

### **3.2 Actividad del laboratorio con un objetivo docente**

Las circunstancias señaladas (ausencia de profesor Melendez y la asistencia voluntaria de los profesores ayudantes Álvaro-Gracia y Calderón) y la entrada de un nuevo plan de estudios (1986) determinan que **las prácticas que hasta entonces se habían desarrollado dejen de realizarse** durante el periodo de tiempo comprendido entre 1982 y 1985. El plan de estudios seguía siendo el mismo, pero las circunstancias habían cambiado, pues las dos personas encargadas de ayudar al profesor Álvaro-Gracia no tenían disponibilidad para hacerse cargo de las prácticas.

En el curso 1985-1986 (octubre 1985) se incorpora el profesor Melendez a sus tareas docentes, encargándose de las siguientes materias del plan de estudios:

Dado que las dos primeras asignaturas eran obligatorias (Bases Fisiológicas del Esfuerzo y fisiología del ejercicio I), el elevado número de alumnos y que el número de profesores se reducía al citado profesor y a la profesora Guadalupe Garrido Pastor, no era viable realizar prácticas. Únicamente en la asignatura optativa era dónde se llevaban a cabo englobando las prácticas de valoración de la condición biológica. En la tabla 3 se muestra el contenido del programa de fisiología del ejercicio II (Plan de estudios OM de 20 de julio 1981), asignatura eminentemente práctica. Al ser un número reducido y a la optatividad de la asignatura, la viabilidad de su desarrollo era factible a pesar de haber dos grupos (mañana y tarde).

Bajo la dirección de Jose Luis Hernández Vázquez y el asesoramiento del profesor Meléndez se realizó, de nuevo, otra gran inversión en aparatos (tabla 4) para el Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo. El motivo de solicitar un nuevo analizador, dado que se habían adquirido dos anteriormente (véase periodo 1975-1981), fue debido al avance que había experimentado principalmente la informática, ya que los sistemas de valoración del volumen y composición del gas espirado habían mejorado pero no en la medida de ser mucho mejores que los anteriores.

<b>Tabla 3</b>	
Contenido de la asignatura	Material necesario y disponible
Valoración de la condición biológica	No se requería
Frecuencia cardiaca	Cronómetros, Electrocardiograma. Escalón. Cinta rodante. Cicloergómetro
Presión arterial	Aparatos de mercurio, fonendoscopios
Consumo de oxígeno	Analizador del volumen y composición del gas espirado. Cinta rodante. Cicloergómetro
Umbral anaeróbico	Analizador del volumen y composición del gas espirado. Cinta rodante. Cicloergómetro. Analizador de lactato
Potencia y resistencia anaeróbica	Cicloergómetro. Cornómetros. electrocardiograma
Composición corporal	Material de antropometría
Fuerza y resistencia muscular	Dianamómetro. Cronómetro
Condición neurológica	No se requería
Perfil fisiológico	No se requería

<b>Tabla 4. Aparatos adquiridos para el Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo (1985-1986)</b>	
Aparato	Características
Analizador de gases Medical Graphics	Sistema de medición del volumen y composición del gas espirado para determinar parámetros de intercambio respiratorio ( $VO_2$ , $V_E$ etc)
Cinta rodante Power Jog	Aparato que permite medir la velocidad de carrera y la inclinación
Dinamómetro isocinético	Permite la medición de la fuerza con independencia de la velocidad de ejecución
Analizador de lactato (Yellow Spring Instrument Co. Inc. modelo 23 L)	Permite la valoración de la concentración de lactato en sangre

El equipo Medical Graphics permitía que los datos aportados por los sistemas de medición se incorporaran a un software de forma automática, permitiendo la impresión de los resultados y los correspondientes gráficos, lo que en la actualidad nos parece un requisito imprescindible para la valoración de las pruebas de ergoespirometría de forma eficiente. Por otra parte, la cinta existente (véase tabla 1) se había quedado obsoleta pues no se podían alcanzar velocidades que cualquier persona medianamente entrenada alcanza y el cicloergómetro Jaeger, a pesar de funcionar correctamente no alcanzaba carga suficiente para deportistas potentes o con tallas altas y pesados.

La utilización de este aparataje fue fundamentalmente para la docencia, pues las posibilidades de investigación estaban muy limitadas por dos razones íntimamente ligadas. En primer lugar, al no existir prácticamente paro en la profesión, los alumnos que se graduaban no encontraban aliciente para incorporarse a una carrera de dudosa duración. ¡Quien se iba a aventurar a estar otros 3 o 4 años más en un proyecto de investigación conducente a la obtención del título de doctor, cuando además todavía el INEF no estaba totalmente integrado en la universidad!. En segundo lugar, el interés del alumnado por desarrollar su actividad profesional en el campo de la fisiología en general y la del ejercicio en particular era más bien escaso. Naturalmente, salvo raras excepciones.

Ciertamente se realizaron algunos estudios de investigación que tuvieron un doble objetivo: 1º) presentar comunicaciones en congresos nacionales e internacionales (13 comunicaciones) y 2º) la realización de trabajos (6 publicaciones en revistas nacionales) conducentes a la consecución del título de doctor por profesores del INEF.

#### 4. TERCER PERIODO DEL LABORATORIO DE FISIOLÓGIA DEL ESFUERZO (2000-actualidad).

##### 4.1 Razones del “impulso” del laboratorio.

Durante el periodo de 1998 al 2002 se habían estado realizando gestiones para la entrada definitiva en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), siendo los responsables, por parte del INEF el director Fernando Vizcaino Nodal, en su segundo mandato como director (1998-2002) y Rafael Portaencasa Baeza como rector de la UPM. Dichas gestiones fructifican en diversos reales decretos cuyo final es la definitiva adscripción del INEF a la UPM (<http://www.INEF.upm.es/INEF/Facultad/Reseña/Integracion>). Así pues, el INEF forma parte real de la comunidad universitaria desde el 1 de octubre de 2003. Esta reseña es imprescindible para comprender la labor del Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo desde el 2000 a la actualidad, si bien es cierto que unos años antes ya se habían estado realizando gestiones para incorporar alumnos becarios.

