

Asociación entre las asimetrías cerebrales por estimulación visual con las lateralizaciones en humanos**Association between brain asymmetries by visual stimulation with lateralizations in humans****Irma Regina Rodríguez López,^I Oscar Rodríguez López^{II}**^IEspecialista de I grado en Fisiología Normal y Patológica. Profesora Instructora. Facultad de Ciencias Médicas de Mayabeque. Jaruco, Mayabeque, Cuba.^{II}Especialista de I grado en Bioquímica y de I grado Medicina General Integral. Profesor Asistente. Facultad de Ciencias Médicas de Mayabeque. Santa Cruz del Norte, Cuba

Resumen:**Introducción:** las lateralizaciones funcionales motoras, el procesamiento de un estímulo sensitivo y las asimetrías cerebrales funcionales no se comprenden del todo y se desconoce si existen asociaciones entre las asimetrías cerebrales funcionales por estimulación visual con las lateralizaciones en humanos.**Objetivo:** determinar la relación entre las lateralizaciones motoras y las asimetrías cerebrales por estimulación sensitiva mediante la combinación de instrumentos de medición subjetivos y objetivos.**Métodos:** se trabajó con 35 adultos jóvenes sanos, se les realizó una serie de pruebas de lateralidad motora y sensitiva, un estudio electrofisiológico (potencial evocado visual), simultáneamente con un electroencefalograma. Se determinaron las áreas cerebrales visuales homólogas por cada hemisferio y la asimetría entre ellas. Se calculó el índice global de asimetría entre las regiones cerebrales dorsal, ventral, temporal y frontal y se buscaron asociaciones entre estas regiones, las lateralidades funcionales y sensoriales.**Resultados:** hubo un predominio a la derecha de las lateralizaciones motoras con respecto a las pruebas sensitivas. A partir del potencial evocado visual en el grupo se observaron áreas de las regiones dorsales y ventrales en ambos hemisferios cerebrales. La región visual temporal se destacó a la derecha y la frontal a la izquierda. Se encontraron asociaciones entre las regiones frontal, ventral y dorsal con algunas de las lateralidades funcionales estudiadas.**Conclusiones:** se concluye que en ciertas áreas cerebrales existió lateralidad predominante de acuerdo con el estudio volumétrico de ambos hemisferios, no siendo así en regiones cerebrales específicas.**Palabras clave:** lateralidad y asimetrías cerebrales funcionales, potencial evocado visual, electroencefalograma, áreas visuales cerebrales.

ABSTRACT**Introduction:** motor functional lateralizations, processing a sensory stimulus and functional brain asymmetries are not fully understood and it is unknown whether there are associations between functional brain asymmetries by visual stimulation with lateralizations in humans.**Objective:** to determine the relationship between motor lateralizations and brain asymmetry by sensory stimulation through the combination of subjective and objective measurement instruments.

Methods: the work was carried out with 35 healthy young adults, who underwent a series of tests of motor and sensory laterality, an electrophysiological study (visually evoked potential), simultaneously with an electroencephalogram. Visual homologous brain areas to each hemisphere and asymmetry between them were determined. Global asymmetry index was calculated between the dorsal, ventral, temporal and frontal brain regions and it was sought associations between these regions, functional and sensory lateralities.

Results: there was a predominance of right motor lateralizations regarding the sensory tests. It was observed areas of the dorsal and ventral regions in both hemispheres from the visually evoked potential in the group. The temporal visual region was highlighted to the right and the frontal to the left. It was found associations between the frontal, ventral and dorsal regions with some of the functional lateralities studied.

Conclusions: it is concluded that in certain brain areas existed predominant laterality according to the volumetric study of both hemispheres, which is not the case in specific brain regions.

Key words: brain asymmetries and functional laterality, visually evoked potential, electroencephalogram, cerebral visual areas.

INTRODUCCIÓN

Las lateralizaciones funcionales motoras, el procesamiento de un estímulo sensitivo, y las asimetrías cerebrales funcionales no se comprenden del todo, tampoco se conoce bien si existe alguna relación entre dichas lateralizaciones y la actividad eléctrica cerebral y no se cuenta, en Cuba y en el mundo, con evidencias acerca de cómo ocurren las asociaciones entre las asimetrías cerebrales funcionales por estimulación visual con las lateralizaciones en humanos. Las respuestas lateralizadas motoras requieren inicialmente de la percepción y análisis de un determinado estímulo.¹

La información sensitiva se procesa en una serie de relevos a lo largo de varias vías paralelas y convergen en áreas de la corteza que integran esa información en un fenómeno polisensorial por mecanismos que aún no se dominan. El problema del agrupamiento de la actividad en diferentes regiones de la corteza cerebral se ha estudiado más a fondo para la visión que para el tacto ya que el sistema visual humano dispone de los circuitos nerviosos más complejos dentro de los sistemas sensitivos.¹

