

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares

Relationship between motor coordination, age and sex with strength and agility in schoolchildren

José Manuel. Cenizo Benjumea¹ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8009-4806>

Francisco Javier Vázquez Ramos¹ ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5646-2018>

José Manuel Ramírez Hurtado² ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2289-1874>

Javier Gálvez González¹ ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4059-7326>

¹Facultad del Deporte. Universidad Pablo de Olavide, España

²Facultad Ciencias Empresariales. Universidad Pablo de Olavide, España

Autor de correspondencia: jmcenben@upo.es

Cronograma editorial: *Artículo recibido 21/06/2022 Aceptado: 09/08/2022 Publicado: 01/09/2022*

<https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

Para citar este artículo utilice la siguiente referencia:

Cenizo, J.M.; Vázquez, F.J.; Ramírez, J.M.; Gálvez, J. (2022). Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares. *Sportis Sci J*, 8 (3), 458-477 <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

Contribución específica de los autores: Los autores han participado en equipo y de manera proporcionada en la elaboración de cada una de las partes del manuscrito.

Financiación: No hubo financiación.

Consentimiento informado participantes del estudio: Los representantes legales de los participantes fueron informados detalladamente y por escrito de las características y procedimientos a realizar, firmando el consentimiento informado.

Conflicto de interés Los autores no señalan ningún conflicto de interés.

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

Resumen

El objetivo principal fue analizar el efecto de la coordinación motriz, la edad y el sexo sobre la fuerza y agilidad en escolares de 6-11 años. En el estudio participaron 647 escolares de dos centros de educación Primaria (381 niños y 266 niñas). Se ha realizado un análisis de correlación de Pearson para estudiar la relación entre la edad y la coordinación motriz (medida a través del test 3JS) sobre la fuerza (salto horizontal y salto con contramovimiento) y la agilidad (medida a través del test 4x10). Las diferencias relacionadas con el sexo se analizaron a través del test t-Student y la U de Mann-Whitney, dependiendo de si las variables siguen una distribución normal. Se ha aplicado un modelo ANCOVA donde las variables dependientes son el salto horizontal, el salto con contramovimiento y el 4x10, el factor es la variable sexo y las covariables son la coordinación motriz y la edad. Los resultados han mostrado una asociación positiva entre la coordinación motriz y las pruebas utilizadas para valorar la fuerza y la agilidad. La variable sexo tiene una relación significativa con el salto horizontal, salto con contra movimiento y el 4x10. Tras el análisis según modelo ANCOVA realizado en este estudio, la variable sexo influye sobre el salto horizontal y sobre la agilidad, pero no sobre el salto con contramovimiento cuando se elimina el efecto de la coordinación motriz y de la edad de los escolares.

Palabras claves

Educación Primaria, coordinación motriz, condición física.

Abstract

The aim of this study is to delve into the effect that motor coordination, age and gender have on strength and agility in Primary stage, specifically in students aged 6 to 11 years. 647 schoolchildren from two primary education centers (381 boys and 266 girls) participated in this study. A Pearson correlation analysis has been carried out to study the relationship between age and Motor Coordination (measured through/by the 3JS test) on strength tests (horizontal jump with feet together and jump with counter movement) and agility (measured through/by the 4x10 test). Subsequently, the gender differences in these variables have been studied using the Student's t test or the Mann-Whitney U test, depending on whether the variables follow a normal distribution. Finally, to delve into the objective of the research, an ANCOVA model has been applied where the dependent variables are the horizontal jump, the counter-movement jump and the 4x10, the factor is the gender variable and the covariates are Motor Coordination and age. The results have shown a positive association between the Motor Coordination and the tests used to assess strength and agility. The gender variable has a significant relationship with the horizontal jump, the counter movement jump and the 4x10. After the analysis according to the ANCOVA model carried out in this study, the gender variable influences the horizontal jump and agility, but not the counter-movement jump when the effect of motor coordination and the age of the schoolchildren is eliminated.

Key words

Primary education, Motor Coordination, physical fitness.

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

Introducción

El desarrollo de la fuerza y la agilidad, tomadas como manifestaciones de las capacidades físicas y de la coordinación motriz (Dos Santos et al., 2018; Ré et al., 2020), deben ser abordadas desde la Educación física como elementos potenciadores de la salud (Luz et al., 2019). Algunos estudios indican que una mejor puntuación en las pruebas de coordinación motriz (CM) se asocia con mejores resultados en las pruebas de condición física (CF), especialmente en aquellas que involucran desplazamiento del cuerpo (Gomes et al., 2019). Por ello, un análisis previo de la evolución de estas capacidades permitirá conocer el estado en el que se encuentran, analizar el efecto que tienen sobre ellas el sexo o la edad (López et al., 2016) y así poder actuar con un programa adecuado a sus capacidades.

El desarrollo óptimo de la CM beneficia la maduración física, motriz y cognitiva (Coetzee, 2016), y por ello, la Educación física tiene entre sus finalidades mejorar en los escolares la CM y la CF para que sean competentes a la hora de superar las diferentes tareas motrices complejas (Ruiz, 2004).

