

Estimación de una RM en prensa para pecho y levantamiento de cadera en
universitarios de Bogotá, Colombia

Juan Diego Gutiérrez Torres

Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación

Universidad Santo Tomas

Proyecto de Grado

Darío Mendoza Romero

Bogotá D.C

2025

Introducción

La evaluación de la fuerza muscular se reconoce como un indicador fundamental de la capacidad física y el rendimiento deportivo en diversas disciplinas. Uno de los métodos más empleados para medir la fuerza muscular es la estimación de una repetición máxima (1RM) en un ejercicio específico. La 1RM se define como el peso máximo que una persona puede levantar una sola vez en una repetición completa del ejercicio. Este método es esencial en el entrenamiento de fuerza, ya que permite predecir la carga máxima que un deportista puede manejar, siendo un punto de referencia clave para prescribir adecuadamente el ejercicio (Martínez-Cava et al., 2017).

La importancia de calcular la 1RM radica en que permite establecer las necesidades de fuerza y potencia específicas para un deporte en particular, facilitando la definición de objetivos realistas que maximicen el rendimiento. Además, conocer la 1RM es esencial para determinar la fuerza máxima y la potencia de un individuo en un momento concreto, así como para monitorear los cambios en el rendimiento durante un programa de entrenamiento (González-Badillo & Ribas, 2002). Por ejemplo, estudios han demostrado que programas de entrenamiento de fuerza con intensidades entre el 40 % y el 60 % de 1RM durante 10 semanas pueden mejorar la fuerza máxima entre un 6 % y un 42 % (Pérez-Castilla & García-Ramos, 2018).

El problema central que aborda este estudio se enfoca en la necesidad de obtener datos específicos sobre la estimación de la 1RM en dos ejercicios fundamentales del entrenamiento de fuerza —la prensa de pecho y el empuje de cadera— en una población particular: estudiantes universitarios de Bogotá, Colombia. Si bien la relevancia de la 1RM es ampliamente aceptada en el ámbito del entrenamiento de fuerza, los valores de referencia y las ecuaciones de predicción pueden variar significativamente entre diferentes poblaciones debido a factores como la edad, el nivel de entrenamiento, el género y las características antropométricas. Por lo tanto, existe una carencia de información específica sobre la fuerza máxima estimada mediante la 1RM en esta población universitaria bogotana para los ejercicios de prensa de pecho y empuje de cadera.

La evaluación de la fuerza muscular en jóvenes universitarios es de especial interés debido a su etapa de desarrollo y sus estilos de vida activos. Obtener estimaciones precisas de la 1RM en estos ejercicios comunes y relevantes funcionalmente puede proporcionar información valiosa para el diseño y la implementación de programas de entrenamiento de fuerza más efectivos y personalizados para este grupo demográfico en Bogotá. Esto, a su vez, podría tener implicaciones significativas para la salud pública, la prevención de lesiones y la mejora del rendimiento físico, contribuyendo en última instancia a una mejor calidad de vida para los jóvenes adultos universitarios. El presente estudio busca

llenar este vacío de conocimiento al estimar la 1RM en prensa de pecho y empuje de cadera en estudiantes universitarios de Bogotá, ofreciendo datos relevantes para entrenadores y profesionales del deporte.

Materiales y métodos

Diseño del estudio

El presente estudio es de tipo observacional y analítico con un diseño transversal. El objetivo general de este estudio fue estimar una RM en prensa de pecho y empuje de cadera en universitarios de Bogotá, Colombia. Específicamente, se busca determinar la 1RM en estos ejercicios mediante pruebas de fuerza muscular, analizar diferencias con la estimación de Brzycki, y evaluar la relación con la edad y el IMC de los participantes.

Población del estudio

La población de estudio estuvo conformada por hombres y mujeres entre 18 y 30 años que cursan alguna carrera universitaria en la ciudad de Bogotá. Se seleccionó esta población debido a su edad y estilo de vida, considerándolos un grupo de interés especial para evaluar la fuerza muscular. La muestra del estudio estuvo compuesta por un total de 95 participantes, de los cuales 53 fueron hombres y 42 mujeres, todos con datos válidos. La técnica de muestreo utilizada fue no probabilística y por conveniencia, seleccionando a los participantes por su accesibilidad y disposición a participar, específicamente entre los usuarios inscritos en el gimnasio de la Universidad Santo Tomás.

Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra del presente estudio fue de 95 participantes, compuesto por 53 hombres y 42 mujeres, todos con datos válidos. La población objetivo estuvo constituida por estudiantes universitarios de Bogotá, Colombia, con edades comprendidas entre los 18 y 30 años, quienes estaban inscritos en el gimnasio de la Universidad Santo Tomás, sede central. Esta población fue seleccionada por su accesibilidad y por representar un grupo de interés en la evaluación de la fuerza muscular en adultos jóvenes universitarios.

La técnica de muestreo utilizada fue no probabilística por conveniencia, lo que implica que la selección de los participantes se basó en su disponibilidad y voluntad de participar en el estudio. Aunque este tipo de muestreo no permite generalizar los resultados a toda la población universitaria de Bogotá, resultó adecuado para los fines exploratorios del estudio y permitió recopilar datos relevantes dentro del contexto institucional disponible.

Criterios de Inclusión y Exclusión

Criterios de Inclusión: Los participantes debían estar inscritos en el gimnasio de la universidad, lo que garantizaba una aprobación médica implícita. También debían tener entre 18 y 30 años, estar clínicamente sanos (sin enfermedades crónicas,

lesiones musculoesqueléticas o contraindicaciones para la práctica de ejercicio físico), y firmar un consentimiento informado para participar voluntariamente en el estudio. Criterios de Exclusión: Se excluyeron aquellos participantes que presentaron alguna alteración durante las pruebas, practicantes de fisiculturismo, o que no completaron el protocolo establecido.

La recolección de datos se llevó a cabo en las instalaciones del gimnasio de la universidad Santo Tomás, sede central. Los datos se recogieron en dos sesiones separadas con al menos 48 horas de diferencia por cada participante, llevándose a cabo las pruebas de press de pecho en un día, y al siguiente empuje de cadera.

Variables

Las variables dependientes del estudio fueron la repetición máxima (1RM) en prensa de pecho y en empuje de cadera, medidas tanto de forma directa mediante un protocolo específico como de forma indirecta a través del uso de una carga submáxima y la aplicación de la fórmula de Brzycki. Las variables independientes consideradas en relación con la fuerza máxima incluyeron la edad y el índice de masa corporal (IMC) de los participantes. Además, en los modelos de regresión para predecir la 1RM directa, se utilizaron como variables independientes adicionales el valor de 1RM estimado mediante la fórmula de Brzycki y el número de repeticiones realizadas con la carga submáxima. Para controlar posibles variables de confusión, se establecieron criterios de inclusión y exclusión como el estar clínicamente sano y no practicar fisiculturismo, lo cual ayudó a minimizar factores que pudieran afectar los resultados relacionados con la fuerza muscular.

Definición Operacional

La repetición máxima (1RM) se definió como el peso máximo que una persona puede levantar una sola vez en una repetición completa del ejercicio. En el contexto del estudio, la 1RM directa se determinó a través de un protocolo que implicaba aumentar progresivamente la carga hasta que el participante solo pudiera realizar una repetición con buena técnica y sin llegar al fallo muscular, mientras que la 1RM indirecta se operacionalizó utilizando la fórmula de Brzycki ($RM = P / (1.0278 - 0.0278 * R)$) basada en el peso (P) levantado en kilogramos y el número (R) de repeticiones submáximas realizadas (entre 6 y 12). Otras variables registradas y consideradas en el estudio incluyeron la Edad, anotada en años cumplidos; el Peso, medido en kilogramos (kg) utilizando una balanza; la Talla, medida en centímetros (cm) mediante un estadiómetro; y el Índice de Masa Corporal (IMC), calculado a través de la fórmula estándar $\text{peso (kg)} / \text{talla (metros)}^2$, donde los participantes se clasificaron como normopeso. Particularmente, la Carga Submáxima se refiere al peso en kilogramos empleado durante la prueba de estimación indirecta de la 1RM, con el cual los participantes realizaron entre 6 y 12 repeticiones, siendo el Número de Repeticiones el máximo logrado con esa carga submáxima en cada ejercicio.

