

Fuentes de variación en la investigación de las capacidades de salto y carrera rápida en escolares

MARTÍN ACERO, RAFAEL (1), FERNÁNDEZ DEL OLMO, MIGUEL (2),
AGUADO JÓDAR, XAVIER (3), BERGANTIÑOS JOVE, LEANDRO (4).

- (1) DR EN EDUCACIÓN FÍSICA; PF INEF DE GALICIA- UNIVERSIDAD DE A CORUÑA
(2) LDO EN EDUCACIÓN FÍSICA; PF INEF DE GALICIA- UNIVERSIDAD DE A CORUÑA
(3) DR. EN EDUCACIÓN FÍSICA; PF FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE- UNIVERSIDAD CASTILLA- LA MANCHA
(4) LDO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE; DOCTORANDO UNIVERSIDAD DE A CORUÑA;
ALUMNO MASTER ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO COES- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

“Dedicado a los alumnos-as y profesores-as de Curtis, As Pontes y A Coruña que participaron en el estudio de la condición física de escolares gallegos .”

RESUMEN

En el presente trabajo se intenta aportar una guía de vigilancia para garantizar la calidad de los registros de diferentes saltos verticales en plataforma de contactos y de carrera rápida en línea recta, en estudios descriptivos con población escolar entre 6 y 18 años de edad. Se revisan los posibles efectos sobre los registros del estado del sujeto, del material e instalaciones, de los registradores, de las prácticas previas, y la imperfección de las pruebas, es decir de todas las posibles fuentes de variación en los registros repetidos en pruebas de salto vertical y de carrera rápida. Observando todo lo expuesto se tendrá la seguridad de haber realizado una valoración diagnóstica fiable, cuyos valores podrán ser analizados y utilizados sin problemas (Bosco, 1992, 1994). Finalmente se deberá prestar atención a las comparaciones entre investigaciones que, aparentemente, realizaron metodologías parecidas y, sin embargo pudiesen conducir a errores en la discusión: por el uso de diferentes instrumentos de registro o control de la calidad de la ejecución, diferencias de selección u organización de la muestra (grupos de edad, normalidad y homogeneidad), y de elaboración de normas de referencia.

1. INTRODUCCION Y JUSTIFICACIÓN

Le Boulch (1997) define que, para la evolución del conocimiento científico en Educación Física, es necesario investigar en un **programa general, fijado en tres etapas**, las dos primeras harán referencia al tipo de investigaciones que estudiamos:

- **1ª Etapa:** *balance y análisis de factores de dominio corporal, valorizando, analizando y disgregando magnitudes de los factores de la capacidad física.* En el ámbito de este trabajo: fuerza/velocidad en habilidades

básicas que implican coordinación dinámica general.

- **2ª Etapa:** *búsqueda de medición y magnitudes de los factores, midiendo factores menos globales y de un modo más preciso.* En el ámbito de este trabajo: evidenciado registros de diversas expresiones de la fuerza explosiva producida por la musculatura extensora de las piernas (**fuerza activa:** explosiva; **fuerza reactiva:** elástica, y reactiva), y aceleraciones y velocidades parciales en la carrera rápida (20, 30 m), amplitud media de paso y frecuencia media de paso.

En la revisión de la literatura técnica y científica se comprobó la falta de estudios que incluyesen variables como los diversos tipos de salto vertical y a la vez la carrera rápida en línea recta, por ejemplo en las 6 o 7 investigaciones descriptivas transversales más importantes realizadas en la *península ibérica* no se incluía ningún salto vertical, ni pruebas de carrera rápida en línea recta. En este ámbito neuromuscular, hasta hace poco tiempo, el mayor control metodológico se lograba en las pruebas de fuerza estática, que minimizaban factores de habilidad, de aprendizaje y de experiencias previas, pero la realidad actual, tanto investigadora (instrumentos de medida más manejables en el campo, y de parecida precisión y sensibilidad a los de laboratorio) como social (mayor práctica físico-deportiva), exige estudios con pruebas motoras que *impliquen la fuerza funcionalmente* (saltos y carreras) por su gran utilidad (Haywood, 1986).

Al plantearse realizar estudios rigurosos sobre las capacidades de salto y carrera rápida, objetivos muy habituales en estudios técnicos e investigaciones con población escolar, hay que conciliar las magnitudes exigidas por estudios descriptivos (tamaño muestral, n° de Registradores, cantidad de pruebas y repeticiones de las mediciones, etc.) con un gran control de variables extrañas. También hay que valorar la experiencia acumulada por los investigadores, como profesores de educación física y técnicos deportivos, y planificar la formación de los Registradores, contrastada por evaluación. Se utilizarán protocolos de pruebas motrices con validez y fiabilidad comprobadas, se deberá controlar la incidencia posible de las instalaciones, el material y la tecnología a utilizar.

Para Zatsiorski (1989) toda medición repetida un determinado número de veces puede verse sujeta a diferentes fuentes de variación: el estado de los sujetos investigados (fatiga, motivación...), cambios de las condiciones externas y materiales (error aleatorio), variación del registrador (fiabilidad intra-registrador, y fiabilidad inter-registradores), e imperfección de las pruebas.

También se distingue entre (Rodríguez, en González et al., 1998):

- **Fiabilidad interna:** grado de concordancia que viene determinado por los factores internos relativos al propio sujeto (motivación, estado emocional, fatiga, salud...) reflejando la llamada variabilidad biológica
- **Fiabilidad externa:** grado de concordancia que viene determinado por factores externos al sujeto (instrumentos, registradores, protocolo de las pruebas, ambiente...), lo que MacDougall et al. (1995) denomina *error experimental*, y Zatsiorski (1989) *error aleatorio*.

