

Anàlisi multivariant de dades antropomètriques i proves Eurofit

Análisis multivariante de datos antropométricos y pruebas Eurofit

J. Portela García-Miguel*; V. Martínez de Haro**; J.J. Ramos Álvarez**

* EU de Estadística de la U. Complutense.

** Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte de la U. Complutense.

RESUM

En aquest estudi utilitzem una mostra de 30 nens de la mateixa edat (quinze anys), als quals vam fer una mesura antropomètrica completa, i els vam sotmetre a la bateria de proves EUROFIT; varem obtenir 55 variables (43 corresponien a mesures antropomètriques i 12 a la bateria EUROFIT).

Fent servir mètodes d'anàlisi multivariant, aquest conjunt de variables s'estructura en quatre factors significatius i interpretables:

El primer factor es relaciona amb les variables que defineixen la dimensió de l'individu, incloent, paral·lelament, una alta relació amb el test de dinamometria.

El segon factor es relaciona amb les variables que defineixen el greix corporal, el test de cursa 5 x 10 i el de suspensió de braços.

El tercer factor es relaciona amb les variables que defineixen la força explosiva, el colpejament de plaques, abdominals, salt de longitud i dinamometria.

El quart factor es relaciona amb les variables que defineixen la flexibilitat.

Paraules clau

Eurofit, anàlisi multivariant, cineantropometria.

RESUMEN

En el presente estudio utilizamos una muestra de 30 niños de la misma edad (15 años) a los que realizamos una medición completa antropométrica y les sometimos a la batería de pruebas EUROFIT, obteniendo de esta forma 55 variables (43 correspondientes a medidas antropométricas y 12 a la batería EUROFIT).

Utilizando métodos de análisis multivariante, todo este conjunto de variables queda estructurado en cuatro factores significativos e interpretables.

El primer factor se relaciona con las variables que definirían el tamaño del individuo incluyendo paralelamente una alta relación con el test de dinamometría.

El segundo factor se relaciona con las variables que definirían la grasa corporal, el test de carrera 5 x 10 m y el de suspensión de brazos.

El tercer factor se relaciona con las variables que definirían la fuerza explosiva, golpeo de placas, abdominales, salto de longitud y dinamometría.

El cuarto factor se relaciona con las variables que definirían la flexibilidad.

Palabras clave

Eurofit, análisis multivariante, cineantropometría.

Introducció

Fa temps que havíem tingut diversos dubtes en fer les mesures antropomètriques, en les avaluacions mèdico-esportives, i en fer passar, a diferents subjectes, múltiples proves físiques. En primer lloc, a les proves antropomètriques vam prendre moltes mesures, però, això per què?; actualment, un dels seus

Introducción

Hace tiempo que nos habían asaltado varias dudas al realizar las medidas antropométricas, en las evaluaciones médico-deportivas, y al hacer pasar, a diferentes sujetos, múltiples pruebas físicas. En primer lugar, en las pruebas antropométricas tomamos muchas medidas, pero esto ¿para qué?;

usos possibles és saber si la tipologia del subjecte s'assembla a la dels millors esportistes de l'especialitat, tot i que, de vegades, aquesta morfologia sigui evident (dir a una persona que juga a bàsquet, de 2 m d'alçada i 90 Kg de pes, que té tipologia de jugador de bàsquet només és sentit comú). En segon lloc, algunes d'aquestes mesures indiquen la quantitat de greix i múscul del subjecte i, fins i tot, el seu estat d'hidratació després de l'exercici: són útils, totes les dades que vam prendre? Aquí presentem un exemple clar de mesures que, d'antuvi són inútils, perquè no es fan servir, però que es demanen en el test Eurofit: pes, talla i plecs cutanis.^{3, 4, 5, 6, 7}

Pel que fa a les proves de condició física, fins i tot seleccionant allò que volíem mesurar, totes les taules utilitzades ens indicaven marques per sexe i edat, i observàrem que aquestes proves no són iguals per a subjectes de la mateixa edat, ni de la mateixa època, ni de la mateixa zona geogràfica (entre altres coses, les taules ja obtingudes no són precisament properes a nosaltres, tret dels valors Eurofit obtinguts a Catalunya).^{10, 11, 12} Seria possible determinar altres factors, independentment de l'edat, que intervinguin a les proves? Podem trobar aquestes relacions amb l'ajut de l'antropometria?

Això és el que hem intentat, i creiem que hem obtingut uns resultats molt interessants utilitzant l'estadística. A causa de la longitud de l'anàlisi i de la feina feta, ho exposarem en una sèrie d'articles, dels quals aquest és el primer.

En aquest primer treball hem depurat la gran quantitat de variables obtingudes. És evident que no pas totes les variables són significatives, i ens convé d'eliminar les que no ho són, tot i que també és evident que es podria trobar alguna altra variable que nosaltres no hem utilitzat i que fos convenient d'introduir-hi. Posteriorment, hem estructurat aquestes dades tan extenses. Aquest és l'objectiu de l'anàlisi factorial.^{1, 8, 9} Així, la informació es pot estructurar en grans blocs. Diverses associacions de variables que esperàvem trobar pot ser que no apareguin en l'anàlisi; altres cops, agrupacions inesperades de variables ens duen a noves conclusions i al replantejament de la informació.