En los últimos años se ha dedicado numerosos esfuerzos al estudio de los cambios rápidos de voltaje, actividad evocada o potenciales evocados: (PE) que se registran sobre el cuero cabelludo como resultado del procesamiento de la información en el sistema nervioso. Estos se generan por la estimulación sensorial producida por estímulos físicos (PE exógenos) o la ejecución de una tarea mental (PE endógenos), y que reflejan la activación de las estructuras cerebrales.¹

Específicamente, los potenciales evocados visuales (PEV) son cambios transitorios de la actividad eléctrica en la vía visual, registrados en la corteza occipital en respuesta a la presentación de un estímulo intermitente. Sus características varían en dependencia del tipo de estímulo empleado. En la práctica clínica, el estímulo más utilizado es el patrón por lo consistente de la respuesta que genera, tanto en morfología como en replicabilidad intra e inter individuos.

Dicho patrón descrito por Halliday a finales de la década de los 60 y principios de los 70 consiste, en su presentación más frecuente, en mostrarle al sujeto una pantalla cuadrículada en forma de tablero de ajedrez blanco y negro, utilizando como estímulo la inversión del color de los cuadros.

El potencial que se genera se caracteriza por la presencia de tres componentes, uno negativo (N60) temprano (60 ms) seguido por otras dos ondas: positiva (P100) a los 100 ms y negativa (N140) a los 140 ms.¹⁻⁴ El más replicable, intra e inter individuo, de los componentes es el denominado P100, considerado como un potencial de campo cercano generado desde la corteza visual primaria.⁵

En la actualidad, es ampliamente aceptado que en su generación están involucradas áreas sensitivas primarias, así como áreas visuales asociativas. Dentro de ellas se describen las regiones estriadas (V1, V2), así como cuneo, precúneo, superior parietal, medial temporoccipital y en ocasiones el tálamo.^{6,7} Estas áreas pertenecen a las regiones conocidas como cadenas o vías dorsal y ventral, las que a su vez están directamente relacionadas a los dos sistemas aferentes visuales: magnocelular y parvocelular.^{2,4}

Para la localización de fuentes generadoras en el cerebro se utilizan los mapas estadísticos individuales (MEI) los que se obtienen mediante las soluciones inversas para el componente P100, utilizando el método LORETA. Este método aborda la solución del problema inverso (PI) desde el enfoque de regularización usando penalizadores lineales, en particular asume la matriz H como el operador Laplaciano.

El método de LORETA propone elegir como la solución del PI aquella cuya distribución sea la más suave.^{8,9} Posteriormente se aplica un índice de asimetría, previamente descrito por otros autores y que ha demostrado su utilidad.¹⁰

A pesar de todas las investigaciones realizadas hasta el presente no se ha encontrado una concordancia definitiva entre los estudios que abordan las lateralizaciones funcionales y los estudios de asimetría cerebral, pues se tiende a resumirlos a una relación simple derecha - izquierda sin llegar a conclusiones claras.

El presente estudio utiliza, entre otros, un método volumétrico para la exploración de las asimetrías cerebrales basado en la diferencia de los voxels homólogos en todo un hemisferio. Éste método brinda una aproximación a la realidad, que comparar, con elevado grado de exactitud, las áreas homólogas en ambos hemisferios. No restringe el estudio solo a las llamadas regiones de interés (ROI en inglés) que tiene sus propias ventajas y limitaciones, pero que es muy útil para asimetrías morfológicas más que funcionales.¹¹

Teniendo en cuenta estos argumentos se realizó este trabajo para determinar la relación entre las lateralizaciones motoras y las asimetrías cerebrales por estimulación sensitiva mediante la combinación de instrumentos de medición subjetivos y objetivos, incluyendo también una medición objetiva con el auxilio de la estimulación visual para buscar repuestas más precisas de la organización y funcionamiento asimétrico del sistema nervioso central.

MÉTODOS

Se desarrolló un estudio exploratorio, transversal y analítico utilizando el método empírico de experimentación científica en el departamento de neurofisiología clínica del Hospital Clínico-Quirúrgico "Hermanos Ameijeiras", La Habana, Cuba. La muestra estuvo integrada por 35 adultos jóvenes de ambos sexos, supuestamente sanos, todos estudiantes universitarios del ICBP "Victoria de Girón" en La Habana, durante el período comprendido entre el primero de noviembre de 2011 hasta enero de 2012.

Criterios de selección:

- Voluntariedad de los sujetos.
- Edad entre 18 - 35 años.
- Sin antecedentes personales de afecciones neurológicas, ni psiquiátricas.
- Sin antecedentes familiares psiquiátricos (madre, padre y hermanos)

Variables utilizadas:

- Lateralidad de la mano.
- Lateralidad del pie.
- Lateralidad del equilibrio.
- Lateralidad facial.
- Lateralidad táctil.
- Lateralidad del ojo directriz.
- Fuentes generadoras de corriente: estímulo visual a patrón reverso (Odom 2004).

