

Utilidad del índice diadococinético DDKCVP% para la detección de imprecisiones articulatorias en enfermedad de Parkinson: estudio exploratorio preliminar

Use of the diadochokinetic index DDKCVP% in the detection of articulatory inaccuracies in Parkinson's disease: a preliminary exploratory study

Marcela Sanhueza-Garrido¹ 

Carlos Rojas-Zepeda¹ 

Virginia García-Flores¹ 

¹ Universidad del Bío-Bío, Chillán, Región de Ñuble, Chile.

RESUMEN

Objetivo: explorar si el índice diadococinético de variabilidad de la producción silábica (DDKcvp%) es útil para la detección de imprecisiones articulatorias en distintos estadios de la Enfermedad de Parkinson (EP).

Métodos: se aplicó una tarea diadococinética de habla del tipo consonante-vocal [pa-pa-pa] a 18 personas con EP (clasificadas en estadios de evolución del 1 al 5 según la escala Hoehn & Yahr) para determinar su rendimiento diadococinético. Los registros del grupo de estudio fueron comparados con un valor de referencia obtenido de un grupo control compuesto por 40 personas.

Resultados: el 77,78% del grupo de estudio evidenció imprecisiones articulatorias. Además, el índice DDKcvp% permitió pesquisar dificultades articulatorias desde el estadio 1 de la EP, y su variación evidenció que los déficits articulatorios son permanentes desde el estadio 2 en adelante. También, se obtuvo una correlación significativa y directa entre el aumento del índice DDKcvp% con el incremento del estadio de evolución en el que se encontraban los participantes.

Conclusión: el índice DDKcvp%, evaluado mediante una tarea diadococinética simple y rápida tipo consonante-vocal [pa-pa-pa], podría presentar una correcta utilidad para determinar imprecisiones articulatorias en distintos estadios de la EP, aunque se sugiere continuar investigando este índice en tamaños muestrales más amplios.

Descriptores: Enfermedad de Parkinson; Habla; Trastornos de la Articulación; Disartria

ABSTRACT

Purpose: to explore whether the diadochokinetic index of syllable production variability (DDKcvp%) is useful for the detection of articulatory inaccuracies in different stages of Parkinson's disease (PD).

Methods: a diadochokinetic speech task of the consonant-vowel type [pa-pa-pa] was applied to 18 people with PD (classified in stages of progression from 1 to 5 according to the Hoehn & Yahr scale) to determine their diadochokinetic performance. Records of the study group were compared to a reference value obtained from a control group made up of 40 subjects.

Results: 77.78% of the study group showed articulatory inaccuracies. The DDKcvp% index allowed to detect articulatory difficulties from stage 1 of PD, and its variation showed that articulatory deficits were permanent from stage 2 onwards. A significant and direct correlation was obtained between the increase in the DDKcvp% index and the increase in the stage of evolution of the participants.

Conclusion: DDKcvp% index evaluated by means of a simple and fast consonant-vowel diadochokinetic task [pa-pa-pa], could be useful to determine articulatory inaccuracies in different stages of PD, although it is suggested that investigation of this index in larger sample sizes be conducted.

Keywords: Parkinson Disease; Speech; Articulation Disorders; Dysarthria

Estudio realizado en la Universidad del Bío-Bío, Chillán, Chile.

Fuente de financiamiento: Este estudio cuenta con financiamientos de la Dirección de Departamento de Ciencias de la Rehabilitación en Salud y Convenio de Desempeño 2022 Facultad de Ciencias de la Salud y los Alimentos de la Universidad del Bío-Bío, Chile.

Conflicto de interés: Inexistente.

Dirección para correspondencia:

Marcela Sanhueza-Garrido,
Andrés Bello #720
Código Postal: 3820572 - Chillán,
Ñuble, Chile
E-mail: mlsanhueza@ubiobio.cl

Recibido: 04/09/2023

Aceptado: 04/10/2023



Este es un artículo publicado en Acceso Abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que se cite correctamente la obra original.

INTRODUCCIÓN

La prevalencia de la Enfermedad de Parkinson (EP) ha aumentado a nivel global en los últimos 26 años, pasando de 2,5 millones de personas en 1990 a 6,1 millones el año 2016¹. La EP es un trastorno neuromotor que clínicamente se expresa con temblor en reposo, rigidez y bradicinesia², lo cual repercute en toda la musculatura del cuerpo, incluida la del habla. Se ha descrito que las personas con EP presentan alteraciones en los distintos procesos motores básicos del habla. En la prosodia, por ejemplo, se observa monotonía, monointensidad y silencios inapropiados^{3,4}; en la fonación destaca la voz áspera (o soplada) e incoordinaciones fonorrespiratorias; y en la articulación resalta la imprecisión de los movimientos articulatorios de vocales y consonantes, además de repeticiones fonémicas al inicio del enunciado o luego de una pausa. Este patrón específico de alteraciones neuromotoras, que en su conjunto derivan en una importante reducción de la inteligibilidad del habla⁵⁻⁷, se clasifica con la etiqueta diagnóstica de Disartria Hipocinética.

Aviñó-Farret⁸ propone que a nivel clínico-perceptual este cuadro puede ser diagnosticado de forma certera desde el estadio 3 de la enfermedad (fase intermedia de evolución)^{1,2} de acuerdo con la escala Hoehn & Yahr (H&Y), una vez que los trastornos funcionales se han manifestado completamente. No obstante, Skodda⁵ sugiere que los síntomas disártricos pueden aparecer en cualquier etapa, incluso en el estadio 1 (fase inicial de evolución)^{1,2}, empeorando hacia el final del cuadro. Debido a lo anterior, es necesario que la evaluación del habla (perceptual o instrumental) sea acorde a las características propias de cada persona con EP y lo suficientemente sensible para pesquisar alteraciones que se pudieran generar desde el comienzo de la enfermedad⁹.

Hoy en día los métodos de evaluación de la disartria y las imprecisiones articulatorias en la EP son variados y principalmente perceptuales¹⁰. Pommé¹¹ indica que estos métodos pueden diferir en muchos aspectos, por ejemplo: 1) la estructura general de la evaluación del habla (dimensiones evaluadas); 2) las tareas de evaluación utilizadas para cada dimensión; y 3) el procedimiento de grabación del habla (audio). En esta línea, Rumbach¹² describe que dentro de los métodos de evaluación existe una falta de estandarización de los procedimientos y protocolos, considerando que la mayoría de las pruebas realizadas en la práctica clínica actual son de tipo perceptual, lo que podría generar un sesgo relacionado con la “subjetividad”

del evaluador, especialmente porque las definiciones y los criterios de calificación son propensos a la variabilidad interpretativa¹¹. A su vez, tampoco existe un consenso claro respecto a la “objetividad” de las medidas instrumentales (ya que un análisis acústico mal ejecutado también puede generar errores). Esto se puede evidenciar a nivel clínico, ya que las formas de registro utilizadas varían mucho, lo que puede comprometer la fiabilidad de las medidas acústica. Por ejemplo, las instrucciones que entregan los evaluadores siguen siendo muy flexibles, lo que conduce a una gran variabilidad en las mediciones, junto con ello las modalidades de registro son muy dispares y los dispositivos que se utilizan no están estandarizados, encontrándose que algunos evaluadores utilizan micrófonos de alta calidad, mientras que otros prefieren el uso de equipos que sean accesibles y no requieran una inversión adicional¹¹.

