



La CARGA FÍSICA de trabajo en EXTREMIDADES SUPERIORES

Los límites del sistema mano-brazo

Estudio sobre el personal de General Motors España

Determinar los valores máximos de fuerza para el sistema mano-brazo en la actividad laboral es el objetivo del estudio realizado sobre 1.927 trabajadores de General Motors España. Con ello se pretende obtener datos de aplicación práctica para el diseño de productos y de procesos.

Por **VÍCTOR ALCALDE LAPIEDRA, JOSÉ MANUEL ÁLVAREZ ZÁRATE, JAVIER BASCUAS HERNÁNDEZ, ANA GARCÍA FELIPE, ANA GERMÁN ARMIJO Y EMILIO RUBIO CALVO (*)**.
ILUSTRACIONES: **JOSÉ PEDRO CAÑAMARES**

CON el fin de determinar los valores máximos de fuerza para determinadas acciones de extremada frecuencia en la actividad laboral, se ha llevado a cabo un estudio en el que se ha utilizado como población el personal de General Motors España. En este estudio se han realizado 6.114 mediciones correspondientes a 1.927 trabajadores, todos ellos varones con una edad media de 46 años.

El objetivo ha sido medir las fuerzas ejercidas por una población laboral durante la realización de distintas acciones con el fin de determinar las fuerzas máximas de referencia para el sistema mano-brazo. Así se consigue una mejor valoración de la carga física de trabajo para extremidades superiores y se obtienen datos de aplicación práctica en las etapas de diseño de productos y de procesos. Las fuerzas que se han incluido en el estudio han sido las siguientes: fuerza de pulgar, fuerza de dedos, fuerza de palma, fuerza de pinza término-terminal, fuerza de pinza término-lateral, fuerza de agarre, fuerza de empuje y fuerza de tracción. Independientemente de presentar

los valores obtenidos, se realiza una comparación con los aportados en diversas fuentes bibliográficas.

El factor fuerza

La fuerza con la que se ejecutan las acciones se considera como uno de los factores fundamentales en la génesis de los denominados “Trastornos músculo-esqueléticos relacionados con el trabajo (TMERTs)”. Es por ello por lo que este factor debe ser tenido en cuenta en cualquier diseño de un puesto de trabajo.

Desde un punto de vista ergonómico, la fuerza representa el compromiso biomecánico necesario para llevar a cabo una determinada acción o secuencia de acciones. Puede ser externa (fuerza aplicada) o interna (tensión desarrollada por los músculos, tendones y las articulaciones).

Si tenemos en cuenta, por una parte, que la necesidad de desarrollar fuerza es habitual en el ámbito laboral (debido fundamentalmente al hecho de tener que mover objetos y herramientas o tener que mantener una parte del cuerpo en una posición determinada), y por →



laboral durante la realización de distintas acciones con el fin de determinar las fuerzas máximas de referencia para el sistema mano-brazo y así poder conseguir una mejor valoración de la carga física de trabajo para extremidades superiores y obtener datos de aplicación práctica en las etapas de diseño de productos y de procesos.

Material y métodos

Para llevar a cabo este estudio, y una vez definidas las acciones en las que se pretendía medir la fuerza máxima, se vio la necesidad de diseñar un soporte mecánico, así como una serie de accesorios, sobre el que se pudieran ejecutar todas y cada una de ellas. Para la determinación de las acciones tipo se tuvo en cuenta, por una parte, la existencia o no de valores de referencia ya descritos en la literatura^{1,2,3,4}, y por otra, la necesidad de conocimiento que nos demanda la actividad laboral que se lleva a cabo

TABLA 1

| ACCIONES CON FUERZA OBJETO DE ESTUDIO | |
|---------------------------------------|---------|
| Fuerza pulgar | |
| Pinza término-lateral | |
| Fuerza dedos | |
| Fuerza agarre | |
| Fuerza palma | |
| Fuerza empuje | |
| Fuerza tracción | |
| Talla media | 170 cm. |
| IMC medio (kg/m ²) | 27 |

en esta factoría y por ende en otras cuya actividad principal se caracteriza por la manufactura.

Se llevó a cabo, por lo tanto, el diseño, construcción y puesta en marcha de un elemento de soporte que, acoplado a un dinamómetro electrónico, nos permitiría llevar a cabo cada una de las acciones en las que se pretendía determinar la fuerza máxima que podía ser

otra, que una fuerza excesiva puede ocasionar algún tipo de lesión, es fácil comprender la necesidad de conocer la fuerza que es capaz de soportar una determinada unidad anatómico-funcional.

Ahora bien, si su determinación en la práctica diaria puede ser dificultosa, más lo es aún si cabe llegar a establecer los que podríamos denominar como valores de fuerza admisibles para la población general. Tal vez es por ello por lo que no abundan las referencias bibliográficas relativas a dichos valores en la ejecución de diferentes acciones. Éste ha sido el punto de partida que nos ha llevado a tratar de determinar los que podríamos definir como valores máximos de fuerza en una población laboral como es la de General Motors España.

El objetivo ha sido, por lo tanto, medir las fuerzas ejercidas por una población



Diferentes vistas del equipo para la medición de fuerzas máximas.