La realidad es que la adscripción del INEF a la UPM ha sido definitiva para el laboratorio fisiología del esfuerzo. De forma somera se describen las ventajas que para el laboratorio ha tenido la incorporación a la UPM

1ª) Posibilidad de entrar en la dinámica de cualquier laboratorio al permitir la contratación de personal técnico cualificado. Esta ventaja puede ser inherente a cualquier universidad. Pero la UPM, al ser una universidad formada por personas con un eminente sentido “técnico” de la acción universitaria, pensamos ha cuidado este aspecto imprescindible para el funcionamiento de cualquier laboratorio.

2ª) Posibilidad de entrar en la dinámica universitaria al facilitar la incorporación de los mejores alumnos a la actividad de una universidad. Es decir, poder conceder becas de grado y postgrado que hasta entonces era prácticamente inviable. Esto naturalmente no es propio de la UPM, pero consideramos que el apoyo dado por los responsables ha sido muy importante para que a lo largo de 14 años se hayan incorporado al funcionamiento del laboratorio alumnos con beca postdoctoral y beca de concedida por universidades extranjeras.

En la tabla... se muestran los alumnos que desde 1998 hasta ahora han pasado por el Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo. Todos los alumnos becarios han contribuido de forma altamente eficaz al desarrollo del laboratorio

Andreu Alfonso	Pedro J. Benito Peinado	Augusto García Zapico
		
1998	2000	2001
Ana Belén Peinado Lozano	Víctor Díaz Molina	Javier Noya
		
2004	2004	2005
Rocio Cupeiro Coto	María Álvarez	Esther Morencos Martínez

		
2005	2005	2006
Javier Butragueño Revenga	Blanca Romero Moraleda	Miguel Ángel Rojo Tirado
		
2007	2009	2009
Barbara Szendrei	Eliane Aparecida de Castro	
		
2012	2013	

3ª) Finalmente, pensamos que debido a la idiosincrasia de la UPM, la entrada en esta universidad ha sido fundamental para la realización de las labores de gestión del Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo. La razón fundamental es que siendo director Jesús Javier Rojo González (2001-2006), el profesor Francisco Javier Calderón Montero propone un proyecto de “investigación” consistente en la realización de reconocimientos médicos y valoración de la condición biológica. Este proyecto es realizado a través de la Oficina de Transferencia Tecnológica (OTT) de la UPM bajo la denominación siguiente: “Proyecto abierto para pruebas de valoración y control de rendimiento deportivo solicitados por federaciones deportivas regionales, clubs y empresas privadas y particulares” (P 011100-518). Este proyecto está vigente en la actualidad y funciona con un notable éxito, como se puede comprobar en los siguientes epígrafes.

Con estas consideraciones es fácil entender como el Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo experimenta un impulso definitivo, naturalmente no exentas de dificultades de todo orden. Una de las dificultades es la simultanear las labores docente e investigadora: la puesta en marcha de cualquiera de las dos funciones requiere recursos materiales y humanos. Dentro de este periodo, debido a los recursos materiales y humanos, se puede dividir según los siguientes años: 1) hasta el 2007-2008 y 2) a partir del 2008.

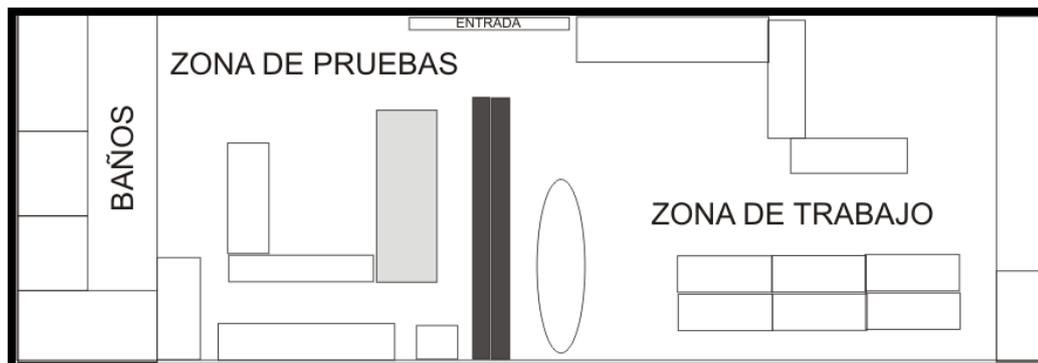
Del 2001, cuando empezó el proyecto hasta el 2007, el laboratorio funcionó con la asistencia voluntaria del médico, Francisco Javier Calderón Montero, y la actividad desarrollada por los tres primeros becarios oficiales de la UPM, Andreu Alfonso, Pedro J. Benito Peinado y Augusto García Zapico.

A partir del 2007, siendo decano el profesor Javier Sampedro Molinuevo, la profesora Marcela González Gross, entonces vicedecana de calidad realiza una labor fundamental para el INEF. Aunque estaban previstos por el anterior responsable del centro, el profesor Jesús Javier Rojo González, la realidad es que las gestiones de la profesora con los responsables de la universidad fueron definitivas para dotar a los laboratorios de personal técnico. En lo que respecta al Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo, se consiguen dos plazas, una de médico y un técnico. Mediante el correspondiente sistema de evaluación, el primer técnico fue Victor Díaz Molina (2008-2009) y con posterioridad cubre la plaza vacante Javier Butragueño Revenga (2010-actualidad). Con buen criterio y de acuerdo a la normativa relativa a la responsabilidad del control de las pruebas de esfuerzo, por recomendación del profesor Calderón, se contrata a un médico en dedicación a tiempo parcial. Se selecciona a la doctora Mercedes Galindo, médico deportivo, para el control

médico de la asistencia al proyecto (**P01 1100-518**). La labor del médico (2008 hasta la actualidad) ha sido trascendental en la buena marcha del laboratorio. Por consiguiente, es fácil comprender las diferencias de funcionamiento entre ambos subperiodos (2001-2007 y 2008-actualidad).

### ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DEL LABORATORIO DE FISIOLÓGIA DEL ESFUERZO

El laboratorio se encuentra ubicado en la 6ª planta del INEF con una superficie de aproximadamente 90 m<sup>2</sup> en una distribución del espacio muy limitada, ya que en la citada superficie existen dos zonas principales. Por un lado, un espacio de trabajo para profesores vinculados al LFE, profesores con estancias cortas, becarios de doctorado y alumnos de grado interesados en colaborar con el laboratorio. Por otro lado, la zona de pruebas de esfuerzo para proyectos de investigación y pruebas externas para deportistas populares.



En el año 2009, tras la adquisición de un nuevo aparato para la realización del proyecto PRONAF y la medición de la composición corporal (densitómetro dual de rayos x), el espacio se aumentó con una habitación dentro de la planta 6, donde se ubicó el aparato.

A día de hoy el organigrama del laboratorio se compone del Director del laboratorio, dos jefes de área que son la cabeza visible de la investigación principal, un médico, un técnico, profesores, becarios de doctorado y alumnos de grado.

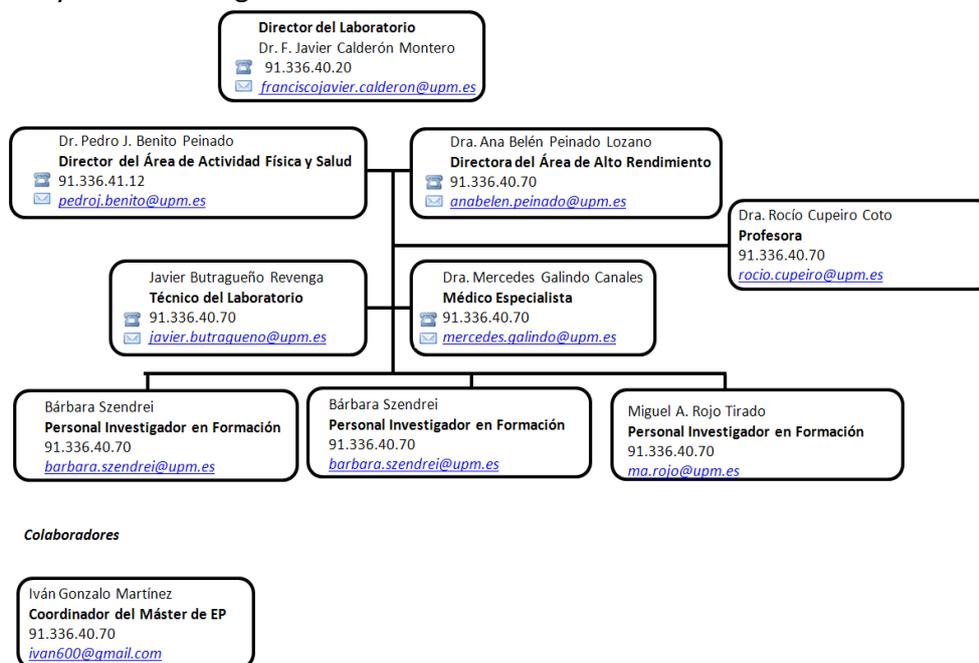
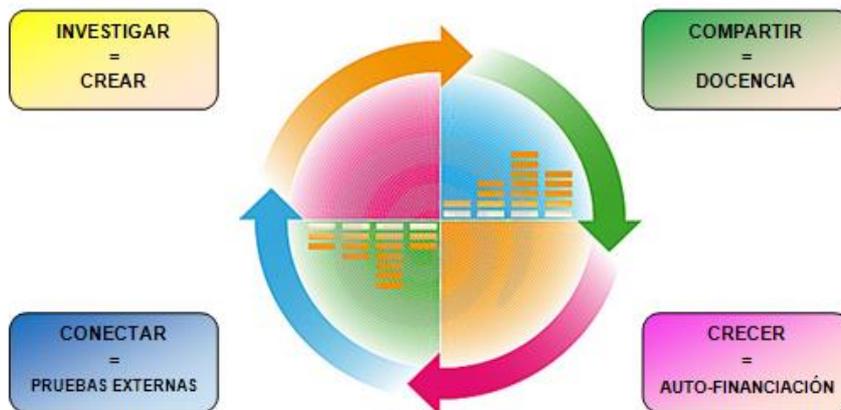


Figura : Organigrama del laboratorio 2015

Con este esquema, el LFE se ha centrado en 4 aspectos básicos como objetivos fundamentales: Docencia, investigación, pruebas externas y modelo de auto-financiación.



### 1. Docencia.

Desde sus inicios, el LFE ha sido un lugar para aprender fisiología humana desde una base práctica. Las puertas han estado abiertas a alumnos y diferentes estudiantes que querían realizar los estudios de doctorado. Por otro lado, aunque la realización de una serie de prácticas no obligatorias no están contempladas en los planes de estudio (1995 y 2009), desde esta fecha, estas prácticas han sido promovidas por el profesor Pedro J. Benito y se circunscriben a la asignatura de fisiología del ejercicio. De esta manera, se propuso un sistema de prácticas transversales en diferentes asignaturas del Departamento de Salud y Rendimiento Humano:

- Fisiología humana.
- Fisiología del ejercicio.
- Nutrición y deporte.
- Valoración de la condición biológica
- Musculación.

El objetivo fundamental era dotar al centro y al alumnado de un modelo de prácticas orientado a las necesidades fundamentales del licenciado o graduado, aportando un conocimiento práctico en diferentes pruebas de valoración de la condición física y la interpretación básica de los principales resultados. Es decir, plasmar la fundamentación teórica en práctica.