Por lo anterior, Pommé¹¹ indica que pocos evaluadores parecen sentirse cómodos con la evaluación del habla mediante parámetros acústicos, ya que probablemente tengan un conocimiento limitado de ellos. Aunque se ha sugerido que el uso de esta clase de herramientas podría complementar y potenciar la evaluación perceptual¹³, es necesario desarrollar protocolos estandarizados o calibrados que cuenten con instrucciones claras acerca del ambiente de evaluación, la forma de registrar las respuestas y como valorarla, además de sugerencias respecto de los equipos de registro que pueden ser utilizados.

Una tarea que puede ser utilizada tanto para el análisis perceptual como instrumental de la precisión articulatoria del habla corresponde a la repetición de sílabas. En esta clase de tareas el hablante es instruido para producir una secuencia de sílabas lo más rápido y uniformemente posible¹⁴. Así, cuando se repite consecutivamente la misma sílaba, por ejemplo [pa-pa-pa], la tarea se denomina tasa de movimiento alterno o diadococinesia del habla (DDK) y es considerada una prueba de máxima exigencia, ya que requiere el mejor rendimiento del sistema articulatorio del hablante, además sería sensible a las irregularidades temporales y energéticas en la producción del habla¹⁵. Uno de los parámetros que puede ser analizado a partir de una tarea de rendimiento diadococinético es el llamado porcentaje de variabilidad en la producción de sílabas CV (consonante+vocal) en un lapso de tiempo (DDKcvp%). Concretamente, este parámetro mediría, en términos porcentuales, el grado de variación del promedio de sílabas emitidas por segundo^{16,17}. Se ha

descrito que en una población sin patología neurológica de base, joven (<40 años) y saludable, los valores del índice DDKcvp% -que se repite con poca variación en una unidad de tiempo- son cercanos al 5,48% de variabilidad, y por tanto serían considerados dentro de la norma. A su vez, valores por sobre este índice evidenciarían una mayor variación de la producción silábica, por lo que podrían ser catalogados como inadecuados o alterados¹⁶.

De acuerdo con el estudio preliminar de Skodda⁵, las tareas articulatorias específicas en la EP exhibirían importantes irregularidades en comparación con hablantes típicos, donde las sílabas podrían variar en duración y la producción de consonantes sería imprecisa^{5,18}. Por su parte, otro estudio¹⁹ sugiere que ciertos índices como el porcentaje de duración de una sílaba y la variación de la duración de una sílaba (evaluada mediante una tarea de diadococinética), permitiría distinguir entre hablantes con EP y controles sanos con un 93 % de precisión (emparejados en edad y sexo). Incluso, Karlsson¹⁴ sugiere que las tareas articulatorias permitirían establecer futuras dificultades de habla en EP, aunque no son lo suficientemente robustas para ser utilizadas como marcadores de la disartria por sí solas. A su vez, mediante tareas de diadococinesia se ha demostrado que sería posible predecir los déficits articulatorios durante la lectura de textos, en función del rendimiento de la secuencia articulatoria¹⁴. En este contexto, considerando que la imprecisión articulatoria es una de las principales dimensiones afectadas en la EP, y que la evaluación y diagnóstico de la disartria es un proceso multifactorial⁷, se observa la necesidad de determinar si algún índice diadococinético específico, como el índice DDKcvp%, facilitaría la detección **rápida y precisa** de imprecisiones articulatorias en cualquier estadio de evolución de la enfermedad, y que de esta forma pueda complementar el diagnóstico perceptual de disartria, incluso en la fase inicial (estadio 1) o intermedia de la enfermedad (estadios 2 y 3), cuando el déficit e imprecisiones articulatorias pueden ser compensadas por la persona⁷ y el criterio perceptual del evaluador requiere de un alto nivel de experticia^{11,20,21}.

Si bien las imprecisiones articulatorias en la EP han sido foco de interés en los últimos años, creemos relevante explorar si el índice DDKcvp%, evaluado mediante una tarea diadococinética sencilla de ejecutar, se podría comportar como un parámetro cuantitativo que permita detectar imprecisiones articulatorias en los distintos estadios de la enfermedad, incluso al inicio de

la enfermedad; esto, considerando las ventajas clínicas y terapéuticas que implica su pesquizaje temprano, la documentación sobre la progresión de la disartria, el seguimiento de la enfermedad y los efectos del tratamiento¹⁴. En esta línea, el presente estudio explora mediante una tarea diadococinética del habla cómo se afecta la precisión articulatoria en personas mayores con diagnóstico clínico de EP que se encuentran en la etapa inicial (estadio 1), intermedia (estadios 2 y 3) y avanzada de la enfermedad (estadios 4 y 5)^{1,2}, comparados con un grupo control homologado en edad y normalidad cognitiva.

MÉTODOS

El presente estudio fue autorizado por el comité de Bioética de la Universidad del Bío-Bío (código DIUBB 1229213R). Se accedió a una muestra de 18 personas mayores con diagnóstico clínico (confirmado) de EP. Todas las personas participaron voluntariamente del estudio y firmaron un consentimiento informado. Las edades fluctuaron entre 58 y 89 años (M=74,28, SD=10,02), 9 hombres y 9 mujeres. Los criterios de inclusión aplicados fueron: tener 50 años o más, tener 8 años de educación o más, recibir control médico para EP al menos 2 veces al año, recibir farmacoterapia para EP, visión y audición normal o corregida, y vivir en el radio urbano. Los criterios de exclusión fueron: presentar enfermedad cerebrovascular, psiquiátricas u otras neurodegenerativas, presentar puntaje de riesgo de demencia en el protocolo de screening cognitivo Mini-Mental State Evaluation (MMSE <23 puntos). Solo 18 de los 43 participantes contactados originalmente cumplieron con los criterios establecidos. Los participantes fueron contactados mediante un vínculo entre la Universidad y dos Centros de Salud Familiar. Los objetivos y beneficios del estudio fueron explicados a las autoridades de ambos centros. Posteriormente, las personas dispuestas a colaborar fueron sometidas a una breve anamnesis para verificar criterios de inclusión, exclusión y evaluación del desempeño cognitivo. Por último, se invitó a los participantes seleccionados al Laboratorio de Habla y Motricidad oral de la Universidad patrocinante para realizar la evaluación clínica del estadio de evolución de la EP y la diadococinesia del habla.

En cuanto a los materiales y diseño, para la clasificación de los participantes según estadio de evolución de la EP se utilizó la escala Hoehn & Yahr²², la que fue complementada con un protocolo de evaluación kinésica funcional, los Criterios Diagnósticos UK

Parkinson Disease Society Brain Bank (UKPDSBB), el índice de Katz y índice de Barthel. Mediante estos protocolos, los participantes fueron clasificados en estadio 1 (etapa inicial de evolución de la EP), estadios 2 y 3 (etapa intermedia) y estadios 4 y 5 (etapa avanzada de la enfermedad).”

Por otra parte, para establecer el índice DDKcvp% se llevó a cabo una tarea diacocinética que consistía en medir la capacidad de ejecutar de manera alternada, rápida y organizada ejercicios de articulación del habla a partir de la emisión de una serie repetida de sílabas tipo CV. Específicamente, los participantes debían articular la secuencia CV [pa-pa-pa] de manera fluida, rápida y constante durante 12 segundos¹⁶. El patrón silábico CV seleccionado se justifica en que la secuencia [pa pa pa] ha demostrado utilidad para la evaluación articulatoria en personas con EP^{5,23}. Además, el patrón CV [pa-pa-pa] presenta mayor sensibilidad a las variaciones de la amplitud de la emisión oral durante la articulación¹⁹, lo que facilita la exploración del índice DDKcvp%. A su vez, hay evidencia que la emisión del fonema oral, oclusivo y bilabial [p] genera mayor dificultad articulatoria al inicio del acto motor¹⁴, lo que se corresponde con uno de los principales síntomas motores descritos en personas con EP.

