

Práctica 1. El Método científico: medición de la potencia de salto vertical

Práctica 2. Potencia máxima en hombres y mujeres

Práctica 3. Intensidad del ejercicio y fatiga

El método científico: medición de la potencia de salto vertical



FUNDAMENTO DE LA PRÁCTICA

El método científico

La ciencia es un cuerpo de conocimientos obtenidos a partir de la experimentación. Un experimento es una serie de acciones que tratan de esclarecer la naturaleza de las relaciones entre dos variables. Los experimentos nacen de una observación, por ejemplo “cuanto más ejercicio hago, más me baja la frecuencia cardiaca de reposo”. La hipótesis es la predicción del resultado de los experimentos y sus causas basándose en otras observaciones de fenómenos similares. Por ejemplo, una hipótesis de la observación anterior podría ser que la reducción en la frecuencia cardiaca de reposo se deba a que el tamaño del corazón ha aumentado gracias al ejercicio y, por lo tanto, expulsa más sangre en cada latido, necesitando menos latidos para producir el mismo flujo. Una hipótesis alternativa podría ser que en realidad no ha aumentado el tamaño del corazón sino que la sangre puede transportar más oxígeno por mililitro tras el entrenamiento, y, por

lo tanto, se puede reducir el flujo de sangre sin menoscabo en el abastecimiento de oxígeno. Una tercera hipótesis podría ser que el ejercicio repetido reduce la necesidad de oxígeno de los tejidos, pudiéndose reducir el aporte de sangre y, por ende, los latidos del corazón. Para saber si una hipótesis u otra (o las tres) es correcta se diseñaría un experimento en el cual tendríamos que medir la variable dependiente (la que sabemos que varía), esto es, la reducción en frecuencia cardiaca de reposo tras un programa de ejercicio y las tres variables independientes (posibles causas de la reducción) que hemos hipotetizado que pueden estar relacionadas con ese fenómeno: el tamaño del corazón, la capacidad de la sangre para transportar oxígeno y la de los tejidos para consumirlo.

De los experimentos se derivan observaciones o conclusiones. Cuando muchos experimentos apuntan hacia una relación causa y efecto sólida (dependencia entre una variable dependiente y una independiente), entonces se formula una ley. Cuando varias leyes se relacionan entre sí para describir un fenómeno más amplio, se agrupan en una teoría, (Fig.1-1).

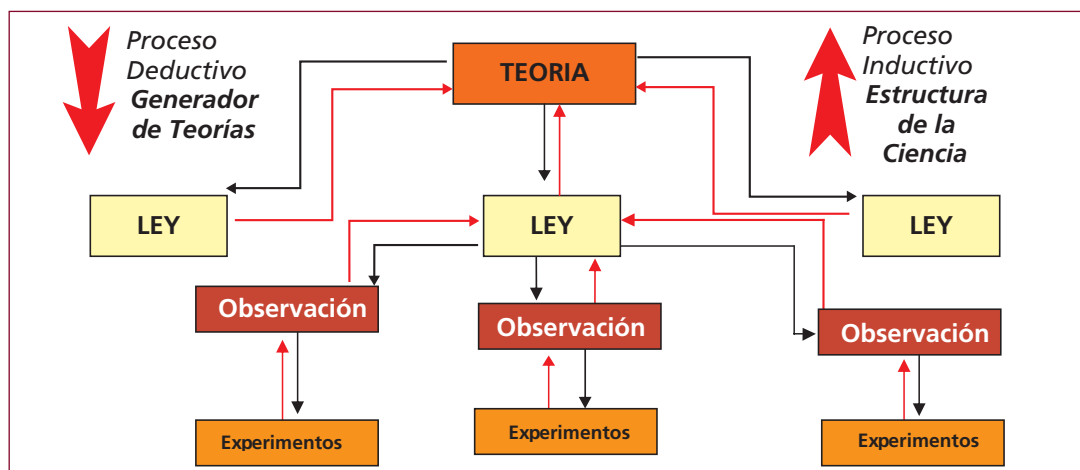


Figura 1-1. Proceso científico.