Material i mètodes

Vam utilitzar una mostra de 30 alumnes, mascles, de quinze anys, de l'IB Cardenal Cisneros de Madrid.

A tots se'ls va passar la bateria de proves Eurofit (European test of physical fitness), que consta de les proves següents: *flamingo balance test* (FLB: equilibri del flamenc), *plate tapping* (PLT: colpejament de plaques), *sit and rich* (SAR: flexibilitat del tronc en una caixa), *standing broad jump* (SBJ: salt horitzontal amb els peus junts), *handgrip* (HGR: dinamometria), *sit-ups* (SUP: abdominals), *bent arm hang* (BHA: suspensió amb flexió de braços) i *suttle run 10 x 5 m* (SHR: cursa 5 x 10 m).^{3, 4, 5, 6, 7}

actualment uno de sus posibles usos es el de saber si la tipología del sujeto se asemeja a los mejores deportistas de la especialidad, aunque a veces se haga evidente esa morfología (decirle a una persona que juega al baloncesto, de 2 m de altura y 90 Kg de peso, que tiene tipología de jugador de baloncesto es sólo sentido común). En segundo lugar, algunas de esas medidas nos indican la cantidad de grasa y músculo del sujeto e incluso su estado de hidratación después del ejercicio: ¿son útiles todos los datos que tomamos? Aquí presentaremos un claro ejemplo de medidas que en principio son inútiles, porque no se utilizan, y que se piden en el Test Eurofit: peso, talla y pliegues cutáneos.^{3, 4, 5, 6, 7}

En cuanto a las pruebas de condición física, aún seleccionando lo que queríamos medir, todas las tablas utilizadas nos indicaban marcas por sexo y edad, y observábamos que esas pruebas no son iguales en sujetos de la misma edad, no de la misma época, ni de la misma zona geográfica (entre otras cosas las tablas ya obtenidas no son precisamente cercanas a nosotros, salvo los valores Eurofit obtenidos en Cataluña).^{10, 11, 12} ¿Sería posible determinar otros factores independientemente de la edad, que intervengan en las pruebas? ¿Podemos buscar con ayuda de la antropometría estas relaciones?

Eso es lo que hemos intentado, y creemos tener unos resultados muy interesantes utilizando a la estadística. Los iremos exponiendo en una serie de artículos -de los cuales éste constituye el primero- por la longitud del análisis y trabajo realizado.

En este primer trabajo hemos depurado la gran cantidad de variables obtenidas: es evidente que no todas las variables son significativas, y nos conviene eliminar éstas, aunque también es evidente que pudiera encontrarse alguna otra variable que nosotros no hemos utilizado que fuera conveniente introducir; posteriormente, hemos estructurado esos datos tan extensos. Éste es el objetivo perseguido por el Análisis Factorial.^{1, 8, 9} La información puede así ser observada en grandes bloques; diversas asociaciones de variables que esperamos encontrar pueden no aparecer en el análisis; otras veces inesperadas agrupaciones de variables nos llevan a nuevas conclusiones y replanteamiento de la información.

Materiales y métodos

Utilizamos una muestra de 30 alumnos, varones, de 15 años de edad, del I.B. Cardenal Cisneros de Madrid.

Se pasó la batería de pruebas Eurofit (European test of physical fitness) a todos ellos y que consta de las siguientes pruebas: Flamingo balance test (FLB, equilibrio del flamenco), plate tapping (PLT, golpeo de placas), sit and rich (SAR, flexibilidad de

VARIABLES

MEDIDAS ANTROPOMETRICAS

PESO1: Peso (Kg.)
TALLA1: Talla (cm.)
ENVERG1: Envergadura (cm.)
ACROMIA1: Altura acromial (cm.)
DACTILA1: Altura dactilar (cm.)
ILIOCRE1: Altura iliocrestal (cm.)
TALLAS1: Talla sentado (cm.)
BIACRO1: Diámetro biacromial (cm.)
BIILCRE1: Diámetro biiliocrestal (cm.)
TORAX1: Diámetro transversal del tórax (cm.)
BIESTIL1: Diámetro biestiloideo (cm.)
BIRPICO1: Diámetro biepicondileo humeral (cm.)
BICONDI1: Diámetro bicondileo femoral (cm.)
BIMALE1: Diámetro bimalleolar (cm.)
BICIPIT1: Pliegue bicipital (mm.)
TRICIPIT1: Pliegue tricípital (mm.)
SUBES1: Pliegue subescapular (mm.)
SUPRA1: Pliegue supraíliaco (mm.)
ILIOCR1: Pliegue iliocrestal (mm.)
ABDOM1: Pliegue abdominal (mm.)
MUSLOA1: Pliegue del muslo anterior (mm.)
GEMELA1: Pliegue gemelar (mm.)
CEFALIC1: Perímetro cefálico (cm.)
CUELLO1: Perímetro del cuello (cm.)
MUÑECA1: Perímetro de la muñeca (cm.)
ANTEBRA1: Perímetro del antebrazo (cm.)
CONTRI1: Perímetro del bíceps contraído (cm.)
RELAJ1: Perímetro del bíceps relajado (cm.)
TORAXE1: Perímetro del tórax (cm.)
TALLE1: Perímetro mínimo del tallo (cm.)
GLUTEO1: Perímetro de los glúteos (cm.)
MUSLO1: Perímetro proximal del muslo (cm.)
PIERNA1: Perímetro máximo de la pierna (cm.)
TOBILLO1: Perímetro del tobillo (cm.)
SUPERIO1: Longitud del miembro superior (cm.)
INFERIO1: Longitud del miembro inferior (cm.)
GRASA1: Porcentaje de grasa (%)
CORPORA1: Índice ponderal
MAGRO1: Peso magro (Kg.)
GRASAS1: Peso grasa (Kg.)
OSBO1: Peso óseo (Kg.)
RESIDUA1: Peso residual (Kg.)
MUSCULA1: Peso muscular (Kg.)