Los registros obtenidos fueron analizados mediante el Software Motor Speech Profile (MSP), el que extrae y examina los parámetros de habla y voz en personas normales o con patologías neurológicas. El MSP entrega de 11 índices de estudio, entre ellos el porcentaje de variabilidad en la producción de sílabas CV en un lapso de tiempo (DDKcvp%), cuya alta aplicabilidad clínica en diversas poblaciones¹⁶ y mayor sensibilidad a la variación de la producción CV tipo [pa-pa-pa]¹⁹, lo convierte en un índice apropiado para la detección de imprecisiones articulatorias en personas con EP.

Procedimiento

Cada participante fue contactado el día previo a la evaluación para confirmar asistencia y recordar el consumo del medicamento prescrito por el médico tratante 60 minutos antes de comenzar la sesión, con el objetivo de evaluar al participante en el período “on” de efecto farmacológico, definido como el mejor lapso de respuesta motora alcanzada tras una dosis óptima de levodopa²⁴. La anamnesis y evaluación motora fue realizada por una profesional kinesióloga experta en neurorehabilitación. A cada uno de los participantes se

les aplicó el protocolo de evaluación kinésica funcional, criterios UKPDSBB e índices de Katz y Barthel en una sola sesión de 45 minutos aproximadamente. Con estos datos se clasificó a cada uno de los participantes en estadios del 1 al 5 según la escala H&Y.

Concluida la evaluación motora funcional se dio un descanso de 20 minutos y posteriormente se ejecutó la evaluación de la diadococinesia del habla. Esta fase del procedimiento se llevó a cabo en un box individual, iluminado y aislado acústicamente. Se realizaron 5 grabaciones de audio de alta fidelidad a través del equipo de grabación profesional Tascam DR-40, a una frecuencia de muestreo de 44.1 kHz. A cada participante se le instruyó repetir la secuencia silábica CV [pa-pa-pa], de manera estable, rápida, sostenida y a intensidad normal durante 12 segundos. Para comenzar el registro se realizó un ejercicio de prueba de solo 5 segundos (para no fatigar al participante). Una vez comprendida la instrucción se le solicitó la tarea en 5 oportunidades, con un intervalo de 20 segundos de descanso entre cada registro.

Análisis en MSP y calibración del índice DDKcvp%

Previo al análisis en MSP fue necesario comprobar la calidad acústica de cada grabación mediante el software Praat. Al respecto, todos los registros considerados cumplieron con los adecuados estándares de calidad para ser editados y para seleccionar el segmento de tiempo en que los participantes realizaron efectivamente la tarea de articulatoria. Una vez que los registros se encontraban seleccionados y editados fueron ingresados al software MSP que entregó los índices de variación silábica DDKcvp% para cada uno de los participantes.

Debido a que el software MSP no cuenta con parámetros normados para la población objetivo, fue necesario realizar el procedimiento de calibración del índice DDKcvp% en personas sin EP entre 50 a 89 años (grupo control). De esta manera, dicho valor fue utilizado como parámetro de referencia para el grupo de usuarios con EP de la presente investigación. Para llevar a cabo el procedimiento de calibración se contó con un universo de 87 personas. Se recogió una muestra probabilística de 40 personas (95% de confianza, 5 % error) que cumplieran con criterios tales como: edad entre 50 y 89 años, de ambos sexos, puntajes MMSE >23 y que no estuvieran diagnosticados con EP ni otra afección neurológica. A cada uno de ellos se le realizó la tarea de diadococinesia para determinar el índice DDKcvp%. El procedimiento de

selección, limpieza y edición de las grabaciones fue idéntico al realizado con el grupo de EP, aunque en este caso solo se realizaron 3 registros por participantes.

Análisis de datos

Se creó una base de datos en el software IBM SPSS25 en la que se registraron las variables del grupo control y del grupo EP (DDKcvp%, estadio H&Y, años de evolución de la EP y edad). Luego, se realizó un análisis estadístico descriptivo del grupo control para establecer el índice DDKcvp% de referencia. Posteriormente se calcularon dichos valores para cada uno de los participantes con EP y para cada uno de los estadios H&Y establecidos. Para realizar el análisis inferencial de los datos se ejecutó el test de normalidad Shapiro-Wilk para los valores DDKcvp% del grupo EP y del grupo control. Debido a que los datos no

presentaron normalidad en ninguno de los grupos se utilizó la prueba no paramétrica de U. Mann-Whitney (Wilcoxon) para la comparación de medias entre el índice DDKcvp% por cada estadio H&Y (5 grupos) respecto al grupo control. Finalmente, para establecer el nivel de correlación entre el índice DDKcvp% con las variables estadio H&Y, años de evolución de la EP y edad, respectivamente, se utilizó la prueba Rho de Spearman para datos no paramétricos.

RESULTADOS

El procedimiento de calibración del índice DDKcvp% en el grupo control arrojó valores homogéneos en los 40 participantes de este grupo, los que promediaron un índice de variación de la producción silábica DDKcvp% de referencia $M=5,369\%$ y $DS=2,977\%$ (véase tabla 1).

Tabla 1. Medias de rendimiento del índice diadococinético de variabilidad en la producción silábica en el grupo control

Persona	MMSE	Med. DDK(cvp%)	DS	Mín.	Máx.	Error estándar de la media
1	27	4,518	0,333	4,23	4,88	0,192
2	24	4,728	0,207	4,55	4,96	0,120
3	25	5,779	4,736	1,13	10,60	2,735
4	30	4,493	0,645	3,75	4,93	0,373
5	29	6,047	5,471	2,23	12,31	3,158
6	28	4,106	0,595	3,46	4,64	0,344
7	27	3,265	0,902	2,37	4,17	0,520
8	30	6,512	1,918	5,26	8,72	1,107
9	29	4,930	2,065	2,55	6,23	1,192
10	28	4,266	1,991	2,37	6,34	1,149
11	27	4,535	2,079	2,16	6,03	1,200
12	25	7,928	3,404	4,03	10,29	1,965
13	26	3,301	0,693	2,59	3,97	0,400
14	26	4,224	1,537	2,84	5,88	0,888
15	26	6,418	2,010	4,30	8,29	1,160
16	29	6,733	2,624	3,95	9,17	1,515
17	30	9,232	5,071	5,77	15,05	2,928
18	29	5,571	1,374	3,99	6,46	0,793
19	28	3,187	1,046	2,37	4,37	0,604
20	30	4,260	1,630	3,26	6,14	0,941
21	25	4,538	1,861	2,66	6,38	1,075
22	25	6,363	0,450	5,98	6,89	0,271
23	27	7,362	4,283	2,45	10,33	2,473
24	27	4,200	1,125	2,96	5,16	0,650
25	29	5,799	2,038	3,58	7,59	1,177
26	28	5,281	1,851	3,16	6,59	1,069
27	25	3,222	0,568	2,64	3,78	0,328
28	25	5,392	1,469	4,00	6,93	0,848