La fisiología del ejercicio

La fisiología del ejercicio es una rama de la biología que se ocupa del estudio del funcionamiento y adaptaciones que el ejercicio produce en los órganos y sistemas. Aunque existe una fisiología del ejercicio equina (caballos de carreras) y canina, en este libro nos ocuparemos de la fisiología del ejercicio en humanos. Los conocimientos generados en fisiología del ejercicio se han aplicado a la mejora del rendimiento humano de los deportistas (mejores marcas), militares (consecución de objetivos), o trabajadores en condiciones especiales (bomberos, mineros, buceadores, etc.). Su campo de acción también abarca el estudio de las consecuencias del ejercicio en la salud y en la prevención y recuperación de las enfermedades.

En la fisiología del ejercicio se adquiere el conocimiento aplicando el método científico. Es decir, por medio de la observación científica y la realización de experimentos, se han establecido las leyes por las cuales se rige el funcionamiento del cuerpo durante el ejercicio.

“Cuando un área de conocimiento alcanza un nivel de desarrollo donde se pueden realizar medidas exactas de las variables que intervienen en ese área, y cuando estas medidas conducen a información útil, a partir de la cual se pueden realizar predicciones, entonces esa rama del conocimiento adquiere la categoría de ciencia”. De acuerdo con esta definición, no cabe duda de que la fisiología del ejercicio ha adquirido nivel de rama científica.

Aunque en las prácticas aquí presentadas se seguirá el método científico, la mayoría de las medidas tomadas no tendrán validez científica debido a que el manejo correcto de los instrumentos y técnicas de medida requiere un largo tiempo de aprendizaje y práctica del cual no disponemos. Sin embargo, se tratará de que estos datos sean lo más exactos y válidos posibles con los instrumentos y el grado de manejo de los mismo que los participantes puedan adquirir en las sesiones de práctica.

Clasificación de los datos experimentales

Los datos que se recogen en los experimentos o test describen el comportamiento de una variable. Una variable es una característica medible que puede cambiar (tener más de un valor). Por ejemplo, una variable puede ser el tiempo en correr un kilómetro, que no es siempre el mismo. Sin embargo, una constante es una característica que no varía. Por ejemplo, los metros recorridos en una competición de 100 metros de crawl son siempre 100 metros.

Las variables en un experimento pueden ser de dos tipos:

- **Variable Independiente:** Es el tratamiento o manipulación a la que vamos a someter al sujeto experimental y que va a provocar un cambio cuantificable en una variable fisiológica o respuesta. En muchas ocasiones, nuestra variable independiente será el ejercicio, que provocará un cambio cuantificable en frecuencia cardíaca, ventilación, etc.
- **Variable Dependiente:** Es la variable que depende o cambia en función de lo que hagamos con la variable independiente, que nosotros controlamos. Ésta es la variable que queremos estudiar. Por ejemplo, cómo afecta la intensidad del ejercicio (u otra variable independiente que el experimentador manipula) a la frecuencia cardíaca, (variable dependiente o resultante).
- Esta definición de variable dependiente e independiente es más arbitraria en los experimentos donde no existe una relación causa-efecto entre las variables. Un ejemplo sería predecir la precisión de un lanzamiento a portería (variable dependiente) en función de la edad del futbolista (variable independiente). Con el mismo experimento, también podríamos hacer que las variables fuesen al contrario, y predecir la edad de un futbolista (variable dependiente) a partir de su precisión en un tiro a portería (variable independiente).

Características de las mediciones de un experimento

Cualquier medición que se realice con un test o aparato para ser científicamente aceptable debe ser reproducible, objetiva y válida. Veamos la diferencia entre estos términos:

Reproducible = *Fiable* = *Consistente*: Que en las mismas condiciones, un test o instrumento de medida repita una misma lectura cuando se repite la misma medición. Para probar la reproducibilidad de un test o aparato se suelen realizar varias medidas del mismo patrón-estandar, día a día, para observar si hay diferencias. ¡Cuidado!, un aparato o test puede ser muy reproducible (dar siempre el mismo resultado) pero el resultado de la medición no ser válido. Por ejemplo, una báscula puede siempre pesar 0,5 kg por encima de la realidad. Esto suele suceder cuando un aparato no está bien calibrado. También, un aparato puede darnos resultados muy parecidos y creernos que es una máquina muy consistente cuando lo que sucede es que es poco sensible y no puede discriminar o distinguir las diferencias que existen.