El error aleatorio, junto a la posible existencia de una predisposición sistemática, también denominada "*trend*" (Zatsiorski, 1989), esto es una tendencia general para que las mediciones sean diferentes en una dirección particular (positiva o negativa) entre pruebas repetidas, constituirían el *error total de la medición* (Chatburn, 1996).

Baumgartner (en Safrit y Wood, 1989) distingue entre:

- **Fiabilidad relativa:** grado con que los individuos mantienen su posición en una muestra con mediciones repetidas; y
- **Fiabilidad absoluta:** grado con que mediciones repetidas varían para los individuos.

Zatsiorski (1989) engloba estos dos tipos de fiabilidad, y lo llama **estabilidad de la prueba**. También se puede encontrar el concepto de estabilidad como referido a la "*consistencia entre varias mediciones repetidas por un mismo observador en los mismos sujetos*" (Rodríguez en González et al., 1998).

2. FUENTES DE VARIACIÓN POR EL ESTADO DE LOS SUJETOS INVESTIGADOS

a) Aspectos generales

La participación de los sujetos será de carácter voluntario, a pesar de ello se pueden pro

diferentes comportamientos por la motivación, y también por el grado de dominio de las habilidades motrices que exigen las pruebas. Para el control de ambos casos se puede utilizar la estrategia de ir enviando, progresivamente, diversos materiales de tipo didáctico- divulgativo a los profesores de educación física o técnicos de los centros, clubes o instituciones seleccionados, constituyéndose en la **Guía del Profesor** de centro colaborador, donde se determinará:

- a) todo el procedimiento y exigencias de protocolo de las pruebas, riesgos, aspectos éticos, etc
- b) plan de tareas mínimas para garantizar el aprendizaje por parte de todos los alumnos (de 2 a 4 sesiones, con no más de 4 repeticiones de cada prueba, con recuperación total y sin exigencia de rendimiento en su realización).
- c) vídeo con las pruebas, para profesores y sujetos, para favorecer la rigurosidad y organización de la recogida de datos.

Los sujetos deberán realizar las pruebas con determinación y máximo empeño, el sujeto debe ser estimulado y motivado a obtener los resultados máximos posibles, por eso los sujetos serán informados de la naturaleza de la prueba y del objeto de la valoración (Bosco, 1992, 1994). En el momento de la obtención de los registros, los Registradores, ya entrenados para tal efecto, informarán:

- a) sobre las condiciones de realización de cada prueba,
- b) sobre la importancia de producir un rendimiento máximo, y
- c) animarán y estimularán a chicos y chicas, generando un ambiente de tranquilidad, confianza y motivación positivo para la participación con el mayor de los empeños de cada sujeto, en cada prueba y repetición.

b) Falta de experiencia (control y ajuste motor)

La inexperiencia en los saltos, y más teniendo en cuenta que alguno de ellos implica una técnica depurada (Dainty y Norman, 1987; Duncan y Howard, 1995), puede reflejarse en desviaciones importantes en la verticalidad de su ejecución. Esto será importante tenerlo en cuenta en sujetos de edades escolares, pero también en sujetos adultos no familiarizados, por la inactividad o por su actividad físico- deportiva, con los saltos. Todos ellos deberán cumplir un cierto *período de aprendizaje* antes de realizar estas pruebas (González Montesinos, 1996).

c) Sesión operativa de registro

Las pruebas deben ser realizadas con gran rigor y sin premura de tiempo, es muy previsible que, sobre todo las primeras veces, se puedan cometer algunos errores de ejecución, y también hay que facilitar la posibilidad de tanteo y ajuste por parte del sujeto.

El período escolar en que se registren los pruebas no debe coincidir después de las vacaciones escolares, ni inmediatamente después de entrenar contenidos de las capacidades físicas registradas.

La sucesión de pruebas debe efectuarse de tal modo que la más exigente, y fatigosa se registre al final: SJ, CMJ, CMJA, RJ, DJ, 30 m.

Antes de efectuar las pruebas es necesario hacer un buen calentamiento de los músculos extensores de las piernas, especialmente cuando la temperatura sea baja. No se realizarán registros después de la ejecución de una actividad física elevada debido a que los fenómenos de fatiga pueden influenciar en los resultados.

Según Bosco et al. (1983b), tomando las precauciones de estandarizar las condiciones de ejecución, efectuando tres o más intentos, se logran índices de correlación *test-retest* altos ($r = 0.95$), con escolares se optará por que los sujetos realicen de tres a cuatro intentos máximos, registrán-

dose todos y analizando los mejores: la media de 2 o 3 saltos, o el valor máximo.

Después de cada prueba se deberá conceder el adecuado período de reposo, que será breve, excepto si percibimos evidencias de fatiga.

3. FUENTES DE VARIACIÓN POR CAMBIOS DE LAS CONDICIONES EXTERNAS Y MATERIALES

Son diversos tipos de material de apoyo e instalaciones, los que se suelen utilizar en estas investigaciones: didáctico, tecnológico, logístico e informático, de diseño propio, o de adquisición, de mercado, o prototipos con estudios previos de sensibilidad y precisión, etc.

Se registrará siempre el lugar, la hora y las condiciones ambientales (espacio abierto o cerrado) y, por si fuese necesario, la temperatura y la humedad.

Las pruebas serán realizadas siempre en igualdad de condiciones materiales, sobre todo cuando las características de la muestra obligue a cambiar de escenarios (distintos sujetos en diferente instalación). Todos los sujetos tendrán cierta homogeneidad en la indumentaria, la deportiva es idónea para cumplir también este objetivo, zapatillas y preferiblemente pantalón corto. Generalmente se realizarán en gimnasios y pabellones polideportivos cubiertos, con similares condiciones climáticas, obteniéndose una influencia nula del viento al ser instalaciones totalmente cerradas y cubiertas, con parecidas superficies en los suelos.

La plataforma de contactos debe estar siempre cubierta por una superficie antideslizante.