Persona	MMSE	Med. DDK(cvp%)	DS	Mín.	Máx.	Error estándar de la media
29	27	12,007	9,322	5,06	22,60	5,382
30	28	8,794	3,725	4,87	12,29	2,151
31	29	5,601	3,684	3,39	9,85	2,127
32	30	7,349	1,873	5,46	9,21	1,081
33	28	2,295	1,058	1,39	3,46	0,611
34	26	3,271	1,235	1,86	4,17	0,713
35	27	4,967	0,618	4,27	5,43	0,357
36	26	5,570	3,055	3,33	9,05	1,764
37	25	5,528	4,112	2,50	10,21	2,374
38	27	3,591	1,572	2,36	5,36	0,908
39	29	5,693	2,775	3,28	8,72	1,602
40	29	3,905	1,010	2,97	4,97	0,583
		5,369	2,977	1,13	22,60	0,272

Legenda: MMSE: Puntaje Mini-Mental State Evaluation; Med. DDK(cvp%): Media de rendimiento del índice diadococinético de variabilidad en la producción silábica; DS: desviación estándar; Mín: valor mínimo registrado; Máx: valor máximo registrado

En relación la variación del índice DDKcvp% para cada uno de los participantes con EP, se presenta la tabla 2. Al respecto, 14 personas (77,78%) evidenciaron imprecisiones articulatorias al obtener valores de variación de la producción silábica por sobre el rango de referencia, de las cuales 2 personas se encontraban

categorizadas en el estadio 1 H&Y (fase inicial de evolución), 8 en los estadios 2 y 3 (fase intermedia) y 4 en los estadios 4 y 5 (fase avanzada). Por el contrario, solo 4 personas (22,22%), todas categorizadas en el estadio 1 H&Y, presentaron valores DDKcvp% dentro del rango de referencia.

Tabla 2. Medias de rendimiento del índice diadococinético de variabilidad en la producción silábica por participante con Enfermedad de Parkinson

Persona EP	Estadio H&Y	MMSE	Med. DDK(cvp%)	DS	Mín.	Máx.	Diferencia DDK grupo control
1	1	27	5,256	0,931	4,56	6,68	-0,113 (rango)
2	1	24	5,980	1,721	3,28	7,81	0,611 (rango)
3	1	25	16,694	1,580	15,05	18,64	11,325
4	1	30	23,460	7,960	11,96	32,10	18,091
5	1	29	6,564	1,368	4,480	8,02	1,195 (rango)
6	1	28	6,161	2,268	4,22	9,83	0,792 (rango)
7	2	27	17,038	1,529	14,46	18,42	11,669
8	2	30	28,865	10,128	16,96	39,40	23,496
9	2	29	13,152	2,216	10,48	15,59	7,783
10	3	28	27,705	3,314	24,13	31,04	22,336
11	3	27	16,462	1,746	14,80	19,16	11,093
12	3	25	26,123	1,686	24,23	28,18	20,754
13	3	26	31,299	1,984	28,99	33,74	25,93
14	3	26	19,268	6,779	13,67	29,02	13,899
15	4	26	21,617	7,826	10,19	28,71	16,248
16	4	29	52,715	29,892	37,74	106,06	47,346
17	4	30	45,771	35,150	26,49	108,36	40,402
18	5	25	91,333	10,419	79,72	107,32	85,964

Legenda: Persona EP: participantes con Enfermedad de Parkinson; Estadio H&Y: estadio de evolución de la Enfermedad de Parkinson según escala Hoehn & Yahr; MMSE: Puntaje Mini-Mental State Evaluation; Med. DDK(cvp%): Media de rendimiento del índice diadococinético de variabilidad en la producción silábica; DS: desviación estándar; Mín: valor mínimo registrado; Máx: valor máximo registrado

Al analizar el índice DDKcvp% por cada uno de los estadios H&Y, se observó que los participantes categorizados en el estadio 1 de la enfermedad (fase inicial) presentaron rendimientos disímiles (véase Figura 1). Por ejemplo, 4 personas de este grupo (participantes EP1, EP2, EP5 y EP6) no exhibieron imprecisiones articulatorias, con variaciones de producción silábica dentro del rango de referencia. No obstante, no ocurrió lo mismo con los participantes EP3 (M=16,694%) y EP4 (M=23,460%) que mostraron un importante incremento de las imprecisiones articulatorias, con una

variación del índice DDKcvp% superior (en promedio) a lo observado en el grupo control.

En cuanto a los participantes categorizados en el estadio 2 (fase intermedia), las restricciones motoras que genera el avance de la enfermedad provocaron que todos los participantes de este grupo exhibieran gran cantidad de imprecisiones articulatorias (véase Figura 1) comparados con el grupo control, aunque con un rendimiento levemente mejor para los participantes EP7 (M=17,038%) y EP9 (M=13,152%) respecto al EP8 (M=28,865%).

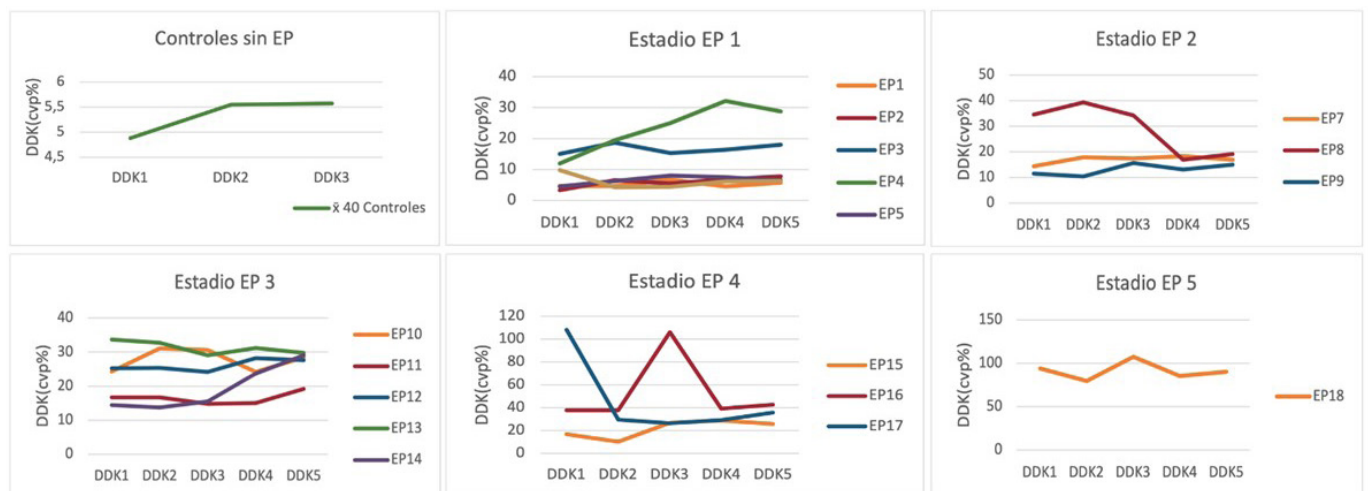


Figura 1. Rendimiento diadococinético de variabilidad en la producción silábica para cada emisión realizada por participantes del grupo control y grupo de estudio (agrupados por estadio de evolución Hoehn & Yahr)

Además, la figura 1 exhibe que todos los participantes clasificados en estadio 3 (fase intermedia) y estadios 4 y 5 H&Y (fase avanzada) presentan una variación de la producción silábica, las que se incrementan sistemáticamente en la medida que avanza la restricción motora y rigidez. Por ejemplo, el comportamiento DDKcvp% de los participantes clasificados en el

estadio 3 entregó un índice de variabilidad DDKcvp% de M= 24,171%, el que se incrementó a M=40,035% durante el estadio 4 de evolución (véase Figura 2), y que se duplica al llegar al estadio 5 con una imprecisión articulatoria M=91,333% (aunque se debe considerar que dicha referencia sólo corresponde a un participante del estudio).

