

**POTENCIALES CEREBRALES EVOCADOS ANTE EXPRESIONES FACIALES
EN SUJETOS CON ALTA Y BAJA COMPLEJIDAD COGNITIVA**

JAIME SILVA CONCHA
GUILLEM FEIXAS VIAPLANA

MASTER EN TERAPIA COGNITIVO SOCIAL
UNIVERSIDAD DE BARCELONA

Informe de investigación, primera versión

DICIEMBRE 2005

INTRODUCCIÓN

El aspecto teórico en el que existe mayor acuerdo entre los estudiosos de las emociones es su naturaleza compuesta (Silva, 2005a). Las emociones son el resultado emergente de la acción de múltiples elementos constituyentes que las caracterizan como tales. Un aspecto de la emoción que ha recibido gran atención de parte de los investigadores es la regulación emocional (RE), pues juega un importante rol en el desarrollo y mantención de trastornos psicopatológicos en adultos e infantes (Bradley, 2000). En efecto, la RE ha mostrado tener una relación substancial con trastornos como la Depresión (Davidson, et. al. 2002), con alteraciones del comportamiento alimentario (Polivy & Herman, 1999; Silva, et al., 2002; Silva, 2005b) y con la salud mental en general (Gross & Muñoz, 1995).

En este contexto, estudios recientes han mostrado que una habilidad relacionada, la diferenciación emocional, juega un rol significativo como variable moduladora de la RE. Por ejemplo, Silva & Gempp (2004), en una investigación con auto-reportes, mostraron que el grado de diferenciación emocional está relacionada con los niveles de sintomatología que el individuo refiere. Específicamente los niveles disminuidos de diferenciación afectiva se asocian a un mayor reporte de síntomas mentales y somáticos. Según dichos autores esto se explicaría por el fenómeno de acentuación somática; la diferenciación emocional disminuida impediría que los sujetos reconocieran la activación psicofisiológica de los estados emocionales como constituyentes de su respuesta afectiva, involucrándose con menor probabilidad en estrategia para regular la respuesta afectiva como tal y, consecuentemente, centrarían su atención en los elementos somáticos de ésta (acentuación somática). Así, la diferenciación emocional limitada favorece la desregulación afectiva y aumenta la probabilidad de sintomatología, especialmente somática. En palabras de Silva & Gempp (2004):

“Las personas que diferencian pobremente sus estados internos afectivos reportan mayor incidencia de síntomas físicos. Así mismo, las personas que distinguen con mayor especificidad sus afectos presentan menos síntomas físicos (y mentales). Es decir, habiendo clasificado las respuestas de los individuos en somáticas y no-somáticas, estas últimas influyen fuertemente la relación entre psicopatología y

diferenciación emocional, sugiriendo una acentuación en la consciencia del individuo de la ocurrencia de fenómenos de tal constelación. Tal como vimos, el componente subjetivo de las emociones informa al individuo del objeto (origen externo o interno) de su experiencia. El comportamiento se organiza en torno a tal objeto favoreciendo metas y planes destinados a enfrentar o lidiar con él. Si este componente subjetivo no alcanza a ser interpretado como una experiencia emocional, es probable que el individuo perciba otros componentes del estado emocional, en especial los somáticos, como alteraciones de su normal devenir. Obviamente, tal como muestran nuestros resultados, dependiendo del grado de indiferenciación será el grado de acentuación de la esfera somática.”

Aun cuando la diferenciación emocional es una variable central para la comprensión del desarrollo de psicopatología existe poca evidencia científica que nos indique las causas de las diferencias individuales en dicha habilidad. Una explicación posible se encuentra en la psicobiología del desarrollo. Según Schore (2001), la interacción madre/hijo(a) configura redes específicas de interconectividad entre estructuras cerebrales asociadas a la constitución del dominio afectivo. Dado los patrones específicos de crianza, los infantes irían adquiriendo formas específicas de modulación afectiva que favorece en mayor o menor medida la generación de modelos mentales respecto de sí mismo y los otros. En esta misma línea, los estudiosos de las teorías de la mente, han insistido en la interdependencia de la habilidad de mentalizar y a las propiedades de la identidad personal (Lecannelier, 1999).