En un principio se les realizó una serie de pruebas de lateralidad motora, utilizando el protocolo elaborado por Pilar Cobos (1998),¹² donde aparece una selección de actividades para que el evaluador pueda observar la tendencia lateral y la habilidad en la realización de las tareas propuestas, donde se evaluó la fuerza, la manipulación y la estabilidad de los individuos en estudio durante la ejecución de una acción motora. Se incluyó la detección de la percepción táctil.

Técnicas y procedimientos:

Evaluación de la mano dominante: técnica del dinamómetro: se le solicitó al sujeto que tomara un dinamómetro y tratara de apretarlo lo más posible sin apoyo, con una mano primero y luego la otra, con el fin de comprobar la diferencia de fuerza entre ambas. Se evaluó la intensidad de la fuerza marcada en una escala de medida en el instrumento utilizado y se tomó el valor mayor.

El sujeto se evaluó con mano dominante derecha si la intensidad de la fuerza fue mayor en la mano derecha, se evaluó con mano dominante izquierda si la intensidad de la fuerza fue mayor en la mano izquierda y se evaluó como mano dominante mixta si la intensidad de la fuerza fue la misma con ambas manos.

Evaluación del pie dominante. Procedimiento al patear una pelota: se le solicitó al sujeto, en tres ocasiones, de forma sorpresiva y en momentos diferentes dentro del estudio que pateara una pelota a un blanco. Si en las tres ocasiones pateó la pelota con el pie derecho se evaluó como derecho haya dado o no en la diana, si en las tres ocasiones pateó la pelota con el pie izquierdo se evaluó como izquierdo haya dado o no en la diana, se evaluó al sujeto como mixto con preferencia derecha, haya dado o no en la diana, si en dos de las ocasiones pateó la pelota con el pie derecho y una vez con el izquierdo, se evaluó al sujeto como mixto con preferencia izquierda, haya dado o no en la diana, si en dos de las ocasiones pateó la pelota con el pie izquierdo y una vez con el derecho.

Dominancia del ojo directriz: se le solicita al sujeto que mire a través de un agujero, en un papel que se colocará a la distancia que permite la extensión de sus brazos, hacia una circunferencia roja situada por detrás a dos metros de este sobre una pared. Luego se le orientará que enfoque al agujero de manera que vea solamente uno y la imagen de la circunferencia por detrás le quede velada. Posteriormente se le tapa de forma alterna ambos ojos definiendo así por cuál de estos ve la imagen borrosa a través del hueco. Si las tres veces ve por el ojo derecho se evalúa de dominancia del ojo directriz (D), si las tres veces ve por el ojo izquierdo se evalúa de dominancia del ojo directriz (I).

Dominancia facial. Procedimiento al reírse: se le solicitó al sujeto que sonriera ampliamente y se fotografió. Posteriormente se utilizó el programa "Fotoshop" con el cual se midió la distancia entre las comisuras labiales, y se calculó la mitad de esta distancia y se trazó, a partir de ese dato, una línea que dividió el rostro de los individuos fotografiados, posteriormente se midió la distancia en centímetros desde esta línea hasta el límite de la comisura labial, tanto hacia la derecha como hacia la izquierda, valorando así el máximo de desviación hacia ambos lados.

Se evaluó de dominancia al reírse derecha si el sujeto desviaba más la comisura labial hacia la derecha, se evaluó de dominancia al reírse izquierda si el sujeto desviaba más la comisura labial hacia la izquierda y se evaluó de dominancia al reírse mixta si la desviación de las comisuras labiales se producían a la misma distancia de la línea divisoria del rostro.

Procedimiento en la maniobra del Romberg sensibilizado (equilibrio): se le solicitó al sujeto que se parara sobre una de sus piernas de forma alterna, con los brazos extendidos horizontalmente y los ojos cerrados con el fin de comprobar su equilibrio. Se esperó unos cinco segundos en esta posición y se comprobó mediante la observación si el individuo presentaba oscilaciones.

Se evaluó como dominancia del equilibrio hacia la derecha si el sujeto no presentó oscilaciones al pararse con su pierna derecha dentro del tiempo evaluado, se evaluó como dominancia del equilibrio hacia la izquierda si el sujeto no presentó oscilaciones al pararse con su pierna izquierda dentro del tiempo evaluado, se evaluó como dominancia del equilibrio mixta si el individuo no presentó oscilaciones con ninguna de las dos piernas.

Procedimiento de detección de un estímulo táctil en la yema de los dedos: se estimuló la yema de los dedos medios izquierdo y derecho con dos agujas despuntadas hasta lograr la menor distancia entre ambos puntos. Los sujetos referían sentir el estímulo con las dos agujas. La distancia se midió con un compás milimetrado. Se tomó la menor distancia como referencia de dominancia táctil en la yema de los dedos medios derecha e izquierda. Si ambas distancias eran iguales se evaluó el sujeto como de dominancia mixta.