Instrumentos de Recolección de Datos

Para la medición de la fuerza máxima (1RM), se utilizó un protocolo estandarizado tanto para la prueba directa como para la estimación indirecta. En la prueba

directa, se aplicó un protocolo que incluyó un calentamiento general y específico, una fase de familiarización con los ejercicios (prensa de pecho en banca específica y empuje de cadera) y aumentos progresivos de carga hasta alcanzar la repetición máxima, todo bajo la supervisión de un observador experimentado para asegurar la correcta técnica. En cuanto a la estimación indirecta, se empleó un protocolo basado en repeticiones submáximas (entre 6 y 12) con una carga determinada, utilizando posteriormente la fórmula de Brzycki para estimar la 1RM. Por otra parte, las variables antropométricas como el peso y la talla se midieron con una balanza y un estadiómetro, respectivamente.

Se menciona que la 1RM es una medida de fuerza muscular que se ha utilizado ampliamente en la evaluación y diseño de programas de entrenamiento de fuerza. Con respecto a la estimación indirecta, se indica que la estimación de la 1RM puede realizarse a través de varias técnicas, como la utilización de repeticiones máximas submáximas (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010) y la extrapolación de las cargas levantadas en repeticiones submáximas (Brzycki, 1993). Estas técnicas han sido validadas y se han utilizado ampliamente en estudios de investigación y en la práctica clínica. Además, se cita un estudio que evalúa la fiabilidad de la fórmula de Brzycki para estimar la 1RM en press de banca y media sentadilla (Gonzalez-Rave et al., 2021).

Proceso de Validación: Para la medición directa de la 1RM, el proceso de validación se centró en la estandarización del protocolo (calentamiento, incrementos de carga, descanso) y la supervisión por un observador experimentado para asegurar una técnica adecuada y evitar el fallo muscular en repeticiones que no fueran la máxima. Para la estimación indirecta, se utilizó la fórmula de Brzycki, cuya validez se basa en estudios previos mencionados en el marco teórico. No se menciona un proceso de validación adicional específico para la aplicación de estos métodos en la población de estudio.

Recolección de Datos

La recolección de datos se realizó en dos sesiones separadas con al menos 48 horas de diferencia entre ellas, en un gimnasio ubicado en Bogotá. En cada sesión, los participantes realizaron un protocolo de estimación de la fuerza máxima (1RM) mediante repeticiones submáximas, aplicando un calentamiento general de tres minutos con ejercicios de movilidad y activación cardiovascular, seguido de estiramientos. Posteriormente, se familiarizaron con los ejercicios de prensa de banca para pecho y empuje de cadera. La carga se incrementó progresivamente hasta que los participantes completaran entre 6 y 12 repeticiones máximas, con el objetivo de realizar entre 3 y 6 intentos y descansos mínimos de tres minutos entre ellos. Se incluyó un calentamiento con cargas progresivas, comenzando con una carga aproximada al 50% de la RM estimada para cinco repeticiones, seguido de incrementos del 10% al 20% con descansos de dos minutos, realizando tres repeticiones en cada intento, hasta alcanzar una carga que permitiera una sola repetición con técnica adecuada y sin llegar al fallo muscular, la cual fue registrada como la 1RM. Durante la ejecución, se supervisó la postura del participante y la ejecución completa del movimiento. Asimismo, se

registraron variables como sexo, edad, peso, talla, índice de masa corporal (IMC), carga submáxima y número de repeticiones realizadas en cada ejercicio.

Capacitación del Personal: El personal encargado de la toma y recolección de datos fue capacitada teórica y prácticamente sobre los diferentes sistemas usados para cada una de las pruebas, sumado a que fue personal profesional en el área del deporte.

Para garantizar la calidad de los datos, se implementaron diversas medidas de control, incluyendo criterios de inclusión y exclusión claramente definidos para la selección de los participantes. Se veló por la correcta aplicación de los protocolos tanto para la estimación directa como indirecta de la fuerza máxima (1RM). En el caso del protocolo directo, se supervisó la técnica de ejecución de los participantes, asegurando que no alcanzaran el fallo muscular antes de completar la repetición máxima. Para la estimación indirecta, se emplearon fórmulas previamente validadas, específicamente la fórmula de Brzycki, con el fin de garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos.

Consideraciones Éticas

Consentimiento Informado: Los participantes firmaron un consentimiento informado para participar voluntariamente en el estudio

Confidencialidad: Se garantizó la privacidad y seguridad de los datos de los participantes mediante el consentimiento informado y siendo este únicamente manipulado por el personal implicado en el proyecto.