Hubo 6.114 mediciones sobre un soporte mecánico acoplado a un dinamómetro

aplicada. Fueron asimismo diseñados y contruidos los diferentes accesorios que, a la par que permitir la ejecución de diferentes acciones tipo y de medir la fuerza aplicada por la población sobre ellos, nos asegurara el menor error posible y evitara invertir excesivo tiempo durante la ejecución del experimento.

De acuerdo a estas dos premisas se estableció con qué muestra se iba a trabajar y el tipo de entrenamiento del técnico que se encargaría de la toma de datos. Una vez comprobada la fiabilidad del soporte mecánico y de los accesorios, se comenzó un periodo de entrenamiento que se prolongó durante 15 días, realizándose 120 mediciones que sirvieron para comprobar la validez interna de la toma de datos.

Dichas medidas fueron desechadas y no han pasado a formar parte de los resultados del estudio.

De esta manera, quedaron definidas las acciones tipo a medir, el método y la unidad de medida, el protocolo de toma de datos y el sistema para el registro de la información.

Las fuerzas que se han incluido en el estudio han sido las siguientes (Tabla 1): fuerza de pulgar, fuerza de dedos, fuerza de palma, fuerza de pinza término-terminal, fuerza de pinza término-lateral, fuerza de agarre, fuerza de empuje y fuerza de tracción. Para medir la fuerza real aplicada se ha utilizado un dinamómetro digital marca MECMESIN modelo AFT-500, cuyo rango de medida es de 0-500 N.

Basados en estudios realizados con EMG de superficie^{5,6,7,8}, se determinó que cada acción a medir debía repetirse un mínimo de tres veces y que entre acción y acción debían transcurrir al menos 10 segundos (tiempo estimado como necesario para la recuperación tras realizar un esfuerzo de estas características). Las acciones se ejecutaron con mano dominante y contralateral. Independientemente de las condiciones anteriores, las acciones de fuerza se realizaron a diferentes alturas: 100, 120 y 140 cm. Todas y cada una de las medidas fueron incluidas

TABLA 2

| POBLACIÓN A ESTUDIO | |
|--------------------------------|---------|
| Nº de determinaciones | 6.114 |
| Nº de trabajadores | 1.927 |
| Peso medio | 79 kg. |
| Talla media | 170 cm. |
| IMC medio (kg/m ²) | 27 |

en la hoja de recogida de datos, si bien y dado que estamos hablando de fuerzas máximas, se ha extraído para la elaboración final de los resultados el valor máxi-

mo obtenido por cada trabajador en cada tipo de acción.

Como población se utilizó al personal de General Motors España y como muestra al que acudió voluntariamente, durante el periodo de tiempo comprendido entre enero y julio de 2003 a realizar el examen de salud y aceptó formar parte del estudio.

El número total de mediciones ha sido de 6.114, correspondientes a 1.927 trabajadores, todos ellos varones con una edad media de 46 años. El índice de masa corporal (IMC, kg/m²) medio de esta →



Valores de fuerza máxima de dedos

TABLA 3

| MANO | 5P* | 50P* | 95P* | MEDIA | D. TIPICA | MIN.-MAXIMO |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------------|
| ⇒ 100 cm. N=105 | | | | | | |
| Dominante | 107,7 | 142,2 | 232,8 | 154,1 | 40,7 | 99,0-241,2 |
| No dominante | 104,5 | 148,2 | 224,8 | 154,3 | 40,9 | 95,0-253,8 |
| ⇒ 120 cm. N=105 | | | | | | |
| Dominante | 235,8 | 343,8 | 441,2 | 344,3 | 61,3 | 125,8-466,4 |
| No dominante | 223,6 | 351,8 | 433,6 | 343,9 | 65,3 | 164,0-476,8 |
| ⇒ 140 cm. N=105 | | | | | | |
| Dominante | 277,6 | 401,6 | 513,0 | 397,9 | 68,7 | 229,1-551,0 |
| No dominante | 273,6 | 397,6 | 507,1 | 390,9 | 69,6 | 205,4-544,2 |

(*) P= Percentil



Valores de fuerza máxima con la palma

TABLA 4

| MANO | 5P* | 50P* | 95P* | MEDIA | D. TIPICA | MIN.-MAXIMO |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------------|
| ⇒ 100 cm. N=105 | | | | | | |
| Dominante | 93,6 | 133,2 | 201,6 | 140,8 | 37,1 | 82,4-220,4 |
| No dominante | 91,8 | 133,6 | 208,5 | 139,5 | 37,5 | 80,0-231,4 |
| ⇒ 120 cm. N=105 | | | | | | |
| Dominante | 241,9 | 376,6 | 485,2 | 376,4 | 72,7 | 113,0-556,0 |
| No dominante | 226,3 | 384,0 | 475,2 | 370,8 | 72,9 | 149,4-495,4 |
| ⇒ 140 cm. N=103 | | | | | | |
| Dominante | 273,5 | 411,8 | 506,0 | 398,9 | 66,4 | 244,6-524,0 |
| No dominante | 256,4 | 393,4 | 489,6 | 386,7 | 64,9 | 224,8-501,0 |

(*) P= Percentil

Cada una de las acciones sobre el soporte se repitió al menos tres veces y a diferentes alturas