A partir de numerosas revisiones y estudios producidos en el Laboratorio de Biomecánica dirigido por el Dr. Aguado (Aguado, Izquierdo, González Montesinos; INCAFD de León; y Facultad de CC. del Deporte, de Toledo) se verán a continuación los problemas más destacados de la plataforma de contactos, que afectarán sobre

todo a los protocolos que exijan la entrada del sujeto saltando desde el exterior, o al realizar saltos continuos:

a) Con respecto a las dimensiones de la plataforma

Se pueden producir en el sujeto desviaciones anteroposteriores y/o mediolaterales condicionadas por las dimensiones del tapiz. Actualmente se construyen plataformas de contactos de variadas dimensiones, siendo las más utilizadas las que se encuentran entre 100 y 175 cm de largo y 70 cm de ancho. El mecanismo de contacto de compone en la distribución por parejas de láminas de 1 cm de ancho, de 67 cm de largo y 550 micras de grosor, dispuestas a 10 cm o 5 cm en la plataforma.

b) Con respecto a la separación longitudinal entre láminas

La amplia separación entre los pares de láminas (de 5 a 10 cm) puede provocar que la recepción o despegue se produzca entre las mismas, no produciendo la aproximación (conexión) o separación (desconexión) de las láminas. El problema se reduce doblando los tapices para que la distancia entre pares de láminas se reduzca a la mitad (2,5 o 5 cm). También se disminuirá la fuente de error obligando al sujeto a saltar con su línea de hombros transversal a las láminas.

c) Con respecto a la separación vertical entre láminas

Cada lámina está separada de su par por unos elementos aislantes que permiten la conexión-desconexión de las mismas en el momento de ser o no ser presionadas. Según la distancia existente entre el punto de conexión y este elemento aislante, variará la presión necesaria para deformar las láminas. En algunas pruebas de sensibilidad para provocar el contacto entre las láminas se han llegado a necesitar desde 30 (González Montesinos, 1996) hasta 10 kg, recordemos que la media de peso corporal (BW) de chicas-os de

6 a 8 años, en muchos estudios descriptivos, resultó inferior a 30 kg (Martín Acero, 1999).

d) Averías

La plataforma de contactos presenta como avería más frecuente la rotura de los cables semi-rígidos e internos que unen los pares de láminas entre sí. Se suele llevar, junto con la plataforma, un soldador de estaño; si se tienen la posibilidad, no muy complicada, lo recomendado es sustituir las conexiones internas por un cable flexible externo a la funda de la plataforma, o reconstruir todas las conexiones sobre superficie rígida, distribuyendo los pares a 2 cm. De este modo todas las repeticiones de un sujeto serán registradas, no obligando a innumerables repeticiones que pueden afectar al sujeto (pérdida de motivación, baja concentración,...) por error un eléctrico.

4. FUENTES DE VARIACIÓN DEL REGISTRADOR (OBSERVADOR)

Con el objetivo de evitar las variaciones que pueda aportar a la medición el encargado de registrar se procederá a una selección adecuada de Registradores para posteriormente, proceder a una formación a través de seminarios. En fases progresivas, con evaluación continuada y final, se procederá a las explicaciones y al entrenamiento sistemático de las habilidades de observación/evaluación correspondientes a cada protocolo de las pruebas motrices administradas, tanto para el desarrollo de las *habilidades de criterio* y técnicas exigidas, como para la *correcta actitud ética e investigadora*. Se establecerán diversos mecanismos de control, por ejemplo el acuerdo y consenso en determinados puntos de los protocolos, también con experiencias personales en fases progresivas (sujeto activo, sujeto observador externo, y sujeto Registrador) y, finalmente, deberán superar la evaluación final establecida. Por otra parte deberá prestarse especial atención al consenso y fiabilidad de los observadores, tanto de un observador en relación a sí mismo (fiabilidad y consenso intraobservador) como entre los diferentes observadores (fiabilidad y consenso interobservadores). Debe quedar claro que consenso y fiabilidad no representan una

misma cualidad en la observación, de tal modo que dos observadores pueden tener una elevada concordancia pero que coincidan en el mismo error (Arnau et al., 1990).

En el control de los saltos verticales, y en la obtención del número de pasos en la carrera de 30 metros, es correcto utilizar desde **métodos biomecánicos** (goniómetros, plataformas, procesamiento digital,...) hasta el **método observacional sistematizado** por *acuerdo y consenso* entre observadores- Registradores (Anguera, 1978, 1985, 1992) a partir de la definición específica y cuidadosa de los protocolos asumidos por el investigador para los saltos verticales, se cerrarán previamente la tipología de opciones de ejecución, incluso confrontándolos con ejemplos de casos reales directos o indirectos, también con referencias cuantificables. Las categorías se establecen según la ejecución del salto vertical sea válida («*todo*»), o no («*nada*»). Los registradores dispondrán de una **Guía del Registrador** (protocolos, instrucciones técnicas, mantenimiento, redes de comunicación, código deontológico,...).

En las sesiones de recogida de datos los Registradores pueden estar emparejados o a la prueba, o a los sujetos, en estudios descriptivos es preferible la primera opción, para que los criterios (*todo*, o *nada*) se apliquen homogeneizados en todas las sesiones, lugares o sujetos participantes. Estará prevista la posibilidad de Registradores en reserva para sustituciones temporales, en caso de incidencias o fatiga.

Para la obtención del número de pasos en la carrera se puede realizar el proceso de observación directa o indirecta, la segunda a través de registros en vídeo.

5. FUENTES DE VARIACIÓN POR IMPERFECCIÓN DE LAS PRUEBAS

5.1. SALTOS VERTICALES

Se han estandarizado las pruebas de salto vertical, después de haber sido examinados y con-

trolados con métodos sofisticados de investigación, electromiografía, electrogoniometría, análisis cinematográfico (100 i/s), plataformas de fuerza, análisis bioquímico (VO₂; ácido láctico), etc. La batería de pruebas introducida por Bosco prevé la ejecución de diversas pruebas de salto en las que se modifican las condiciones cronológicas y secuenciales que preceden a la contracción (posición estática; pre-estiramiento; acción de brazos; ...), las características específicas del músculo mismo, como la longitud y velocidad del estiramiento o del acortamiento, etc.