Análisis Estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó el software estadístico Jamovi 2.6.24. Se realizó un análisis descriptivo de las variables demográficas y de los valores de fuerza máxima (1RM) en los ejercicios de prensa para pecho y empuje de cadera, expresando los resultados mediante la media y la desviación estándar. La normalidad de los datos se evaluó a través de la prueba de Shapiro-Wilk, complementada con el análisis gráfico de histogramas y diagramas de caja. Dado que los datos no siguieron una distribución normal ($p < 0.05$), se optó por utilizar pruebas no paramétricas en los análisis posteriores. Para comparar los valores de 1RM entre hombres y mujeres, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney, y para explorar la relación entre las variables antropométricas (edad, peso, talla e IMC) y los valores de 1RM, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman. Asimismo, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple por separado para cada ejercicio, con el objetivo de estimar el valor de 1RM a partir de las variables antropométricas. En los modelos de regresión finales, que incluyeron el RM indirecto y el número de repeticiones, se evaluó la bondad del ajuste mediante el coeficiente de determinación (R^2), el error estándar de la estimación (SEE) y el análisis de los residuos. Se consideró un nivel de significancia estadística de $p < 0.05$ para todas las pruebas realizadas.

Se calcularon la media y la desviación estándar para las variables continuas como la edad, el peso, la talla y el IMC, tanto para hombres como para mujeres.

También se presentaron las medianas y el rango intercuartílico (RI) debido a la falta de normalidad de los datos. Se calcularon las frecuencias y porcentajes para la variable sexo.

Se utilizaron pruebas no paramétricas (específicamente la prueba U de Mann-Whitney según la Tabla 3) para comparar las medianas de la RM directa e indirecta entre hombres y mujeres en prensa de banca y empuje de cadera.

Se realizaron análisis de regresión lineal múltiple para predecir la RM directa en función de otras variables. En hombres, se realizaron modelos para prensa de banca (con edad, RM indirecto y repeticiones) y empuje de cadera (con RM indirecto y edad). En mujeres, se realizaron modelos para prensa de banca (con RM indirecto y repeticiones) y empuje de cadera (con RM indirecto y repeticiones).

Control de Variables de Confusión: Al realizar análisis separados por sexo y al incluir variables como la edad y el IMC en los modelos de regresión, se intentó controlar su posible influencia. La selección de criterios de inclusión y exclusión también pudo haber ayudado a minimizar la influencia de algunas variables de confusión no medidas.

Software Utilizado: Se utilizó el programa estadístico Jamovi 2.6.24.

Consideraciones Adicionales

Ausencia de Datos (Missing Data): Se menciona un total de 95 participantes que cumplieron con los criterios de inclusión, se obtuvieron datos válidos de (53 hombres y 42 mujeres).

Sesgos Potenciales: Una fuente potencial de sesgo es el muestreo por conveniencia utilizado para seleccionar a los participantes. Este tipo de muestreo puede limitar la generalización de los resultados a la población universitaria de Bogotá en general.

Aspectos Logísticos

El estudio se desarrolló en dos sesiones de recolección de datos, realizadas con al menos 48 horas de diferencia por participante, en las instalaciones del gimnasio de la Universidad Santo Tomás, sede central, en Bogotá. Posteriormente, los datos fueron procesados y analizados utilizando el software estadístico Jamovi 2.6.24. Aunque el documento no detalla otras etapas del estudio, se indica que los materiales empleados incluyeron equipamiento específico para la ejecución de los ejercicios de prensa de banca para pecho (banca y barra) y empuje de cadera (barra y posiblemente banco o soporte), así como pesas en kilogramos. También se contó con la participación de un observador experimentado para supervisar el protocolo de 1RM directa en prensa de banca. Además, se utilizaron formularios para registrar las variables de sexo, edad, peso, talla, índice de masa corporal (IMC), carga submáxima y número de repeticiones realizadas en cada ejercicio, junto con los consentimientos informados firmados por los participantes.

Resultados

El presente estudio contó con la participación de 95 estudiantes universitarios de Bogotá, con edades comprendidas entre 18 y 30 años, de los cuales 53 fueron hombres y 42 mujeres. Todos los participantes cumplían con los criterios de inclusión establecidos, lo que garantizó una muestra clínicamente sana y activa físicamente, inscrita en el gimnasio de la Universidad Santo Tomás. Las características demográficas y antropométricas analizadas incluyeron variables como edad, peso corporal, talla e índice de masa corporal (IMC), evaluadas por separado según el sexo. Las variables principales del estudio fueron la repetición máxima (1RM) directa e indirecta en los ejercicios de prensa de pecho y empuje de cadera, siendo estas medidas las variables dependientes. Adicionalmente, se consideraron como variables independientes la edad, el IMC, la carga submáxima utilizada y el número de repeticiones realizadas. Los resultados presentados a continuación incluyen un análisis estadístico descriptivo y comparativo, así como modelos de regresión lineal múltiple desarrollados para estimar la 1RM con base en las variables mencionadas.