Valores de fuerza máxima con el pulgar

TABLA 5

| MANO | 5P* | 50P* | 95P* | MEDIA | D. TIPICA | MIN.-MAXIMO |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------------|
| ⇒ 100 cm. N=105 | | | | | | |
| Dominante | 98,7 | 137,0 | 215,2 | 150,1 | 66,4 | 91,4-101,6 |
| No dominante | 101,5 | 137,6 | 214,5 | 146,9 | 36,3 | 95,2-227,8 |
| ⇒ 120 cm. N=105 | | | | | | |
| Dominante | 174,6 | 280,4 | 348,1 | 276,2 | 53,5 | 116,8-413,0 |
| No dominante | 177,6 | 260,4 | 349,5 | 262,8 | 49,6 | 106,8-367,0 |
| ⇒ 140 cm. N=103 | | | | | | |
| Dominante | 188,4 | 270,0 | 331,0 | 266,1 | 43,4 | 140,2-362,8 |
| No dominante | 177,7 | 256,8 | 325,6 | 253,0 | 47,4 | 113,6-412,0 |

(*) P= Percentil

población ha sido de 27, correspondiéndose con valores medios de peso de 79 kg y de talla de 170 cm (Tabla 2). Estos datos concuerdan con los de referencia de la población laboral de General Motors España^{9,10}.

No obstante lo anterior, y teniendo en cuenta que los resultados del estudio son fundamentalmente aplicables en ergonomía de diseño, decidimos presentarlos según percentiles exploratorios (5, 50 y 95 percentil), además de indicar los valores máximos de fuerza obtenidos en cada una de las acciones tipo antes descritas.

Resultados

→ 1. FUERZA DEDOS

Los valores más altos se han obtenido cuando el punto de aplicación de la fuerza se ha encontrado a 140 cm. Este hecho se ha dado en todos los percentiles. El valor máximo obtenido ha sido 551,0 N. El valor medio más alto se ha situado en los

397,9 N a una altura de 140 cm. Para las alturas de 120 y 140 cm. se ha encontrado que los valores obtenidos seguían mayoritariamente una distribución normal. No ha ocurrido así cuando la acción se ha realizado a 100 cm. No se han observado diferencias importantes entre los valores

obtenidos con una u otra mano dentro de los diferentes percentiles y alturas de trabajo. Estos datos y otros de interés quedan reflejados en la Tabla 3.

→ 2. FUERZA PALMA

Los valores más altos se han obtenido cuando el punto de aplicación de la fuerza se ha encontrado a 140 cm. Este hecho se ha dado en todos los percentiles. El valor máximo obtenido ha sido 556,0 N. El valor medio más alto se ha situado en los 398,9 N a una altura 140 cm. Para las alturas de 120 y 140 cm. se ha encontrado que los valores obtenidos seguían mayoritariamente una distribución normal. No ha ocurrido así cuando la acción se ha



Valores de fuerza máxima con pinza término-lateral

TABLA 6

| MANO | 5P* | 50P* | 95P* | MEDIA | D. TIPICA | MIN.-MAXIMO |
|------------------------|------|------|------|-------|-----------|-------------|
| ⇒ 100 cm. N=93 | | | | | | |
| Dominante | 19,8 | 42,0 | 74,7 | 42,2 | 16,1 | 14,4-83,2 |
| No dominante | 16,3 | 35,9 | 75,8 | 39,9 | 18,2 | 10,6-78,6 |
| ⇒ 120 cm. N=121 | | | | | | |
| Dominante | 18,1 | 39,6 | 74,1 | 43,3 | 16,9 | 12,4-88,4 |
| No dominante | 16,2 | 40,9 | 77,0 | 43,4 | 18,9 | 13,4-99,8 |

(*) P= Percentil

realizado a 100 cm. No se han observado diferencias importantes entre los valores obtenidos con una u otra mano dentro de los diferentes percentiles y alturas de trabajo. Estos datos y otros de interés quedan reflejados en la Tabla 4.

→ 3. FUERZA PULGAR

Los valores más altos se han obtenido cuando el punto de aplicación de la fuerza se ha encontrado a 120 cm. Este hecho se ha dado en todos los percentiles excepto en el percentil 5. También resulta llamativo que los valores mínimos más altos se dan en la altura de 140 cm. El valor máximo obtenido ha sido 413,0 N. El valor medio más alto se ha situado en los 276,2 N a una altura 120 cm. Para las alturas de 120 y 140 cm. se ha encontrado que los valores obtenidos seguían una distribución normal. No ha ocurrido así cuando la acción se ha realizado a 100 cm. No se han observado diferencias importantes entre los valores obtenidos con una u otra mano dentro de los diferentes percentiles y alturas de trabajo. Estos datos y otros de interés quedan reflejados en la Tabla 5.

→ 4. FUERZA PINZA TÉRMINO-LATERAL

Dadas las características biomecánicas asociadas a esta acción, el experimento para determinar la fuerza máxima sólo se ha realizado a dos alturas: 100 y 120 cm. En general, los valores más altos se han obtenido cuando el punto de aplicación de la fuerza se ha encontrado a 100 cm, exceptuando los hallados en 50 y 95 percentil para la mano no dominante. El valor máximo obtenido ha sido 99,8 N. El valor medio más alto se ha situado en los 43,4 N, ambos a una altura de 120 cm. La distribución para los valores de mano dominante no ha sido normal, en contra de lo que ocurre con la mano no dominante, que sigue una distribución normal. Estos datos y otros de interés quedan reflejados en la Tabla 6.

