



Interface hardware-software para la medición de fuerza prensil en pacientes pediátricos

C. E. Acosta Hernández¹, R. Ávila Rodríguez¹, A. Martínez Ramírez¹, J. Ávila Rodríguez², J.L. García Ramírez³

¹Coordinación Académica Región Altiplano de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Matehuala, S.L.P.

²Hospital General de Matehuala, Matehuala, San Luis Potosí

³Hospital General “Morones Prieto”, San Luis Potosí, San Luis Potosí

Resumen— El objetivo de este estudio fue diseñar un circuito electrónico bajo un entorno de programación que le permita al médico pediatra determinar la fuerza prensil que tiene el paciente, conocer este valor de fuerza ayudará al médico a diagnosticar un problema de motricidad o algún problema relacionado con el sistema nervioso central.

Para la obtención de datos se midió la fuerza prensil en niños de una escuela primaria para así conocer un rango medio normal, posteriormente se midió otro grupo de niños del hospital general Morones prieto de San Luis Potosí, y de un centro de rehabilitación de Matehuala, donde los pacientes presentaban algún problema muscular y/o del sistema nervioso, una vez concluidas las mediciones, ambas muestras fueron comparadas.

Con los resultados obtenidos fue posible detectar la diferencial de fuerza prensil que tienen los niños sanos y los niños con problemas musculares y/o del sistema nervioso, lo cual es un indicador importante al momento de realizar un diagnóstico en una etapa temprana del paciente y de esta manera poder iniciar con los tratamientos adecuados.

Palabras clave— Circuito electrónico, fuerza prensil, motricidad, programación, sistema nervioso central

I. INTRODUCCIÓN

Las Enfermedades Neuromusculares (ENM) son un grupo de enfermedades caracterizadas por signos y síntomas secundarios de algunos de los componentes de la unidad motora, es decir, la motoneurona inferior, el nervio periférico, la unión neuromuscular y el músculo. La gran mayoría de ellas son enfermedades de origen genético, sin embargo existen algunas que son adquiridas por enfermedades autoinmunes, inflamatorias o tóxicas, y también son parte del espectro etiológico de estas enfermedades. Los estudios de prevalencia de las ENM hereditarias indican una tasa global de 37/100.000 habitantes con una prevalencia de la Distrofia Miotónica (DM) de 10.6/100.000 habitantes, lo que representa un 28% del total, correspondiendo a la patología más frecuente en esta serie de enfermedades [1].

La estrategia diagnóstica para identificar estas enfermedades depende de la edad del paciente y de las manifestaciones clínicas iniciales [2]. Las enfermedades neuromusculares (ENM) se caracterizan por la debilidad muscular, generalmente progresiva, lo que conlleva a una disminución en su capacidad funcional global, comprometiendo otros sistemas y produciendo una dependencia cada vez mayor.

El objetivo principal de este trabajo fue diseñar una interface Hardware-software que permita al médico pediatra medir la fuerza prensil que tiene un paciente y valorar un diagnóstico relacionado con problemas neuromotores.

En México, como en muchas partes del mundo, para el diagnóstico de las enfermedades neuromusculares no se cuenta con herramientas específicas que puedan dar al médico pediatra un punto de referencia exacto, la mayoría de los métodos de diagnóstico actuales son de apreciación, o solo de uso fisioterapéutico o invasivos [3]. Actualmente se utiliza como medida de referencia para el estándar de fuerza, el dinamómetro mecánico Jamar, sin embargo solo es utilizado en seguimientos de fisioterapia o en adultos con algún problema de movilidad por lesiones o enfermedad [4]. Existen reportes que hasta antes de los 12 años de edad, la fuerza prensil no cambia en niños y niñas, sin embargo en adelante el aumento de la fuerza cambia por el crecimiento fisiológico [5]. En México en 1997 se realizaron pruebas moleculares de PCR múltiple para el diagnóstico de distrofia muscular de Duchenne, este tipo de pruebas son muy costosas en México, además de que el tiempo de espera para los resultados es muy largo, por lo que es necesaria una herramienta que dé al médico información sobre si el paciente tiene este tipo de problemas y poder hacer un análisis más profundo [6]. Existen algunas variables que pueden influir en la fuerza de los niños, por ello es importante considerar medidas antropométricas que son medidas de segmentos corporales que permiten clasificar al individuo y monitorear las dimensiones físicas en la composición global del cuerpo, las medidas utilizadas con más frecuencia son el peso y talla, esta información puede ser útil para identificar anomalías en el crecimiento, por lo que la organización mundial de la salud (OMS) desarrolla curvas de crecimiento como una referencia fundamental para conocer cómo deben crecer los niños y niñas [7].