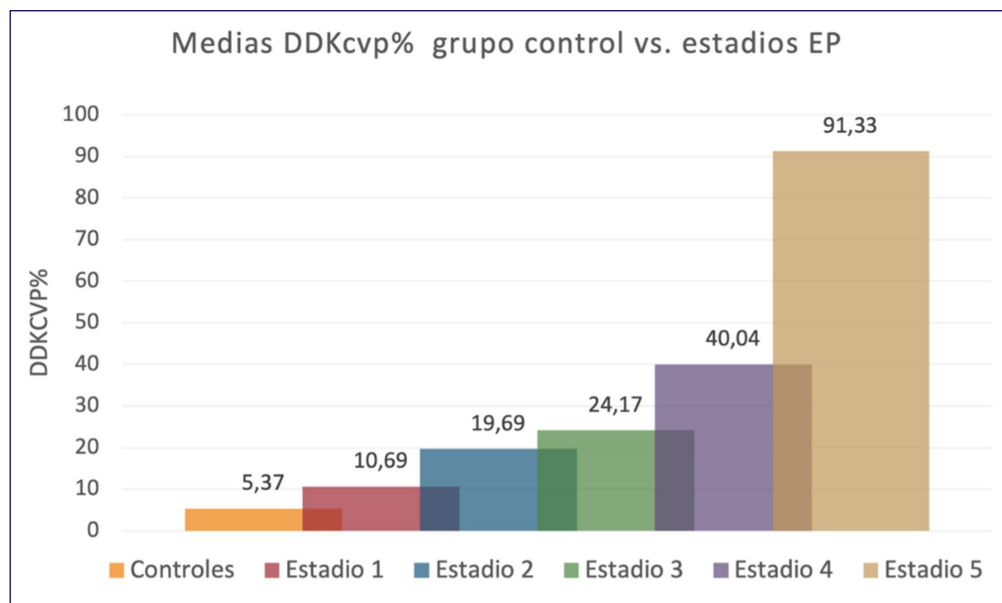


Figura 2. Medias de rendimiento diadococinético de variabilidad en la producción silábica para el grupo control y cada uno de los estadios de evolución Hoehn & Yahr

Al comparar las medias DDKcvp% por cada uno de los estadios H&Y respecto al grupo control (véase Tabla 3), el test U Mann Whitney informa que todos los estadios presentaron diferencias significativas

comparados con el grupo control (estadio 1: $z=-4,529$, $p=,000$; estadio 2: $z=-6,164$; $p=,000$; estadio 3: $z=-7,789$, $p=,000$; estadio 4: $z=-6,238$, $p=,000$; estadio 5: $z=-3,780$, $p=,000$).

Tabla 3. Medias de rendimiento del índice diadococinético de variabilidad en la producción silábica por estadio de evolución Hoehn & Yahr

Estadio H&Y	Med. DDK(cvp%)	DS	Mín.	Máx.	z	Sig.Asintótica (p value)
1	10,686	7,765	3,28	32,10	-4,529	0,000*
2	19,686	8,900	10,48	39,40	-6,164	0,000*
3	24,171	6,519	13,67	33,74	-7,789	0,000*
4	40,035	28,568	10,19	108,36	-6,238	0,000*
5	91,333	10,419	79,72	107,32	-3,780	0,000*

Legenda: Estadio H&Y: estadio de evolución de la Enfermedad de Parkinson según escala Hoehn & Yahr; Med. DDK(cvp%): Media de rendimiento del índice diadococinético de variabilidad en la producción silábica; DS: desviación estándar; Mín: valor mínimo registrado; Máx: valor máximo registrado; z: aproximación a la normal según Test U. Mann-Whitney

Test Estadístico: U Mann-Whitney (Wilcoxon) para datos no paramétricos. Significancia estadística: $p < 0.005$

Por último, al realizar una correlación entre el índice DDKcvp% de todos los participantes con EP con las variables estadio H&Y, años de evolución de la enfermedad y edad respectivamente, la tabla 4 muestra una correlación significativa, directa, positiva y moderada entre el aumento de la variación articulatória (índice

DDKcvp%) y el incremento del estadio H&Y en el que se encontraban los participantes. Este efecto no se observa para las variables años de evolución de la EP ni edad, las que no se correlacionaron con el índice DDKcvp%.

Tabla 4. Correlación entre el rendimiento del índice diadococinético de variabilidad en la producción silábica con estadio de evolución Hoehn & Yahr, años evolución de la enfermedad y edad de los participantes

Variable	N	Sig. Bilateral	Coef. Correlación DDK(cvp%)
Estadio H&Y	90	0,000	0,732**
Años evolución EP	90	0,938	-0,008
Edad	90	0,607	0,055

Legenda: N: número de registros obtenidos; Sig. Bilateral: grado de compatibilidad entre variables; Coef. Correlación DDK(cvp%): coeficiente de correlación de las variables con el índice diadococinético de variabilidad en la producción silábica según test Rho de Spearman

Test Estadístico: Correlación bivariada de Rho de Spearman para datos no paramétricos. Significancia estadística: $p < 0.005$

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral)

DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio consistió en explorar la utilidad del índice de variación de producción silábica (DDKcvp%) para la detección rápida y precisa de imprecisiones articulatorias en distintos estadios de la EP. Para esto, se evaluó mediante una tarea diadococinética sencilla de tipo CV [pa-pa-pa], cómo se afecta la articulación del habla en personas mayores con diagnóstico clínico de EP que se encontraban clasificados en estadios del 1 al 5 de la enfermedad. Nuestros resultados evidenciaron que el índice de variación articulatoria en el tiempo (DDKcvp%) presenta una adecuada utilidad para el pesquizaje de imprecisiones articulatorias en distintas etapas de evolución de la enfermedad, incluso en los estadios 1 y 2 (etapa temprana e intermedia). Además, la variación del índice DDKcvp% mostró que las imprecisiones articulatorias en la muestra de estudio son permanentes desde el estadio 2 de evolución y aumentan a medida que avanza el cuadro. Por otra parte, se obtuvo una correlación significativa, directa y positiva entre el aumento del índice DDKcvp% con el incremento del estadio H&Y en el que se encontraban los participantes.

Si bien múltiples parámetros perceptuales e instrumentales tales como la tasa de articulación¹⁸, precisión articulatoria de vocales²⁵, inteligibilidad del habla²⁶, calidad articulatoria de vocales y consonantes, movimiento lingual, producción de fonemas oclusivos y sincronización del habla²⁷ entre otros; han evidenciado que las personas con EP en etapas intermedias (estadios 2 y 3) y avanzadas de la enfermedad (estadios 4 y 5) exhiben importantes déficits articulatorios, aún no se cuenta con una herramienta instrumental o índice de mayor sensibilidad en etapas iniciales e intermedias de la enfermedad, cuando la evaluación perceptual depende en gran medida de la experticia del evaluador. En este escenario, la presente

investigación exploró el rendimiento articulatorio con el parámetro DDKcvp%, el que ha sido descrito como un índice de utilidad para la evaluación articulatoria en personas con EP al ser un parámetro de secuencia temporal²⁸.