→ 5. FUERZA PINZA TÉRMINO-TERMINAL

Al igual que con la pinza término-lateral, el experimento para determinar la fuerza máxima en esta acción sólo se →



■ Valores de fuerza máxima con pinza término-terminal

TABLA 7

| MANO | 5P* | 50P* | 95P* | MEDIA | D. TIPICA | MIN.-MAXIMO |
|------------------------|------|------|------|-------|-----------|-------------|
| ⇒ 100 cm. N=112 | | | | | | |
| Dominante | 20,4 | 43,7 | 88,4 | 49,4 | 20,4 | 16,0-103,6 |
| No dominante | 19,5 | 41,8 | 92,1 | 46,2 | 21,7 | 13,6-105,0 |
| ⇒ 120 cm. N=113 | | | | | | |
| Dominante | 17,5 | 42,2 | 77,7 | 44,9 | 18,6 | 14,0-93,6 |
| No dominante | 17,6 | 39,5 | 77,7 | 43,5 | 18,9 | 16,0-94,8 |

(*) P= Percentil

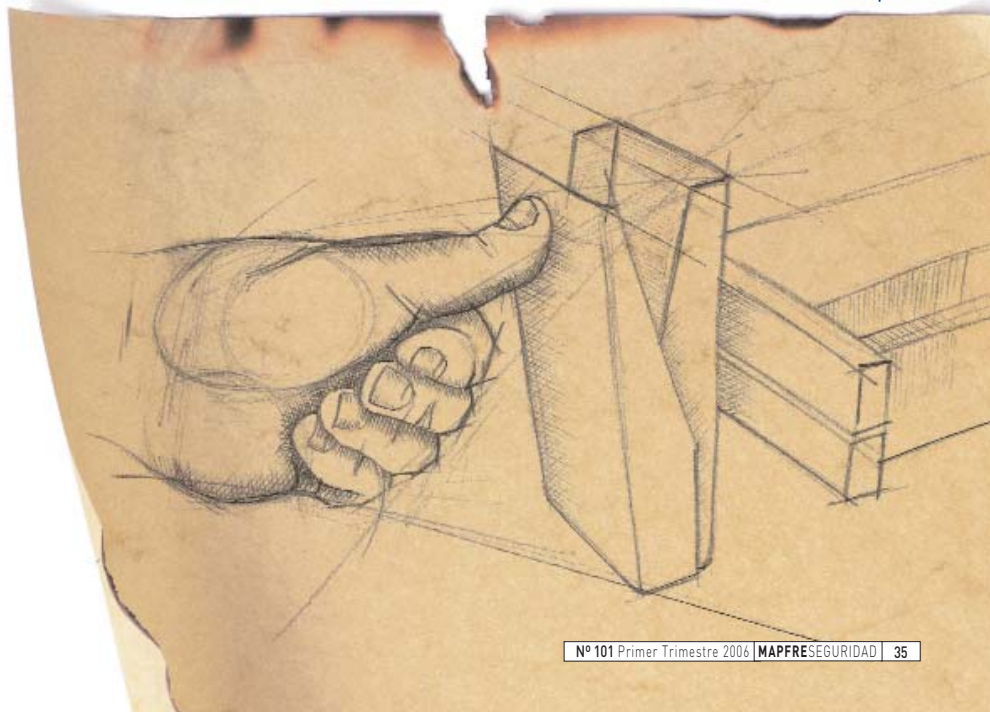


■ Valores de fuerza máxima en empuje con sistema mano-brazo

TABLA 8

| MANO | 5P* | 50P* | 95P* | MEDIA | D. TIPICA | MIN.-MAXIMO |
|------------------------|------|------|-------|-------|-----------|-------------|
| ⇒ 100 cm. N=109 | | | | | | |
| Dominante | 47,8 | 85,6 | 142,4 | 89,5 | 35,2 | 42,2-252,0 |
| No dominante | 44,9 | 80,8 | 132,0 | 86,8 | 40,1 | 36,6-325,0 |
| ⇒ 120 cm. N=106 | | | | | | |
| Dominante | 60,1 | 92,4 | 142,0 | 94,0 | 24,0 | 47,0-152,8 |
| No dominante | 52,5 | 85,9 | 128,9 | 88,2 | 23,4 | 46,0-159,8 |
| ⇒ 140 cm. N=111 | | | | | | |
| Dominante | 29,1 | 83,2 | 123,2 | 80,0 | 26,4 | 16,2-151,0 |
| No dominante | 41,2 | 76,2 | 111,4 | 76,8 | 21,3 | 28,6-139,2 |

(*) P= Percentil





Valores de fuerza en tracción con sistema mano-brazo

TABLA 9

| MANO | 5P* | 50P* | 95P* | MEDIA | D. TIPICA | MIN.-MAXIMO |
|------------------------|------|-------|-------|-------|-----------|-------------|
| ⇒ 100 cm. N=106 | | | | | | |
| Dominante | 70,7 | 147,7 | 343,5 | 167,1 | 85,8 | 46,6-515,0 |
| No dominante | 75,0 | 133,3 | 352,2 | 163,8 | 87,4 | 49,6-616,0 |
| ⇒ 120 cm. N=97 | | | | | | |
| Dominante | 68,9 | 141,6 | 375,9 | 176,7 | 92,9 | 52,6-439,0 |
| No dominante | 73,3 | 152,2 | 359,6 | 174,5 | 85,9 | 53,2-391,2 |
| ⇒ 140 cm. N=92 | | | | | | |
| Dominante | 68,7 | 181,2 | 393,0 | 208,2 | 105,1 | 41,4-414,4 |
| No dominante | 78,5 | 190,8 | 410,9 | 207,8 | 103,2 | 50,0-431,3 |