Procedimiento de detección de un estímulo táctil en la región escapular (Dorso): Se estimuló la región escapular derecha e izquierda con dos agujas despuntadas hasta lograr la menor distancia entre ambos puntos. Los sujetos referían sentir el estímulo con las dos agujas. La distancia se midió con un compás milimetrado. Se tomó la menor distancia como referencia de dominancia táctil en la región escapular derecha e izquierda. Si ambas distancias eran iguales se evaluó el sujeto como de dominancia mixta.

En estas dos últimas pruebas se anotó si las menores distancias fueron mayoritariamente hacia la derecha, evaluándose como dominancia táctil (D), si las menores distancias fueron mayoritariamente hacia la izquierda se evaluó como dominancia táctil (I), si las menores distancias fueron iguales hacia ambos lados, en las dos pruebas, se evalúa dominancia táctil mixta.

Fuentes generadoras de corriente. Estudio electro fisiológico: a todos los sujetos se les ubicó en una habitación donde se sentaron cómodamente, con luz y clima adecuado (22oC). Se les explicó en qué consiste el estudio electro fisiológico. Se les indicó que fijaran la vista en el punto central del monitor y que evitaran los movimientos oculares y de los párpados. Luego se limpió el cuero cabelludo (alcohol 70 % y pasta abrasiva) y se colocó un gorro de 64 canales (Electro-Cap) acoplado a un equipo Medicid 5-64 (Neuronic SA), para registro monopolar, previa calibración del equipo. La conexión de tierra del gorro fue ubicada en la porción anterior frontal media, y la referencia situada en el lóbulo de ambas orejas cortocircuitadas. El estímulo fue aplicado de forma mono-ocular.

Registro y análisis de los potenciales evocados visuales (PEV): Un estímulo visual a patrón reverso (Odom 2004)⁽⁵⁾ o en tablero de ajedrez (tamaño del patrón o cuadrícula: 1,5 cm²) se presentó en todo al campo visual con un monitor VGA 17" a una frecuencia de 2 Hz y con un total de presentaciones de 240 (120 para cada ensayo: original y reverso) y a una distancia de 100 cm frente al sujeto. La luminancia se mantuvo constante, mientras el contraste fue de 100 %.

El electroencefalograma (EEG) fue registrado con una frecuencia de muestreo de 500 Hz (2 ms), con una ganancia de 1000 dB y un sistema pasa banda entre 0.5 y 70 Hz. La impedancia se mantuvo en ~ 5 kΩ. Las marcas correspondientes al estímulo fueron co-registradas con el EEG digitalizado, amplificado y almacenadas para el subsiguiente análisis fuera de línea.

Procesamiento de datos: Los datos del electroencefalograma (EEG) durante la estimulación fueron analizados para la actividad evocada con el programa EP-Workstation (Neuronic SA). Sobre el EEG continuo se seleccionaron ventanas de tiempo para cada estimulación con una duración de 100 ms pre-estímulo y 260 ms post-estímulo. A continuación el EEG fue rectificado linealmente.

Cada segmento o ventana de EEG fue inspeccionada visual y de manera automática y los eventos con artefactos fueron rechazados (< 10 %). Todos los valores individuales del registro fueron corregidos o ajustados mediante la resta de la actividad basal (-100 a 0 ms) promedio (corrección DC, por sus siglas en Inglés). Para la promediación del EEG, tanto las presentaciones originales (120) como el reverso (120) fueron consideradas como dos condiciones separadas: 1 y 2.

Antes de promediar, cada EEG original fue filtrado digitalmente para discriminar la actividad de este entre cinco bandas clásicas de uso extendido en la clínica y la experimentación. Por tanto la promediación se realizó para cada sujeto (ojo derecho, ojo izquierdo, condición 1, condición 2), para cada electrodo de registro y para cada una de las bandas: teta (3,5-7,5 Hz), alfa (8-11,5 Hz), beta (12-19,5 Hz), beta 1 (20-29,5 Hz) y gamma (30-50 Hz), respectivamente.

Este análisis de la actividad evocada con distinción entre las bandas de frecuencias en el dominio del tiempo y su posterior procesamiento ha sido previamente denominado dynBSR (dynamic Brain Self-Reference, por sus siglas en inglés) (González Hernández, Pita Alcorta, Castañeda, Trujillo Barreto, Scherbaum, 2009).⁶ Los picos de amplitud positiva para el componente P100, fueron considerados en el electrodo en posición POz y con latencia en un rango de 90 a 130 ms.