5.1.1. EJECUCIÓN TÉCNICA CORRECTA EN PLATAFORMA DE CONTACTOS

a) Desequilibrios del sujeto

En los saltos el sujeto se acomoda a las medidas de la plataforma, lo cual va a exigir de continuos ajustes psicomotores para que el salto se aproxime a la máxima verticalidad. Estos ajustes van a implicar principalmente a las piernas, la cadera y de la columna, y afectarán más a los protocolos que exigen entrar saltando a la plataforma, y a los que precisan de varios saltos continuos.

b) Diferente fuerza entre los miembros inferiores (pierna fuerte/ pierna débil)

Las características funcionales de las estructuras que constituyen los miembros inferiores no siempre están en equilibrio entre ellas, ni tienen un desarrollo armónico a lo largo de las edades escolares. Una posible explicación a la falta de verticalidad de los saltos puede estar en lo que vulgarmente se denomina pierna fuerte y pierna débil. La existencia de una pierna más fuerte provocará una disfunción que va a condicionar el resultado de la ejecución del salto. No obstante hasta la fecha se han venido utilizando protocolos, tanto en los saltos de la Batería de Bosco como en los de Sargent y Abalakov, que solicitan ambas extremidades a la vez. Se pueden confrontar, la pierna que manifiesta un valor mayor con las que expresa el menor (Bosco, 1992, 1994), e identificar a los sujetos con problemas de verticalidad, por esta causa.

c) Aumentar el tiempo registrado, en la fase aérea o en la recepción

Bosco (1992,1994) presenta algunas recomendaciones a tener en cuenta durante la ejecución de saltos verticales a fin de llegar a obtener los resultados más correctos, en muchas ocasiones se puede observar, especialmente en sujetos poco entrenados, que en el momento del contacto con la plataforma, después de haber ejecutado el salto, las piernas no están extendidas, la utilidad del valor registrado se puede ver comprometida si se dan las condiciones citadas; la recomendación para el sujeto que salta es que deberá tomar contacto con las puntas de los pies, y con las rodillas extendidas. Una forma de favorecer un aterrizaje de este tipo, que tiene un efecto práctico seguro y eficaz, es sugerir al individuo que efectúe una serie de pequeños saltos sobre las puntas de los pies después del aterrizaje. En la fase aérea, en el punto de máxima altura, el sujeto deberá extender las rodillas.

d) Angulo de flexión de rodillas, igual o variable

Tanto si se igualan los ángulos de inicio de los saltos, como si se permite que los sujetos elijan libremente el grado de flexión, se encontraron valores más altos en CMJ que en SJ (Bobber et al., 1996; en López Calbet et al., 1998).

Bosco et al. (1982b) constataron que la contribución de la reutilización de la energía elástica a la fase de trabajo positivo de una contracción muscular variaba en función de cómo se desarrollaba la fase excéntrica. Estudiaron diferentes ángulos de flexión de rodillas (poco: 124,7°-128,7°; y mucho: 92,7°-90,8°), encontrando que los sujetos de menor porcentaje de fibras rápidas (37.4 ± 8.4%) saltaron casi igual con poca flexión de rodillas (aprox. 120°) que con mucha (aprox. 90°); sin embargo los sujetos de mayor porcentaje de fibras rápidas (56.1 ± 9.0%) saltaron más con poca flexión, y bastante menos con mucha flexión. Para controlar esta fuente de variación, que dificultaran la expresión máxima de la capacidad de salto de algunos sujetos (sobre todo en escolares de gran porcentaje de fibras

rápidas), es recomendable adoptar en los protocolos de saltos verticales de **SJ**, **CMJ**, y **CMJA**, la opción de ajuste individual del ángulo de flexión de rodilla (en un rango de 90° hasta 120°), lo cual exige claramente de un aprendizaje previo. También Baker et al. 1992, en el protocolo que proponen para saltos verticales, dejan el grado de flexión de la rodilla a discreción del sujeto.

e) **Insuficiente madurez o adaptación neuromuscular, ante la exigencia de saltos reactivos máximos**

La limitación más importante se refiere a los resultados de saltos realizados después de una caída vertical, con breves tiempos de contacto y poca o ninguna flexión de rodilla (pliométricos, o Drop Jump: DJ), para obtener un valor máximo en sentido contrario al de la caída, es conocida la necesidad de cierto nivel de maduración neuromuscular. Schmitzbleicher (1982) observó una actividad electromiográfica (EMG), sobre todo en la fase excéntrica del movimiento, muy diferente entre sujetos entrenados y no entrenados, al caer desde 110 cm. La actividad EMG máxima, en los sujetos no entrenados se registra antes del impacto (inhibición por vía refleja), y en los entrenados se evidencia al entrar en contacto con el suelo, el autor pensó que la facilitación neural sería debida al entrenamiento, por una adaptación del reflejo miotático. Para Chu (1992) y Zatsiorski (1995), antes de comenzar cualquier programa de entrenamiento que incluya saltos en las condiciones citadas, se precisa un nivel relativamente alto de desarrollo de la fuerza. Este tipo de argumentos obliga a ser muy precavidos sobre el uso de los resultados de pruebas en condiciones pliométricas, pues muy probablemente bastantes sujetos en edad escolar, no estén preparados para realizar saltos máximos después de caer (DJ), esta es la razón para no aconsejar la utilización ni del DJ, que exige una carga fija para todos los sujetos (desde: 40, 60,.... 120 cm), ni la prueba de **Vittori-Bosco** (durante 5 s, saltos al máximo), si embargo esta última se adapta (propuesta de Vittori) no fijando la altura de caída, realizando en progresión libre, según las condiciones del sujeto, una serie de saltos continuos, hasta alcanzar el máximo de altura (1RJ), desde

la caída anterior, según consientan las características neuromusculares de cada sujeto, y siempre que el tiempo de contacto no exceda de un rango considerado como reactivo (nunca mayor de 249 ms).