Las prácticas se centraron en:

<p><b>Pruebas de esfuerzo: Interpretación, valoración y cómo comunicarle al deportista los principales datos que nos aporta esta prueba.</b></p>	<p><b>Wingate: potencia anaeróbica</b></p>
	
<p><b>Metabolismo basal</b></p>	<p><b>Gasto Energético</b></p>

1. Las fechas y las prácticas realizadas son estimaciones basadas en recuerdos personales y documentos personales recibidas en las fechas referenciadas



**Electromiografía**



**Electrocardiograma:**



**Valoración de la fuerza**



**Valoración de la composición corporal**





establecer contactos internacionales y nacionales estratégicos para estancias en el extranjero para los alumnos de doctorado o colaboraciones en publicaciones relacionadas con las líneas del grupo de investigación del LFE. Hasta la fecha, grandes investigadores y profesionales del ámbito han pasado por el Simposio.

	<p><b>INTERNACIONALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Michael Joyner: Clínica Mayo. Rochester Minesota. EEUU</li> <li>• Dr. Claude Bouchard: HUman Genomics Departement. Pennington Biomedicar Research Center. EEUU.</li> <li>• Dr. Christopher B. Scott: Departement of exercise, Health and Sport Sicencies.</li> <li>• Kevin D. Hall: National Institutes Of Health. EEUU.</li> <li>• Nico Rizzo:</li> <li>• Dr Marzo Edir Da Silva. Universidad Federal de Sergipe. Brasil</li> </ul> <p><b>NACIONALES</b></p> <p>Dr. López Calbet. Universidad de las Palmas.          Dr. Mikel Zabala. Universidad de Granada.          Iñigo Mujika. <i>Universidad del País Vasco</i>.          Dr. Francisco Ortega. Universidad de Granada.          Dr. Domingo Gonzñanes Lamuño. Universidad de Santander. Insitituto Marqués de Valdecillas.          Dr. David García: Universidad Miguel de Cervantes.          Roberto Estévez Palaciones</p>
--	--

Asimismo, desde el LFE han surgido otras iniciativas para desarrollar cursos y asignaturas de libre elección relacionadas con los principales puntos débiles detectados en nuestros alumnos.

- Curso Medición de la frecuencia cardiaca durante el esfuerzo con pulsómetro.
- Curso Manejo de software fundamental para el desarrollo de informes deportivos en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

Finalmente, en la esfera docente, hay que señalar la participación de profesores vinculados directamente al laboratorio de fisiología del esfuerzo en el grado de biotecnología. En este grado, se participa impartiendo la asignatura de fisiología humana, en la cual están contempladas prácticas de fisiología

## 2. Investigación:

Este apartado merecería realmente una publicación única, no tanto por la relevancia de las investigaciones sino por el esfuerzo que ha supuesto llevarlas a cabo. Realmente “de la nada” se ha pasado a un “nivel aceptable”, siendo todavía muy bajo respecto a otros laboratorios internacionales. La investigación del LFE está dividida en dos líneas.

1. **Salud:** dirigida por el Dr. Pedro J. Benito Peinado
2. **Alto rendimiento y deporte:** desarrollada por la Dra. Ana Belén Peinado Lozano.

En los últimos años, por razones de “estrategia científica”, el mayor esfuerzo se ha dedicado a la línea de salud, haciendo mención especial al proyecto de investigación PRONAF (Programas de Nutrición y Actividad Física para el tratamiento del sobrepeso y la obesidad DEP2008-06354-C04-01), llevado a cabo por la Universidad Politécnica de Madrid durante cinco años (2007-2011).



Hasta la fecha, este proyecto ha sido el más importante que se ha llevado a cabo en el laboratorio, dando como resultado en 5 publicaciones internacionales, varios artículos sometidos en el momento, 5 tesis

1. Las fechas y las prácticas realizadas son estimaciones basadas en recuerdos personales y documentos personales recibidas en las fechas referenciadas

doctorales y 2 que quedan por defender, 20 comunicaciones y 30 póster en congresos y una spin off con base tecnológica (Centro PRONAF S.L) creada en 2011.

En el área del alto rendimiento, también existe un gran trabajo científico dedicado a la respuesta y adaptación del organismo al ejercicio y entrenamiento, respectivamente. Los principales proyectos desarrollados en el laboratorio han sido:

- Proyecto IRONFEMME: Estudio del metabolismo del hierro y el impacto muscular durante el ciclo menstrual en mujeres deportistas
- Proyecto federación de ciclismo (bmx): Efectos de la administración de bicarbonato sódico sobre el rendimiento en un test de campo en ciclistas profesionales.
- Proyecto hidratación: Efecto de la hidratación sobre los niveles de homocisteína tras el ejercicio físico en varones físicamente activos.
- Proyecto federación de tenis: Point by point breathing pattern recovery in professional tennis players.
- Proyecto vitamina c y e: Efecto de la suplementación con vitamina c y e sobre la secreción de interleukina 6 y la regulación de hepcidina.
- Proyecto exernet: Antioxidantes y estrés oxidativo.