Independiente del origen, el supuesto general de este estudio es que la diferenciación emocional dependerá de la conformación de la estructura de significados personales con que la persona construye su mundo interpersonal e individual. En otras palabras, dependiendo del repertorio de constructos que el sujeto tenga respecto del dominio interpersonal, intencional y emocional, así como la forma en que los utiliza, tendrá una mayor o menor diferenciación de sus respuestas emocionales. Por ello es que proponemos el concepto de complejidad cognitiva (Bieri et al. 1966), así como los métodos para medirlo (Feixas y Cornejo, 1996), como un ámbito viable para el estudio de la conformación de significados personales y su relación con la diferenciación afectiva.

Complejidad cognitiva y diferenciación emocional

La complejidad cognitiva se define como la capacidad de construir conductas sociales de un modo multidimensional (Bieri et al. 1966). La psicología de los constructos personales ha relacionado dicha definición con el concepto de “diferenciación”, donde se entiende que la complejidad cognitiva depende del mayor o menor grado de sobreposición o redundancia en el uso de constructos (Neimeyer, 1992). De este modo existirían diferencias en el repertorio de constructos así como en la flexibilidad en el uso de estos que generaría diferencias correspondientes en la construcción de significado del individuo.

En base a lo anterior, proponemos que la complejidad cognitiva modulará los procesos de diferenciación emocional. En efecto, la construcción de conductas multidimensionalmente dará lugar a distinciones de categorías emocionales en distintos niveles: expresividad, subjetividad, función social, etc. De este modo una persona con niveles disminuidos de complejidad cognitiva debiera construir rudimentariamente su mundo afectivo y el de los demás. Consecuentemente, una persona con alta complejidad cognitiva podrá diferenciar y distinguir en múltiples aspectos su dominio emocional y el de los demás. Considerando que, tal y como se consigno anteriormente, las distinciones que las personas realizan de su mundo afectivo son centrales para los procesos de regulación afectiva, la complejidad cognitiva podría tener un rol fundamental a la hora de comprender la psicopatología asociada a la respuesta afectiva.

Estudio propuesto: la diferenciación cortical de las emociones y complejidad cognitiva

Ciertos estudios previos han mostrado que la diferenciación de la expresión emocional en un rostro ocurre asociada a dos ventanas de tiempo en la progresión de un potencial evocado (Krolak-Salmon et al. 2001). Específicamente, las variaciones de voltaje asociadas a PE ante un rostro neutro y un rostro con una expresión emocional (independiente cuál) son significativas entre los 250 y 550ms. En ese sentido, cerebralmente existe una respuesta diferente frente a rostros neutros y afectivos después de los 250ms. Es de interés para la presente investigación, que en un momento posterior en el

procesamiento emocional de estímulos ocurre la diferenciación de emociones dentro de la categoría de rostros afectivos. En otras palabras, las expresiones faciales de afecto son diferenciadas como tales en un primer momento de procesamiento, ocurriendo la diferenciación *entre* emociones en un paso posterior. Ello ocurre en la ventana de 550-700ms.

Si asumimos que las diferencias en el procesamiento emocional (i.e. reconocimiento de emociones en otros) se acompaña de diferencias en el *curso* de actividad (latencia y/o amplitud) o en el circuito de actividad cerebral asociado (regiones de activación), entonces el estudio e inspección de los potenciales evocados por expresiones faciales emocionales puede considerarse un procedimiento psicofisiológico para investigar las diferencias individuales en la diferenciación de expresiones afectivas en otros.