Ya que la fuerza prensil puede ser usada como una referencia para el diagnóstico de ENM, la interfaz hardware-software diseñada en este estudio, se utilizó para medir la fuerza prensil en niños de escuelas primarias de la cd. de Matehuala, S.L.P., donde los niños no presentaban ningún problema neuronal o neuromotor, estos resultados se compararon con los resultados de las mediciones de niños que acuden a consulta en el área de neuropediatría del hospital general Morones Prieto del estado de San Luis Potosí, por algún problema neuronal o neuromotor.

II. METODOLOGÍA

Se realizaron mediciones con el sistema diseñado de interface hardware-software de la fuerza prensil, este proyecto es transversal, observacional y comparativo.

La población de estudio consistió en un grupo de 382 niños y niñas de una escuela primaria de 5 a 12 años de edad, en la Cd. de Matehuala, S.L.P y un segundo grupo de 32 niños y niñas de 5 a 12 años de edad con algún problema neuronal o neuromotor, que acuden a consulta en el área de neuropediatría del Hospital general Morones Prieto de S.L.P.

Los criterios de inclusión consistieron en un primer grupo, identificados en nuestro estudio como muestra 1, donde se incluyeron niños y niñas que no tenían ningún problema neuromotor, según las valoraciones de salud presentadas antes de su ingreso a la escuela primaria y un segundo grupo identificado como muestra 2, con niños y niñas diagnosticados con algún problema neuromotor o neurológico, que acuden a consulta en el área de neuropediatría del Hospital General Morones Prieto de S.L.P. Los criterios de exclusión para el primer grupo de la primaria, consistió en excluir a cualquier niño o niña mayor de 12 años o que tuviera algún problema motor o lesión, o bien que no quisiera participar en el estudio, y para el grupo de niños y niñas del hospital solo quedaron excluidos aquellos mayores a 12 años y que no quisieran participar en el estudio o que el padre o tutor no firmara la hoja de consentimiento informado aprobado por el comité de bioética del hospital. En la figura 1 se muestra el arreglo experimental del diseño de interface hardware-software para medición de la fuerza prensil pediátrica, el sistema está compuesto por tres sensores capacitivos sensibles a la fuerza, esta fuerza se traduce en voltaje que llega a un DAQ (data acquisition) y son visualizados en una computadora.

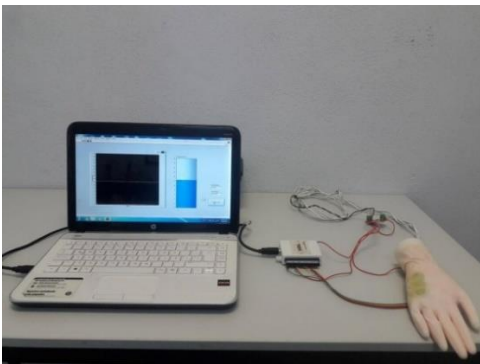


Figura 1. Arreglo experimental de la interface hardware-software para medición de fuerza prensil.

Estas mediciones fueron visualizadas a través de un software diseñado en el programa LabView, el cual es una plataforma con un lenguaje de programación visual gráfico, fue usado como interface para interpretar y representar el valor de la fuerza capturada por el sensor en forma de señal, que se muestra en forma de un tanque de agua, en el cual se puede observar el valor de la fuerza aplicada a los sensores

desplegándolo en Newtons (N) como unidad de medida. En la figura 2 se observa el diagrama eléctrico del circuito como parte de esta interfaz.

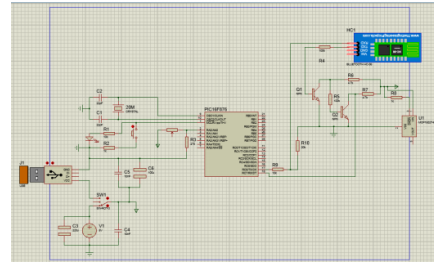


Figura 2 Diagrama eléctrico del circuito diseñado para la interfaz hardware-software de medición de fuerza prensil.