PRUEBAS FÍSICAS

EFL: Test del flamenco
ABD: Abdominales
GP11: Golpeo de placas (1^{er} intento)
GP12: Golpeo de placas (2^o intento)
FLT11: Flexibilidad (1er intento)
FLT21: Flexibilidad (2^o intento)
SLO11: Salto de longitud (1er intento)
SLO12: Salto de longitud (2^o intento)
DIM11: Dinamometría (1er intento)
DIM12: Dinamometría (2^o intento)
SFB1: Suspensión de brazos
CNA1: Course navette 5x10 m.

Se'ls va fer una antropometria completa a tots^{15, 16, 17, 18} i es van mesurar les característiques següents: pes, talla, envergadura, alçada acromial, alçada dactilar, alçada ileo-crestal, talla assegut, diàmetre biacromial, diàmetre biileo-crestal, diàmetre transversal del tórax, diàmetre biestiloideo, diàmetre bicondilar femoral, diàmetre bicondilar humeral, diàmetre bimalleolar, plec bicipital, plec

tronco en cajón), standing broad jump (SBJ, salto horizontal pies juntos), handgrip (HGR, dinamometría), sit-up (SUP, abdominales), bent arm hang (BAH, suspensión con flexión de brazos), shuttle run 10 x 5 m (SHR, carrera 5 x 10 m).^{3, 4, 5, 6, 7}

Se hizo una antropometría completa a todos ellos,^{15, 16, 17, 18} tomándose los valores: peso, talla, envergadura, altura acromial, altura dactilar, altura iliocrestal, talla sentado, diámetro biacromial, diámetro biiliocrestal, diámetro transversal del tórax, diámetro biestiloideo, diámetro bicondileo femoral, diámetro bicondileo humeral, diámetro bimalleolar, pliegue bicipital, pliegue tricípital, pliegue subescapular, pliegue supraíliaco, pliegue iliocrestal, pliegue abdominal, pliegue anterior del muslo, pliegue gemelar, perímetro cefálico, perímetro del cuello, perímetro de la muñeca, perímetro del antebrazo, perímetro del bíceps contraído, perímetro del bíceps relajado, perímetro del tórax, perímetro mínimo del tallo, perímetro de los glúteos, perímetro proximal del muslo, perímetro máximo de la pierna y perímetro del tobillo).

Recordemos aquí que la batería Eurofit establece que se tomen las siguientes medidas antropométricas: talla, peso, pliegue del tríceps, pliegue del bíceps, pliegue subescapular, pliegue supraíliaco y pliegue de la pantorrilla.^{18, 14, 19}

Para el análisis estadístico hemos empleado el paquete SPSS/PC+. La matriz de datos utilizado consta de cincuenta y cinco variables, doce de las cuales corresponden a pruebas de condición física y el resto a medidas antropométricas. Se ha realizado un análisis factorial.^{1, 20} Se ha empleado el método de "Componentes Principales" y posteriormente se ha aplicado una "rotación Varimax" de los factores. Este análisis, de naturaleza descriptiva, es en realidad una técnica de Reducción de Datos: El extenso conjunto de variables de que disponemos (sobre cincuenta y cinco) se reduce a cuatro Factores significativos e interpretables.

Como dijimos, se han depurado algunas variables antes del análisis factorial, entre ellas el perímetro cefálico (CEFALIC) por su baja correlación con las demás, y en especial con las pruebas físicas que nos interesa explicar. Nuestro interés se basa sobre todo en la relación del conjunto de las variables antropométricas con las variables resultado de las pruebas de condición física. Por esta razón hemos desechado las variables antropométricas CEFALIC1, TORAXE1, GLUTEO1: La baja correlación de estas últimas con todas las pruebas físicas nos aseguraba una corta relación con ellas. Además, de cara al Análisis Factorial era necesario, pues éste exige cierta correlación entre las variables para crear factores significativos.