Objetiva = *Universal*: Una medición es objetiva cuando se controlan las variables externas que pueden afectar estas medidas. En el caso del peso, factores como la altitud, temperatura ambiental, dureza del suelo, nivelación de la báscula, han de controlarse si se quieren comparar medidas tomadas con diferentes básculas y en diferentes lugares. Si peso un objeto sólido, por ejemplo una pesa de acero, aquí en Toledo y lo envío a China, allí tendrá que dar el mismo resultado si ambas básculas son objetivas. Para calibrar nuestros aparatos y hacerlos que funcionen de manera objetiva se utilizan unos Estándares o Patrones de Calibración.

La calibración es simplemente el ajuste del mecanismo de medición de un aparato, test o encuesta para que la medida sea precisa. Algunos aparatos solamente se calibran a su valor cero (ausencia de medida). Otros aparatos tienen una calibración cero y otra calibración a un valor: la calibración de dos puntos. La calibración de dos puntos es preferible, puesto que así podemos asegurarnos de que en el rango de medidas en que vamos a utilizar el aparato este está calibrado.

Por ejemplo, para calibrar una encuesta sobre la autoestima personal en función a la forma física, deberíamos pasar la encuesta

antes de que las personas realicen ejercicio. Ésta sería la calibración al cero (prueba control) de nuestra encuesta. Compararíamos los datos recogidos después de la realización de deporte durante tres meses en relación con el valor cero o control.

Válida: La validez de una medida requiere que el test o aparato que empleamos mida la característica o variable que deseamos medir. Por ejemplo, la báscula de peso es un instrumento válido para medir la fuerza de la gravedad, pero no sería válido para medir la fuerza explosiva en un salto vertical. Una báscula, entonces, es válida solamente para medir fuerza estática. De la misma manera, una lupa no sería un instrumento válido para ver los capilares de una fibra muscular.

Una de las causas más comunes que impiden que un instrumento sea válido es que el instrumento sea poco sensible. Una báscula de baño mide pesos en el rango de uno a 120 kilos, pero no es suficientemente sensible para discriminar las diferencias entre uno y cinco gramos.

Otra de las causas comunes de que una medida no sea válida es que el instrumento no sea suficientemente exacto o preciso, es decir, que los resultados varíen al azar o haya muchas posibilidades de errores. Por ejemplo, aunque se podrían hacer botellas de cristal de un litro, de modo artesanal "soplando el vidrio", es más preciso cuando las hace una máquina.

Por lo tanto, para que una medida o instrumento sea válido para realizar una medición, ha de ser lo suficientemente sensible y preciso para detectar los cambios en los que estamos interesados. Los instrumentos demasiado sensibles y precisos distraen a veces la atención de la medida de interés, dado que captan demasiadas variables.

Por último, el rango de medida de un instrumento es el límite superior e inferior entre los cuales es capaz de medir con precisión ese instrumento. En general, cuanto mayor es el rango de medida de un instrumento, menor es su sensibilidad. Los instrumentos más caros son los que son sensibles en un gran rango de medidas. Es decir, son instrumentos que son capaces de dar la misma respuesta a un mismo

incremento en la cantidad medida, no importa en qué rango de valores (alto-medio-bajo) estén funcionando. El test empleado para medir esta sensibilidad en un amplio rango se llama test de linealidad.



PROPÓSITO DE LA PRÁCTICA

- Aprender a medir la reproducibilidad de una medida de laboratorio.
- Aprender a medir la validez de una medida de laboratorio.



MATERIALES

Los instrumentos de medida que utilizaremos en esta práctica serán:

- Calculadora con capacidad para calcular raíces cuadradas.
- Cinta métrica.
- Tiza.
- Plataforma medidora de tiempo de vuelo con cronómetro discriminante de milésimas (Barras o alfombrilla tipo Ergojump®).
- Báscula para pesar personas.



MÉTODOS

Medidas de normalidad

Promedio. El promedio es la suma de las medidas dividido por el número de medidas. Por ejemplo, el promedio de estatura de los varones adultos de una población es de 172 cm, pero esto no nos informa de la diferencia entre sus estaturas.

Medidas de variabilidad

Porcentaje de diferencia. El porcentaje de diferencia entre dos medidas o promedios es un cálculo muy utilizado para expresar los efectos de una variable antes y después de un tratamiento.