El tipo de muestreo que se utiliza es probabilístico ya que todos tienen la misma probabilidad que sean elegidos, y en esta ocasión no se hizo distinción de niños o niñas, sin embargo como perspectiva de trabajo se considerará el sexo. Como la población de estudio es muy grande se utiliza muestreo por conglomerado, esto es, que se elige solo una cierta área, por ejemplo un vecindario, una escuela, una institución, entre otros, en este caso se eligió la Escuela Primaria “Niños Héroes” de la Ciudad de Matehuala, S.L.P. Se sabe que en esta institución acuden 382 niños y niñas, por lo tanto utilizando la ecuación (1), se determinó que el tamaño de muestras requeridas debe ser de 281 niños y niñas basándose en un coeficiente de confiabilidad de un 95%, para que la muestra sea representativa.

$$n = \frac{z^2(p)(q)(N)}{NE^2 + z^2(p)(q)} \quad (1)$$

Donde:

- E.* Es la precisión o el error (3%)
- Z.* Es el nivel de confianza (1.96)
- p.* Es la variabilidad positiva (0.5)
- q.* Es la variabilidad negativa (0.5)
- N.* Es el tamaño de la población (240)
- n.* Es el tamaño de la muestra (195)

III. RESULTADOS

Con base a los resultados obtenidos fue posible detectar la diferencia de fuerza que se tiene en niños y niñas sanos, de un grupo de referencia identificado como muestra 1, con respecto a un grupo de niñas y niños que presentan problemas musculares y/o del sistema nervioso de la misma edad identificado como muestra 2, en la tabla 1 se muestran estos resultados comparando el promedio de la fuerza prensil en ambos grupos, encontrándose una disminución de la fuerza en el grupo que acude a consulta de neuropediatría.

TABLA I
COMPARACIONES DE FUERZA ENTRE NIÑOS SANOS Y NIÑOS
CON ALGÚN PROBLEMA MUSCULAR Y/O DE SISTEMA NERVIOSO

EDAD (años)	MUESTRA 1 (Fuerza N)		MUESTRA 2 (Fuerza N)	
	Mano Derecha	Mano Izquierda	Mano Derecha	Mano Izquierda
5	12.91	13.62	6.80	6.22
6	13.55	13.38	10.15	8.03
7	14.14	13.80	8.9	5.27
8	15.14	15.07	11.78	8.07
9	15.75	15.81	12.90	10.79
10	15.88	15.88	12.37	12.91
11	16.32	16	10	8.71
12	17.16	17.18	5.8	4.48

De la figura 3 a la 6 se muestran algunas graficas comparativas sobre los datos observados en la tabla anterior. En la figura 3 se observa que hay una diferencia notable de la fuerza prensil en el grupo de niños sanos respecto al grupo de niños con algún problema neuromotor.

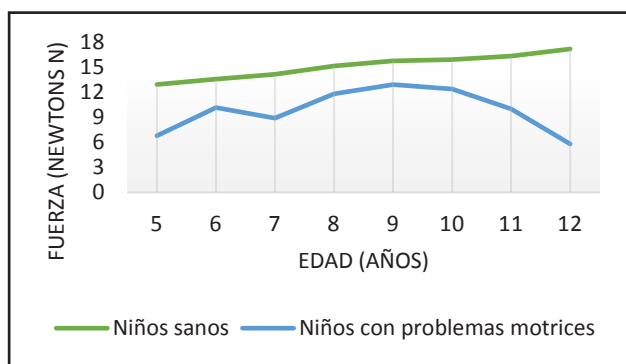


Fig. 3. Comparación de la fuerza prensil en mano derecha entre niños sanos y niños con algún problema motriz.

En la figura 4 se observa que no existe mucha diferencia entre la fuerza de la mano derecha y la izquierda en los niños sanos, resultado que concuerdan con lo reportado por Escalona en el 2009.

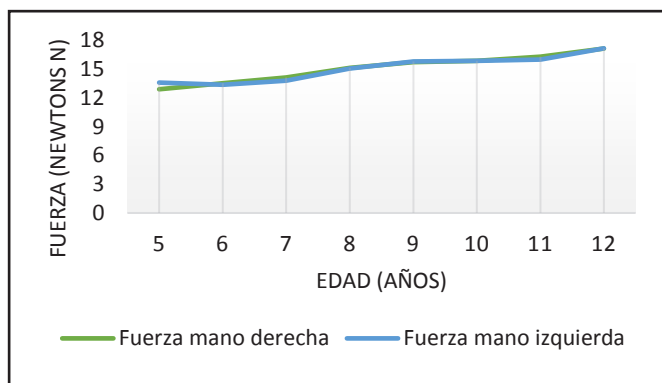


Fig. 4. Comparación de fuerza prensil de mano derecha y mano izquierda en niños sanos.