(*) P= Percentil

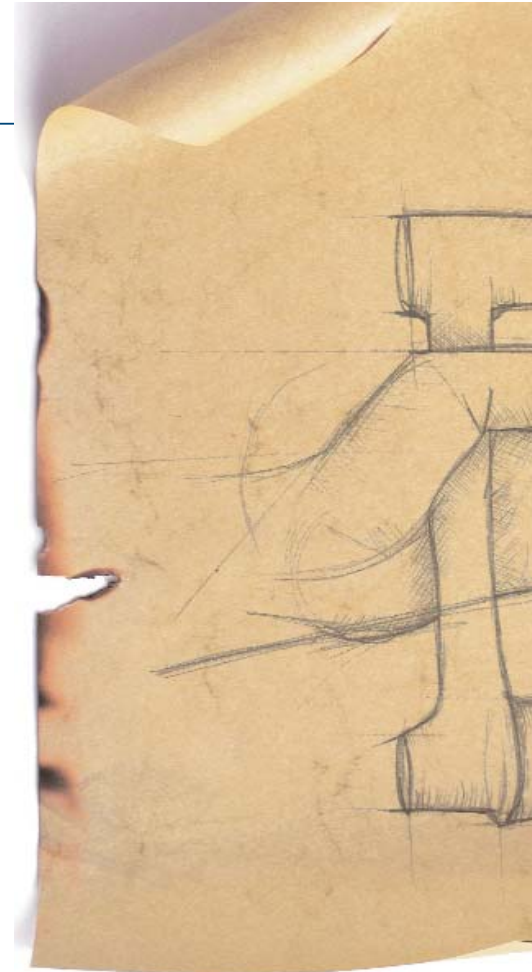
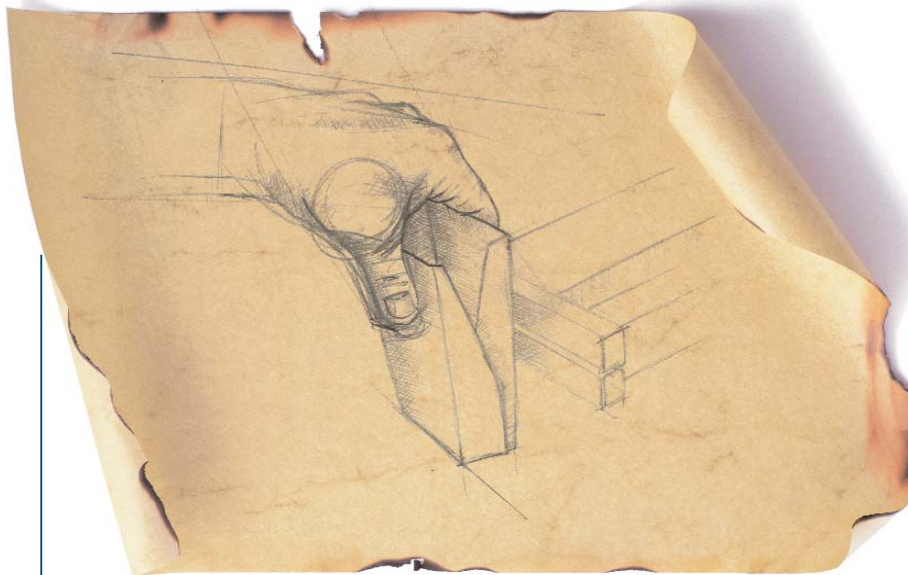
ha realizado a dos alturas: 100 y 120 cm. Los valores más altos se han obtenido cuando el punto de aplicación de la fuerza se ha encontrado a 100 cm. Este hecho se ha dado en todos los percentiles. El valor máximo obtenido ha sido 105,0 N. El valor medio más alto se ha situado en los 49,4 N a una altura de 100 cm. Los valores

encontrados no siguen una distribución normal. Estos datos y otros de interés quedan reflejados en la Tabla 7.

→ 6. FUERZA EMPUJE (SISTEMA MANO-BRAZO)