El método empleado es el método de Componentes Principales, aplicando posteriormente una rotación Varimax de los Factores:

Cada factor extraído representa una variable subyacente, combinación lineal de las variables ori-

tricipital, plec subescapular, plec suprailíac, plec ileo-crestal, plec abdominal, plec anterior de la cuixa, plec dels bessons, perímetre cefàlic, perímetre del coll, perímetre del canell, perímetre de l'avantbraç, perímetre del bíceps concret, perímetre del bíceps relaxat, perímetre del tòrax, perímetre mínim de la cintura, perímetre dels glutis, perímetre proximal de la cuixa, perímetre màxim de la cama i perímetre del turmell.

Cal recordar que la bateria Eurofit estableix que es prenguin les mesures antropomètriques següents: talla, pes, plec del tríceps, plec del bíceps, plec subescapular, plec suprailíac i plec del tou de la cama.^{13, 14, 19}

Per fer l'anàlisi estadística hem emprat el paquet SPSS/PC+. La matriu de dades utilitzada consta de 55 variables, 12 de les quals corresponen a proves de condició física i, la resta, a mesures antropomètriques. S'ha fet una anàlisi factorial.^{1, 20} S'ha emprat el mètode de "components principals" i, posteriorment, s'ha aplicat una "rotació Varimax" dels factors. Aquesta anàlisi, de naturalesa descriptiva, de fet és una tècnica de reducció de dades. L'extens conjunt de variables que tenim (cap a cinquanta-cinc) es redueix a quatre factors significatius i interpretables.

Tal com hem dit, abans de fer l'anàlisi factorial hem depurat algunes variables: el perímetre cefàlic (CEFALIC), per exemple, a causa de la baixa correlació que té amb les altres, especialment amb les proves físiques que ens interessa explicar. El nostre interès es basa, sobretot, en relació de les variables antropomètriques amb les variables resultants de les proves de condició física. Per aquesta raó hem rebutjat les variables antropomètriques CEFALIC1, TORAXE1 i GLUTEO1: la baixa correlació d'aquestes variables amb totes les proves físiques ens assegurava una relació curta amb elles. Calia fer-ho, a més a més, perquè l'anàlisi factorial exigeix una certa correlació entre les variables per tal de crear factors significatius.

El mètode emprat és el de components principals; posteriorment, s'aplica una rotació Varimax dels factors.

Cada factor extret representa una variable subjacent, que és combinació lineal de les variables originals. El factor Dimensió, per exemple, necessita la informació que aporten gran part de les variables de les nostres dades.

El mètode per a extreure factors consisteix a acumular la major part d'informació (variança total) aportada per les variables en poques combinacions lineals d'aquestes.

Resultats

Els percentatges de la variança total explicada per cada factor són:

El primer factor extret explica per ell mateix el 29,6% de la variança total; el segon, el 22,5%; el

tercer, el 8,6%; el quart, el 7,0%. El factor Talla, per exemple, necessita la informació aportada per gran part de les variables de nostros dades.

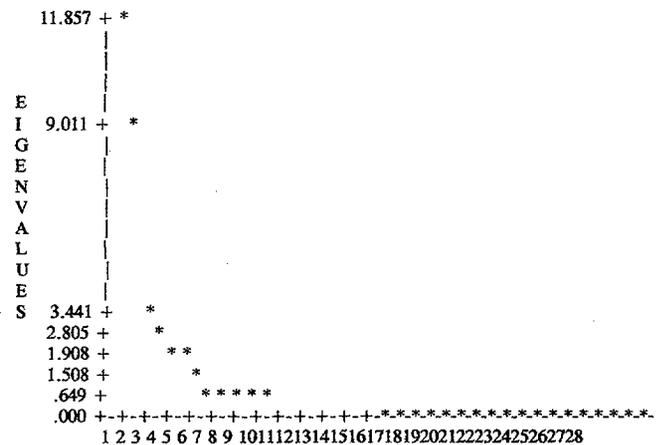
El mètode para extraer factores consiste en acumular la mayor parte de información (varianza total) aportada por las variables en pocas combinaciones lineales de éstas.

Resultados

Los porcentajes de la variança total explicada por cada factor son:

| Factor | Eigenvalue | Pct of Var | Cum Pct |
|--------|------------|------------|---------|
| 1 | 11.85662 | 29.6 | 29.6 |
| 2 | 9.01109 | 22.5 | 52.2 |
| 3 | 3.44098 | 8.6 | 60.8 |
| 4 | 2.80457 | 7.0 | 67.8 |

El primer factor extraído explica por sí solo el 29.6% de la variança total. El segundo, 22.5%; el tercero, 8.6%; el cuarto, 7%... ¿Cuántos factores es necesario extraer? El gráfico siguiente cruza los factores con el autovalor correspondiente, proporcional a la variança explicada por cada uno.



Se ha procurado explicar la mayor parte de la variança posible, adoptando como principal criterio que los factores fueran distinguibles entre ellos y su interpretación evidente.