Estimación de fuentes de corriente intra cerebrales: Se calculó una solución inversa para cada potencial evocado (PE) en el pico del componente P100 definido en el electrodo POz, usando una versión del método LORETA (programa Beetles, Neuronica SA) y visualizada con el software BETviewer (Neuronica SA). En el LORETA una máscara neuroanatómica restringe el número de fuentes de solución pudiendo sólo ser localizadas en la materia gris (3568 voxels o fuentes generadoras). Esta solución inversa sobrepone las fuentes estimadas obtenidas a un atlas de un cerebro promedio creado por el Instituto Neurológico de Montreal (Antonio Tristán-Vega, Holmes 2009).^{13,14}

Mapas estadísticos individuales (MEI): Las soluciones inversas resultantes para cada sujeto (dos ojos + dos condiciones x 5 bandas de frecuencias) fueron agrupadas de acuerdo a las bandas. Para el cálculo de los mapas estadísticos individuales (MEI) se utilizó un análisis de varianza de medidas repetidas (ANOVA de un factor para variables dependientes, estadígrafo F) para la comparación entre sí, voxel a voxel, de todas las bandas de frecuencia bajo la Hipótesis nula: activación similar para todas las bandas de actividad evocada, en todos los voxels, durante el componente P100.

El umbral de significación para múltiples comparaciones se ajustó por medio de la teoría del campo aleatorio (Philip Shaw y col, 2008),¹⁵ implementada en el paquete estadístico Neest (Neuronica SA). A partir de los MEI se calculó además el mapa con los valores medios para el grupo.

Cálculo de asimetría: Se realizó una comparación de las activaciones derechas e izquierdas basadas en los voxels contralaterales homólogos. Con el uso del Programa SplitBrain (Neuronica, SA) se obtuvieron los dos hemisferios por separado de cada MEI, los cuales fueron sometidos a una sustracción basada en voxels, es decir sustracción volumétrica utilizando el programa MatLab. La diferencia se calculó Izquierdo-Derecho basado en la suposición de la dominancia izquierda por la manualidad de la mayoría de los sujetos estudiados. Se obtuvo el mapa con la diferencia y luego se promediaron para el grupo. Se consideraron relevantes las diferencias mayores al 50 % de los valores de los picos máximos de las asimetrías en cada individuo. Una vez determinadas las áreas asimétricas se aplicó para cada una de ellas la fórmula siguiente: $100 (Izq-Der/Izq+Der) \%$,¹⁰ denominada índice de asimetría, que permite cuantificar el porcentaje real de asimetría o cambio, lo que hace comparable todas las regiones. Las áreas para su mejor comprensión y generalización fueron agrupadas por regiones funcionales: frontal, temporal, dorsal y ventral atendiendo al sistema visual y sus áreas asociativas.

Análisis estadísticos entre las variables: Se estimaron las frecuencias y porcentajes de dominancia derecha e izquierda para miembros y órganos en la función motora y para la percepción de los estímulos sensoriales. Se crearon tablas de contingencias con los datos de las asimetrías y lateralizaciones, así como con las áreas visuales asimétricas. Se buscaron asociaciones (χ^2) (SPSS) entre las regiones vs. lateralidades funcionales y asimetrías sensoriales.

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran las pruebas físicas realizadas donde se constató, de forma general, que las lateralidades funcionales motoras tuvieron predominio derecho, no siendo así en las sensitivas que estuvieron indistintamente distribuidas hacia la derecha y hacia la izquierda, aunque hubo un predominio derecho en las dos pruebas táctiles.

La frecuencia más elevada se encontró en la medición de la sensación táctil en la región escapular (dorso) seguida de la medición de dicha sensación en la yema del dedo medio.

Tabla 1. Pruebas de lateralidad y exploración sensitiva

Pruebas		D	%	I	%	Ambas	%	Total
Mano	Dinamómetro	14	40	12	34,28	9	25,71	35
Pie	Pateo	25	71,42	5	14,28	5	14,28	35
	Romberg S (equilibrio)	18	51,42	16	45,71	1	2,85	35
Tacto	Yemas	16	45,71	14	40	5	14,28	35
	Dorso	20	57,14	13	37,14	2	5,71	35
Rostro	Reírse	22	62,85	12	34,28	1	2,85	35
Ojo directriz		25	71,42	10	28,57	-	-	35
Total		140	57,14	82	33,46	14	5,71	245

Fuente: Planillas individuales

La imagen promedio de las áreas encontradas a partir del PEV en el grupo, previo al cálculo de la asimetría corresponden a niveles de activación con valores de significación entre 0.01 a 0.001, donde se observan, como se esperaba, áreas de las regiones dorsales y ventrales visuales y otras áreas asociativas visuales en ambos hemisferios y sensibles al estímulo utilizado. Estas áreas comprenden: cuneo, precuneo, cíngulo posterior, superior parietal, medial occípito temporal (mOT), parahipocampo, giro lingual y tálamo.

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos en el grupo al aplicar la sustracción basada en voxels-homólogos izquierda-derecha, donde se delimitan una serie de áreas cerebrales con activaciones asimétricas las cuales se clasificaron por regiones funcionales: frontal, temporal, dorsal y ventral atendiendo al sistema visual y sus áreas asociativas. De un total de 173 áreas, no hubo un franco predominio de un hemisferio.

Sin embargo, a nivel de las regiones específicas no fue este el caso. La región temporal predominó a la derecha y la frontal a la izquierda en el grupo en estudio, y las regiones visuales dorsal y ventral estuvieron bastante balanceadas hacia ambos hemisferios.