En la figura 5 se observa que en el grupo de niños con algún problema neuromotor existe una diferencia de fuerza en la mano derecha y en la mano izquierda, los casos que estos niños presentaban eran desde epilepsias, convulsiones, autismo, parálisis cerebral, entre otras. En la figura 6 se observa las diferencias de fuerzas entre niños sanos y niños que tienen algún problema neuromotor.

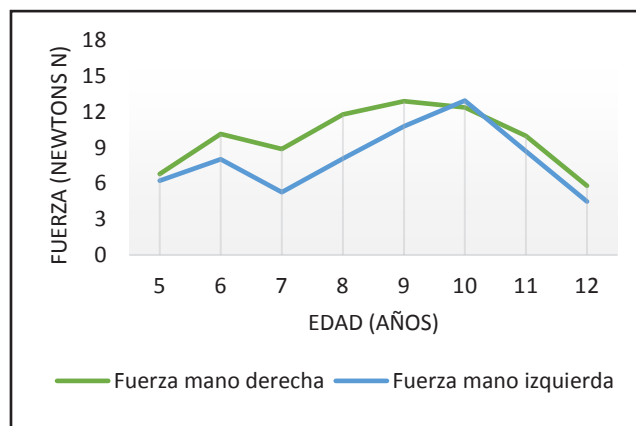


Fig. 5. Comparación de fuerza prensil en niños con algún problema motriz en mano derecha y mano izquierda

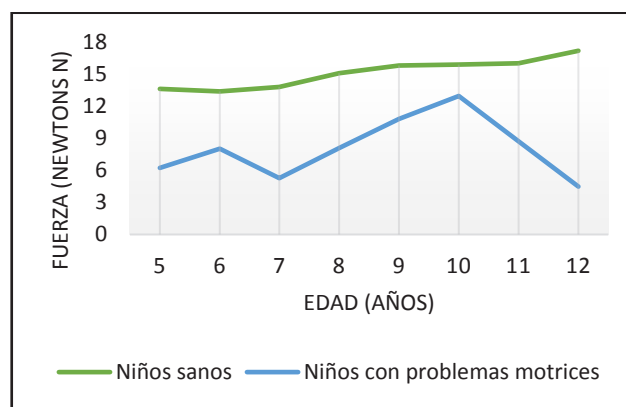


Fig. 6. Comparación de fuerza prensil en mano izquierda entre niños sanos y niños con problemas motrices.

Una vez visualizados los datos, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre las variables de la fuerza, utilizando la ecuación (2), para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas.

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \quad (2)$$

Donde:

r . Es el coeficiente de correlación

$\sigma_{x,y}$. Es la covarianza de (x,y)

σ_x . Es la desviación típica de la variable x

σ_y . Es la desviación típica de la variable y

A continuación se muestra el coeficiente de correlación entre las variables de fuerza prensil determinadas en el estudio.

$$r_{m_1, m_2} = \frac{0.3832}{(1.365)(2.402)} = \frac{0.3832}{3.279} = 0.11 \quad (3)$$

$$r_{md, mi} = \frac{1.83}{(1.43)(1.30)} = \frac{1.83}{1.859} = 0.98 \quad (4)$$

$$r_{pmd, pmi} = \frac{5.4}{(2.43)(2.65)} = \frac{5.4}{6.44} = 0.84 \quad (5)$$

$$r_{mis, mip} = \frac{0.6609}{(1.277)(2.639)} = \frac{0.6609}{3.370} = 0.19 \quad (6)$$

Donde:

r_{m_1, m_2} Es el coeficiente de correlación entre la mano derecha de niños sanos y niños con algún problema neuromotor.

$r_{md, mi}$ Es el coeficiente de correlación entre la mano derecha y mano izquierda en de niños sanos.

$r_{pmd, pmi}$ Es el coeficiente de correlación entre la mano derecha y mano izquierda de niños con algún problema neuromotor.

$r_{mis, mip}$ Es el coeficiente de correlación entre la mano izquierda de niños sanos y niños con algún problema neuromotor.