Respecto a esta acción, es preciso hacer hincapié en que se ha pretendido

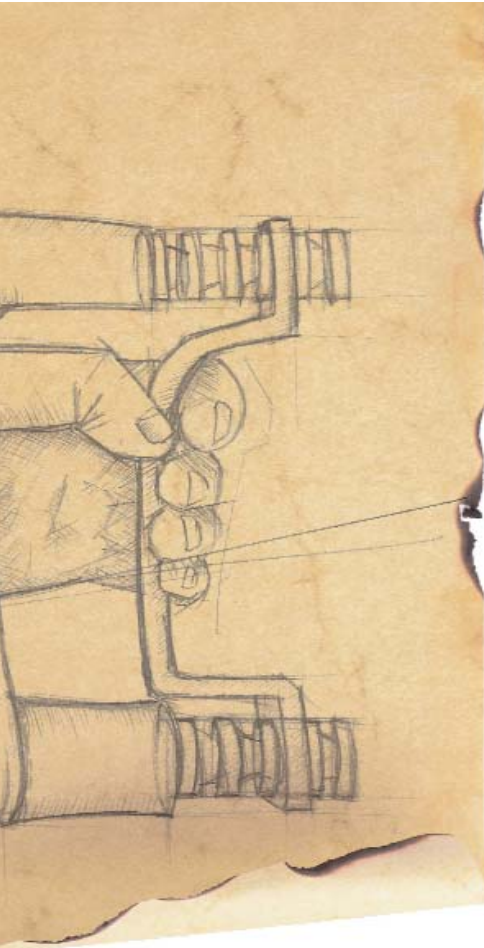
El estudio es básicamente aplicable en ergonomía de diseño



determinar la fuerza máxima de empuje utilizando exclusivamente el sistema mano-brazo, por lo que el diseño del movimiento excluyó en todo momento la aplicación de fuerza de cuerpo entero. El valor máximo obtenido ha sido 325,0 N. El valor medio más alto se ha situado en los 94,0 N a una altura de 120 cm. Para las alturas de 120 y 140 cm. se ha encontrado que los valores obtenidos seguían una distribución normal. No ha ocurrido así cuando la acción se ha realizado a 100 cm. Estos datos y otros de interés quedan reflejados en la Tabla 8.

→7.FUERZA TRACCIÓN (SISTEMA MANO-BRAZO)

Al igual que ha ocurrido con el empuje, se ha pretendido determinar la fuerza máxima de esta acción utilizando exclusivamente el sistema mano-brazo, por lo que el diseño del movimiento excluyó en todo momento la aplicación de fuerza de cuerpo entero. En general, los valores más altos se han obtenido cuando el punto de aplicación de la fuerza se ha situado a 140



Valores de fuerza máxima en agarre

TABLA 10

| MANO | 5P* | 50P* | 95P* | MEDIA | D. TÍPICA | MIN.-MAXIMO |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------------|
| ⇒ 100 cm. N=100 | | | | | | |
| Dominante | 178,7 | 379,9 | 493,6 | 366,9 | 93,6 | 76,0-554,9 |
| No dominante | 203,1 | 236,8 | 472,5 | 332,2 | 79,7 | 99,3-537,1 |
| ⇒ 120 cm. N=101 | | | | | | |
| Dominante | 252,0 | 412,0 | 561,5 | 416,0 | 82,7 | 201,7-576,8 |
| No dominante | 251,7 | 361,4 | 501,1 | 372,6 | 74,3 | 185,8-581,2 |
| ⇒ 140 cm. N=102 | | | | | | |
| Dominante | 210,8 | 342,3 | 520,3 | 355,0 | 83,7 | 193,2-575,1 |
| No dominante | 161,2 | 282,9 | 441,1 | 298,8 | 84,8 | 56,6-580,1 |

(*) P= Percentil

cm. El valor máximo obtenido ha sido 616,0 N. El valor medio más alto se ha situado en los 208,2 N a una altura de 140 cm. Para las alturas de 100 y 140 cm. se ha encontrado que los valores obtenidos no seguían una distribución

normal. Estos datos y otros de interés quedan reflejados en la Tabla 9.

8. AGARRE

Los valores más altos se han obtenido cuando el punto de aplicación de la fuerza se ha encontrado a 120 cm, si bien los encontrados a 140 cm. distan muy poco de los anteriores. Este hecho se ha dado en todos los percentiles. El valor máximo obtenido ha sido 581,2 a 120 cm. N. El valor medio más alto se ha situado en los 416,0 N a una altura de 120 cm. Para la altura de 140 cm. se ha encontrado que los valores obtenidos seguían una distribución normal. No ha ocurrido así cuando la acción se ha realizado a 100 y 120 cm. Estos datos y otros de interés quedan reflejados en la Tabla 10.

Discusión

Dado que no hemos encontrado referencia bibliográfica relativa a la fuerza máxima de dedos, no podemos compararlos con otros estudios. Al analizar la fuerza ejercida con los dedos hemos observado los valores más altos en todos los percentiles cuando la acción se ha realizado a 140 cm. El valor máximo encontrado ha sido de 551,0 N y el mínimo de 95,0 N. En el caso de la fuerza ejercida con la palma, hemos comprobado un comportamiento →