Tabla 2. Regiones con áreas asimétricas

Regiones	Lado derecho	Por ciento	Lado izquierdo	Por ciento
Dorsal	33	36,6	37	44,57
Ventral	36	40	25	30,12
Temporal	13	14,4	7	8,43
Frontal	8	8,88	14	16,86
Total	90	100	83	100

Fuente: Mapas cerebrales individuales

Todas las variables fueron introducidas en una serie de tablas de contingencias buscando asociaciones entre ellas. Las variables relacionadas con la lateralidad funcional motora, mano y pie, no tuvieron asociación con las variables relacionadas con los procesos sensoriales ($p > 0.05$), es decir, aparecen indistintamente en una u otra variante de asimetría sensorial.

Tampoco hubo asociación entre dichas variables motoras y ninguna de las regiones asimétricas encontradas en el procesamiento sensoroperceptual visual ($p > 0.05$). Sin embargo, sí se encontraron asociaciones entre las variables de discriminación táctil (somato) y rostro (motor) y las asimetrías visuales dentro de regiones específicas.

La tabla 3 muestra la relación entre yema y región dorsal con dos categorías, derecha e izquierda, donde el valor de X^2 indica una asociación entre esas variables que es más evidente entre las categorías yema derecha y dorsal izquierda.

Tabla 3. Asociación entre regiones dorsales derecha–izquierda y la discriminación del tacto fino

Área dorsal	Yemas		Total
	D	I	
I	26	11	37
D	17	19	36
Total	43	30	73

Fuente: Base de datos individuales
 X^2 . $P \leq 0,05$.

La tabla 4 muestra la asociación entre las variables, reírse y región ventral, con las categorías derecha e izquierda que es más evidente entre las categorías reírse derecha y ventral derecha.

Tabla 4. Asociación entre regiones ventrales derecha – izquierda y el rostro

Área ventral	Reírse		Total
	D	I	
I	17	10	27
D	30	5	35
Total	47	15	62

Fuente: Base de datos individuales. (X^2). $P \leq 0,05$

La tabla 5 muestra las variables, yemas y región frontal, con las categorías, derecha e izquierda, donde el valor de X^2 indica también asociación entre esas variables más marcada entre las categorías yema derecha y frontal derecha.

Tabla 5. Asociación entre regiones frontales derecha – izquierda y la discriminación del tacto fino

Área frontal	Yemas		Total
	D	I	
I	6	9	15
D	6	0	6
Total	12	9	21

Fuente: Base de datos individuales. (X^2). $P \leq 0,05$

En resumen las asociaciones encontradas en ocasiones se corresponden con las disposiciones anatómicas de las vías somato sensoriales y la sensoroperceptual visual y su conocida decusación contralateral. En otros casos son ipsilaterales.

DISCUSIÓN

Este estudio confirma que la lateralidad funcional está fuertemente asociada con las acciones de respuesta motora y que son selectivas en todas las regiones simétricas del cuerpo. Sin embargo, las estructuras simétricas también tienen componentes sensoriales de diferentes modalidades, que a pesar de su anatomía, no presentan una selectividad derecha o izquierda, ni tienen asociación con las lateralizaciones funcionales.

Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con lo planteado por la literatura en cuanto al predominio derecho de las tareas motoras, cuando se afirma que la mayoría de los seres humanos son diestros y muestran un predominio del lado derecho, es decir, que si se ven obligados a elegir prefieren emplear el ojo, o el pie o el oído derecho. Esta lateralización a la derecha no se comprende del todo, pero se piensa que el hemisferio cerebral izquierdo, que controla el lado contrario del cuerpo, resulta ser el predominante en un 90-92 % de los seres humanos.¹

En cuanto a las pruebas sensitivas aplicadas no se encontró en la literatura referencias sobre una posible lateralización de estas en el humano. Esto confirma lo planteado por varios autores acerca de que el nivel de aferencia o de capacidad para detectar los cambios ambientales por los sistemas sensoriales sea similar en las estructuras simétricas, lo cual es sin duda una ventaja adaptativa. Es entonces sólo la respuesta motora a estos estímulos, en el caso que lo requiera, la que es selectiva o lateralizada,

lo cual también aumenta la capacidad de adaptación funcional del cerebro evitando redundancias funcionales, además de los costos energéticos adicionales.¹

La prueba de predominio del rostro (reírse), es una prueba motora y sin embargo, no tuvo un porcentaje de lateralización, ya fuera hacia la derecha o hacia la izquierda, tan evidente como otras pruebas motoras como el pateo y la definición del ojo directriz.

Este resultado coincide con lo planteado por la literatura en cuanto a la existencia de dos vías neuroanatómicas de la risa,^{16,17} una voluntaria y otra involuntaria, conocida esta última como la vía emocionalmente manejada que guarda relación con el sistema límbico, pudiendo influir en las respuestas un componente sensoperceptivo que semejara a las respuestas obtenidas en las pruebas perceptivas como el tacto.