Al respecto, nuestros resultados avalan la utilidad del índice DDKcvp% para la evaluación de imprecisiones articulatorias. Por ejemplo, detectó déficits articulatorios en el 77,78% de la muestra, con restricciones marcadas desde el estadio 2 en adelante, y además reveló imprecisiones en dos de seis personas con EP en el estadio 1 H&Y, cuando el déficit motor aún era sutil y unilateral. Es probable que, a diferencia de otros parámetros articulatorios específicos tales como la velocidad máxima de repetición de sílabas o el tiempo de mantención de vocales, el índice DDKcvp% evalúe de forma integrada y funcional aspectos frecuentemente alterados en personas con EP, como la amplitud, precisión, velocidad y variabilidad de los movimientos de labios, lengua y mandíbula^{26,29}. Dificultades que, de acuerdo a nuestros hallazgos, podrían estar presentes desde el estadio 1 de la enfermedad, lo que puede otorgar una importante ventaja diagnóstica a este índice, y especialmente sobre parámetros perceptuales que requieren un conocimiento clínico avanzado.

En general existen diversos factores que pueden contribuir a las alteraciones articulatorias en personas con EP, como la bradicinesia y la rigidez, que se caracterizan por disminuir drásticamente el rango de movimiento de la musculatura implicada en la fonoarticulación^{25,30}. Estas dificultades se visualizan principalmente desde el estadio 3 de la enfermedad, donde existe un mayor deterioro axial³¹, lo que facilita el diagnóstico clínico perceptual de la disartria hipocinética. En tanto, en estadios 1 y 2 de la EP se ha descrito una presencia mayoritaria de alteraciones

funcionales pero no estructurales, avalando la teoría de que los cambios funcionales preceden a las alteraciones estructurales en la progresión de la EP³². Esto, en cierto modo podría complejizar el diagnóstico clínico perceptual en caso de alteraciones articulatorias leves en los estadios 1 y 2, ya que requiere un alto grado de conocimiento por parte del evaluador, generando la necesidad de contar con herramientas instrumentales sensibles a dichas alteraciones funcionales^{9,11,33}. Desde esta perspectiva, esta investigación presentó una tarea articulatoria sencilla (repetición de la secuencia [pa-pa-pa]), lo más cercana posible a la funcionalidad articulatoria, rápida, fácil de aplicar y económica, la que resultó capaz de pesquisar variaciones silábicas fuera de la norma, incluso en personas con EP en estadios 1 y 2 (posiblemente si alteraciones estructurales).

Es llamativo que dentro de los procesos motores básicos del habla frecuentemente investigados en etapas iniciales (estadio 1) e intermedias (estadio 2 y 3) de la EP, la precisión articulatoria no parece ser prioridad, pero ¿a qué se debe esto? Existe bastante evidencia que dentro de las alteraciones funcionales en estados iniciales de la enfermedad uno de los primeros síntomas de deterioro y disartria es la disfunción vocal o fonatoria, más que los déficits ligados a la precisión articulatoria del habla^{34,35}. Al respecto, hay reportes que cifran que el 78% de las personas con EP en estadios 1 y 2 (y no tratadas) presentan algún tipo de deterioro a nivel vocal, entre los que describe la aspereza vocal, debilidad/asténica, hipofonía y disminución en la variabilidad de la frecuencia fundamental^{18,35}. Es probable que el hecho que las principales alteraciones disártricas reportadas en estadios 1 y 2 sean más bien de tipo vocal^{19,23,35}, limiten, en parte, una mayor exploración en las imprecisiones articulatorias. A este escenario, se suma que las personas con EP en etapa inicial e intermedia suelen autoreportar hipofonía como uno de los síntomas más notorios y discapacitantes de la disartria, lo que evidentemente aumenta y prioriza el interés clínico e investigación sobre este proceso motor³⁶, dejando a las imprecisiones articulatorias en un segundo plano (mientras la inteligibilidad del habla se mantenga).

En cuanto a estudios específicos basados en precisión articulatoria, la evidencia muestra que durante los estadios 3, 4 y 5 de la enfermedad, la imprecisión en la producción de sílabas estaría relacionada directamente con la puntuación axial motora en la escala Unified Parkinson's Disease Rating Scale³¹. Al respecto, Skodda³⁷ mediante una evaluación de

un grupo de personas con EP en etapas iniciales e intermedias, informó que el rendimiento en tareas de repetición máxima de sílabas era similar a los controles sanos en cuanto al ritmo, sin embargo la imprecisión articulatoria ya se hacía notoria en el estadio 1, lo que coincide con Rusz³⁸, quien demostró que en etapa prodrómica de la EP el deterioro articulatorio era evidente y caracterizado por las imprecisiones articulatorias de consonantes y diadococinesias irregulares. En este sentido, nuestros resultados van en la línea de Skodda, Rusz, Estevo Dias^{37,39}, ya que evidencian que en algunas personas con sintomatología motora unilateral y sin alteraciones estructurales (estadio 1), ya existe un aumento considerable del índice de variación DDKcvp%. Esto, indica que las dificultades funcionales para producir sílabas de manera alternada, rápida y organizada se podrían presentar recién instalado el cuadro, cuando la evaluación clínico perceptual aún no arroja alteraciones notorias, y que estas se van incrementando a medida que el estadio de la EP progresa y aparecen los síntomas axiales³¹.

Considerando lo anterior, se ha descrito que los biomarcadores vocales-articulatorios en la EP son herramientas que podrían ofrecer beneficios significativos para el diagnóstico temprano de la enfermedad (incluso en fase inicial)^{5,11,12,40,41}, su progresión y evaluación de tratamientos. A su vez, son procedimientos no invasivos y relativamente económicos, lo que facilita un seguimiento continuo y preciso⁴⁰⁻⁴². Por otra parte, reducen la posibilidad de sesgos y errores en el diagnóstico, por lo que también pueden utilizarse para evaluar la eficacia de diferentes intervenciones⁴⁰⁻⁴². Desde este punto de vista, la evidencia aportada en la presente investigación nos permite corroborar que el uso de una tarea acústica instrumental DDK sencilla, rápida y económica como el DDKcvp%, se comportaría como un verdadero biomarcador articulatorio para la EP, ya que permitiría obtener valores objetivos para la evaluación preliminar y seguimiento de la progresión de las alteraciones articulatorias¹⁹. Al respecto, creemos que la utilidad diagnóstica que puede tener esta herramienta desde fases tempranas e intermedias de la EP se explicaría porque el índice DDKcvp% constituye una tarea de máxima exigencia articulatoria, que requiere el mejor rendimiento del hablante y es sensible a las irregularidades temporales y energéticas de la producción del habla¹⁵, lo que parece estar comprometido desde el estadio 1 de la enfermedad.

En suma, la evidencia entregada en la presente investigación plantea que la evaluación de los

parámetros fonéticos acústicos del habla como el índice DDKcvp%, podría servir como una herramienta de evaluación rápida y sencilla; y además podría actuar como un biomarcador concreto en la progresión de las imprecisiones articulatorias en los distintos estadios de la enfermedad. No obstante, debemos ser cautelosos con estos hallazgos, por lo tanto sugerimos proyectar estos resultados como una primera exploración para el desarrollo de un futuro screening para los déficits articulatorios derivados de la disartria por EP. Además, se sugiere tomar en cuenta los diversos sesgos o limitaciones de investigación que pudieron influir en nuestros resultados, tales como: tamaño muestral pequeño, control indirecto sobre la administración de fármacos para la EP anterior a la evaluación, propiedades de la tarea articulatoria aplicada y la metodología utilizada en el análisis de los registros obtenidos. En este sentido, sugerimos que futuras investigaciones en el área puedan considerar un mayor tamaño muestral (que además otorgue mayor validez a las pruebas estadísticas); establezcan un sistema de control directo sobre la administración del fármaco para la EP (de tal manera que asegure que todos los participantes se encuentren en efecto farmacológico *on* anterior a la evaluación). Por último, se sugiere realizar otra clase de tareas diadococinéticas²⁵⁻²⁷, que combinen puntos y modos articulatorios que también podrían estar afectados en personas con EP, además de desarrollar protocolos estandarizados o calibrados que cuenten con instrucciones claras acerca del ambiente de evaluación, la forma de registrar y valorar las respuestas, y las características del instrumento apropiado para su ejecución de dichas tareas diadococinéticas.