Por ello, el estudio que se presenta pretende experimentalmente probar si existen variaciones en el procesamiento cerebral de expresiones emocionales faciales dependiendo del nivel de complejidad cognitiva de los sujetos. Debiera esperarse, si los supuestos planteados son correctos, que la complejidad cognitiva afecte al procesamiento tardío de los estímulos afectivos y no el procesamiento más automático (el cual estaría determinado genéticamente). En otras palabras sostenemos que el nivel de complejidad cognitiva afecta la habilidad en diferenciar estados emocionales en otros y que ello se reflejaría en el procesamiento cerebral de rostros expresivos emocionales.

En otras palabras, utilizando un procedimiento psicofisiológico proponemos explorar si las diferencias en la complejidad cognitiva se relacionan con diferentes formas de diferenciar expresiones emocionales en otros. Así, dado el marco conceptual y empírico presentado el estudio presentado se plantea el siguiente problema: ¿Existirán diferencias en el procesamiento cortical de expresiones faciales emocionales asociadas a distintos niveles de complejidad cognitiva?

Asumiendo el estado de conocimiento en estas áreas de conocimiento se plantea la siguiente hipótesis general e hipótesis específicas:

Hipótesis General: Existirán diferencias en el procesamiento cerebral de expresiones faciales emocionales entre sujetos con alta versus baja complejidad cognitiva.

Hipótesis específica 1: Existirán diferencias en el procesamiento cerebral de expresiones faciales emocionales entre sujetos con alta versus baja complejidad cognitiva en la ventana temporal de los 550 ms.

Hipótesis específica 2: No existirán diferencias en la amplitud de los PE ante expresiones faciales según valencia (positiva/negativa) entre sujetos con alta versus baja complejidad cognitiva en la ventana temporal de los 250 ms

MATERIALES Y MÉTODO

Sujetos

Los participantes fueron 50 estudiantes de pregrado que son parte de un estudio amplio del comportamiento emocional en personas normales. Siguiendo los lineamientos éticos del comité correspondiente de la Universidad Mayor, cada sujeto participó previamente en el registro de un electroencefalograma (EEG) continuo en el Laboratorio de Neurociencia Afectiva. Posterior a ello respondieron la entrevista de apego y contestaron múltiples cuestionarios. Según sus reportes, no presentan historia de enfermedades neurológicas ni psiquiátricas. En una sesión diferente participaron de la tarea experimental del presente estudio, recibiendo dinero y créditos universitarios. Finalmente, cada participante respondió la entrevista para la elicitación de constructor personales. Según las puntuaciones obtenidas en la rejilla a través del Programa RECORD 4.0 se seleccionaron los 3 sujetos con mayor y los 3 con menor complejidad cognitiva, formando 2 grupos (Alta Complejidad Cognitiva y Baja Complejidad Cognitiva). Ambos grupos fueron conformados por participantes femeninos y tenían registros de EEG con más del 50% de los segmentos correctos.

Diseño

Diseño factorial mixto con una variable de agrupamiento de dos niveles (alta complejidad/baja complejidad) y una variable con medidas repetidas (tipo de estímulo). Las variables dependientes fueron la amplitud y latencia de los potenciales evocados por estímulos.

Instrumentos

Electroencefalografía: Se utilizó un electroencefalógrafo digital de 128 canales (Geodesics, Eugene, OR) con una red de electrodos que garantiza la confortabilidad del sujeto y una rápida aplicación.

Rejilla e índice de complejidad cognitiva: Siguiendo instrucciones manualizadas de aplicación (Feixas y Cornejo, 1996) se elaboraron rejillas de constructos personales codificadas y analizadas por el programa RECORD 4.0. Se obtuvo una medida de complejidad cognitiva a través del índice de Bieri², el cual se calcula a partir de la matriz de datos reconstruidos. Este índice, según Feixas y Cornejo (1996) es más apropiado que el índice Bieri¹ ya que “tiene en cuenta los constructos que puntúan en un sentido diferente de los datos” (p. 54).