Tabla1.

características descriptivas de la muestra del estudio

Variables	Hombre n-53				Mujer n-42				Valor p
	Media	D.E.	Mediana	R.I.	Media	D.E.	Mediana	R.I.	
Edad	22.3	2.31	22	3.00	21.9	2.71	22	3.00	0.435
Peso, kg	72.1	8.56	72.0	11.00	61.3	9.98	60.0	6.30	<0.001
Talla, cm	173.7	6.10	174	7.00	162.9	6.45	161.0	6.50	<0.001
IMC	23.8	1.94	24.2	2.32	23.0	1.99	22.8	2.33	0.044

Tabla2.

Reporte de repeticiones máximas directas e indirectas en press banca y empuje de cadera en hombres y mujeres.

Variables	Hombre				Mujer				Valor p
	Media	D.E.	Mediana	R.I.	Media	D.E.	Mediana	R.I.	
RM press banca, kg	78.92	20.78	75	25.00	52.86	53.73	35.00	23.75	<.001
RM indirecto press banca, kg	62.87	18.23	60	25.00	36.81	36.74	25.00	20.00	<.001
Repeticiones press banca, n	7.58	1.83	8	3.00	7.14	1.60	7.00	2.00	0.204
RM empuje de cadera, kg	136.51	43.89	130	50.00	136.36	70.56	112.50	83.75	0.228
RM indirecto empuje de cadera, kg	107.74	32.93	100	35.00	98.81	48.88	80.00	71.25	0.181
Repeticiones press banca, n	8.45	1.99	8	3.00	8.55	2.94	8.00	3.00	0.902

Se compararon hombres y mujeres en variables relacionadas con el rendimiento en ejercicios de fuerza, incluyendo 1 repetición máxima (1RM) y estimaciones indirectas en press de banca y empuje de cadera. También se analizaron las repeticiones máximas logradas en ambos ejercicios.

En press de banca, los hombres presentaron una 1RM significativamente mayor ($M = 78.92$ kg, $DE = 20.78$) en comparación con las mujeres ($M = 52.86$ kg, $DE = 53.73$), diferencia que resultó estadísticamente significativa ($p < .001$). De manera similar, el 1RM estimado en press de banca fue mayor en hombres ($M = 62.87$ kg, $DE = 18.23$) que en mujeres ($M = 36.81$ kg, $DE = 36.74$), con una diferencia significativa ($p < .001$). No se encontraron diferencias significativas en el número de repeticiones máximas en press de banca entre hombres ($M = 7.58$, $DE = 1.83$) y mujeres ($M = 7.14$, $DE = 1.60$), $p = .204$.

En el ejercicio de empuje de cadera, no se observaron diferencias significativas entre sexos en el 1RM directo ($p = .228$) ni en el 1RM estimado ($p = .181$). Ambos grupos presentaron medias similares (1RM directo: Hombres $M = 136.51$ kg vs. Mujeres $M = 136.36$ kg). De igual modo, el número de repeticiones realizadas en el empuje de cadera no difirió significativamente entre hombres ($M = 8.45$, $DE = 1.99$) y mujeres ($M = 8.55$, $DE = 2.94$), $p = .902$.

Modelos de regresión en hombres

Tabla3.

Variables	Coefficientes no estandarizados	Valor p
-----------	---------------------------------	---------

	B	Desv. Error	t	
(Constante)	-28.85	10.0568	-2.87	0.006
Edad	1.22	0.4187	2.90	0.006
RM indirecto press banca, kg	1.03	0.0533	19.40	<.001
Repeticiones press banca, n	2.07	0.5182	3.99	<.001

Variable dependiente: RM press banca, kg

Se llevó a cabo un análisis de regresión lineal múltiple para predecir el valor de una repetición máxima (1RM) en press de banca directo (pechoRMkg) en hombres, utilizando como variables predictoras la edad, el peso levantado en el press de banca indirecto (pechoindkg) y el número de repeticiones (pechoindn). El modelo fue estadísticamente significativo, y cada uno de los predictores contribuyó de manera significativa a la predicción del 1RM.