Durante este periodo (2009-2015), se han realizado también colaboraciones con otras instituciones. El objetivo fundamental es abrir una vía colaborativa con otros grupos de investigación dentro de la Universidad Politécnica de Madrid y otros centros externos. El desarrollo de una red de trabajo común nos ofrece la posibilidad de mejorar los procesos de investigación y dar un valor añadido de conocimiento dentro del LFE. Los principales proyectos en este sentido han sido:

- Colaboración con el grupo de biotecnología (GBT) de la Universidad Politécnica de Madrid para evaluar un páncreas artificial y su utilidad durante el ejercicio.
- Colaboración **con PemaGroup** mediante la influencia de la masa corporal y pliegues corporales en la temperatura mediante termografía.
- Proyecto ACTICOMP: Influencia de la actividad física y la composición corporal en el control postural.
- Colaboración con la universidad de Toledo mediante la medición y la valoración de la masa corporal en el proyecto: Efectos de un programa de entrenamiento basado en actividad física vigorosa (afv) sobre la composición corporal en niños y niñas con sobrepeso y obesidad.
- Colaboración con Radiometer. Empresa privada que colaboró para el estudio de muestras de lactato con analizador ABL80Flex

RADIOMETER

**ABL80 FLEX**  
Specifications



**Colaboración  
Radiometer-LFE**

Comprobar la validez del ABL 80 para  
medir muestras de lactato, obtenidas  
en situación de ejercicio físico  
submáximo y máximo

RADIOMETER

LFE LABORATORIO DE FISIOLÓGIA DEL EJERCICIO



## ESTANCIAS EN EL EXTRANJERO

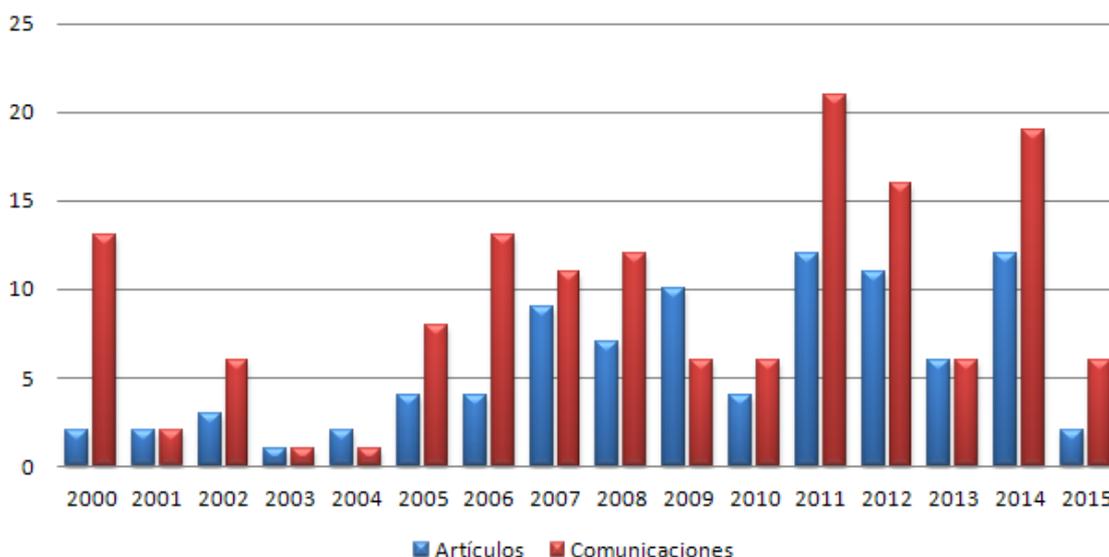
Para conseguir ser un laboratorio de referencia en España, era necesario ampliar los contactos internacionales y la colaboración desarrollada con los mismos. La mayor parte de los componentes del laboratorio han ayudado a crear una red de contactos internacional como se puede observar en la siguiente imagen:

1. Las fechas y las prácticas realizadas son estimaciones basadas en recuerdos personales y documentos personales recibidas en las fechas referenciadas



La actividad investigadora del grupo del LFE durante este periodo ha sido modesta con un total de 91 artículos publicados en revistas nacionales e internacionales, 147 comunicaciones a congresos nacionales e internacionales y 11 proyectos. Ciertamente con las oscilaciones propias de la investigación, la realidad es que desde el año 2000 a la actualidad la tendencia ha sido creciente en la publicación de los estudios realizados en el laboratorio de fisiología del esfuerzo.

### Artículos y comunicaciones



La Competición de Creación de Empresas UPM dirigida a estudiantes, profesores e investigadores de la Universidad Politécnica de Madrid, motivó al grupo del LFE a desarrollar después del Proyecto de investigación “Programas de Nutrición y Actividad Física para el tratamiento del sobrepeso y la obesidad”), una empresa que diera forma al *Know-how* adquirido durante esos cuatro años y utilizarlo como transferencia del conocimiento a la sociedad. La empresa llamada Centro PRONAF surge con la misión principal de re-diseñar los modelos y programas para el tratamiento del sobrepeso y la obesidad. Por otro lado, ofrecer planificaciones

1. Las fechas y las prácticas realizadas son estimaciones basadas en recuerdos personales y documentos personales recibidas en las fechas referenciadas

nutricionales y de entrenamiento, con base científico-técnicas, para todos los deportistas que buscaban mejorar su rendimiento deportivo.

### 3. Pruebas externas.

Mediante las pruebas de esfuerzo externas a deportistas populares (**P 011100-518**), el laboratorio ha ido subsistiendo durante los años de crisis y manteniendo un servicio de calidad para la comunidad deportiva. El objetivo principal es estudiar las respuestas y adaptaciones que se producen en un sujeto, cuando su organismo es sometido a las demandas derivadas de un esfuerzo físico máximo.

Durante éste periodo, la evolución en el número de pruebas y el desarrollo de las mismas ha sido considerable. Tener un médico del deporte a tiempo parcial dedicado a esa actividad, ha hecho que fuese posible aumentar esas pruebas y que el servicio mejorase de manera exponencial, realizando hasta la fecha más de 6000 pruebas de esfuerzo a deportistas populares, sub-élite y élite, teniendo en cuenta que se realizan unas 300 pruebas durante los cursos académicos. La demanda en la actualidad ha determinado que se den citas en este curso con más de 4 meses de antelación. El resultado de este volumen de pruebas no sólo ha sido a nivel asistencial, sino que ha permitido la realización de una tesis doctoral con los datos de más de 770 personas: *“Análisis descriptivo y correlacional de las pruebas de ergoespirometría realizadas en el laboratorio del INEF de Madrid”*.