La fuerza, como capacidad músculo-esquelética dentro de la CF, está relacionada con una alta calidad de vida en escolares sanos y enfermos (Ortega et al. 2008), de ahí la necesidad de su evaluación en edad escolar.

La variedad en los saltos supone un método ideal para el desarrollo de la fuerza en la edad infantil, prepuberal y adolescente (Peña et al., 2016). Por ello, los test de salto son medios ideales para valorarla en estas etapas. Concretamente, en educación Primaria se recomienda evaluar la capacidad de fuerza mediante test de salto vertical u horizontal (López et al., 2016). Para evaluar estas dos componentes, el salto con contra movimiento (CMJ) (Giraldo-García et al., 2022) y el salto horizontal con dos pies juntos (SH) (Pezoa-Fuentes, et al., 2022) son de las pruebas más utilizadas cuando se pretende analizar la capacidad física del tren inferior.

La fuerza es la capacidad eje a partir de la cual se expresan las demás, de tal forma que capacidades como la agilidad son dependientes de esta. Se ha concluido que la fuerza y la agilidad son fundamentales para la eficacia coordinativa en la ejecución de las actividades físicas (Rosa-Guillamón y García-Cantó, 2017).

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

En este sentido, tras realizar un programa de agilidad y valorar el efecto positivo sobre la altura alcanzada en el CMJ, Sporis et al. (2010) concluyeron que esta capacidad es fundamental en la relación con la coordinación y el control motor y dependiente, entre otras, de la fuerza muscular.

Con respecto a la relación entre la CM y la CF, Ružbarská (2016) concluye que existe una correlación positiva entre ambas, reafirmado por Gomes et al. (2019) al estudiar el efecto del nivel de CM sobre el rendimiento en varias pruebas de CF en niños de 8 años.

Sabemos que la CM aumenta con la edad (Khodaverdi et al., 2020) y el comportamiento de esta evolución en los niños es diferente al de las niñas de edad infantil y prepuberal (Cenizo et al., 2019; Giuriato et al., 2021). Igualmente, conocemos que esta progresión tiene características semejantes en la fuerza (Torres et al., 2014). Aún así, son escasas las investigaciones que describen la relación de la CM y la CF con la fuerza y la agilidad en la edad infantil.

Es por ello, que el objetivo de este trabajo fue profundizar en la relación de la coordinación motriz, la edad y el sexo sobre la fuerza y agilidad durante la etapa prepuberal.

Materia y método

El diseño que se utilizó en esta investigación fue de tipo descriptivo con un grupo. Las variables independientes fueron el sexo (niños y niñas), la edad (6, 7, 8, 9, 10 y 11 años) y la CM. Las variables dependientes estudiadas fueron las dos pruebas para valorar la fuerza, el SH y el CMJ, y el test de agilidad 4x10.

En este estudio participaron 642 escolares correspondientes a dos centros de educación Primaria (353 niños y 289 niñas), seleccionados mediante el método de muestreo no probabilístico intencional. La distribución por edades fue: 6 años (39 niños y 26 niñas), 7 años (39 niños y 35 niñas), 8 años (71 niños y 57 niñas), 9 años (75 niños y 44 niñas), 10 años (73 niños y 59 niñas) y de 11 años (70 niños y 54 niñas).

El Consejo escolar de los dos centros aprobó la participación en el estudio. Para su desarrollo se aseguraron las recomendaciones de Helsinki para la investigación con personas. Los representantes legales de los escolares participantes fueron informados por

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

los investigadores de las características y procedimientos a realizar, firmando el consentimiento informado.

La investigación se llevó a cabo en el mes de abril. Las mediciones se realizaron durante dos días en el horario de Educación física y en similares condiciones, de espacio y mismos evaluadores. Se usaron el gimnasio y pista polideportiva de los dos centros.

La CM fue medida a través del test 3JS (Cenizo et al., 2016), el cual ha mostrado una consistencia interna (Alfa de Cronbach de .827), estabilidad temporal (coeficiente correlación: 0.99) y concordancia inter-observadores (coeficiente correlación: .95). Se siguió el protocolo detallado por los autores para su aplicación (Cenizo et al., 2017).

La fuerza se estimó a partir de la capacidad de salto en su componente horizontal y vertical, realizando la prueba del SH siguiendo el protocolo de la Batería ALPHA- fitness (Ruiz et al., 2011). La componente vertical se analizó a través del CMJ (Bogataj et al., 2020). La agilidad, como capacidad relacionada con la fuerza y la CM, se midió con la prueba de 4x10 (Ruiz et al., 2011).

El protocolo seguido consistió en la realización de las pruebas de fuerza (CMJ y SH) y la de agilidad (4x10) el primer día y el segundo la de CM (3JS). Anteriormente, los escolares llevaron a cabo una sesión de familiarización con las pruebas.

Antes de las mediciones, se realizó un calentamiento estandarizado y dirigido por el investigador consistente en dos minutos de movilidad articular, dos de carrera en varias direcciones y una serie de cinco saltos a intensidad submáxima y cinco máximas.