En el gráfico se ve que proporcionalmente la variança explicada a partir del sexto factor es despreciable.

tercer, el 8,6%; el quart, el 7%... Quants factors cal extreure? El gràfic següent encreua els factors amb l'autovalor corresponent, que és proporcional a la variança explicada per cadascun.

Hem provat d'explicar la major part de la variança possible i el criteri principal que hem adoptat és la distingibilitat dels factors i que la seva interpretació sigui evident.

En el gràfic s'observa que, proporcionalment, la variança explicada a partir del sisè factor és menyspreable.

Hem extret quatre factors i no pas sis per raons d'interpretabilitat: cal que els factors formin combinacions comprensibles de variables. Una altra raó és un criteri d'harmonia. Com menys factors millor. S'ha de procurar, tanmateix, d'una banda, no perdre informació i, d'altra banda, obtenir resultats interpretables que aportin quelcom de nou.

El mètode de rotació aplicat als factors té l'objectiu de simplificar el resultat final per tal de deixar més clar de quina manera les variables es correlacionen altament amb uns factors o els altres, de manera excel·lent en la majoria dels casos.

Aquestes correlacions indiquen el grau d'associació lineal de cada variable amb el factor corresponent, amb una associació moderada a partir de 0,4 i forta a partir de 0,7 (en valor absolut). En cas que el coeficient de correlació sigui negatiu l'associació és negativa (a mesura que augmenta el valor de la variable, minva el del factor).

A continuació s'observen les correlacions de les variables originals amb els factors extrets. Les correlacions més petites de 0,4 en valor absolut no es mostren, per tal de clarificar l'estructuració final de les dades.

Discussió

Aquest estudi es limita a una població de 30 subjectes mascles de quinze anys, d'un col·lectiu concret i, per tant, els resultats, encara que les dades són suficients, només seran generalitzables a poblacions de mascles de quinze anys, tot i que trobem que cal ampliar l'estudi a altres edats per a comprovar si els resultats hi són generalitzables.

Primer de tot hem de fer un comentari sobre les variables depurades. En particular, quant al perímetre cefàlic, cal notar que és un dels pocs en què la component muscular pràcticament no hi influeix. Pot ser aquesta la raó per la qual té una baixa correlació amb les proves físiques? El component muscular va ser fonamental per a l'explicació dels resultats?

Els factors, que no són res més que macrovariables, s'interpreten generalment assignant-los un terme que els defineixi, com a qualsevol variable, a partir de l'observació de les més altes correlacions de les variables originals amb aquests.

Tal com es pot observar, els factors que expliquen més el nostre conjunt de variables són el pri-

Hemos extraído cuatro factores y no seis por razones de interpretabilidad: es necesario que los factores formen combinaciones comprensibles de variables. Otra razón es un criterio de armonía. Cuantos menos factores mejor, teniendo en cuenta, por una parte, que no se desprecie información, y por otra, obtener resultados interpretables que aporten algo nuevo.

El método de rotación aplicado a los factores tiene el objetivo de simplificar el resultado final para dejar más claro cómo las variables se correlacionan altamente con unos factores u otros, de forma excluyente en la mayor parte de los casos.

Estas correlaciones indican el grado de asociación lineal de cada variable con el factor correspondiente, con una moderada asociación a partir de 0.4 y fuerte a partir de 0.7 (en valor absoluto). En caso de que el coeficiente de correlación sea negativo la asociación es negativa (a medida que aumenta el valor de la variable disminuye el del factor).

A continuación se ven las correlaciones de las variables originales con los factores extraídos. Las correlaciones menores de 0.4 en valor absoluto no se muestran, para clarificar la estructuración final de los datos.

Rotated Factor Matrix:

| | FACTOR 1 | FACTOR 2 | FACTOR 3 | FACTOR 4 |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| TALLA1 | .92586 | | | |
| ENVERG1 | .91883 | | | |
| ACROMIA1 | .89436 | | | |
| ILIOCRS1 | .86887 | | | |
| SUPERIO1 | .84872 | | | |
| BIEPICO1 | .79453 | | | |
| TALLAS1 | .80894 | | | |
| PESO1 | .78401 | .48990 | | |
| BIMALE1 | .75160 | | | |
| DACTILA1 | .73683 | | | |
| MUNECA1 | .70162 | | | .49471 |
| ANTEBRA1 | | | .56007 | |
| CUELLO1 | .57596 | | .62633 | |
| BIESTIL1 | .63677 | -.40972 | | |
| BICONDI1 | .66893 | | | |
| EFL | | | | |
| ABD | | | .69819 | |
| GP11 | | | -.75924 | |
| GP12 | | | -.83205 | |
| FLT11 | | | | .73050 |
| FLT21 | | | | .77898 |
| SLO11 | | | .54287 | |
| SLO12 | | | .51429 | |
| DIM11 | .53878 | | | |
| DIM12 | .61598 | | | |
| SFB1 | | -.59122 | | |
| CNA1 | | .55005 | | |
| TORAX1 | .49666 | | .42118 | |
| TOBILL1 | .59897 | .46001 | | |
| BILICRE1 | .48822 | | -.43192 | |
| MUSCULO1 | | .91815 | | |
| MAGRO1 | .48742 | | .40143 | |
| TRICIP1 | | .91238 | | |
| ILIOCR1 | | .90719 | | |
| BICIPIT1 | | .88665 | | |
| ABDOM1 | | .89845 | | |
| SUPRA1 | | .88236 | | |
| SUBES1 | | .82164 | | |
| GEMELA1 | | .71054 | | |
| CONTRI | .43164 | | .48212 | |

mer i el segon. El tercer i el quart expliquen una part menys gruixuda de la variances total, però no pas per això, tal com es veurà, són menys interessants.