### 4. Autofinanciación

Como se ha comentado anteriormente, la entrada del INEF en la Universidad tuvo unas ventajas extraordinarias. Sin embargo, en la actualidad la adquisición de material, los contratos de prevención de la maquinaria del laboratorio y la financiación de proyectos en gran medida dependen del sistema de autofinanciación del propio laboratorio y la colaboración con otras entidades. Por ese motivo, la gestión interna del LFE se ha convertido en un pilar fundamental para el correcto funcionamiento del mismo. Este hecho ha obligado a gestionar las pruebas externas como parte imprescindible para aumentar los ingresos externos y mantener activos los recursos del LFE. Durante los últimos 3 años (2012-2015), gracias a ofrecer los servicios al Máster de Entrenamiento Personal y a la empresa Centro PRONAF, los ingresos aumentaron entre 5000 y 10000 €, siendo el principal motor del cambio.

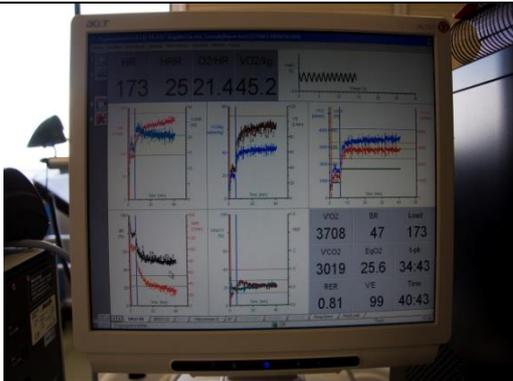
Por otro lado, durante el último año, se ha trabajado para sacar una línea dentro del laboratorio que ofrezca a las empresas validar o testar sus productos en nuestras instalaciones mediante acuerdos de colaboración. Esta nueva línea de trabajo puede hacer que comience una relación empresa-laboratorio que podría ayudar a la expansión del mismo y generar nuevos recursos para seguir creciendo.

En razón a esta figura se realizarán las siguientes consideraciones:

1. Adquisición de equipamiento
2. Balance ingresos/gastos

#### **Adquisición de equipamiento.**

Aunque, es cierto que el laboratorio nunca estuvo parado, el proyecto de “apertura” (*“Proyecto abierto para pruebas de valoración y control de rendimiento deportivo solicitados por federaciones deportivas regionales, clubs y empresas privadas y particulares” P 011100-518*) requería una nueva inversión en tecnología. La primera adquisición de aparatos (tabla...) se hizo efectiva, como se ha señalado anteriormente, siendo director del INEF Jesús Javier Rojo González. La segunda fuerte inversión (tabla...) se realizó a cargo del presupuesto de un proyecto de investigación (PRONAF)

Tabla de adquisición de equipamiento antes del 2008	
Aparato	Función
Analizador del volumen y composición del gas espirado de sobre mesa para la realización de pruebas de esfuerzo más un módulo para realización de ECG	
Analizador del volumen y composición del gas espirado portátil	
Cinta rodante HP cosmos	
Cicloergómetro	
Sistema para medir la potencia muscular Muscle lab	

Aparato de gasometría (ABL 77)



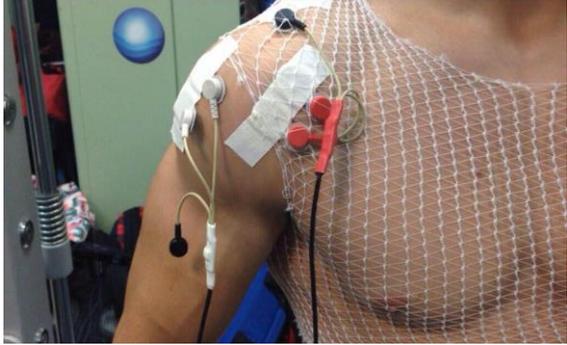
Desfibrilador Marquette Responder® 3000



Aparte de este equipamiento, mediante los ingresos que generaba el mencionado proyecto se adquirió pequeño material, válido tanto para la docencia como para la investigación: 8 aparatos para medir la presión arterial, con sus correspondientes fonendoscopios, 1 Camilla, 2 dinamómetros de mano y 2 dinamómetros de piernas y tronco

Tabla de adquisición de equipamiento después del 2008

Aparato	Función
Analizador del volumen y composición del gas espirado portátil	
Cicloergómetro Lode escalibur	
Aparato portátil para medir la concentración de lactato Dr lange	
Aparato portátil para medir la concentraicón de lactato Lactate Pro	
Aparato para medir la glucosa en plasma	
Aparato de densitometría (DXA)	

<p>Sistema para medir la potencia en las bicicletas SRM Training System</p>	
<p>Acelerómetro BodyMedia SenseWear System</p>	
<p>Pulsómetros POLAR</p>	
<p>Electromiografo de superficie</p>	
<p>Cicloergómetro cargirus para la realización del test de Wingate</p>	
<p>Plataforma de equilibrio</p>	