CONCLUSIÓN

Los resultados de esta investigación permitieron establecer que el índice diadococinético de variabilidad en la producción silábica (DDKcvp%) presenta una alta utilidad para la detección de imprecisiones articulatorias en distintos estadios de la EP, incluso desde el estadio 1 de evolución. A su vez, el índice presenta un patrón de comportamiento evolutivo e incremental en el transcurso de la EP. Nuestros hallazgos van en la línea de trabajos previos⁴³⁻⁴⁵ y nos permiten sostener que el deterioro del rendimiento de habla puede aparecer incluso recién diagnosticada la enfermedad, y es progresivo en la medida que el estadio de la enfermedad avanza, lo que se explica por la presencia de síntomas axiales y la bradicinesia que afecta la musculatura labial, mandibular y lingual en personas

diagnosticadas con EP. Por otra parte, el hecho que el índice DDKcvp% pueda detectar déficits articulatorios desde el estadio 1 de la EP, le otorgaría un rol clave como complemento diagnóstico a las evaluaciones perceptuales que requieren la experticia del evaluador.

Finalmente, los resultados son consistentes con la evidencia expuesta en estudios anteriores que revelan la utilidad diagnóstica del índice DDKcvp% en personas con EP^{14,19,46} y nos permiten proponer que una tarea diadococinética articulatoria simple y rápida tipo [pa-pa-pa] podría ser una buena herramienta para el seguimiento de las imprecisiones articulatorias en distintas fases de la EP. No obstante, considerando el reducido tamaño muestral del presente estudio, debemos ser cautelosos con estos hallazgos, por lo que sugerimos proyectar los resultados como una exploración preliminar en el uso de herramientas instrumentales para la detección de imprecisiones articulatorias en EP.

REFERENCIAS

1. Ray Dorsey E, Elbaz A, Nichols E, Abd-Allah F, Abdelalim A, Adsuar JC et al. Global, regional, and national burden of Parkinson's disease, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Neurol.* 2018;17(11):939-53. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(18\)30295-3](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(18)30295-3) PMID: 30287051.
2. Fahn S. Description of Parkinson's disease as a clinical syndrome. Vol. 991, *Ann. N.Y. Acad. Sci.* New York; 2003.
3. Dashtipour K, Tafreshi A, Lee J, Crawley B. Speech disorders in Parkinson's disease: pathophysiology, medical management and surgical approaches. Vol. 8, *Neurodegener Dis Manag.* 2018;8(5):337-48. <https://doi.org/10.2217/nmt-2018-0021> PMID: 30223711.
4. Ramig L, Halpern A, Spielman J, Fox C, Freeman K. Speech treatment in Parkinson's disease: Randomized Controlled Trial (RCT). *Mov Disord.* 2018;33(11):1777-91. <https://doi.org/10.1002/mds.27460> PMID: 30264896.
5. Skodda S, Visser W, Schlegel U. Vowel articulation in parkinson's disease. *J Voice.* 2011;25(4):467-72. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2010.01.009> PMID: 20434876.
6. Tykalova T, Ruzs J, Klempir J, Cmejla R, Ruzicka E. Distinct patterns of imprecise consonant articulation among Parkinson's disease, progressive supranuclear palsy and multiple system atrophy. *Brain Lang.* 2017 Feb 1;165:1-9. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2016.11.005> PMID: 27894006.
7. Freed D. *Motor speech disorder diagnosis and treatment.* 3th ed. San Diego (CA): Plural Publishing; 2020.
8. Aviñó Farret C, Maneiro Chouza M, Clemente Benaiges I. *Neurorrehabilitación en la enfermedad de Parkinson.* *Neurol Supl.* 2007;3(7):22-9.
9. Montaña D, Campos-Roca Y, Pérez CJ. A diadochokinesis-based expert system considering articulatory features of plosive consonants for early detection of Parkinson's disease. *Comput Methods Programs Biomed.* 2018 Feb 1;154:89-97. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2017.11.010> PMID: 29249350.