Fotografías de Afectos Faciales. El POFA (*Pictures of Facial Affect*, Ekman & Friesen, 1971) consiste en 110 fotografías digitales de expresiones faciales que han sido utilizadas ampliamente en estudios transculturales y en investigación neuropsicológica.

PROCEDIMIENTO

Tarea experimental y estímulos

Los estímulos fueron 40 imágenes digitalizadas en blanco y negro de rostros emocionalmente expresivos, extraídos del POFA. Siguiendo el procedimiento establecido por Krolak-Salmon et al. (2001), los sujetos fueron expuestos a 240 fotografías (agrupadas en 6 series de 40) por 400ms cada una, con un intervalo de 2000ms entre ellas. Para controlar el punto de fijación ocular se utilizó una cruz blanca que aparecía en los intervalos entre estímulos. La presentación de estímulos ocurrió en el contexto de dos tareas experimentales sucesivas de detección de estímulos no aleatorizadas entre sí, para ambos grupos de sujetos. En la primera de ellas, llamada “atención al género” los participantes recibieron la instrucción de contar el número de rostros de mujeres u hombres, en cada serie (3 series de mujeres y 3 de hombres). Con ello se espera guiar la atención hacia aspectos de la imagen distintos a la información expresiva emocional. La siguiente tarea experimental, llamada “atención a la expresión”, los participantes debían contar el número de veces que la expresión de sorpresa aparecía en las series de estímulos. En la medida que el estudio no tiene por objeto conocer la activación cerebral asociada a estímulos objetivos, los datos relacionados con las imágenes de sorpresa fueron excluidos del análisis.

Registro y obtención de potenciales evocados (PE)

El EEG continuo fue obtenido con una impedancia mantenida bajo los 50 K Ω . El EEG fue recolectado usando un muestreo de 250 Hz y un filtro de paso de banda de 0.1-100 Hz. Los PE se obtuvieron *off-line* promediando todos los ensayos de una condición dada, ligando los eventos de interés al tiempo. Posterior a ello, se obtuvo grandes promedios de EEG para enfatizar los patrones de EEG compartidos por todos los sujetos de un grupo.

Para lograr lo anterior se comenzó filtrando el registro continuo de EEG con una banda de paso bajo de 40 Hz. Posteriormente, el registro filtrado fue segmentado según los

estímulos de interés. Para detectar automáticamente el artefacto contenido en los segmentos obtenidos, se utilizó el algoritmo de detección de artefacto del programa Netstation 4.0, el cual detecta canales errores según los umbrales definidos por el investigador. En ese contexto, los siguientes criterios fueron seguidos para detectar segmentos erróneos: Número Máximo de Canales Malos, Umbral de Pestañeo y Umbral Movimiento Ocular. Luego de ello, se realizó una inspección visual de los resultados y se eliminó los segmentos que aun contenían artefacto.

Una vez obtenido los segmentos correspondientes y teniendo en cuenta el alto número de canales disponibles (128), se procedió a reponer los canales que obtuvieron registros con artefacto. Específicamente se interpoló los datos de los canales restantes asumiendo, según las propiedades de la conducción de volumen, que canales próximos tendrán datos similares entre sí. Luego, se procedió a promediar los segmentos no rechazados para cada categoría creada durante la segmentación. Los datos obtenidos fueron referidos al promedio y corregidos para el efecto de referencia promedio polar o PARE (Junghoefer, et al., 1997). Esto último toma en consideración que al referir al promedio los datos, la referencia está sesgada en dirección de la zona muestreada. Por ello, debe corregirse este efecto aplicando una interpolación esférica para estimar el voltaje de la superficie no cubierta por el registro. Posterior a la referencia promedio se obtuvo los grandes promedios para obtener PE entre categorías para los grupos de sujetos. Finalmente se realizó una corrección de línea base en los gran promedios sustrayendo el promedio del registro 200ms previo al inicio del estímulo.