5.1.2. REPRODUCTIBILIDAD DE SALTOS VERTICALES DE 6 A 15 AÑOS

Aunque la validez de un pruebas no sólo depende de su reproductibilidad, las correlaciones del test- retest, en el pruebas de Bosco, han dado valores muy buenos ($r = 0,94-0,97$. Bosco et al., 1982a; Viitasalo y Bosco, 1982; Bosco et al., 1983a).

Según Viitasalo (1988) desde los 11 años se pueden realizar pruebas de saltos verticales, al encontrar coeficientes de variación (CV) menores del 10 % (Tabla 1.). Para poder aplicar estas pruebas a partir de 6 años se realizó un estudio (Martín Acero y Fernández del Olmo, 1998), con un grupo de 56 sujetos entre 6, 7 y 8 años de edad (26 de género femenino y 20 del masculino). Se controlaron factores como: en la misma instalación, el mismo día, a la misma hora aminorando en lo posible la variabilidad externa. Los niños-as realizaron 4 intentos por tipo de salto: SJ, CMJ, CMJA, 1RJ.

TABLA 1. Coeficientes de variación (CV) encontrados en edades de población escolar en el salto vertical con Contramovimiento (CMJ). (1) Martín Acero y Fernández del Olmo et al., 1998; (2) Viitasalo, 1988.

Estudio	EDAD	C.V. (%)
(1)	6-7-8	8,72
(2)	11	8,62
(2)	12	7,80
(2)	13	7,06
(2)	14	7,05
(2)	15	5,05

Realizado el análisis de los resultados se estimó la reproductibilidad, analizándose los dos mejores resultados del primer día en el que los

sujetos realizaban las pruebas, presentando *índices de reproductibilidad aceptables* CMJ, CMJA, 1RJ, y *escasa* la prueba de SJ, según Léger et al., 1984. Analizando también los registros de 7 días después, se verifica que la fiabilidad puede verse muy mejorada con una sesión previa de familiarización con las diferentes pruebas, obteniendo de este modo una fiabilidad alta (C.C.I. > 0.9), aunque con Coeficientes de Variación elevados si los comparamos con los obtenidos por una muestra de adultos en las mismas pruebas, lo cual, en parte parece lógico, debido a los bajos valores que, con respecto a los adultos, alcanzan los niños en cada uno de los saltos.

TABLA 2. Resultados del estudio de reproductibilidad en sujetos de género masculino y femenino de 6, 7 y 8 años (Martín Acero y Fernández del Olmo, 1998)

PRUEBA:	C.C.INTRAC.		CV (%)	
	T1	T2	T1	T2
SJ (cm)	,83	,99	11,02	9,19
CMJ (cm)	,95	,99	8,72	8,48
CMJA (cm)	,69	,80	8,30	7,92
1RJ (cm)	,96	,96	11,78	11,57

5.1.3. ASOCIACIÓN ENTRE SALTOS DONDE SE UTILIZAN LOS BRAZOS: VERTIVAL (CMJA) Y HORIZONTAL ADELANTE (SBJ)

Las pruebas de saltos verticales y horizontal adelante se han utilizado en múltiples estudios, aunque en los verticales con protocolos e instrumentos de medida muy diferentes (Fetz, y Kornexl, 1976; Szczesny, 1984; Branta, Haubenstricker y Seefeldt, 1984; Crasselt et al., 1985; Letzelter y Letzelter, 1986; Viitasalo, 1988; Beunen y Simons, 1990; Malina y Bouchard, 1991).

Viitasalo (1988), encontró Coeficientes de Correlación (Parciales, con la edad como variable de control), que evidenciaron la intensidad de

la relación entre saltos donde se utilizan los brazos pues, probablemente, además de la producción de fuerza rápida de las piernas, también están influidos por el balanceo de los brazos: SBJ y CMJA ($r = 0,80$). En población escolar (6 hasta 17 años), entre estos dos saltos también se encontró una asociación fuerte ($r = 0,72$), según Suslakov (en Zaciorski, 1989) y Malina y Bouchard (1991), sin embargo, parece que los escolares no aprovechan suficientemente el balanceo de brazos (Martín Acero, 1999). Las investigaciones que utilicen alguna de estas dos pruebas, tendrán que garantizar un nivel previo de dominio técnico consolidado por los escolares estudiados, y con mayor rigor si solo se utiliza alguna prueba de este tipo para caracterizar el componente neuromuscular de una determinada población.

5.2. CARRERA RÁPIDA

Se deberán definir los objetivos de cada investigación (aceleración, velocidad máxima,...) para establecer las pruebas adecuadas (20, 30, 60 m,...). Se diseñará la Instalación de Medición de Tiempo (IMT) que registre los datos precisos, anulando las situaciones de inicio de carrera que acumulen tiempo en la reacción, que no pueda ser discriminado por la IMT. En toda prueba de carrera rápida las mayores fuentes de variación, en cuanto a la ejecución, se producen en la salida, la llegada y cambios de sentido o dirección, no controlados suficientemente. La salida se deberá homogeneizar para todos los sujetos participantes, debiendo garantizarse que están en situación estática antes de comenzar la prueba y el registro de tiempo.