El primer día realizaron cinco saltos CMJ asegurando un descanso de un minuto entre cada una de las repeticiones. Se desestimaron los dos resultados extremos y se tomó la media de los otros tres. Para su medición se utilizó una célula fotoeléctrica portátil (Optojump; Microgate, Bolzano, Italy) (CCI= .985, IC 95%; .982; .986). Seguidamente, realizaron tres SH de calentamiento antes de las dos repeticiones finales de las que se tomó la mejor puntuación (CCI= .976, IC 95%; .971; .980).

A continuación, hicieron tres repeticiones del test 4x10 con un descanso de dos minutos. Se cronometraron las dos últimas y se tomó como referencia el menor tiempo realizado (CCI= .977, IC 95%; .972; .980).

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

Análisis de los datos

La relación entre la edad y la CM y las pruebas que valoran la fuerza (SH y CMJ) y la agilidad (4x10) se analizó mediante un análisis de correlación de Pearson.

El efecto del sexo sobre el SH, CMJ y agilidad se analizó través del test t-Student y la U de Mann-Whitney. Por último, para ahondar en el objetivo de la investigación, se ha aplicado un modelo ANCOVA donde la variable dependiente es SH, el factor es la variable sexo y las covariables son las variables CM y edad. Para llevar a cabo el análisis estadístico se utilizó el software SPSS statistics 26.

Resultados

La tabla 1 muestra el análisis de la correlación de Pearson para las variables cuantitativas (edad, CM, SH, CMJ y 4x10). También se han calculado las correlaciones en función del sexo (variable cualitativa) y en todos los casos los resultados son significativos.

Tabla 1. Correlaciones entre las variables cuantitativas analizadas.

		Edad	SH	4x10	CMJ	CM
Edad	Correlación de Pearson	1	.31**	-.55**	.33**	.48**
	Sig. (bilateral)		.00	.00	.00	.00
SH	Correlación de Pearson	.31**	1	-.51**	.76**	.41**
	Sig. (bilateral)	.00		.00	.00	.00
Agilidad (4x10)	Correlación de Pearson	-.55**	-.51**	1	-.59**	-.75**
	Sig. (bilateral)	.00	.00		.00	.00
CMJ	Correlación de Pearson	.33**	.76**	-.59**	1	.46**
	Sig. (bilateral)	.00	.00	.00		.00
CM	Correlación de Pearson	.48**	.41**	-.75**	.46**	1
	Sig. (bilateral)	.00	.00	.00	.00	

** . La correlación es significativa en el nivel .01 (2 colas).

Podemos observar que todas las correlaciones son significativas al nivel de confianza del 99% (p-valor < .01). En el caso de la edad, se observa que a edades mayores los valores del SH son también mayores. Esto mismo ocurre con la variable CMJ. En el caso de la variable 4x10 hay una relación negativa, es decir, a medida que la edad de los individuos es mayor, el tiempo que se tarda es menor, lo cual indica una mejora.

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

Para estudiar las diferencias de la variable sexo en las variables SH, 4x10 y CMJ se ha aplicado el test T-Student (para aquellas comparaciones en las que ambas variables que se distribuyen normalmente) y el test U de Mann-Whitney (para aquellas comparaciones en la que al menos una variable no sigue una distribución normal).

Para estudiar la normalidad se realizó previamente el test de Kolmogorov-Smirnov, ya que el tamaño muestral es superior a 50. Se observa que, a un nivel de significación del 5%, las muestras de niños y niñas siguen una distribución normal en el SH y CMJ (p -valor $> .05$), pero no así en el 4x10 (p -valor $< .05$). Por tanto, se contrastan las diferencias del sexo en SH y CMJ mediante el contrastes T-Student, mientras que en la variable 4x10 se utiliza el contraste de la U de Mann-Whitney.

Estudio de las diferencias del sexo en las variables SH, CMJ y 4x10.

En el caso del SH, podemos observar que se cumple la hipótesis de homocedasticidad, puesto que el p -valor de la prueba de Levene es superior a $.05$. El p -valor de la prueba T para la igualdad de medias es inferior a $.05$, por lo que a un nivel del 95% se puede afirmar que existen diferencias significativas en la variable SH en función del sexo (Tabla 2). Dado que la media muestral es un estimador insesgado de la media poblacional, se señala que los niños presentan un mayor valor en la variable SH que las niñas.

En el caso del CMJ, se realizó también el contraste de la T-Student. En este caso, se observa a través de la prueba de Levene que también se cumple la igualdad de varianzas (Tabla 2). El p -valor de la prueba T de igualdad de medias es inferior a $.05$, por lo que se afirma que existen diferencias según el sexo en la variable CMJ a un nivel de confianza del 95%. Al igual que en el caso anterior, si se observan las medias muestrales, se percibe que los niños presentan un mayor valor en la variable CMJ que las niñas.

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

Tabla 2. Prueba de Levene para las variables sexo, SH y CMJ.