RESULTADOS

El índice de Bieri² para el grupo de Baja Complejidad Cognitiva (BC) fue de 0.584, mientras que el de Alta Complejidad Cognitiva (AC) fue de 0.243.

La inspección de los potenciales evocados arroja diversos hallazgos. Siguiendo a Krolak-Salmon et al. (2001), se utilizó el electrodo localizado en 02 (electrodo 77 en la red geodesica) para efectos del análisis. Además, la información analizada corresponde a la tarea “atención a la expresión” debido a que ésta supone elicitar los potenciales asociados a distintos procesamientos de la expresión afectiva de los rostros.

Los grupos muestran patrones diferentes de actividad cortical frente a la presentación de los rostros emocionales y del neutro. Considerando las hipótesis analizamos los potenciales a los 250 milisegundos y a los 550 ms. El grupo de Baja Complejidad Cognitiva (BC) muestra PEs que alcanzan picos de amplitud en torno a los 140 ms. y los 230ms. Interesantemente, durante los primeros 600 ms ninguna categoría de expresión produjo patrones de activación significativamente distinto de otro (todos los $p > .05$). De la inspección de la Figura 1 se desprende en los sujetos BC la progresión de la actividad cerebral no se diferencia según las categorías preasignadas (neutro/negativo/positivo). En este sentido, desde el punto de vista cortical es posible sostener que en este estudio no se observan diferencias en el procesamiento asociadas a la percepción de expresiones faciales afectivas/neutras.

FIGURA 1

El grupo de Alta complejidad Cognitiva (AC) muestra una progresión de los PEs diferentes para las distintas categorías expresivas (Figura 2). En la ventana temporal de los 550 ms existe una diferencia de voltaje entre las categorías positiva, negativa y neutral. Esta

diferencia, sumado al patrón de progresión de los potenciales evocados según categoría, develan la existencia de un procesamiento cerebral distinto para cada categoría de expresión emocional en los sujetos AC.

FIGURA 2

Es de interés que la progresión de la respuesta cortical cerebral forma patrones de activación superficial congruentes con la hipótesis de la investigación.

Al observar los mapas topográficos de la activación ocurrida a los 550 ms después de iniciado el estímulo (750 ms. De tiempo absoluto) podemos sostener que la configuración de activación de los sujetos BC tiende a ser similar en la categoría neutra versus negativa. Esto implica un procesamiento relativamente similar de los estímulos. Por otro lado, en el grupo AC observamos patrones disímiles para los distintos tipos de expresividad apoyando la información derivada de la inspección de los PEs de O2. De este modo, en los sujetos AC tanto los potenciales evocados observados como la configuración superficial de la activación cerebral muestran diferenciación para las diferentes categorías afectivas.

FIGURA 3

FIGURA 4

DISCUSIÓN

Los resultados del estudio muestran que las variaciones en los niveles de complejidad cognitiva se relacionan con diferentes respuestas cerebrales frente a estímulos expresivos emocionales. En efecto, los sujetos que construyen su mundo interpersonal con bajos niveles de complejidad cognitiva tienden a mostrar patrones de activación cerebral indiferenciados frente a estímulos emocionales expresivos de distintas categorías. Dicha indiferenciación se expresa en potenciales evocados y configuraciones topográficas de activación similares para las respuestas corticales frente a expresiones faciales de emociones negativas y neutras.

Por otro lado, los sujetos con alta complejidad cognitiva, que construyen su mundo interpersonal en dimensiones múltiples y a través de numerosas distinciones de su entorno/sí mismo, muestran patrones de activación cerebral diferenciados para las categorías emocionales expresivas de emociones negativas, neutras y positivas. Tanto los potenciales evocados como los mapas topográficos de activación observados reflejan dicha diferenciación.