5.2.1. PROCEDIMIENTOS DE VALORACIÓN DE PASOS DE CARRERA (amplitud y frecuencia media de pasos)

En un estudio de campo, que precise de una muestra numerosa y no disponga de complejos recursos tecnológicos, se puede calcular el número de pasos, y por tanto la amplitud media de los mismos, a partir de dos maneras distintas:

a) la más usual, desde la medición de pasos enteros y porción de paso final en 30 m

Incluye los primeros pasos de carrera, necesariamente más cortos.

b) la más compleja, desde la medición de pasos enteros y porciones de paso en el sector de velocidad máxima (terminada la aceleración)

Las porciones de paso se calculan desde una amplitud media que, no incluyendo los primeros pasos de carrera, resulta próxima a la máxima. Sabiendo por el método más accesible (a) el número de pasos y fracción correspondiente, y también por el más complejo (b), en la misma muestra de escolares, Martín Acero (1999) realizó una comparación estadística encontrando diferencias significativas entre ambos métodos de medición de pasos (a y b).

Posteriormente se estableció una recta de regresión lineal para así poder obtener una aproximación más real (y) de la amplitud del paso, a partir de los datos (x) obtenidos por el método más usual (a):

- Para chicos de 6 a 17 años (n= 499): $y = 1,004 x - 0,177$.

- Para chicas de 6 a 17 años (n= 480): $y = 1,002 x - 0,114$.

5.2.2. APROXIMACIÓN A LA VALIDEZ INTERNA EN LA CARRERA EN 10x5 m

La prueba 10x5 m (ida y vuelta), mide la **agilidad** («Shuttle Run», Malina y Bouchard, 1991) o la **velocidad de carrera** (Ostyn et al., 1980; Prat et al., 1987), aunque es conocido que no permite la producción de la velocidad máxima de carrera, que solo se expresa en desplazamiento lineal.

La validez interna de una prueba, grado en que mide la capacidad que dice medir, depende de la fiabilidad (Rodríguez, en González et al.,

1998), la **fiabilidad** de la prueba de **10x5 m** (Van 'T Hof y Kowalski, 1979; en Ostyn et al., 1980) se considera **dudosa** ($r=0,68$) según la interpretación que hacen Léger et al. (1984) de los valores de los coeficientes de correlación. Sin embargo, y considerando la tendencia de los dos géneros, otros Coeficientes de Correlación encontrados nos aproximan a interpretar el grado de asociación entre la **velocidad de carrera** y los resultados de la misma muestra de en la carrera rápida de 30 m en línea recta (velocidad media, como criterio externo), presentando una **validez muy buena** ($r > 0,80$; Léger et al., 1984). Por géneros los valores de CC encontrado fueron 0,84 para chicos y 0,80 para chicas (Martín Acero, 1999).

6. DISCUSIÓN ENTRE INVESTIGACIONES

Además de todas las peculiaridades mencionadas, se prestará atención especial cuando se comparen investigaciones entre sí, aunque los protocolos aparentemente fueran casi iguales, por posibles:

a) Diferencias de altura de despegue entre instrumentos:

Con otros mecanismos de medición (Abalakov, Dal Monte, Vandewalle,...) la altura medida de salto se obtiene hallando la diferencia entre la de parado sobre el suelo (**h1**), apoyo completo de pies, y la altura máxima después del despegue (cadera, cabeza, mano: **h2**). En la plataforma de contacto el circuito se abre al abandonar el suelo la punta de los pies, por tanto no incorpora a su medición el tiempo (transformado después en espacio) que tardan los pies en extenderse. Por lo cual, **los saltos realizados en plataforma de contactos serán de 6 a 12 cm menores** que los medidos según los otros protocolos (Bosco, 1992).

b) Diferencias con respecto al control de la ejecución en Squat Jump (SJ)

Una de las limitaciones más importantes, en el momento de utilizar los resultados obtenidos, es

la dificultad para controlar la exacta ejecución del salto vertical desde media flexión de piernas y parado (SJ), si no se dispone de algún dispositivo (de imagen o electrónico) para constatar la ausencia de estiramiento (fase excéntrica), y garantizar que solo se haya producido acción concéntrica, las posibles interpretaciones de resultados, en relación con otros saltos y otros estudios que si lo hicieran, deberá ser realizada con las correspondientes reservas.

c) Diferencias con respecto a la ejecución en varias pruebas en condiciones reactivas

Las posibles orientaciones en la discusión de 1RJ, y en relación con otros resultados de saltos reactivos (5sRJ) o pliométricos (DJ), obtenidos con otros protocolos, deberán ser realizada con todas correspondientes reservas.

d) Diferencias con respecto a los criterios para agrupar a los sujetos por edades

En los estudios longitudinales se suelen registrar los valores de cada sujeto una semana antes o una después de su cumpleaños, en los transversales se registran los valores y, posteriormente, se destina a los sujetos, según la edad decimal que tenían el día de las mediciones. En cualquier

de los dos tipos de estudio los segmentos de edad más utilizados son dos:

1º) desde la fracción de una edad decimal hasta la siguiente, por ejemplo el grupo de 6 años acogería a todos los sujetos del intervalo de 5,50 hasta 6,49 años.

2º) por año completo, es decir que el grupo de 6 años comprendería a los sujetos cuya edad decimal se encontrase entre 6,00 y 6,99 años. Este modo es el más utilizado en los estudios actuales (Malina y Bouchard, 1991).

Cuando se comparen estudios descriptivos se verificara el criterio de agrupamiento por edades utilizado por los autores de cada uno de ellos.

e) Diferencias en los criterios para elaborar normas de referencia

Para Léger et al. (1981) y Rodriguez (en Gonzalez et al., 1998) la elaboración de normas de referencia deberán cumplir los siguientes requisitos: muestra bien definida, representatividad cualitativa (estratos, elección aleatoria de los sujetos, voluntariedad) y cuantitativa (homogeneidad y normalidad por géneros y grupos de edad), categorías de percentiles y escala criterial, fiabilidad y validez de pruebas y control de fuentes de variación.