En específico, por cada año adicional de edad, el 1RM estimado aumentó en 1.22 kg ($\beta = 1.22$, EE = 0.4187, $t = 2.90$, $p = .006$). Asimismo, por cada kilogramo adicional levantado en el press banca indirecto, el 1RM aumentó en 1.03 kg ($\beta = 1.03$, EE = 0.0533, $t = 19.40$, $p < .001$), y por cada repetición adicional realizada, el 1RM se incrementó en 2.07 kg ($\beta = 2.07$, EE = 0.5182, $t = 3.99$, $p < .001$).

La ecuación del modelo de regresión fue la siguiente:

$$\widehat{\text{pechoRMkg}} = -28.85 + 1.22(\text{edad}) + 1.03(\text{pechoindkg}) + 2.07(\text{pechoindn})$$

Tabla4.

Variables	Coeficientes no estandarizados			Valor p
	B	Desv. Error	t	
(Constante)	-46.32	20.6029	-2.25	0.029
RM indirecto empuje de cadera, kg	1.23	0.0633	19.45	<.001
Edad	2.26	0.9004	2.51	0.015

Se llevó a cabo un análisis de regresión lineal para predecir el valor de una repetición máxima (1RM) en empuje de cadera (levcadRMkg) en hombres, utilizando como predictores el peso levantado en el empuje de cadera de forma

indirecta (levcadindkg) y la edad. Otras variables fueron evaluadas, pero no resultaron ser predictoras significativas y se excluyeron del modelo final.

El modelo fue estadísticamente significativo, y ambas variables incluidas contribuyeron de manera significativa a la predicción del 1RM. Específicamente, por cada kilogramo adicional en el empuje de cadera indirecto, el 1RM estimado aumentó en 1.23 kg ($\beta = 1.23$, $EE = 0.0633$, $t = 19.45$, $p < .001$). Además, por cada año adicional de edad, el 1RM aumentó en promedio 2.26 kg ($\beta = 2.26$, $EE = 0.9004$, $t = 2.51$, $p = .015$).

La ecuación del modelo de regresión fue la siguiente:

$$\widehat{\text{levcadRMkg}} = -46.32 + 2.26(\text{edad}) + 1.23(\text{levcadindkg})$$

Modelos de regresión en mujeres

Tabla5.

Variables	Coeficientes no estandarizados			Valor p
	B	Desv. Error	t	
(Constante)	-22.89	6.8759	-3.33	0.002
RM indirecto press banca, kg	1.44	0.0397	36.32	<.001
Repeticiones press banca, n	3.18	0.9099	3.50	0.001

Se realizó un análisis de regresión lineal múltiple para predecir el valor de 1 repetición máxima (1RM) en press de banca directo (pechoRMkg) en mujeres, a partir del peso levantado en el press de banca indirecto (pechoindkg) y el número de repeticiones completadas (pechoindn). El modelo fue estadísticamente significativo y explicó un 97.1% de la varianza en el 1RM estimado, $R^2 = .971$, $R = .986$, $N = 42$.

Los resultados indicaron que tanto el peso levantado como el número de repeticiones fueron predictores significativos del 1RM directo. Específicamente, por cada kilogramo adicional levantado en el press de banca indirecto, el 1RM estimado aumentó en 1.44 kg ($\beta = 1.44$, $EE = 0.0397$, $t = 36.32$, $p < .001$). Asimismo, cada repetición adicional se asoció con un incremento de 3.18 kg en el 1RM estimado ($\beta = 3.18$, $EE = 0.9099$, $t = 3.50$, $p = .001$).

La ecuación del modelo de regresión fue la siguiente:

$$\widehat{\text{pechoRMkg}} = -22.89 + 1.44(\text{pechoindkg}) + 3.18(\text{pechoindn})$$

Tabla6.

Variables	Coeficientes no estandarizados			Valor p
	B	Desv. Error	t	
(Constante)	-49.28	19.356	-2.55	0.015
RM indirecto empuje de cadera, kg	1.18	0.108	10.96	<.001
Repeticiones empuje de cadera, n	8.07	1.792	4.50	<.001

Se realizó un análisis de regresión lineal para predecir el valor de una repetición máxima (1RM) en empuje de cadera (levcadRMkg) en mujeres, utilizando como variables predictoras el peso levantado en el empuje de cadera de forma indirecta (levcadindkg) y el número de repeticiones realizadas en ese ejercicio (levcadindn). Otras variables fueron evaluadas, pero no resultaron ser predictoras significativas del 1RM y por tanto se excluyeron del modelo final.