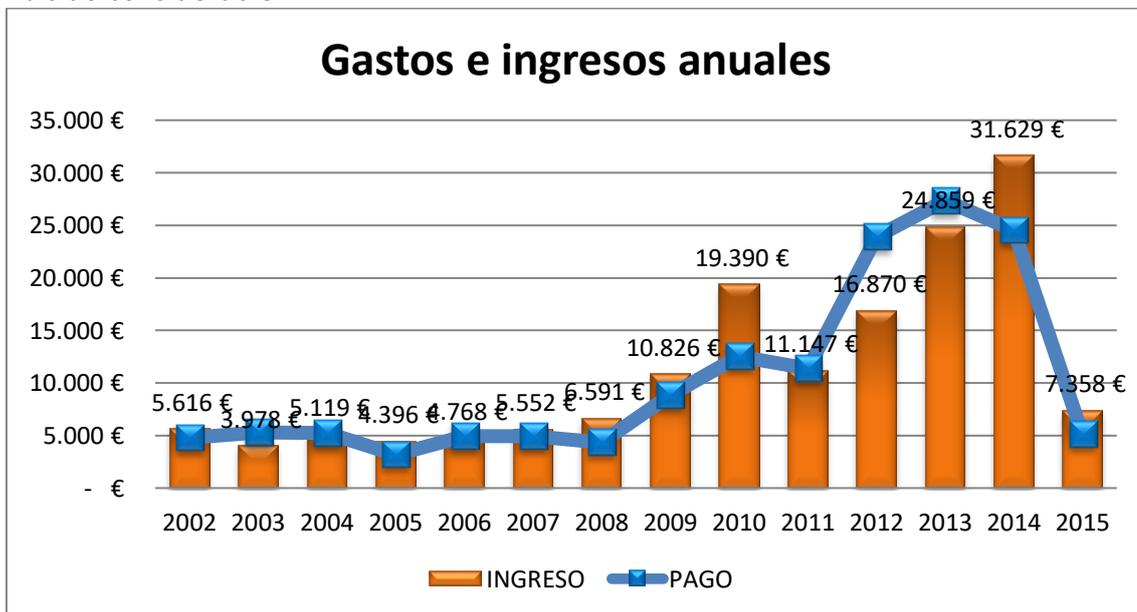
YSI 1500 Sports



Igualmente, con fondos generados por el propio laboratorio se adquirió equipamiento tanto para labores propias de docencia e investigación como de gestión, tales como: 4 ordenadores portátiles y 12 de sobremesa, 1 Proyector, 2 Impresoras y 1 Estación meteorológica

### BALANCE INGRESOS/GASTOS

Durante el desarrollo y la evolución del laboratorio, el balance de ingresos y gastos ha mostrado una tendencia de equilibrio durante los años 2001 a 2008 (Figura ). En este periodo de evolución del LFE teníamos un promedio de 5000 € de ingresos y 4600 € de gastos. Estos ingresos eran debidos al esfuerzo de Javier Calderón, Pedro J Benito y Augusto Zapico, que comenzaron a realizar pruebas de esfuerzo externas, cobrándolas a un precio de 70 €, muy por debajo de la realidad del mercado (120-180€), el esfuerzo realizado ha sido considerable.



Desde el año 2008 donde como se ha comentado anteriormente entra un médico a tiempo parcial y un técnico de laboratorio. En el año 2009, se observa un incremento considerable en los ingresos debido al acuerdo que se realizó para desarrollar las pruebas de valoración y control del entrenamiento en el proyecto I+D+i de la Universidad de Zaragoza (Departamento de Farmacología y Fisiología) (DEP2008-03204) titulado *“Concordancia y validación de las ecuaciones estequiométricas en relación a la técnica respiratoria de razón isotópica (13C/12C), para todo el rango de intensidades aeróbicas del ejercicio”*, comenzando una nueva línea de trabajo en colaboración con otras Universidades. Este proyecto dio lugar a un incremento de los ingresos durante los años 2009 y 2010 debido a que el pago total se hizo en tres cuotas repartidas durante estos años académicos.

Por otro lado, durante los años 2009-2010, los ingresos del laboratorio aumentaron debido a la aportación de un proyecto externo I+D+i como consecuencia de un proyecto con la consejería de deportes de Mallorca, obteniéndose un adelanto a dicho proyecto por parte de la UPM. A consecuencia de los problemas políticos que se produjeron, ajenos a nuestro laboratorio, este pago a día de hoy no se ha

1. Las fechas y las prácticas realizadas son estimaciones basadas en recuerdos personales y documentos personales recibidas en las fechas referenciadas

devuelto, como consecuencia, el LFE ha tenido que hacerse cargo de reintegrar la totalidad del dinero prestado a cuenta por la universidad (30.000 euros). Por ese motivo, durante el año 2012 el saldo es de cero.

Sin embargo, durante los últimos años (2012-2015), el laboratorio ha incrementado sustancialmente los ingresos debido a la gestión de sus recursos y en la actualidad nos encontramos con un superávit de 18.000 €. aproximadamente.

Es necesario resaltar que los gastos del laboratorio se destinan a los siguientes fines:

1. Proyectos de investigación.
2. Adquisición de material.
3. Reparación de material.
4. Contratos de prevención y mantenimiento del equipamiento.
5. Prácticas para los alumnos.

## VISIBILIDAD EN LAS REDES

Toda la información del laboratorio se puede encontrar en varios recursos online:

1. Página institucional de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte: <http://www.inef.upm.es/INEF/Facultad/Laboratorios/LaboratorioFisiologia>

The screenshot shows the website of the Faculty of Physical and Sport Sciences (INEF) at the University of Polytechnic Madrid (UPM). The page is for the Laboratory of Physiology of Effort (L.F.E) for the 2014/2015 course. It includes a navigation menu, a search bar, and a list of services. The main content area is titled 'Presentación' and describes the laboratory's history and objectives. The laboratory was founded in 2000 and is part of a project for the evaluation and control of performance. It has a multidisciplinary team of researchers and technicians. The main objective is to create, share, connect, and grow, focusing on research and practical applications.

2. Redes sociales:

This block contains social media icons for Facebook, Twitter, and YouTube. Below the icons are three screenshots: 1) A Facebook page for the Laboratory of Physiology of Effort (LFE) showing a profile picture, cover photo, and a post about a seminar. 2) A Twitter profile for LFE showing a bio, a tweet about a study on physical activity and longevity, and a video thumbnail. 3) A YouTube channel page for LFE showing a video titled 'Prescripción de ejercicio en poblaciones especiales' and a banner for a symposium on strength training.