GUÍA/ RESUMEN DE CONTROL FUENTES DE VARIACIÓN:

1. ESTADO DEL SUJETO

- utilizar pruebas con fiabilidad, validez, estabilidad y consistencia comprobadas
- protocolos que determinen con precisión y exhaustividad: la descripción de la prueba, las sugerencias al sujeto, y los criterios a observar por el registrador
- la participación de los sujetos será de carácter voluntario
- para garantizar la correcta ejecución de las pruebas: plan de aprendizaje en las semanas previas a los registros, verificando el dominio por parte de los sujetos
- información y motivación suficiente para obtener los valores máximos
- distribución planificada de las actividades de registro: en el año, días de la semana y horas, parte introductoria de la sesión, orden de las pruebas, número de repeticiones y tiempos de pausa

2. CONDICIONES EXTERNAS Y MATERIALES

- se conocerán la sensibilidad y precisión de los instrumentos de medida, pudiéndose calibrar si fuese necesario
- se registrarán las condiciones ambientales, siendo iguales para todos los sujetos
- PLATAFORMA DE CONTACTOS: superficie amplia y antideslizante, de pares de láminas próximos, saltar transversalmente a la dirección de las láminas

3. REGISTRADOR (OBSERVADOR)

- formación evaluada del registrador: habilidades de criterio, y correcta actitud investigadora
- para las habilidades criterio: método observacional sistematizado por acuerdo
- fiabilidad intra, e inter- registrador (CC 0,90)

4. IMPERFECCIÓN DE LAS PRUEBAS

SALTOS VERTICALES

- vigilar la verticalidad del desplazamiento del sujeto, sobre todo en protocolos que exijan entrar saltando desde fuera de la plataforma, o saltos continuos
- en ciertos estudios puede afectar a la verticalidad la diferencia de fuerza entre piernas: establecer la misma con saltos sobre cada pierna, en los sujetos aparentemente afectados
- para no aumentar artificialmente el tiempo de vuelo: atención especial a la ejecución en tres momentos: impulso, fin de fase aérea y recepción
- SJ, CMJ, CMJA: ángulo de flexión de rodilla a discreción del sujeto (de 90° a 120°)
- SALTOS REACTIVOS: si existen condiciones “naturales” para que se expresen los componentes elástico-reativos (1RJ), o si son sujetos con buen desarrollo de la fuerza y entrenados en las condiciones reactivas pliométricas (5sRJ; DJ)
- SALTO HORIZONTAL ADELANTE (SBJ) Y CMJA: si la ejecución está dominada

CARRERA RÁPIDA

- las distancias deben consentir la obtención del registro buscado (aceleración, velocidad máxima,...)
- salida estática homogeneizada (anular o discriminar el tiempo de reacción)
- estimaciones de amplitud y frecuencia de pasos considerando las diferencias en los tramos de carrera lineal (para acelerar, velocidad lanzada).