Valores máximos de fuerza (N) para el sistema mano-brazo

TABLA 11

| FUERZA | 5P | 50P | 95P | MEDIA | D. TÍPICA | MÍN. | MÁX. |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|------|-------|
| Dedos | 277,6 | 401,6 | 513,0 | 397,9 | 68,7 | 95,0 | 551,0 |
| Altura de acción | 140 | 140 | 140 | 140 | | 100 | 140 |
| Palma | 273,5 | 411,8 | 506,0 | 398,9 | 66,4 | 80,0 | 556,0 |
| Altura de acción | 140 | 140 | 140 | 140 | | 140 | 120 |
| Pulgar | 188,4 | 280,4 | 349,5 | 276,2 | 53,5 | 91,4 | 413,0 |
| Altura de acción | 140 | 120 | 120 | 120 | | 100 | 120 |
| Pinza Término-Lateral | 19,8 | 42,0 | 77,0 | 43,4 | 18,9 | 10,6 | 99,8 |
| Altura de acción | 100 | 100 | 120 | 120 | | 100 | 120 |
| Pinza Término-Terminal | 20,4 | 43,7 | 92,1 | 49,4 | 20,4 | 13,6 | 105,0 |
| Altura de acción | 100 | 100 | 100 | 100 | | 100 | 100 |
| Agarre | 252,0 | 412,0 | 561,5 | 416,0 | 82,7 | 56,6 | 581,2 |
| Altura de acción | 120 | 120 | 120 | 120 | | 140 | 120 |
| Empuje | 29,1 | 92,4 | 142,4 | 94,0 | 24,0 | 16,2 | 325,0 |
| Altura de acción | 140 | 120 | 100 | 120 | | 140 | 120 |
| Tracción | 68,7 | 190,8 | 410,9 | 208,2 | 105,1 | 41,4 | 616,0 |
| Altura de acción | 140 | 140 | 140 | 140 | | 100 | 100 |

Alturas de acción en cm.

El estudio permite comparar resultados con los de otros análisis, salvo en el caso de la fuerza máxima de dedos



similar al anterior; los valores más altos se han dado cuando la acción se realizó a 140 cm., situándose el valor máximo en 556,0 N y el mínimo en 80,0 N.

En cuanto a los valores obtenidos de fuerza máxima realizada con el pulgar, el valor de referencia corresponde a Siemens¹, que determina un valor de 100 N para el 50 percentil de la población masculina. Este valor de fuerza máxima es comparable al hallado en nuestro estudio

para el 5 percentil a una altura de 100 cm. (98,7-101,5 N).

Hemos observado valores de fuerza máxima en el percentil 50 que han oscilado entre 137 N a una altura de 100 cm. y 280,4 N a 120 cm. El valor presentado por Siemens¹ es similar al nuestro (137,6 N) cuando los comparamos con la media de los valores observados en el 50 percentil a una altura de 100 cm.

En cuanto a la fuerza máxima hallada en la acción de pinza término-lateral, hemos encontrado referencias en varios estudios que la cifran en un valor de 95,37 N para el 50 percentil hombre en el estudio realizado por Di Domenico², de 120 N en Siemens¹ y de 97,1 N en la serie de Mutua Universal³. En nuestro estudio se han obtenido valores más bajos y que oscilan para el percentil 50 entre 35,9 N y 42,0 N, valores éstos similares a los publicados por Astrand y Rodhal⁴, que cifran el valor del 50 percentil hombre en 55,7 N.

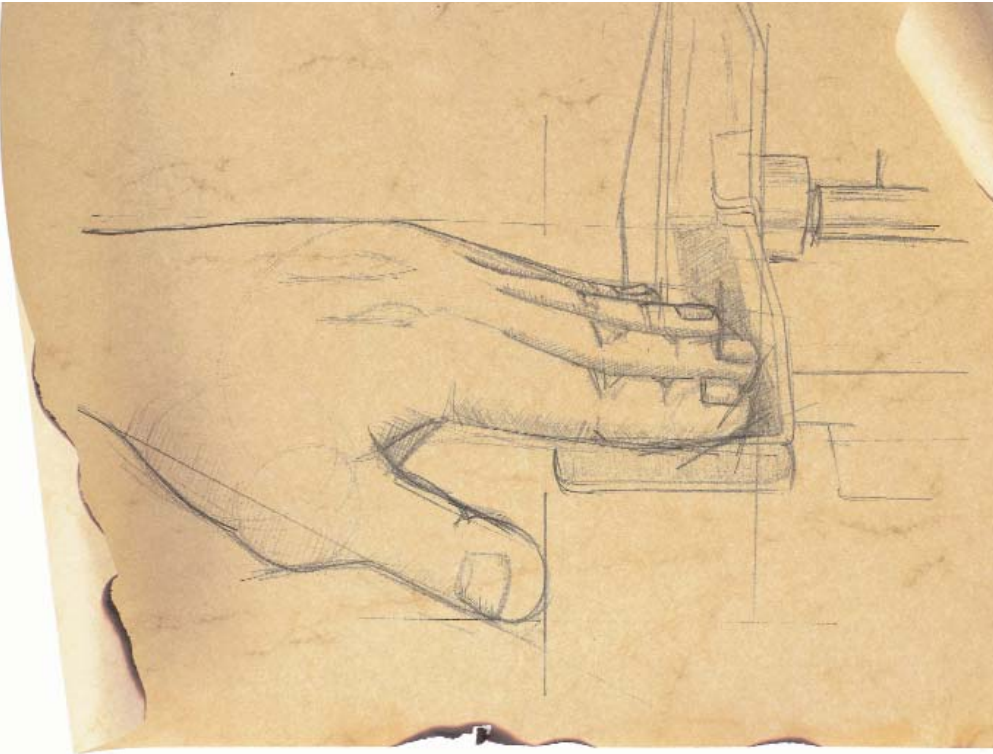
Nuestros resultados en las acciones que han conllevado pinza término-terminal están también por debajo de los encontrados por Di Domenico² (62,8 N para el percentil 50), Siemens¹ (90 N), Mutua Universal³ (65 N) y Astrand y Rodhal⁴ (68 N). Hemos encontrado valores que oscilan entre 17,5 N (percentil 5) y 92,1 N (percentil 95). En el percentil 50 hemos observado valores que oscilan entre 39,5 N y 43,7 N. Al igual que ocurre con la pinza término-lateral, sólo nuestros valores máximos se aproximan a los citados por las fuentes consultadas. Estos valores se mueven entre 93,6 N y 105,0 N.