IV. DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos podemos decir que existe una diferencia de fuerza prensil entre los niños sanos y los niños que tienen algún problema neuronal o que presentan algún padecimiento motriz o del sistema nervioso, ya que el coeficiente de correlación es muy bajo de 0.11. Los resultados de referencia obtenidos con los niños sanos en mano derecha y mano izquierda mostraron un alto coeficiente de correlación de 0.98 por lo que existe una fuerte relación entre la edad y la fuerza prensil, también encontramos que el coeficiente de correlación entre la mano derecha e izquierda de los niños con algún padecimiento es de 0.89, por lo que aunque presentaban fuerzas bajas no hay diferencia de dominancia de mano, y el coeficiente de correlación entre niños sanos y niños con algún problema neuromotor fue de 0.19, este resultado es debido a que se detectó una gran disminución de fuerza con los niños con algún padecimiento respecto a niños de su misma edad del grupo de la muestra 1. Por lo que podemos decir que este sistema de interfaz software-hardware de medición de fuerza prensil es factible para esta valoración pediátrica, la ventaja que presenta este sistema respecto al instrumento mecánico Jamar que se utiliza actualmente es que es totalmente digital, evitando así el error de paralaje al leer la caratula analógica del sistema mecánico, otra ventaja es que actualmente los

pediatras en México no utilizan el dinamómetro mecánico ya que generalmente solo es utilizado en fisioterapia o para pacientes adultos, por lo que este sistema proporciona un sistema innovador en el área de pediatría y puede ayudar al médico a saber si el paciente presenta algún problema motor e iniciar con los tratamientos adecuados a fin de evitar el desarrollo de este y mejorar la calidad de vida del paciente. Estos resultados son la base de una referencia para futuras mediciones

V. CONCLUSIÓN

Existe una diferencia notoria con los resultados de la fuerza prensil de los niños sanos con un $r = 0.98$ y de los niños con algún problema motriz $r = 0.11$, en la relación fuerza prensil /edad.

Podemos concluir que el sistema de interface hardware-software para medición de fuerza prensil diseñado en este proyecto puede ser de gran utilidad para el médico pediatra, ya que le permitirá realizar un buen diagnóstico con sus pacientes, así como ayudarlo a dar seguimiento en las mejoras de la fuerza prensil, después de haber acudido a un tratamiento de fisioterapia o del área de neurología. Como perspectivas de ese trabajo se realizará una comparación entre niños y niñas con este sistema, para corroborar lo reportado en algunos artículos, de que no existe diferencia de fuerza entre niños y niñas hasta antes de los 12 años, y compararlo con un dinamómetro.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Castiglioni, C., Bevilacqua, J. A., & Hervias, K. C. (2015). Enfermedades neuromusculares en el adolescente, síntomas y signos clínicos orientadores al diagnóstico. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 26(1), 66–73. <http://doi.org/10.1016/j.rmcl.2015.02.007>
- [2] Valdebenito, R. & Ruiz, D. (2014). Aspectos relevantes en la rehabilitación de los niños con Enfermedades Neuromusculares. *Revista Médica Clínica Condes*, 25(2), 295–305. [http://doi.org/10.1016/S0716-8640\(14\)70041-0](http://doi.org/10.1016/S0716-8640(14)70041-0)
- [3] Urtizberea, J. A., & Miranda, A. (n.d.). Evaluación y Tratamiento De Las Enfermedades Neuromusculares. *EMC - Kinesiterapia – Medicina Física*, 22(2), 1–11. [http://doi.org/10.1016/S1293-2965\(01\)71923-8](http://doi.org/10.1016/S1293-2965(01)71923-8)
- [4] Mancilla S., Ramos F, Morales B (2016) Fuerza de presión manual según edad, género y condición funcional en adultos mayores chilenos entre 60 y 91 años. *Rev. Méd. Chile* Vol.44, N° 5
- [5] Escalona D. Pamela, Naranjo O. Jeannette, Lagos S. Verónica. (2009). Parámetros de normalidad en fuerzas de presión de mano en sujetos de ambos sexos de 7 a 17 años de edad. *Rev. Chil Pediatr*, 80(5): 435-443.
- [6] Vázquez, C., Mauricio, R., Hernández, L., Berenice, L., Calderón, R., Ángel, B. (2010). Distrofias musculares en México: un enfoque clínico, bioquímico y molecular.
- [7] Pacheco G., Pernas G., Mosqueira Marilyn, (2012). Evaluación y crecimiento de los niños y niñas, Fondo de las naciones unidas para la infancia (UNICEF).