	Prueba de Levene de calidad de varianzas	Prueba t para la igualdad de medias								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencias de medias	Diferencias de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	SH	.94	.33	6.02	640	.00	1.33	.022	.090	.177
	CMJ	.39	.52	4.24	640	.00	1.50	.35	.80	2.20
No se asumen varianzas iguales	SH			5.99	603.61	.00	1.33	.22	.090	.177
	CMJ			4.26	625.70	.00	1.50	.35	.81	2.19

Para estudiar las diferencias de la variable agilidad (4x10) según el sexo se aplicó el contraste U de Mann-Whitney. Se observa que el p-valor es inferior a .01, por lo que se afirma que hay diferencias en la variable 4x10 según el sexo, con un nivel de confianza del 99%.

Para tratar de corroborar y enriquecer el análisis de las diferencias del sexo en cada una de las variables SH, CMJ y 4x10, se aplicó un modelo ANCOVA. Este modelo estudia el efecto de una variable cualitativa sobre una variable dependiente cuantitativa, eliminando el efecto que pueda existir de otra/s variable/s no controlables denominada covariables.

En cada uno de los tres casos (SH, 4x10 y CMJ) se estudia el efecto de la variable sexo aislando el efecto de la variable CM y de la edad de los escolares. Se entiende que las diferencias en el sexo puede que no existan, sino que estas puedan ser debidas al efecto de la CM y de la edad de los niños y niñas. Para ello. Se aplica en primer lugar un modelo ANCOVA, donde la variable dependiente es SH, el factor es la variable sexo y las covariables son las variables CM y edad.

Previamente debemos comprobar que se cumplen los supuestos del ANCOVA. Estos supuestos hacen referencia a la linealidad entre la variable dependiente y las

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

covariables, a que las pendientes de las rectas de regresión en cada grupo sean aproximadamente paralelas, a la no multicolinealidad entre la variable dependiente y las covariables, y finalmente a la homocedasticidad del error aleatorio o residuos.

Modelo ANCOVA para la variable SH

Se observa una relación lineal entre la variable dependiente y las covariables, y además las pendientes de las rectas de regresión son prácticamente paralelas, por lo que se cumplen las dos primeras hipótesis. Las correlaciones entre la variable dependiente y las covariables valen .418 y .311 (correlación $< .7$), respectivamente, por lo que no existen problemas de multicolinealidad. La prueba de Levene también permite afirmar que existe homocedasticidad en los residuos, por lo que se cumplen todos los supuestos para poder aplicar un modelo ANCOVA.

Los resultados del modelo ANCOVA vienen dados en la tabla 3. Podemos observar que a nivel global el modelo es significativo a un nivel de confianza del 95% (p -valor $< .05$). También podemos observar en la tabla que la CM y la edad influyen sobre la variable SH. En cuanto a la variable sexo podemos observar que su p -valor vale .034 (p -valor $< .05$) por lo que el efecto sobre la variable SH es significativo. Es decir, cuando se elimina el efecto de la variable CM y de la variable edad sobre el sexo, se obtiene que existen diferencias en la variable SH según el sexo. Este resultado corrobora el alcanzado con el contraste de la T-Student.

Para estudiar esa diferencia hay que observar la tabla de medias marginales estimadas. Los niños presentan valores más elevados que las niñas en la variable SH.

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

Tabla 3. Pruebas de efectos inter-sujetos. Variable SH

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado
Modelo corregido	10.41 ^a	3	3.47	51.77	.00	.19
Interceptación	6.40	1	6.40	95.50	.00	.13
CM	2.38	1	2.38	35.61	.00	.05
Edad	1.07	1	1.07	15.96	.00	.02
Sexo	.30	1	.30	4.49	.03	.00
Error	42.80	638	.06			
Total	1511.46	642				

a. R al cuadrado = .196 (R al cuadrado ajustada = .192)

Modelo ANCOVA para la variable CMJ

En el estudio del modelo ANCOVA, donde la variable dependiente es CMJ y las covariables son la CM y la edad, se observa la existencia de linealidad y que las pendientes de las rectas de regresión son muy parecidas. En cuanto a las correlaciones entre la variable dependiente y las covariables, se observa que dichos valores son .461 y .335, por lo que no existen problemas de multicolinealidad. Finalmente, la prueba de Levene sobre homogeneidad de la varianza de los residuos tampoco da problemas, por lo que se cumplen todos los supuestos para poder aplicar un modelo ANCOVA.

Los resultados del modelo aparecen en la tabla 4. Se observa que las covariables tienen efecto sobre la variable CMJ. Sin embargo, a diferencia de lo que se encontraron al aplicar la T-Student, con el modelo ANCOVA se afirma a un nivel de confianza del 95% que el sexo no tiene efecto sobre la variable CMJ (p valor > .05). El resultado que se obtuvo con la T-Student era debido a la influencia que estaba teniendo la CM y la edad en el sexo de cada escolar. Sin embargo, una vez controlado el efecto de las covariables, se observa que el sexo no tiene influencia sobre la variable CMJ.