10. Munner Altaher A. A report of assesment tools for individuals with dysarthria. *Open Public Health J*. 2019;12:384-6. <https://doi.org/10.2174/1874944501912010384>
11. Pommée T, Balaguer M, Mauclair J, Pinquier J, Woisard V. Assessment of adult speech disorders: current situation and needs in French-speaking clinical practice. *Logoped Phoniatr Vocol*. 2021;47(2):1-17. <https://doi.org/10.1080/14015439.2020.1870245> PMID: 33423572.
12. Rumbach AF, Finch E, Stevenson G. What are the usual assessment practices in adult non-progressive dysarthria rehabilitation? A survey of Australian dysarthria practice patterns. *J Commun Disord*. 2019 May 1;79:46-57. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2019.03.002> PMID: 30875615.
13. Jankovic J. Parkinson's disease: clinical features and diagnosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. BMJ Publishing Group; 2008;79:368-76. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2007.131045> PMID: 18344392.
14. Karlsson F, Schalling E, Laakso K, Johansson K, Hartelius L. Assessment of speech impairment in patients with Parkinson's disease from acoustic quantifications of oral diadochokinetic sequences. *J Acoust Soc Am*. 2020;147(2):839-51. <https://doi.org/10.1121/10.0000581> PMID: 32113309.
15. Kent R, Kim H, Weismer G, Kent J, Rosenbek B. Laryngeal dysfunction in neurological disease: amyotrophic lateral sclerosis, Parkinson disease, and stroke. *J Med Speech-Lang Pathol*. 1994;2:157-75.
16. Pérez H, Fernández R, Oliva C. Valores normativos para el programa de análisis acústico del habla Motor Speech Profile en hablantes de español de Chile. *Rev Chil Fonoaudiol*. 2015;14:4-14. <https://doi.org/10.5354/rcdf.v14i0.37608>
17. John J, Ganapathy K, John S, Rajashekhar B. Normative for motor speech profile in kannada-speaking adults. *J Voice*. 2014;28(1):7-13. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2013.06.009> PMID: 24176300.
18. Rusz J, Cmejla R, Ruzickova H, Ruzicka E. Quantitative acoustic measurements for characterization of speech and voice disorders in early untreated Parkinson's disease. *J Acoust Soc Am*. 2011;129(1):35-67. <https://doi.org/10.1121/1.3514381> PMID: 21303016.
19. Karlsson F, Hartelius L. How well does diadochokinetic task performance predict articulatory imprecision? Differentiating individuals with Parkinson's disease from control subjects. *Folia Phoniatr Logop*. 2019;71(5-6):251-60. <https://doi.org/10.1159/000498851> PMID: 31117108.
20. Pawlukowska W, Szylińska A, Kotłęga D, Rotter I, Nowacki P. Differences between subjective and objective assessment of speech deficiency in Parkinson disease. *J Voice*. 2018;32(6):715-22. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.08.018> PMID: 29122413.
21. Gaballah A, Parsa V, Andreetta M, Adams S. Objective and subjective speech quality assessment of amplification devices for patients with Parkinson's disease. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2019;27(6):1226-35. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2019.2915172> PMID: 31071046.
22. Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression, and mortality. *Neurology*. 1967;17(5):427-42. <https://doi.org/10.1212/wnl.17.5.427> PMID: 6067254.
23. Eklund E, Qvist J, Sandström L, Viklund F, van Doorn J, Karlsson F. Perceived articulatory precision in patients with Parkinson's disease after deep brain stimulation of subthalamic nucleus and caudal zona incerta. *Clin Linguist Phon*. 2015;29(2):150-66. <https://doi.org/10.3109/02699206.2014.971192> PMID: 25333411.
24. Skodda S, Flasskamp A, Schlegel U. Instability of syllable repetition in Parkinson's disease-Influence of levodopa and deep brain stimulation. *Movement Disorders*. 2011;26(4):728-30. <https://doi.org/10.1002/mds.23439> PMID: 21506151.
25. Rusz J, Čmejla R, Růžicková H, Klempíř J, Majerová V, Picmausová J et al. Evaluation of speech impairment in early stages of Parkinson's disease: a prospective study with the role of pharmacotherapy. *J Neural Transm*. 2013;120(2):319-29. <https://doi.org/10.1007/s00702-012-0853-4> PMID: 22772465.
26. Godino-Llorente JI, Shattuck-Hufnagel S, Choi JY, Moro-Velázquez L, Gómez-García JA. Towards the identification of Idiopathic Parkinson's Disease from the speech. New articulatory kinetic biomarkers. *PLoS One*. 2017;12(12):1-35. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189583> PMID: 29240814.
27. Novotný M, Rusz J, Čmejla R, Růžicka E. Automatic evaluation of articulatory disorders in Parkinson's disease. *IEEE Trans Audio Speech Lang Process*. 2014;22(9):1366-78. <https://doi.org/10.1109/TASLP.2014.2329734>
28. Tjaden K, Watling E. Characteristics of diadochokinesis in multiple sclerosis and Parkinson's disease. *Folia Phoniatr logop*. 2003;55:241-59. <https://doi.org/10.1159/000072155> PMID: 12931058.
29. Ackermann H, Ziegler W. Articulatory deficits in Parkinsonian dysarthria: an acoustic analysis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1991;54(12):1093-8. <https://doi.org/10.1136/jnnp.54.12.1093> PMID: 1783924.
30. Fabbri M, Guimarães I, Cardoso R, Coelho M, Guedes LC, Rosa MM et al. Speech and voice response to a levodopa challenge in late-stage Parkinson's disease. *Front Neurol*. 2017 Aug 22;8(AUG). <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00432> PMID: 28878734.
31. Skodda S, Lorenz J, Schlegel U. Instability of syllable repetition in Parkinson's disease-Impairment of automated speech performance? *Basal Ganglia*. 2013;3(1):33-7. <https://doi.org/10.1016/j.baga.2012.11.002>
32. Steurer H, Schalling E, Franzén E, Albrecht F. Characterization of mild and moderate dysarthria in Parkinson's disease: behavioral measures and neural correlates. *Front Aging Neurosci*. 2022; May 16;14. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.870998> PMID: 35651530.
33. Walsh B, Smith A. Basic parameters of articulatory movements and acoustics in individuals with Parkinson's disease. *Movement Disorders*. 2012;27(7):843-50. <https://doi.org/10.1002/mds.24888> PMID: 22729986.
34. Kent RD, Vorperian HK, Kent JF, Duffy JR. Voice dysfunction in dysarthria: Application of the Multi-Dimensional Voice Program™. *J Commun Disord*. 2003;36(4):281-306. [https://doi.org/10.1016/S0021-9924\(03\)00016-9](https://doi.org/10.1016/S0021-9924(03)00016-9) PMID: 12837587.
35. Ma A, Lau KK, Thyagarajan D. Voice changes in Parkinson's disease: what are they telling us? *J Clin Neurosci*. 2020;7(2):7. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2019.12.029> PMID: 31952969.
36. Silbergleit AK, Schultz L, Hamilton K, Lewitt PA, Sidiropoulos C. Self-perception of voice and swallowing handicap in Parkinson's disease. *J Parkinsons Dis*. 2021;11(4):2027-34. <https://doi.org/10.3233/JPD-212621> PMID: 34366369.

37. Skodda S. Steadiness of syllable repetition in early motor stages of Parkinson's disease. *Biomed Signal Process Control*. 2015;17:55-9. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2014.04.009>
38. Rusz J, Hlavnička J, Tykalová T, Bušková J, Ulmanová O, Růžička E et al. Quantitative assessment of motor speech abnormalities in idiopathic rapid eye movement sleep behaviour disorder. *Sleep Med*. 2016 Mar 1;19:141-7. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2015.07.030> PMID: 26459688.
39. Estevo Dias A, Tonidandel Barbosa M, Papaterra Limongi JC, Reis Barbosa E. Speech disorders did not correlate with age at onset of Parkinson's disease. *Arq Neuropsiquiatr*. 2016;74(2):117-21. <https://doi.org/10.1590/0004-282X20160008> PMID: 26982988.
40. Tracy J, Özkanca Y, Atkins D, Hosseini R. Investigating voice as a biomarker: deep phenotyping methods for early detection of Parkinson's disease. *J. Biomed. Inform.* 2020;104:103362. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2019.103362> PMID: 31866434.
41. Moro L, Gómez JA, Arias JD, Dehak N, Godino JI. Advances in Parkinson's disease detection and assessment using voice and speech: A review of the articulatory and phonatory aspects. *Biomed. Signal Process. Control*. 2021;66:102418. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.102418>
42. Narendra NP, Schuller B, Alku P. The detection of Parkinson's disease from speech using voice source information. *IEEE/ACM Trans. Audio Speech Lang.* 2021;29:1925-36. <https://doi.org/10.1109/TASLP.2021.3078364>
43. Rueda A, Vásquez JC, Orozco-Arroyave JR, Nöth E, Krishnan S. Empirical mode decomposition articulation feature extraction on Parkinson's diadochokinesia. *Comput. Speech Lang.* 2022;72:101322. <https://doi.org/10.1016/j.csl.2021.101322>
44. Kumar S, Kar P, Singh D, Sharma M. Analysis of diadochokinesia in persons with Parkinson's disease. *J. Datta Meghe Inst. Med. Sci. Univ.* 2018;13(3):140-2. https://doi.org/10.4103/jdmimsu.jdmimsu_66_18
45. Karan B, Sahu SS, Orozco-Arroyave JR. An investigation about the relationship between dysarthria level of speech and the neurological state of Parkinson's patients. *Biocybern. Biomed. Eng.* 2022;42(2):710-26. <https://doi.org/10.1016/j.bbe.2022.04.003>
46. Lowit A, Marchetti A, Corson S, Kuschmann A. Rhythmic performance in hypokinetic dysarthria: relationship between reading, spontaneous speech and diadochokinetic tasks. *J Commun Disord.* 2018;72:26-39. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2018.02.005> PMID: 29471176.

Contribución de autores:

MSG: concepción y diseño del estudio, elaboración del artículo y revisión crítica del contenido intelectual relevante;

CRZ: concepción y diseño del estudio, recolección de los datos, elaboración del artículo y análisis estadístico, aprobación final de la versión que se presentará para la publicación;

VGF: revisión crítica del contenido intelectual relevante y edición del manuscrito.