En cuanto a la fuerza máxima de agarre (agarre de fuerza), nuestros valores, que varían entre 252 N (percentil 5), 412 N (percentil 50) y 561,5 (percentil 95), se aproximan a los de Di Domenico² (452,4 para el 50 percentil hombre) y los de Siemens¹ (400 N), si bien todos ellos son superiores a los que figuran en la serie de Astrand y Rodahl⁴ (230,6 N). Otros estudios¹¹ (*Grip strength forces*) hablan de valores que oscilan entre los 330 y 530 N. Hemos observado valores de fuerza para el 50 percentil entre 136,8 N y 412,0 N. Por el contrario, la serie aportada por Mutua Universal³ dista mucho de nuestros valores, ya que el valor medio lo sitúa en 125,6 N, en comparación al valor medio más alto hallado por nosotros (416 N).

En cuanto a las acciones de empuje y tracción, no podemos compararnos con otros estudios, ya que los valores a los

que hacen referencia éstos (DIN 33411) 12 se entienden como derivados de acciones de fuerza de empuje y tracción con cuerpo entero. En nuestro estudio, como ya hemos comentado, sólo se han considerado estas acciones empleando exclusivamente la extremidad superior. Para el empuje, hemos observado valores de 76,2 a 92,4 N para el percentil 50. En el caso de la tracción, este valor se ha situado entre 133,3 y 190,8 N.

Una vez analizados los valores de fuerza hallados para cada tipo de acción y altura del punto de trabajo, presentamos una tabla (Tabla 11) que contiene los valores máximos observados para cada acción y percentil (independientemente de si se corresponde a la mano dominante o a la contralateral), así como el valor medio de fuerza, el máximo y el mínimo encontrado, haciendo también referencia a la altura de trabajo en la que se observó el valor indicado.



Una tabla con los valores máximos de fuerza, conclusión destacada del estudio

Autores

Víctor Alcalde Lapedra

Médico del Trabajo. Especialista en Ergonomía y Psicología Aplicada. Director del Departamento de Prevención de General Motors España

José Manuel Álvarez Zárate

Ingeniero en Electrónica. Instituto de Ergonomía MAPFRE S.A.

Javier Bascuas Hernández

Médico del Trabajo. Especialista en Ergonomía y Psicología Aplicada. Departamento de Prevención de General Motors España

Ana García Felipe

Profesora Titular de Bioestadística. Departamento de Microbiología, MP y Sp. Facultad de Medicina. Universidad de Zaragoza

Ana Germán Armijo

Médico del Trabajo

Emilio Rubio Calvo; Catedrático

de Bioestadística. Departamento de Microbiología, MP y Sp. Facultad de Medicina. Universidad de Zaragoza

Para saber más

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Siemens - ZTPFWO-21. Erlangen, 1985.

2. Di Domenico Astin, A. **Finger force capability: measurement and prediction using anthropometric and myoelectric measures.** Tesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute. 1999.

3. Mutua Universal. **Buenas prácticas para reducir enfermedades profesionales derivadas de riesgos ergonómicos en PYMES de sectores industriales.** 2002. p: 177-178.

4. Astrand and Rodhal. **Maximum grip strength capacity based on grip.** In Selan, J.L (ed). *The Advanced Ergonomics Manual.* Dallas, Texas. 1994. p: 16.

5. Linderhed, H. **A new dimension to amplitude**

analysis of EMG signals and its application.

In Desmedt, J.E (ed): *Computer aided electromyography: progress in clinical neurophysiology,* 10,5. Karger, Basel. 1983.

6. Baker A.J, Kostov, K.G, Miller R.G y Weiner M.V. **Slow force recovery after long-duration exercise: metabolic and activation factors in muscle fatigue.** *J Appl Physiol* 1993, 74 (5): 2294-3000.

7. Stafford de y Petrofsky J.S. **Interaction between fatiguing and non fatiguing contractions.** *J Appl Physiol* 1981, 51: 399-404.

8. Öberg T, Sandsjö, Kådefors R. **Subjective and objective evaluation of**

shoulder muscle fatigue. *Ergonomics* 1994, 37: 1323-1333.

9. Alcalde Lapedra, V., Bascuas Hernández, J., Álvarez Zárate, J.M. **Estudio antropométrico de la población laboral de General Motors España.** *Mapfre Seguridad* 68, 1997.

10. Álvarez Zárate, J.M. **Antropometría en ergonomía: 20 preguntas básicas para aplicar la ergonomía en la empresa.** Ed. Mapfre. Cap. 10. p:167-181. Madrid, 2001.

11. Stephen Bao. **Grip strength and hand force estimation.** Sharp Program. Department of Labor and Industries. Olympia, WA 98504. 2000.

12. DIN 33411-5: 1999-11. **Physical strength of man. Part 5: Maximal isometric action forces, values.** 1999.