En cuanto a las pruebas de equilibrio donde los porcentajes de lateralidad son muy parejos, los resultados coinciden con las referencias consultadas que plantean un componente somato sensorial importante, pues los impulsos aferentes desde los músculos y la piel convergen también en las neuronas talámicas que reciben a su vez impulsos vestibulares. Todos estos estímulos convergen en el área parietal interna, donde confluyen visual, vestibular y propiocepción.¹⁸

En la distribución de los resultados obtenidos en los sujetos individuales después de aplicado el estímulo visual se apreció una ligera tendencia a favor del hemisferio derecho. Todas las áreas estimuladas, incluyendo las extraestriadas están relacionadas en diferente grado con el procesamiento visual en sus primeras etapas. Estas regiones han sido encontradas también por otros autores utilizando incluso combinaciones de métodos durante el componente P100 del PEV. Las funciones de las áreas detectadas están bien estudiadas y publicadas en varios trabajos y su descripción va más allá de los objetivos de este estudio.⁷

En las regiones frontal y temporal, a pesar de tener un número menor de asimetrías, presentan un desbalance derecho-izquierdo marcado que favorece uno de los dos hemisferios. En la región temporal la asimetría coincide con lo planteado en la literatura en cuanto a las regiones que participan en distintos momentos del procesamiento del estímulo visual. Por ejemplo, el área mT, está relacionada con la detección del movimiento, pero que en nuestro estudio se activa de forma automática con el estímulo aplicado.

La lateralización de esta área a la derecha ha sido descrita por otros autores.¹⁹ En las otras regiones temporales vecinas, convergen funciones relacionadas a la audición, visión y lenguaje.¹ sólo que en este caso se ha puesto en evidencia su sensibilidad al estímulo visual lo que puede diferir de la lateralidad hallada sobre todo para la generación del lenguaje.¹

Las regiones frontales encontradas están todas relacionadas con el sistema visual, bien descrito por varios autores. Sus funciones van desde ajuste de movimientos oculares, atención, y carga emocional de estímulo visual. En este caso, también se activan de forma automática, no con el estímulo específico, y puede coincidir o no en algunos casos con lateralizaciones funcionales descritas en ellas.^{1,18}

Dentro de las asociaciones encontradas entre las áreas cerebrales activadas por estimulación visual y las pruebas exploratorias aplicadas en este estudio, se puso de manifiesto la falta de relación en cuanto a lateralización se refiere, entre los sistemas

motores eferentes y los sistemas sensoriales aferentes. Los primeros con una lateralización muy marcada, expresada por el predominio de la lateralización manual derecha en la mayoría de la población, y los segundos con una asimetría en ambos sentidos sin un predominio específico, ambos resultados bien descritos por la literatura consultada.¹²

Las asociaciones encontradas entre las áreas dorsales con el tacto, coinciden con lo planteado en la literatura para las vías anatómicas sensitivas,^{1,18} sin embargo, para poder comprobar una verdadera relación se deberán investigar con potenciales somatosensoriales (prueba objetiva), de forma que la exploración visual permita inferir la asimetría somática del individuo.

Esto ampliaría el espectro de aplicaciones de los potenciales visuales y el campo de investigación en pacientes con limitaciones funcionales que afecten la corteza somatosensorial o sus vías aferentes. También existe una razón funcional entre el tacto y las áreas visuales, basado en el reconocimiento de los objetos y la activación de regiones parietales (dorsal) durante dicho proceso.^{19,20}

Se concluye que en ciertas áreas cerebrales existió lateralidad predominante de acuerdo con el estudio volumétrico de ambos hemisferios, no siendo así en regiones cerebrales específicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gannong WF, McPhee SJ. Fisiopatología médica. Una introducción a la medicina clínica. 5ed. México: Editorial Manual Moderno; 2007.
2. Kolappan M, Henderson AP, Jenkins TM, Wheeler-Kingshott CA, Plant GT, Thompson AJ, et al. Assessing structure and function of the afferent visual pathway in multiple sclerosis and associated optic neuritis. Journal of neurology [Internet]. 2009 [citado 20 Dic 2011];256(3). Disponible en: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00415-009-0123-z#page-1>
3. Breceļ J. A VEP study of the visual pathway function in compressive lesions of the optic chiasm. Full-field versus half-field stimulation. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section [Internet]. 1992 [citado 03 Ene 2012];84(3). Disponible en: [http://www.journals.elsevierhealth.com/periodicals/eep/article/0168-5597\(92\)90002-S/abstractref](http://www.journals.elsevierhealth.com/periodicals/eep/article/0168-5597(92)90002-S/abstractref)
4. Halliday AM, Mushin J. The visual evoked potential in neuroophthalmology. Int Ophthalmology Clin 2008;20.
5. J Vernon Odom, Michael Bach, Mitchell Brigell, Graham E Holder, Daphne L McCulloch, Alma Patrizia Tormene, et al. ISCEV standard for clinical visual evoked potentials. Documenta Ophthalmologica [Internet]. 2010 Feb [citado 08 Ene 2012];120(1). Disponible en: <http://www.iscev.org/standards/pdfs/ISCEV-VEP-Standard-2010.pdf>
6. González Hernández JA, Pita CA, Castañeda H, Trujillo NB, Scherbaum WA. BET differences among simultaneous evoked frequency band responses during early-stage visual processing distinguish schizophrenia from healthy subjects. Neuroscience Letters [Internet]. 2009 [citado 08 Ene 2012];450(1). Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304394008015309>
7. González Hernández JA, Haupt M, Scherbaum WA. Regions with different evoked frequency band responses during early-stage visual processing distinguish mild Alzheimer dementia from mild cognitive impairment and normal aging. Neurosci Lett