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

Tabla 4. Pruebas de efectos inter-sujetos. Variable dependiente CMJ

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado
Modelo corregido	3022.36 ^a	3	1007.45	63.43	.00	.23
Intercepción	256.53	1	256.53	16.15	.00	.02
CM	1175.88	1	1175.88	74.03	.00	.10
Edad	170.10	1	170.10	10.71	.00	.01
Sexo	10.43	1	10.43	.65	.41	.00
Error	10133.06	638	15.88			
Total	251304.55	642				

a. R al cuadrado = .230 (R al cuadrado ajustada = .226)

Modelo ANCOVA para la variable agilidad (4X10)

En este caso, igualmente se observa que también existe una relación lineal entre la variable dependiente y las covariables, y que además las pendientes de las rectas de regresión en ambos grupos son muy cercanas a ser paralelas. Por otro lado, las correlaciones entre la variable dependiente y las covariables valen $-.753$ y $-.533$, respectivamente, para las variables CM y edad. Si bien la correlación entre las variables agilidad (4x10) y CM supera el umbral de $-.7$, se ha considerado el modelo por estar prácticamente en el límite de la multicolinealidad. Finalmente, con el test de Levene se observa que existe homocedasticidad en los residuos, por lo que se cumplen todos los supuestos para aplicar un modelo ANCOVA.

Los resultados del modelo aparecen en la tabla 5. Se observa que los efectos de las covariables sobre la variable agilidad (4x10) son significativos a un nivel de significación del 5%. Por otro lado, si se quitan los efectos de las covariables, la variable sexo también tiene un efecto significativo sobre la variable agilidad (4x10). Por tanto, se deduce que existen diferencias en esta variable según el sexo. Este resultado corrobora el alcanzado

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

con la prueba U de Mann-Whitney. Se observa que los niños presentan valores en las medias marginales estimadas más elevados que las niñas en esta variable.

Tabla 5. Pruebas de efectos inter-sujetos. Variable dependiente agilidad (4x10)

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado
Modelo corregido	878.92 ^a	3	292.97	343.05	.00	.61
Interceptación	5417.55	1	5417.55	6343.57	.00	.90
CM	343.36	1	343.36	402.05	.00	.38
Edad	50.67	1	50.67	59.33	.00	.08
Sexo	4.16	1	4.16	4.87	.02	.00
Error	544.86	638	.85			
Total	111675.24	642				

a. R al cuadrado = .617 (R al cuadrado ajustada = .616)

Discusión

El objetivo principal del trabajo era analizar el efecto de la CM, la edad y el sexo sobre la fuerza y agilidad en escolares de 6 a 11 años. De acuerdo con los resultados obtenidos del estudio de correlación, se aprecia en niños y niñas una relación positiva entre las variables CM, SH, CMJ y la edad, y negativa (reducción del tiempo) entre las anteriores y el 4x10. Por otro lado, en relación con el comportamiento del sexo en las variables SH, CMJ y 4x10, se observa que existen diferencias en los resultados entre los niños y las niñas. Tras el análisis según modelo ANCOVA, donde utiliza como covariable la edad y la CM, se siguen confirmando las diferencias en función del sexo en el SH y en el 4x10, pero no influye sobre la variable CMJ. Esto significa que la variable sexo influye sobre algunas variables de la CF, pero no sobre otras cuando se elimina el efecto de la CM y de la edad. Esta evidencia fortalece la idea que, durante esta etapa, los diferentes niveles de fuerza y agilidad de los escolares pueden ser consecuencia no solo de la edad cronológica, sino también de la madurez (Lloyd et al., 2015) y de factores educativos (Yanci, et al., 2015).

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

Estudio de las correlaciones entre el SH, CMJ, agilidad (4x10), CM y Edad.

El presente estudio ha mostrado una asociación positiva entre el test de CM y las pruebas utilizadas para valorar la fuerza y la agilidad. De acuerdo con los resultados, los mejores puntajes en el 3JS están asociados con un mejor rendimiento en las pruebas físicas estudiadas. Estos resultados son coincidentes con los estudios transversales y longitudinales que apuntan a una correlación positiva con el rendimiento físico (Gomes et al., 2019).

Igualmente, se aprecia una relación entre la edad y las diferentes pruebas relativas a la fuerza y la agilidad. De tal forma que, a medida que aumenta la edad, mejores son los valores que obtienen los niños y las niñas de 6 y 11 años en el SH, CMJ y agilidad (4x10). Los resultados obtenidos corroboran la conclusión de la revisión bibliográfica realizada por López et al. (2016) y por el estudio de González et al. (2007), observando un aumento significativo y lineal de la capacidad de salto, tanto en niños como en niñas, con ganancias del 30.43% en el test SH y 27.48% en el CMJ.

Además de lo anterior, se percibe una relación entre las diferentes pruebas físicas estudiadas, pudiendo interpretarse que el escolar que tiene mejor nivel de fuerza también consigue valores altos de agilidad y viceversa, al igual que en el estudio de Rosa-Guillamón y García-Cantó (2017)

Esta dependencia entre las distintas variables de la CF estudiadas y entre estas y la CM estaría justificada puesto que el desarrollo motor depende de factores biológicos propios de la edad y la maduración muscular (Yanci y Arcos, 2015).