1. Las fechas y las prácticas realizadas son estimaciones basadas en recuerdos personales y documentos personales recibidas en las fechas referenciadas



La utilización de las redes sociales en el LFE ha servido para dar visibilidad al trabajo realizado dentro de la universidad, establecer relaciones externas con personas interesadas en el trabajo que realizamos dentro del laboratorio y conocer la opinión de los usuarios respecto al servicio que ofrecemos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, E. O. and M. A. Starks (2011). Exercise testing and prescription lab manual, Human Kinetics.
- Ashley, E. A., J. Myers, et al. (2000). "Exercise testing in clinical medicine." The Lancet **356**(9241): 1592-1597.
- Balady, G. J., R. Arena, et al. (2010). "Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults a scientific statement from the American heart association." Circulation **122**(2): 191-225.
- César, J. J., J. S. Martínez, et al. (1996). Manual de valoración funcional.
- Cooper, C. B. and T. W. Storer (2001). Exercise testing and interpretation: a practical approach, Cambridge University Press.
- Chaitman, B. R., M. J. Moinuddin, et al. (2007). Exercise testing. Cardiovascular medicine, Springer: 729-744.
- Ellestad, M. H. (1979). "Standards for adult exercise testing laboratories." Journal of Occupational and Environmental Medicine **21**(11): 763-770.
- Fernández Náres, S. (1993). La educación Física en el sistema educativo español: La formación del profesorado. Granada, Universidad de Granada: servicio de publicaciones. campus universitario de la Cartuja.
- Ferrero, J., L. García del Moral, et al. (1989). "Pruebas de esfuerzo." Generalitat Valenciana. Consellería de Cultura, Educación y Ciencia.
- Fletcher, G. F., G. J. Balady, et al. (2001). "Exercise standards for testing and training a statement for healthcare professionals from the American Heart Association." Circulation **104**(14): 1694-1740.
- Jackson, A. W., J. G. Disch, et al. (2011). Measurement and evaluation in human performance, Human Kinetics.
- Maroto Montero, J. M. and C. d. Pablo Zarzosa (2011). Rehabilitación Cardiovascular. Madrid, Médica Panamericana.
- McLean, J. and G. Tobin (1987). Animal and human calorimetry, Cambridge University Press.
- Medicine, A. C. o. S. (1980). Guidelines for graded exercise testing and exercise prescription, Lea & Febiger.
- Myers, J., R. Arena, et al. (2009). "Recommendations for Clinical Exercise Laboratories A Scientific Statement From the American Heart Association." Circulation **119**(24): 3144-3161.
- Pino, J., F. G. Río, et al. (2007). Pruebas de esfuerzo, Sanitaria 2000.
- Tanner, R. and C. Gore (2000). Physiological Tests for Elite Athletes, 2E, Human Kinetics.
- Velasco, J. and J. Maroto (1995). "Rehabilitación cardiaca. Evolución histórica y situación actual." Rev Esp Cardiol **48**(Supl 1): 1-7.
- Winter, E. M., A. M. Jones, et al. (2006). Sport and Exercise Physiology Testing Guidelines: Volume I—Sport Testing: The British Association of Sport and Exercise Sciences Guide, Routledge.
- Acevedo, E. O. and M. A. Starks (2011). Exercise testing and prescription lab manual, Human Kinetics.*
- Ashley, E. A., J. Myers, et al. (2000). "Exercise testing in clinical medicine." The Lancet **356**(9241): 1592-1597.
- Balady, G. J., R. Arena, et al. (2010). "Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults a scientific statement from the American heart association." Circulation **122**(2): 191-225.
- César, J. J., J. S. Martínez, et al. (1996). Manual de valoración funcional.
- Cooper, C. B. and T. W. Storer (2001). Exercise testing and interpretation: a practical approach, Cambridge University Press.
- Chaitman, B. R., M. J. Moinuddin, et al. (2007). Exercise testing. Cardiovascular medicine, Springer: 729-744.
- DeVries, H. A. (1971). Laboratory Experiments in Physiology of Exercise, WMC Brown.
- Ellestad, M. H. (1979). "Standards for adult exercise testing laboratories." Journal of Occupational and Environmental Medicine **21**(11): 763-770.
- Fernández Náres, S. (1993). La educación Física en el sistema educativo español: La formación del profesorado. Granada, Universidad de Granada: servicio de publicaciones. campus universitario de la Cartuja.

- Ferrero, J., L. García del Moral, et al. (1989). "Pruebas de esfuerzo." Generalitat Valenciana. Consellería de Cultura, Educación y Ciencia.
- Fletcher, G. F., G. J. Balady, et al. (2001). "Exercise standards for testing and training a statement for healthcare professionals from the American Heart Association." Circulation **104**(14): 1694-1740.
- Jackson, A. W., J. G. Disch, et al. (2011). Measurement and evaluation in human performance, Human Kinetics.
- MacDougall, J. D., H. A. Wenger, et al. (1991). Physiological testing of the high-performance athlete, Champaign, Ill.: Human Kinetics Books.
- Maroto Montero, J. M. and C. d. Pablo Zarzosa (2011). Rehabilitación Cardiovascular. Madrid, Médica Panamericana.
- McLean, J. and G. Tobin (1987). Animal and human calorimetry, Cambridge University Press.
- Medicine, A. C. o. S. (1980). Guidelines for graded exercise testing and exercise prescription, Lea & Febiger.
- Morehouse, L. E. (1972). Laboratory manual for physiology of exercise, Mosby.
- Myers, J., R. Arena, et al. (2009). "Recommendations for Clinical Exercise Laboratories A Scientific Statement From the American Heart Association." Circulation **119**(24): 3144-3161.
- Pino, J., F. G. Río, et al. (2007). Pruebas de esfuerzo, Sanitaria 2000.
- Tanner, R. and C. Gore (2000). Physiological Tests for Elite Athletes, 2E, Human Kinetics.
- Velasco, J. and J. Maroto (1995). "Rehabilitación cardiaca. Evolución histórica y situación actual." Rev Esp Cardiol **48**(Supl 1): 1-7.
- Winter, E. M., A. M. Jones, et al. (2006). Sport and Exercise Physiology Testing Guidelines: Volume I—Sport Testing: The British Association of Sport and Exercise Sciences Guide, Routledge.