Els dos primers factors tenen molt de pes en el model.

El tercer factor explica un 8,6% de la variances total.

En grans matrius de biologia i medicina és freqüent el factor DIMENSIÓ com a primer factor (és a dir, com el que conté una part més gran de variances explicada sobre la variances total de les variables originals). És el cas de les nostres dades: el primer factor (el 29,6% de variances explicada) es correlaciona altament amb totes les variables que defineixen la dimensió de l'individu. Les altres correlacions de les variables del test de dinamometria manual (DIM1 i DIM2) són interessants: hom podria deduir que els resultats en aquest test augmenten línealment amb la dimensió de la persona. Això és explicable perquè en tenir palanques més grans, la força dels músculs és més gran.

El segon factor més important (el 22,5% de la variances explicada) representa el factor GREIX CORPORAL de l'individu: les variables que s'hi correlacionen més són el plec tricípital (TRICIPI1), el plec ileo-crestal (LIOCR1), el plec bicípital (BICIPIT1) i, en general, totes les relatives al pes gras de l'individu. Cal observar que aquest factor es correlaciona negativament amb el diàmetre biestiloïdal (BIESTIL), a la qual cosa no trobem explicació, tot i que la correlació és petita en valor absolut. A més a més, aquest factor té una forta correlació negativa amb el test de suspensió de braços (SFB1), la qual cosa és evident: com més pes i, sobretot pes gras, menys temps s'aguanta en suspensió. El test de cursa 5 x 10 (CNA1) augmentaria línealment amb aquest factor, cosa que també és evident, atès que com més pes gras més temps de cursa (cal recordar que valors de cursa més grans indicaven temps pitjors).

El tercer factor l'anomenem FORÇA. Totes les proves basades en la força (abdominals, salt de longitud, colpejament de plaques, dinamometria) hi tenen una alta correlació.

El quart factor és la FLEXIBILITAT, ja que es correlaciona exclusivament amb els resultats de la prova de flexibilitat. No sabem explicar per què es correlaciona amb el perímetre del canell encara que sigui lleument.

S'anomena complexitat d'una variable el grau amb que es correlaciona altament amb més d'un factor. En aquest estudi és convenient remarcar que el pes total (PESO1), lògicament es correlaciona altament amb el factor DIMENSIÓ i GREIX CORPORAL.

Les variables perímetre del coll (CUELLO1), dinamometria (DIN1), perímetre del tòrax (TORAX1), pes magre (MAGRO1) i perímetre del bíceps concret (CONTR1) es correlacionen amb el factor DIMENSIÓ i el factor FORÇA tal com és evident ja

Discusión

Este estudio está limitado a una población de treinta sujetos varones de 15 años de edad, de un colectivo concreto y por lo tanto los resultados, aunque los datos son suficientes, sólo serían generalizables a poblaciones de varones de 15 años, aunque pensamos que hay que ampliar el estudio a otras edades para comprobar si los resultados son generalizables en otras edades.

En primer lugar tenemos que hacer un comentario sobre variables depuradas. En particular, sobre el perímetro cefálico, nótese que este perímetro es uno de los pocos donde el componente muscular no influye prácticamente. ¿Será ésta la razón por la cual tiene una baja correlación con las pruebas físicas? ¿El componente muscular va a ser fundamental para la explicación de los resultados?

Los factores, que no son más que macrovariables, se interpretan por lo general asignándoles un término que los definan, como a cualquier variable, a partir de la observación de las más altas correlaciones de las variables originales con éstos.

Como se ve, los factores que más explican nuestro conjunto de variables son el primero y el segundo. El tercero y el cuarto explican una parte gruesa de la variances total pero no por ello son menos interesantes, como veremos.

Los dos primeros factores tienen mucho peso en el modelo.

El tercer factor explica un 8,6% de la variances total.

En grandes matrices de biología y medicina suele darse con frecuencia el factor TAMAÑO como primer factor (es decir, como aquel que contiene una mayor parte de variances explicada sobre la variances total de las variables originales). Es el caso de nuestros datos: El primer factor (29,6% de variances explicada) se correlaciona altamente con todas las variables que definen el tamaño del individuo. Interesantes son las altas correlaciones de las variables del test de dinamometría manual (DIM1 y DIM2): Se podría deducir que los resultados en este test aumentan línealmente con el tamaño de la persona. Esto es explicable puesto que al poseer mayores palanques, la fuerza de los músculos es mayor.