Estudio del SH, CMJ, 4x10 en función del sexo.

De acuerdo con los resultados se evidencian diferencias entre los dos sexos en las variables de la CF estudiadas. Esto coincide con los resultados del estudio de Ružbarská (2016), en el SH y en la prueba 10x5, y de Coetzee (2016), donde se muestran diferencias significativas en función del sexo en escolares de 9 a 10 años con respecto a la fuerza, velocidad, agilidad, y equilibrio.

En este sentido, varios son los estudios que intentan justificar por qué las niñas tienen unos valores inferiores en el salto. Así, García y Herrero (2005) muestran como la

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

longitud alcanzada en el SH exige en la batida de un ángulo, una velocidad, un incremento de fuerza y potencia vertical y horizontal en la salida, mostrando diferencias entre niños y niñas.

Respecto al CMJ, Torres et al. (2014) y Ramírez-Vélez et al. (2017), observan diferencias respecto al sexo en cuanto a la potencia de piernas, siendo mayor en los niños que en las niñas. También, en la revisión realizada por López et al., (2015) se aprecia que la mayoría de los estudios muestran mayores alturas en niños que en las niñas. Sin embargo, Rubio et al. (2007) indican que, a pesar de haber diferencias significativas entre los escolares en el CMJ y en el pico de potencia, no se encontraron diferencias entre sexos.

El comportamiento de la fuerza en este sentido, a través de la capacidad de salto, es similar al de la agilidad, observándose en el presente estudio mejores valores en los niños en el test 4x10. Estos resultados refuerzan los encontrados por Pardo (2016), donde las niñas de 6 a 8 años presentaron resultados inferiores a los niños en el test de Illinois.

Efecto de la CM y la edad sobre la influencia del sexo en el SH, CMJ y 4x10.

Anteriormente se ha descrito cómo la variable sexo tiene una relación significativa con el SH, CMJ y el 4x10. Los resultados indican que el sexo influye sobre el SH cuando se elimina el efecto de la CM y la edad de los escolares. Esto significa que aun excluyendo el impacto que provoca la relación positiva entre la CM y la edad sobre el SH, sigue habiendo diferencias ligadas al sexo en el SH y, en esta relación los niños obtienen valores más altos.

Sin embargo, el sexo no influye sobre el CMJ cuando se elimina el efecto de la CM y la edad. Por lo tanto, la CM y la edad influyen, entre otras variables, en la relación entre el sexo y el CMJ.

Llama la atención como en el SH, sigue existiendo la diferencia entre niños y niñas cuando se le aplica el modelo estadístico ANCOVA. Por el contrario, no ocurre lo mismo con el CMJ. En el estudio realizado por Floria et al. (2014) se analizó la variabilidad del comportamiento en niños y adultos en el test CMJ y el test saltos contramovimiento con brazos (CMJA). El análisis mostró que niños y adultos tenían niveles similares de variabilidad en el CMJ pero diferentes niveles en el CMJA. Según los autores, estos

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

resultados sugieren que la variabilidad depende tanto del nivel de maduración de los participantes como de la complejidad de la tarea. Se puede entender que la prueba CMJ requiere más de componentes técnicos, y por lo tanto de un aprendizaje, que la prueba CMJA. En el test SH, donde al igual que el CMJA, se requiere de la acción coordinada de brazos y piernas, se trata de la habilidad del salto natural y requiere de menos complejidad técnica.

El nivel de práctica motriz, sobre todo extraescolar, podría igualmente explicar las diferencias en el CMJ entre niños y niñas. Torres et al. (2014) muestran que los niños que obtienen mejores valores en el CMJ son los que practican más tiempo actividad física. En el caso de las niñas hay diferencia entre los grupos que solo realizan Educación física y los que practican, además, otras actividades físicas.

También los valores antropométricos de los escolares podrían influir sobre los valores obtenidos. Gálvez et al. (2015), indican que los escolares de 8 a 11 años que poseen niveles superiores de CF presentan mayor tendencia a un estatus de peso corporal dentro de parámetros normales, y Pardo (2016) observa en los escolares de primer ciclo de educación Primaria diferencias entre los niños con normopeso y con sobrepeso/obesidad en los resultados obtenidos en el Test de Illinois. En cuanto a las niñas, no existe una gran diferencia entre el grupo con sobrepeso/obesidad y el normopeso.

De igual forma, el nivel de maduración influye en los resultados de la fuerza tanto en niños como en niñas. En este sentido, López et al. (2016), ante la no concordancia con otros estudios en los resultados obtenidos, donde las niñas obtienen mejores resultados que los niños en todas las variables excepto en la altura de vuelo del salto, lo justifican con el argumento que podría deberse a que o en realidad los niños no obtienen mejores resultados que las niñas, o a que las niñas valoradas en el estudio estaban mucho más desarrolladas que los niños debido a que ya han iniciado la pubertad y ellos todavía no.