Ecuación 1. Porcentaje de la diferencia.

$$\% \text{Diferencia} = (\text{Medición original} - \text{Medición resultante}) / \text{Medición original}$$

Desviación típica o estándar. Esta medida nos informa sobre la variabilidad de las medidas recogidas en un conjunto de participantes. Es decir, si las mediciones estaban muy agrupadas o muy dispersas. En el siguiente ejemplo las medidas ("X") corresponden a la estatura en centímetros de un equipo juvenil masculino de baloncesto.

Como se puede observar, los diez jugadores (N=10) tienen un promedio de 181,2 centímetros de estatura y una desviación estándar de 6 centímetros. La desviación estándar es la desviación media o más común. La diferencia más acusada entre dos jugadores sería la que separa al jugador de 172 cm y al de 190 cm = 18 centímetros.

Ecuación 2. Desviación estandar (DS).

$$DS = \sqrt{(\sum X^2 - ((\sum X)^2 / N)) / N - 1}$$

N	X	X ²
1	184	33856
2	176	30976
3	173	29929
4	190	36100
5	172	29584
6	177	31329
7	184	33856
8	183	33489
9	187	34969
10	186	34596
N Casos	Suma X	Suma X²
10	1812	328684

Ecuación 3. Cálculo del coeficiente de variación.

$$CV \% = \text{Desviación típica} / \text{Promedio}$$

Coeficiente de Variación. El coeficiente de variación es una medida que combina las medidas de normalidad y variabilidad para expresar la variabilidad de un grupo de datos como porcentaje de su promedio.

Este coeficiente es muy útil, pues cuanto más altos son los valores de una medida (por ejemplo, datos de altura en centímetros en comparación a datos de peso en kilogramos) más alto es el valor absoluto de su desviación estándar, aunque los datos sean menos variables. Este índice normaliza dicho efecto dividiendo por el promedio, que también es más grande. En el ejemplo de los jugadores de baloncesto; el coeficiente de variación de su estatura es;

$$CV = 6 / 181,2 = 3,3 \%$$

Test T de estudiante

Para conocer si un conjunto de medidas son significativamente diferentes de otras se utiliza a menudo un test de estudiante o test T. En esta práctica se les mostrará como computar este test utilizando la hoja de cálculo Excel® (ver Anexo I en el CD).



PRÁCTICA

Seis participantes realizarán esta práctica, que consiste en realizar seis saltos verticales máximos. Entre saltos dejaremos más de 90 segundos de recuperación pasiva y, por lo tanto, asumimos que todos ellos son máximos y no existe fatiga acumulada. (Fig.1-2)

Aunque el objetivo principal de la práctica es aprender sobre la reproducibilidad y validez de las mediciones, con la altura del salto se puede calcular la potencia máxima de la musculatura de las piernas dato que utilizaremos en la siguiente práctica.

Ecuación 4. Cálculo de la potencia a partir de la altura del salto y el peso.

$$(W) = 22,1 * \text{Peso corporal (kg)} * \sqrt{\text{altura saltada (m)}}$$



Figura 1-2. Salto vertical.

Medición manual del test de salto

Colocar al participante lateral a la pared con los pies juntos totalmente apoyados en el suelo e intentar alcanzar la máxima altura posible (se hiper-extenderá la articulación del hombro tirando del brazo hacia arriba).

- El participante se separa de la pared unos centímetros y aplica tiza en los dedos de la mano más cercana a la pared.
- Se sitúa en posición de salto con las piernas separadas a una distancia similar a los hombros.
- Se permite un balanceo de piernas y brazos sin levantar las plantas de los pies.
- Realizar el salto vertical y marcar la cinta en lo más alto del salto con los dedos manchados de tiza
- Un ayudante subido a una silla observa la altura alcanzada en la cinta.



Figura 1-3. Sistema de medición del tiempo de vuelo.

- Se realizan seis intentos con, al menos, 90 segundos de recuperación entre ellos.

Medición automática del test de salto

- Simultáneamente a la medición manual de la altura de su salto, mediremos el tiempo de vuelo del sujeto y se calculará la altura del salto. (Fig.1-3).
- Para esto colocaremos las barras de infrarrojos (o alfombrilla de contacto) en el suelo en el espacio donde el participante despegar y cae con los pies. Así, en el mismo salto tendremos la lectura manual (cinta métrica) y la lectura automática (tiempo de vuelo).

- A partir del tiempo de vuelo calcularemos la altura alcanzada en el salto.
- Este cálculo está basado en las formulas de caída libre de los cuerpos.
- No necesitamos saber el peso del sujeto pues la velocidad de caída de un cuerpo sobre el que sólo actúa la gravedad es independiente de su masa. Simplemente a mayor tiempo de vuelo más altura.