El segundo factor más importante (22,5% de variances explicada) representa el factor GRASA CORPORAL del individuo: las variables más altamente correlacionadas con él son el pliegue tricípital (TRICIPI1), el pliegue ileo-crestal (LIOCR1) y el pliegue bicípital (BICIPIT1) y, en general, todas las relativas al peso graso del individuo. Hay que observar que este factor está negativamente correlacionado con el diámetro biestiloideo (BIESTIL), a lo cual no encontramos explicación, aunque la correlación es pequeña en valor absoluto. Además este factor tiene una fuerte correlación negativa con el test de suspensión de brazos (SFB1), lo cual

que totes aquestes variables tenen a veure amb elements musculars fonamentalment.

El diàmetre biileo-crestal (BILICRE1) es correlaciona directament amb el factor DIMENSIO i inversament amb el factor FORÇA. La relació directa és evident:: com més dimensió, diàmetres més grans; però la relació inversa entre el factor FORÇA i aquesta variable és un element a considerar en estudis antropomètrics futurs, és a dir, és possible que a un diàmetre biileo-crestal més petit li pugem predir una força més gran.

Finalment, el perímetre del turmell es correlaciona directament amb el factor DIMENSIO i amb el factor GREIX CORPORAL, cosa que pot indicar que el turmell ens doni una pista de com és de gran un subjecte i ensems que aquest subjecte suporta un gran pes gras.

Com a conclusió podem dir que totes les variables que teníem es poden resumir en quatre factors, que són, per ordre d'importància: DIMENSIO, GREIX CORPORAL, FORÇA i FLEXIBILITAT. Crida l'atenció que els dos factors principals es refereixin a la morfologia del subjecte, mentre que els altres dos ho facin a capacitats físiques. Hi pot haver diverses raons: la primera raó és que a l'hora de definir un individu pesen més les característiques morfològiques que les capacitats físiques. Això és obvi si es té en compte que hi ha una relació causal –les característiques morfològiques expliquen i originen les capacitats físiques–. La segona raó és d'indole matemàtica: en les nostres dades hi ha moltes més variables de tipus morfològic que no pas de relatives a proves físiques. Així, doncs, els factors més relacionats amb les primeres expliquen un major percentatge de la varianza total (de totes les variables) que no pas els factors que es correlacionen significativament amb variables relatives a proves físiques.

es evident: a mayor peso y, sobre todo, peso graso, menos tiempo se aguanta en suspensión. El test de carrera 5 x 10 m (CNA1) aumentaría linealmente con este factor, lo cual es evidente, puesto que a mayor peso graso mayor tiempo de carrera (hay que recordar que mayores valores de carrera indicaban peores tiempos).

El tercer factor lo definiríamos como FUERZA, todas las pruebas basadas en la fuerza (abdominales, salto de longitud, golpeo de placas, dinamometría) tienen un alta correlación con él.

El cuarto factor sería el factor FLEXIBILIDAD, ya que se correlaciona exclusivamente con los resultados de la prueba de flexibilidad. No sabemos explicar porqué se correlaciona con el perímetro de la muñeca aunque sea débilmente.

Se llama complejidad de una variable al grado con que ésta se correlaciona altamente con más de un factor. En este estudio es conveniente recalcar que el peso total (PESO1), lógicamente, está correlacionado altamente con el factor TAMAÑO y GRASA CORPORAL.

Las variables perímetro del cuello (CUELLO1), dinamometría (DIM1), perímetro del tórax (TÓRAX1), peso magro (MAGRO1) y perímetro del bíceps contraído (CONTR1) están correlacionados con el factor TAMAÑO y el factor FUERZA como también se hace evidente ya que todas estas variables tienen que ver con elementos musculares fundamentalmente.

El diámetro biiliocrestal (BILICRE1) se correlaciona directamente con el factor TAMAÑO e inversamente con el factor FUERZA, la relación directa es evidente: a mayor tamaño, mayores diámetros, pero la relación inversa entre el factor FUERZA y esta variable es un elemento a considerar en futuros estudios antropométricos, es decir, es posible que a menor diámetro biiliocrestal podamos predecir una mayor fuerza.

Por último, el perímetro del tobillo se correlaciona directamente con el factor TAMAÑO y el factor GRASA CORPORAL, lo que puede indicar que el tobillo nos de una pista de lo grande que es un sujeto y a la vez que éste soporta un gran peso graso.

Como conclusión, podemos decir que todas las variables que teníamos pueden resumirse en cuatro factores que son, por orden de importancia: TAMAÑO, GRASA CORPORAL, FUERZA Y FLEXIBILIDAD. Llama la atención que los dos factores principales sean relativos a la morfología del sujeto, mientras los dos restantes se refieren a capacidades físicas. Puede haber varias razones para ello: una es que a la hora de definir un individuo pesan más sus características morfológicas que sus capacidades físicas. Esto es obvio si se tiene en cuenta que existe una relación causal, las características morfológicas explican y originan las capacidades físicas. La segunda razón es de indole matemática: existen en nuestros datos muchas más variables de tipo morfológico que relativas a pruebas físicas. Por

lo tanto, los factores más correlacionados con las primeras explicarán mayor porcentaje de la varianza total (de todas las variables) que los factores que se correlacionan significativamente con variables relativas a pruebas físicas.