Ambas variables predictoras contribuyeron de forma significativa al modelo. Por cada kilogramo adicional levantado en el empuje de cadera indirecto, el 1RM estimado aumentó en 1.18 kg ($\beta = 1.18$, EE = 0.108, $t = 10.96$, $p < .001$). Asimismo, por cada repetición adicional completada, el 1RM se incrementó en promedio 8.07 kg ($\beta = 8.07$, EE = 1.792, $t = 4.50$, $p < .001$).

La ecuación del modelo de regresión fue la siguiente:

$$\widehat{\text{levcadRMkg}} = -49.28 + 1.18(\text{levcadindkg}) + 8.07(\text{levcadindn})$$

Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo estimar la repetición máxima (1RM) en los ejercicios de prensa de banca y empuje de cadera, utilizando métodos directos e indirectos en estudiantes universitarios de Bogotá. Los resultados muestran diferencias significativas por sexo en la 1RM de prensa de banca, pero no en el empuje de cadera. Además, se evidenció una alta validez en los modelos de regresión empleados para predecir la fuerza máxima a partir de variables como la carga submáxima, número de repeticiones y edad.

En la prensa de banca, los hombres obtuvieron una 1RM directa promedio de 78.92 ± 20.78 kg, significativamente superior a la de las mujeres (52.86 ± 53.73 kg, $p < .001$). Este hallazgo es consistente con estudios previos que destacan que el sexo influye en la fuerza muscular absoluta debido a diferencias hormonales, masa muscular y características neuromusculares (González-Badillo & Ribas,

2002; Pérez-Castilla & García-Ramos, 2018). En una investigación similar, Macht et al. (2016) reportaron valores promedio de 84.7 ± 16.8 kg en press de banca en hombres moderadamente entrenados, resultado comparable al de nuestra muestra. Por otro lado, Abdul-Hameed et al. (2012), en pacientes con diabetes tipo 2 no entrenados, encontraron valores considerablemente inferiores: 55.4 ± 10.3 kg en hombres y 28.6 ± 7.9 kg en mujeres.

En el ejercicio de empuje de cadera, los resultados no mostraron diferencias significativas entre sexos, con promedios similares para hombres (136.51 ± 43.89 kg) y mujeres (136.36 ± 70.56 kg). Este patrón puede deberse a una activación muscular más equitativa en el tren inferior entre hombres y mujeres. Contreras et al. (2015) encontraron activaciones similares del glúteo mayor superiores al 100 % del esfuerzo voluntario máximo en ambos sexos durante el hip thrust. Asimismo, Krause Neto, Vieira y Gama (2019) señalaron en su revisión sistemática que este ejercicio es altamente eficaz para desarrollar fuerza del tren inferior independientemente del sexo.

Los modelos de regresión desarrollados en este estudio mostraron alta capacidad predictiva, con coeficientes de determinación (R^2) que oscilaron entre .91 y .97. Por ejemplo, en mujeres, la fórmula generada para predecir el 1RM en press de banca fue:

$$RM^{\wedge} = -22.89 + 1.44(\text{kg levantados en RM indirecto}) + 3.18(\text{número de repeticiones})$$

. Esto coincide con González-Rave, Juárez Santos-García y Stone (2021), quienes validaron la fórmula de Brzycki para estimar el 1RM en press de banca y sentadilla en hombres y mujeres universitarios, obteniendo una correlación de .94.

De manera similar, De Hoyo et al. (2021) demostraron que es posible predecir la intensidad del hip thrust midiendo la velocidad de ejecución, logrando un R^2 superior a .90, lo cual respalda la precisión de métodos no invasivos y coincide con nuestros resultados basados en repeticiones y cargas submáximas.

En los modelos masculinos, la edad también fue una variable predictora significativa: por cada año adicional, el 1RM en press de banca aumentó 1.22 kg, y en empuje de cadera 2.26 kg. Este comportamiento podría explicarse por la madurez neuromuscular o experiencia previa con el entrenamiento de fuerza, tal como lo señalan Baechle y Earle (2008), quienes destacan que la fuerza puede incrementarse hasta los 30 años en sujetos físicamente activos.