5. COMPARACIÓN ENTRE ESTUDIOS

- considerar las diferencias entre los instrumentos de medida utilizados en estudios comparados (cronometraje eléctrico/ manual, Abalakov/ CMJA en plataforma de contactos;..)
- considerar las diferencias entre las adaptaciones “locales” de los protocolos de salto y de carreras más usuales.
- atención especial a los criterios de agrupación por edades, y a los criterios de construcción de normas de referencia.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ANGUERA, M^a.T. (1978) (3^aed, 1985; 5^a ed, 1992) Metodología de la observación en las ciencias humanas. Cátedra. Barcelona
- AGUADO, X.; IZQUIERDO, M.; GONZÁLEZ, J.L. (1995) Medición y control de la validez fiabilidad y especificidad de tests de salto realizados sobre la plataforma de contactos (Capítulo). Prácticas de Biomecánica Universidad de León. León
- AGUADO, X.; GONZÁLEZ, J.L. (1996) La capacidad de salto problemas de medición y soluciones. Revista de Entrenamiento Deportivo Vol IX n° 417-23
- ARNAU, J.; ANGUERA, M.T.; GÓMEZ, J. (1990) Metodología de la investigación de las ciencias del comportamiento. Universidad de Murcia.
- BAKER, D.; WILSON, G.J.; CALYON, B. (1992) Generality versus specificity a comparison of dynamic and isometric measures of strength and speed-strength. *European Journal of Applied Physiology* n° 68 350-355
- BAUMGARTER, T.A. Norm-referenced measurement: reliability. En SAFRIT, J.; WOOD, M. (1989): Measurement concepts in physical education and exercise science.: *Human Kinetics*. Illinois 45-72.
- BEUNEN, G.; SIMONS, J. (1990) Physical growth maturation and performance. En Simons, J.; Beunen, G.; Renson, R. (Eds) 69-118
- BOBBERT, M.F.; KARIN G.M.; GERRITSEN M.; et al. (1996) Why is countermovement jump height greater than squat jump height?. *Medicine Sciences Sports Exercise* n° 28 1402-1412
- BOSCO, C.; VITASALO, J.T.; KOMI, P.V.; et al.(1982a) Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle. *Acta Physiologica Scandinavica* 114 557-565
- BOSCO, C.; TIHANYI, J., KOMI, P.V., et al.(1982b) Store and recoil of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscles *Acta. Physiologica Scandinavica* 116 343-349
- BOSCO, C.; ITO, A.; KOMI, P.V; et al. (1982c) Neuromuscular function and mechanical efficiency of human leg extensor muscles during jumping exercises. *Acta Physiologica Scandinavica* n° 114 543-550
- BOSCO, C.; TARKKA, I.; KOMI, P.V. (1982d) Effect of elastic energy and myoelectrical potentiation on triceps surae during stretch-shortening exercise. *International Journal of Sports Medicine* Vol. 3 137-140
- BOSCO, C.; KOMI, P.V.; PULLI, M.; et al.(1982e) Considerations of the training of the elastic potential of the human skeletal muscle. *Volleyball Thechnical Journal* 6(3) 75-81
- BOSCO, C.; LUTTANEN, P.; KOMI, P.V. (1983a) A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal Applied Physiology* 50. 273-282
- BOSCO, C.; KOMI, P.V.; TIHANYI, J.; et al. (1983b) Mechanical power test and fiber composition of human leg extensor muscles. *European Journal Applied Physiology* 51 129-135
- BOSCO, C. (1992): La valutazione della forza con il test di Bosco. *Società Stampa Sportiva*. Roma.
- BOSCO, C. (1994) La valoración de la fuerza con el test de Bosco. *Paidotribo*. Barcelona
- BOSCO, C.; VITASALO, J.T. (1982) Potentiation of myoelectrical activity of human muscles in vertical jumps. *Electromyography and Clinical Neurophysiology* 22 7 549-562
- BRANTA, C.; HAUBENSTRICKER, J.; SEEFELDT, V. (1984) Age changes in motor skills during childhood and adolescence *Exercise and Sport Sciences Review* Vol. 12 467-520. En Malina y Bouchard (1991)
- CAZORLA, G.; LÉGER, L.; MARINI, J.I. (1984) Les épreuves d'elfort en physiologie du potentiel anaerobie. En Cazorla et al. (Eds). *Evaluation de le valeur physique*. Travaux et Recherches en EPS N° 7. INSEP. París
- CRASSELT, W.; FORCHEL, I.; STEMMIER, R. (1985) Zur körperlichen Entwicklung der Schuljugend in der Deutschen Demokratischen Republik Barth Leipzig
- CHATBURN, R., (1996): Evaluation of instrument error and method agreement. *Journal of the American Association of Nurse Anesthetists*; 64(3) 261-8.
- CHU D A. (1992) *Jumping in plyometric*. Leisure Press. Champaign
- DAINTY, D.; NORMAN, R. (1987) Standardizing biomechanical testing in sport. *Human Kinetics*. Illinois
- DUNCAN, J.; HOWARD, A. (1995) Evaluación fisiológica del deportista. *Paidotribo*. Barcelona
- FETZ, F; KORNEXL, E. (1976) *Test deportivo motores*. Kapelusz. Buenos Aires (edición alemana, 1970)
- GONZALEZ MONTESINOS, J.L.(1996) Alternativa instrumental al test de repeat jump de Bosco: el pulsador plantar perfeccionado. Inef Castilla-León. Tesina licenciatura (sin publicar; Dirección Aguado, X.)
- HAYWOOD, K. (1986) Life-span motor developmen. *Human Kinetics*. Illinois
- LE BOULCH, J. (1997) *El movimiento en el desarrollo de la persona* *Paidotribo*. Barcelona
- LETZELTER, H.; LETZELTER, M. (1986) *Drafttraining Theorie Methoden Praxis Rowohlt taschenbusch*. Verlag Gmbh. Hamburg
- LÓPEZ CALBET, J.; FERRAGUT, C.;CORTADELLAS, L. et al. (1998) Relación entre la capacidad de salto y la aceleración. I Congreso Internacional de Biomecánica. Universidad de León (Actas)
- MacDOUGALL, J.D.; WENGER, H.A.; GREEN, H.J. (ES) (1995): *Evaluación fisiológica del deportista*. *Paidotribo*. Barcelona.
- MALINA, R.; BOUCHARD, C. (1991) *Growth Maturation and Physical Activity*. *Human Kinetics*. Illinois
- MARTÍN ACERO, R.; FERNÁNDEZ DEL OLMO, M.A. (1998) Reproductibilidad de los saltos verticales y la carrera de velocidad en niños de 6 a 8 años. VI Congreso de Educación Física e Ciencias do Deporte dos Países de Lingua Portuguesa, VII Congreso Galego

- de Educación Física e do Deporte. A Coruña (Actas)
- MARTÍN ACERO R (1999) Capacidad de salto y de carrera rápida en escolares. Tesis Doctoral. Departamento de Medicina Universidad de A Coruña (sin publicar)
- OSTYN, M.; SIMONS, J.; BEUNEN, G.; et al. (1980) Somatic and motor development of Belgian secondary schoolboys, Norms and Standards. University Press. Baltimore
- PRAT, J.A.; CASAMORT, J.; BALAGUE, N.; et al. (1987) Bateria Eurofit Estandarización y baremación en base de la población catalana. Revista de Investigación y Documentación sobre las Ciencias de la E.F. y del Deporte nº 5 125-158
- RODRIGUEZ, F.A.: (1998) Bases metodológicas de la valoración funcional. En GONZALEZ, J.J.; RODRIGUEZ F.A.; VILLEGAS, J.A. (Eds) Valoración del deportista: Aspectos Biomédicos y funcionales. FEMEDE (Monografía nº 6) FEMEDE. Pamplona
- SCHMIDTBLEICHER, D. (1982) Adattamenti neuronali e metodi allenamento della forza. SdS Rivista di Cultura Sportiva 2 15-21
- SZCZESNY, S. (1984) Approche de l'Evaluation de l'Aptitude Physique des Enfants de 7 a 14 ans. En Cazorla et al. (1984) Evaluation de la Valeur Physique Travaux et Recherches en E.P.S. INSEP nº 7 París 135-144
- VIITASALO, J.; BOSCO, C. (1982) Electromechanical behaviour of human muscles in vertical jumps. European Journal Applied Physiology 48 253-261
- VIITASALO, J.T. (1988) Evaluation of explosive strength for young and adult athletes. Research Quaterly for Exercise and Sport Vol 59 Nº1 9-13
- ZATCIORSKI, V.M. (1995) Science and practice of strength training. Human Kinetics Champaign Illinois
- ZATZIORSKI, V.M. (Ed) (1989) Metrología deportiva. Planeta y Progreso. Moscú y La Habana