Conclusiones

Los resultados de este estudio deben evaluarse teniendo en cuenta que solo se ha valorado el efecto que provocan tres variables (sexo, edad y CM) sobre dos capacidades físicas analizadas, fuerza y agilidad. De acuerdo con los resultados obtenidos se puede

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

concluir que existe una asociación positiva entre la CM y la fuerza (SH y CMJ) y la agilidad. Igualmente, se muestra que el sexo tiene una relación significativa con la fuerza y la agilidad. Tras el análisis según modelo ANCOVA, el sexo influye sobre SH y sobre la agilidad, pero no sobre el CMJ cuando se elimina el efecto de la CM y de la edad de los escolares. Esto indica la necesidad de realizar programas de actividad física adaptados a las capacidades y al nivel de maduración individual.

A pesar de verificarse la influencia, y de acuerdo con los resultados obtenidos, es importante advertir que no solo son estos factores los que influyen en la CF y se desconoce el grado de influencia de cada uno. Sería recomendable valorar cómo influyen, además de las variables tenidas en cuenta, un conjunto de factores relativos a la edad (cronológica y madurativa) y la educación o ambiente en el conjunto de componentes de la CF.

Referencias bibliográficas

- Bogataj, Š., Pajek, M., Hadžić, V., Andrašić, S., Padulo, J., y Trajković, N., (2020) Validity, Reliability, and Usefulness of My Jump 2 App for Measuring Vertical Jump in Primary School Children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10), 3708. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17103708>
- Cenizo, J. M., Ravelo, J., Ramírez, J. M., y Fernández, J. C. (2016). Design and validation of assessment tool for motor coordination in primary education. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 16(62), 203-219. <http://dx.doi.org/10.15366/rimcafd2016.62.002>
- Cenizo, J. M., Ravelo, J., Ramírez, J. M., y Fernández, J. C. (2017) Test de coordinación motriz 3JS: Cómo valorar y analizar su ejecución. *Retos. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (32), 189-193. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i32.52720>
- Cenizo, J. M., Ravelo, J., Ferreras, S., y Gálvez, J. (2019). Gender differences in motor coordination development in children aged 6 to 11 years. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*. 55(15), 55-71. <https://doi.org/10.5232/ricyde2019.05504>

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

- Coetzee, D. (2016). Strength, running speed, agility and balance profiles of 9-to 10-year-old learners: NW-child study. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 38(1), 13-30.
- Dos Santos, M., Nevill, A., Buranarugsa, R., Pereira, S., Gomes, T., Reyes, A., Barnett, L. M., y Maia, J. (2018) Modeling children's development in gross motor coordination reveals key modifiable determinants. An allometric approach. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 1–10. <https://doi.org/10.1111/sms.13061>
- Floria, P., Gómez, L., y Harrison, A. (2014). Variability in the Application of Force During the Vertical Jump in Children and Adults. *Journal of Applied Biomechanics*, 30(30), 679-684. <http://dx.doi.org/10.1123/jab.2014-0043>
- Gálvez, A., Rodríguez, P., Guillamón, A., García, E., Pérez, J.J., Loreto, M., y Tárraga, P. (2015) Nivel de condición física y su relación con el estatus de peso corporal en escolares. *Nutrición hospitalaria*, 31, 393-400. <http://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.8074>.
- García, J. y Herrero, J. (2005). Variables cinéticas de la batida relacionadas con el rendimiento del salto horizontal a pies juntos. *Biomecánica*, 12(2), 61-70.
- Giraldo-García, J.; Cardona, D.; Hernández-Hernández, E. (2022) Correlation between Muscle Eco-Intensity and Vertical Jump in Schools. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 22(86), 319-334. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2022.86.008>
- Giuriato, M., Biino, V., Bellafiore, M., Battaglia, G., Palma, A., Baldari, C., Guidetti, L., Gallotta, M.C., Schena, F. y Lanza, M. (2021). Gross Motor Coordination: We Have a Problem! A Study With the Körperkoordinations Test für Kinder in Youth (6-13 Years). *Frontiers in Pediatrics*, 9, 1-12. <http://dx.doi.org/10.3389/fped.2021.785990>
- Gomes, L., Albuquerque, G., Durão, T., Bezerra, D., Barbosa, L., Tenório, A., y Coelho, M. (2019). Motor coordination as predictor of physical fitness in prepubertal boys. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 21, 1-10. <http://dx.doi.org/10.5007/1980-0037.2019v21e56205>