Una limitación del presente estudio es el muestreo por conveniencia, que impide generalizar los hallazgos a toda la población universitaria de Bogotá. Además, no se consideraron variables como la experiencia previa en entrenamiento de fuerza, composición corporal o motivación, factores que influyen en el rendimiento muscular (Cormie, McCauley & McBride, 2011; Ronai, 2018).

En conclusión, nuestros resultados demuestran que tanto la fórmula de Brzycki como los modelos de regresión propuestos son herramientas útiles, válidas y seguras para estimar la fuerza máxima en estudiantes universitarios físicamente activos. Estas metodologías ofrecen una alternativa eficaz para la prescripción de cargas en contextos educativos, clínicos o deportivos, minimizando riesgos asociados a pruebas directas de 1RM. La concordancia con estudios previos refuerza su aplicabilidad y valor práctico para el diseño de programas de entrenamiento individualizados.

Referencias

- González-Badillo, J. J., & Ribas, J. (2002). Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza sobre la fuerza máxima y la composición corporal en adultos jóvenes. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 37(138), 55-63. Recuperado de <https://www.apunts.org/es-efectos-un-programa-entrenamiento-fuerza-articulo-X0213371709460292>
- Martínez-Cava, A., Morán-Navarro, R., & García Pallarés, J. (2017). Análisis de la validez de las ecuaciones de estimación del 1RM con técnica de parada: una nueva propuesta. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 6(2), 101–114. <https://doi.org/10.6018/300441>
- Pérez-Castilla, A., & García-Ramos, A. (2018). Precisión en la estimación de la repetición máxima durante dos ejercicios de tracción: métodos basados en velocidad de ejecución vs. repeticiones al fallo. *XI Simposio Internacional de Actualizaciones en Entrenamiento de la Fuerza*. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/329701518>
- Abdul-Hameed, U., Rangra, P., Shareef, M. Y., & Hussain, M. E. (2012). Reliability of 1-repetition maximum estimation for upper and lower body muscular strength measurement in untrained middle aged type 2 diabetic patients. *Asian journal of sports medicine*, 3(4), 267.

- American College of Sports Medicine, Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Fiatarone Singh, M. A., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G. J., & Skinner, J. S. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(7).
- Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2008). *Essentials of strength training and conditioning*. Human Kinetics.
- Contreras, B., Vigotsky, A. D., Schoenfeld, B. J., Beardsley, C., & Cronin, J. (2015). A comparison of gluteus maximus, biceps femoris, and vastus lateralis electromyography amplitude for the barbell, band, and American hip thrust variations. *Journal of Applied Biomechanics*, 31(2), 452-458.
- Cormie, P., McCaulley, G. O., & McBride, J. M. (2011). Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis during the jump squat: impact of load. *Journal of Applied Biomechanics*, 27(3), 245-252.
- De Hoyo, M., Núñez, F. J., Sañudo, B., Gonzalo-Skok, O., Muñoz-López, A., Romero-Boza, S., ... & Nimphius, S. (2021). Predicting loading intensity measuring velocity in barbell hip thrust exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(8), 2075-2081.
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., ... & Swain, D. P. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise.
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(05), 347-352.
- Gonzalez-Rave, J. M., Juarez Santos-Garcia, D., & Stone, M. H. (2021). Reliability of the Brzycki formula to estimate 1RM bench press and half-squat between collegiate men and women. *Medicina dello Sport*, 74(4), 614-622.

Krause Neto, W., Vieira, T. L., & Gama, E. F. (2019). Barbell hip thrust, muscular activation and performance: A systematic review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(2), 198-206.

Macht, J. W., Abel, M. G., Mullineaux, D. R., & Yates, J. W. (2016). Development of 1RM prediction equations for bench press in moderately trained men. *Journal of strength and conditioning research*, 30(10), 2901-2906.

Mausehund, L., Werkhausen, A., Bartsch, J., & Krosshaug, T. (2022). Understanding bench press biomechanics—The necessity of measuring lateral barbell forces. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(10), 2685-2695.

Neto, W. K., Soares, E. G., Vieira, T. L., Aguiar, R., Chola, T. A., de Lima Sampaio, V., & Gama, E. F. (2020). Gluteus maximus activation during common strength and hypertrophy exercises: A systematic review. *Journal of sports science & medicine*, 19(1), 195.

Ronai, P. (2018). The bench press exercise. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 22(6), 52-57.