- [Internet]. 2008 Sep [citado 2012 Ene 20];442(3). Disponible en:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18634853>
8. Pascual-Marqui RD. Review of methods for solving the EEG inverse problem. *Int J Bioelectromagn* [Internet]. 2008 [citado 2012 Ene 20];1(1). Disponible en:
<http://www.uzh.ch/keyinst/NewLORETA/TechnicalDetails/TechnicalDetails.pdf>
 9. Matsuura K, Okabe Y. Selective minimum-norm solution of the biomagnetic inverse problem. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions* [Internet]. 1995 [citado 2012 Ene 08];42(6). Disponible en:
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=387200&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D387200
 10. Radaia M M, Rosenfeldb M, Abboud S. Effect of brain damage and source location on left–right asymmetry of visual evoked potentials in a realistic model of the head. *Medical engineering & physics* [Internet]. 2003 [citado 08 Ene 2012];25(5). Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135045330300033X>
 11. Jafri MJ, Pearlson GD, Stevens M, Calhoun VD. A method for functional network connectivity among spatially independent resting-state components in schizophrenia. *Neuroimage* [Internet]. 2008 Feb [citado 20 Ene 2012];39(4). Disponible en:
http://www.nrc-iol.org/mike%20pdfs/jafri_neuroimage_inpress.pdf
 12. Pilar CÁ. El desarrollo psicomotor y sus alteraciones. Manual práctico para evaluarlo y favorecerlo. Madrid: Editorial Pirámide; 1995.
 13. Tristán-Vega A, Aja-Fernández S. Design and construction of a realistic DWI phantom for filtering performance assessment. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention–MICCAI* [Internet]. 2009 [citado 03 Ene 2012];5761. Disponible en: http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-04268-3_117#page-1
 14. Klein A, Andersson J, Ardekani BA, Ashburner J, Avants B, Ming-Chang C, et al. Evaluation of 14 nonlinear deformation algorithms applied to human brain MRI registration. *Neuroimage* [Internet]. 2009 Jul [citado 20 Ene 2012];46(3). Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19195496>
 15. Shaw P, Kabani NJ, Lerch JP, Eckstrand K, Lenroot R, Gogtay N, et al. Neurodevelopmental trajectories of the human cerebral cortex. *The Journal of Neuroscience* [Internet]. 2008 Abr [citado 03 Ene 2012];28(14). Disponible en:
<http://www.jneurosci.org/content/28/14/3586.long>
 16. Barragan B, Sandoval M, Sarmiento N. Relación del contexto de presentación con la actividad fisiológica, la actitud y la memoria del comercial en televisión. *Suma Psicol* [Internet]. 2008 [citado 08 Ene 2012];15(2). Disponible en:
http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-43812008000200002&lng=pt&nrm=iso
 17. Hasan H, Hasan TF. Laugh yourself into a healthier person: a cross cultural analysis of the effects of varying levels of laughter on health. *International Journal of Medical Sciences* [Internet]. 2009 Jul [citado 03 Ene 2012];6(4). Disponible en:
<http://www.medsci.org/v06p0200.htm>
 18. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. Principios en la neurociencia. 4ed. México: Mc Graw Hill; 2000.
 19. Jorge Almeida, Bradford Z Mahon, Alfonso Caramazza. The role of the dorsal visual processing stream in tool identification. *Psychological Science* [Internet]. 2010 Jun [citado 22 Dic 2012];21(6). Disponible en:
http://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/5342184/Almeidaetalinpress_psychscience.pdf?sequence=1
 20. Mahon Bradford Z, Jens Schwarzbach, Alfonso Caramazza. The representation of tools in left parietal cortex is independent of visual experience. *Psychological Science*

[Internet]. 2010 Jun [citado 2011 Dec 22];21(6). Disponible en:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2908275/>

Recibido: 27 de junio de 2014.

Aprobado: 19 de julio de 2013.

Irma Regina Rodríguez López. Especialista en I grado en Fisiología Normal y Patológica. Profesora Instructora Facultad de Ciencias Médicas de Mayabeque. Jaruco, Mayabeque, Cuba. E-mail: irmar@infomed.sld.cu.