Para que el salto sea válido se deberá:

- a) Aterrizar con las puntas de los pies no con los talones.

Ecuación 5. Cálculo de la potencia a partir de la altura del salto y el peso.

$$\text{Altura salto} = \frac{1}{2} \text{Aceleración de la gravedad} * (\text{Tiempo de vuelo} / 2)^2$$

- b) Aterrizar con las rodillas extendidas, no "cargado" ó con piernas flexionadas.
- c) Aterrizar en el mismo lugar de donde se despegó.

Si no se cumplen estas condiciones el tiempo de vuelo estará artificialmente inflado y por consiguiente la altura alcanzada.

El objetivo de la práctica es comprobar la reproducibilidad y validez de cada método y, por lo tanto, rogaremos a los participantes que cada salto lo realicen al máximo y que sean extremadamente cuidadosos en no variar la forma en la que despegan o aterrizan.



HOJA DE TOMA DE DATOS

Grupo _____ Fecha _____

Tabla de recogida de datos salto con medición manual

Sujeto (kg)	Salto 1	Salto 2	Salto 3	Salto 4	Salto 5	Salto 6	Promedio	EMM	CV (%)
1 (.....kg)									
2 (.....kg)									
3 (.....kg)									
4 (.....kg)									
5 (.....kg)									
6 (.....kg)									
Promedio									
EMM									
CV (%)									

Grupo _____ Fecha _____

Tabla de recogida de datos salto con medición automática

Sujeto (kg)	Salto 1	Salto 2	Salto 3	Salto 4	Salto 5	Salto 6	Promedio	EMM	CV (%)
1 (.....kg)									
2 (.....kg)									
3 (.....kg)									
4 (.....kg)									
5 (.....kg)									
6 (.....kg)									
Promedio									
EMM									
CV (%)									



HOJA DE PREGUNTAS

1. Calcule la potencia en vatios del mejor salto de cada uno de los participantes cuando se utiliza el método de medición manual (ver ecuación 4).

Nombre Participante	Potencia (W)
1 _____	
2 _____	
3 _____	
4 _____	
5 _____	
6 _____	

Conserve estos datos para que puedan ser comparados por alguno de los participantes en esta práctica con los obtenidos en la práctica 2 donde se mide la potencia de la musculatura de las piernas, aunque utilizando un test de pedaleo en vez de salto.

2. Promedie los coeficientes de variación (CV) calculados en el salto con medición manual que están en la columna (variabilidad entre saltos) y promedie los CV que están en la última fila (variabilidad entre participantes)

¿Cuál es mayor, la variabilidad entre saltos (dentro de cada sujeto) o la variabilidad entre participantes?

3. Realice los mismos promedios que en la pregunta 1 pero en este caso, con la medición automática del salto.

¿Cuál es mayor, la variabilidad entre saltos o la variabilidad entre participantes ?

4. Anote en esta tabla el promedio del CV entre saltos (promedio de la última columna) para el método manual y para el automático.

	Promedio del CV entre saltos
Método manual	
Método automático	

En función al rango del coeficiente de variación, ¿qué medida es *menos reproducible*: la manual o la automática?

5. ¿Existen diferencias significativas entre uno y otro método? Utiliza un test T de estudiante con medidas pareadas para cada sujeto (ver Anexo K en el CD).

Sujeto	1	2	3	4	5	6
Resultado Test T						

Nota: Si existe una gran diferencia en el valor absoluto entre los participantes (alguno salta 0.25 metros y otros 0.50 metros) es más difícil encontrar diferencias debidas al método de medición.

6. ¿En cuántos de sus participantes la diferencia es significativa? (Nota: En el test T, la P da un resultado menor de 0.05).

7. En éstos participantes, ¿es mayor el salto con el método automático o con el método manual?

8. ¿Qué podemos concluir sobre la validez del sistema automático en relación al manual? (rodea con un círculo).

- INFRAESTIMA
- SOBRESTIMA
- ES IGUAL

9. Proponga medidas necesarias para aumentar la validez de la medición automática del salto vertical.

Rellene el siguiente cuadro, referente a lo realizado en esta práctica.

	Estadístico utilizado
Reproducibilidad	
Validez	