Bibliografía

1. AFIFI, A.A.; CLARK, V.: *Computer-Aided Multivariate Analysis*. LLP Publications, 1984.
2. BEUNEN, G.; OSTYM, M.; SIMONS, J.; VAN GERVEN, D.; SWALUS, P.; BEUL, G. DE: *A correlational analysis of skeletal maturity, anthropometric measures and motor fitness of boys 12 through 16*. Biomechanics of sports and kinanthropometry. Vol. VI, Landrey, F. and Orban, W., 343-349, 1976.
3. COMITÉ PARA EL DESARROLLO DEL DEPORTE: Consejo de Europa. *EUROFIT, Test europeo de aptitud física*. Revista de Investigación y Documentación sobre las Ciencias de la Educación Física y del Deporte. (año V), 12 y 13: 8-49. Madrid, 1989.
4. COMITÉ PARA EL DESARROLLO DEL DEPORTE: Consejo de Europa. *EUROFIT, Test europeo de aptitud física*. Ministerio de Educación y Ciencia - Consejo Superior de Deportes (Instituto de Ciencias de la Educación Física y del Deporte). Madrid, 1992.
5. COMMITTEE FOR THE DEVELOPMENT OF SPORT: Council of Europe. *EUROFI, European test of physical fitness*. Rome, 1988.
6. COMMITTEE FOR THE DEVELOPMENT OF SPORT: Council of Europe. *EUROFIT, Experimental Battery, Provisional Handbook*. Strasbourg, 1983.
7. COMMITTEE FOR THE DEVELOPMENT OF SPORT: Council of Europe. *EUROFIT, European test of physical Fitness 2nd ed*. Strasbourg, 1993.
8. MATSUURA, Y.: *Factorial structure of motor ability*. Fumaido. Tokio, 1969.
9. MATSUURA, Y.: *Factorial analysis for the behavioral sciences*. Fumaido. Tokio, 1972.
10. PRAT Y SUBIRANA, J.A.: *La Bateria Eurofit en Cataluña*. Generalitat de Cataluña. Direcció General de l'Esport, 5-94. Barcelona, 1985.
11. PRAT, J.A.: *Bateria "Eurofit" Población catalana*. Documento Científico. Direcció General de l'Esport. Barcelona, 1986.
12. PRAT, J.A. y cols.: *Bateria Eurofit*. Revista de Investigación y Documentación sobre las Ciencias de la Educación Física y del Deporte. Instituto de Ciencias de la Educación Física y el Deporte, año III, (5): 113-158. Madrid, 1987.
13. PRAT, J.A.: *Bateria Eurofit. Protocolos de pruebas y tablas de percentiles*. En: "Test de la condición física". Grosser, M. y Starischka, S. Ed. Martínez Roca. Barcelona, 1988.
14. PRAT, J.A.: *Batterie "Eurofit" Standardization et barèmes basés sur un échantillon de la population catalane (Espagne)*. VIth European Research Seminar. The Eurofit test of physical fitness. Izmir, 26-30 june. CDDS: Council of Europe, pág. 157-92, 1990.
15. ROSE, E.H. de; y GUIMARAES, A.C.A.: *Model for optimization of somatotype in young athletes*. In: Ostin, M.; Boenen, G.; Simons, J. "Kinanthropometry II". University Park Press. Baltimore, 1980.
16. ROSS, W.: *Kinanthropometry: an emerging science technology*. In: Landry, F. y Orban, "Biomechanic of sport and kinanthropometria". Miami Symposia Specialists, 1978.
17. ROSS, W.D.; HEBBELINK, N.; BROWN, R.S.; FAULKNER, R.A. *Kinanthropometry terminology and landmarks*. In: Saphard, P.C.; Lavalle, H. (Eds.) C. Tomas Springfield III, 44-50, 1978.
18. ROSS, W.D. y MARFELL-JONES, M.J.: *Kinanthropometry "Physiological testing of the elite"*. McDougall, Wenger, Green (Eds.) 75-115. Cand. Ass. Sport Sci. y Ottawa, 1983.
19. SERVICIO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE L'ESPORT (Generalitat de Catalunya) *Bateria Eurofit I: Instrucciones y protocolos*. I.C.E.F. y D. Reports. Revista Investigación y Documentación sobre las Ciencias de la Educación Física y del Deporte (año III), 5: 114-23, 1987.
20. SIMONS, J.: *Construction d'une batterie de tests d'aptitude motrice pour garçons et filles de 12 á 19 ans, par la méthode de l'analyse factorielle*. En "Evaluation de l'aptitude Motrice". Simons, J.; Renson, R. y Levarletjove, H. (Eds.) Rapport du seminaire de recherche europeen sur l'avaluation de l'aptitude motrice. Leuven, 1981.