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

- González, J.L., Díaz Romero, N., García, L., Mora, J., Castro, J., y Facio, M. (2007). La capacidad de salto e índice de elasticidad en Educación Primaria. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 7(28), 359-373
- Khodaverdi, Z., Bahram, A., Khalaji, H., Kazemnejad, A., Ghadiri, F. y Lopes, V.(2020) Performance assessments on three different motor competence testing batteries in girls aged 7–10. *Sport Science for Health*, 16, 747–753. <https://doi.org/10.1007/s11332-020-00653-3>
- Lloyd, R, Radnor, J., Croix, M., Cronin, J., y Oliver, J. (2016). Changes in Sprint and Jump Performances After Traditional, Plyometric, and Combined Resistance Training in Male Youth Pre- and Post-Peak Height Velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5):1239-47 <http://dx.doi.org/47.10.1519/JSC.0000000000001216>
- López, F., Lara, A., Espejo, N., y Cachón, J. (2015). Evaluación de la fuerza explosiva de extensión de las extremidades inferiores en escolares. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 122, 44-51. <http://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es>.
- López, F., Lara, A., Espejo, N., y Cachón, J. (2016). Influencia del género, la edad y el nivel de actividad física en la condición física de alumnos de educación primaria. Revisión Bibliográfica. *Retos. Nuevas tendencias en Educación física, Deportes y Recreación*, 29, 129-133. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i29.34846>
- Luz, C., Cordovil, R., Gao, Z., Goodway, J., Sacko, R., Nesbitt, D., Ferkel, R., True, L., y Stodden, D. (2019). Motor competence and health-related fitness in children: A cross-cultural comparison between Portugal and the United States. *Journal of Sport and Health Science*, 8, 130-136. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2019.01.005>
- Ortega, F. B., Ruiz J. R., Castillo M. J., y Sjostrom M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, 32(1): 1-11. <http://dx.doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
- Pardo, D. (2016). Influencia del índice de masa corporal en la agilidad en la infancia. *Revista Iberoamericana Ciencias Actividad Física Deporte*, 5(1), 50-69. <https://doi.org/10.24310/riccafd.2016.v5i1.6148>

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

- Peña, G., Heredia, J. R., Lloret, C., Martín, M., y Da Silva-Grigoletto, M. E. (2016). Iniciación al entrenamiento de fuerza en edades tempranas: revisión. *Revista Andaluza Medicina del Deporte*, 9(1), 41-49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.022>.
- Pezoa-Fuentes, P., Vidal-Espinoza, R., Urra-Albornoz, C., Luarte-Rocha, C., Cossio-Bolaños, M., Marques de Moraes, A., Lázari, E., Gómez-Campos, R. (2022). Physical fitness in children and adolescents categorized by fat mass level. *Andes Pediátrica*, 93(4). <http://dx.doi.org/10.32641/andespediatr.v93i4.3906>
- Ré, A.H.N. Okely, A., Logan, S., da Silva, M., Cattuzzo, M., y Stodden, D. (2020). Relationship between meeting physical activity guidelines and motor competence among low-income school youth. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(6), 591-595. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.12.014>
- Ramírez-Vélez, R., Correa-Bautista, J.E., Lobelo, F., Cadore, E., Alonso-Martínez, A., y Izquierdo, M. (2017). Vertical jump and leg power normative data for Colombian schoolchildren aged 9-17,9 years: the FUPRECOL study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 990-998. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001550>
- Rosa-Guillamón, A., y García-Cantó, E. (2017). Relationship between muscle strength and other parameters of fitness in primary school children. *Revista Iberoamericana Ciencias del Deporte*, 6(1), 107-116. <https://doi.org/10.33607/bjshs.v2i117.912>
- Rubio, J.A., Abián J., Alegre, L.M., Lara, A.J., Miranda, A., y Aguado, X. (2007). Capacidad de salto y amortiguación en escolares de primaria. *Archivos de Medicina del Deporte*, 24(120), 235-244.
- Ruiz, J., España V., Castro J., Artero, E., Ortega, F., Cuenca, M., Chillón, P., Girela, M.J., Mora, J., Gutiérrez, A., Suni, J., Sjöström, M., y Castillo, M. (2011). Batería ALPHA-Fitness: test de campo para la evaluación de la condición física relacionada con la salud en niños y adolescentes. *Nutrición Hospitalaria* 2011; 26(6): 1210-1214. <https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.6.5270>
- Ruiz, L. M. (2004). Competencia motriz, problemas de coordinación y deporte. *Revista de Educación*, 335, 21-34.

Artículo Original. Relación de la coordinación motriz, edad y sexo con la fuerza y agilidad en escolares Vol. 8, n.º 3; p. 458-477, septiembre 2022. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.3.9165>

- Ružbarská, I. (2016). Physical fitness of primary school children in the reflection of different levels of gross motor coordination. *Acta Gymnica*, 46(4), 184-192. <https://doi.org/10.5507/ag.2016.018>
- Sporis, G, Milanovic, L, Jukic, I, Omrcen, D., y Sampedro, J. (2010). The effect of agility training on athletic power performance. *Kinesiology*, 42(1), 65-72.
- Torres, G., Carpio, E., Sánchez, A., y Zagalaz, M. (2014) Niveles de condición física de escolares de educación primaria en relación a su nivel de actividad física y al género. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 25(25), 17-22. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i25.34468>
- Yanci, J. y Los Arcos, A. (2015) How does the age and gender influence the ability to change direction in primary school children? *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (28), 40-43. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i28.34862>