Desde el punto de vista sustancial los hallazgos aquí descritos son relevantes en al menos dos puntos. En primer lugar, la complejidad cognitiva parece ser una importante variable a considerar en relación al estilo afectivo. Tradicionalmente se define el estilo como las diferencias individuales en varios componentes de la reactividad emocional y en las disposiciones anímicas (Davidson, 1992; Silva, 2003). Estos parámetros parecen estar determinados por variables constitucionales como las asimetrías de activación de la corteza prefrontal. Sin embargo, la complejidad cognitiva parece influenciar en el modo en que las personas diferencian su dominio afectivo y, por ende, ser una variable central en la generación de una reactividad emocional determinada. En esta misma línea, si consideramos la mutua influencia que ejercen la diferenciación emocional y la reactividad afectiva, podemos sugerir que la complejidad cognitiva jugará un rol en la conformación de estructuras conceptuales para construcción de un dominio afectivo personal y a través de ello modulará las posibilidades de regulación afectiva del individuo. Así, como una

hipótesis a explorar por futuros estudios se puede afirmar que los sujetos con alta complejidad cognitiva tendrán mejores resultados a la hora de regular sus afectos que las personas con baja complejidad.

En segundo lugar, los resultados de este estudio sugieren que la complejidad cognitiva puede jugar un importante rol en la generación, mantenimiento y modulación de trastornos psicopatológicos de la afectividad. Debido a que la diferenciación emocional permite la regulación afectiva y la existencia de alteraciones psicopatológicas asociadas a la desregulación de los afectos, la complejidad cognitiva podría ser una variable importante a considerar en relación a algunos tipos de trastornos mentales como la depresión.

El futuro del programa de investigación aquí propuesto podría delinearse del siguiente modo. Si bien el concepto de complejidad cognitiva medido a través del índice de Bieri² tiene ventajas, al parecer el constructo referido implicaría más dimensiones y equivaldría a los cuadrantes derivados de al menos dos variables. En otras palabras, como sostienen algunos autores (Feixas y Cornejo, 1996; Gallifa y Botella, 2000) la complejidad cognitiva se expresaría a través de perfiles de significado producto de la relación establecida entre dos parámetros. Así, el camino a seguir será establecer modos más sofisticados para evaluar cómo las personas construyen su mundo interpersonal y, a través de la delimitación de dichos perfiles, esclarecer los concomitantes psicofisiológicos asociados.

Las limitaciones de este estudio deben mencionarse. Por una parte, los estudios con potenciales evocados, debido a la magnitud de los análisis, son generalmente ejecutados sobre muestras pequeñas de sujetos, lo cual hace muy necesaria la replicación del estudio en otros laboratorios y bajo manipulación de condiciones similares. Así mismo, puede considerarse una limitación de los resultados y, especialmente de las implicancias que de ellos derivan, asumir que la diferenciación de rostros emocionales en otros es equivalente a la diferenciación emocional dirigida hacia uno mismo. Aunque existen razones para afirmar dicha identidad conceptual, no es menos cierto que los circuitos cerebrales asociados a estas habilidades deben estar segregados en algún nivel. Por ello, la diferenciación emocional y

su relación con la complejidad cognitiva debe investigarse bajo distintos paradigmas experimentales y utilizando medidas del estilo afectivo diversas.

BIBLIOGRAFÍA

Bieri, J., Atkins, A.L., Briar, S., Leadman, R.L., Miller, H., & Tripodi, T. (1966). *Clinical and social judgement: The discrimination of behavioral information*. New York:

Bradley, S. (2000). *Affect regulation and the development of psychopathology*. Guilford Press, New York.

Davidson, R. J. (1992). Emotion and affective style: Hemispheric substrates. *Psychological Science*, 3, 39-43.

Davidson, R. J., Pizzagalli, D., Nitschke, J. B., & Putnam, K. M. (2002). Depression: Perspectives from affective neuroscience. *Annual Review of Psychology*, 53, 545-574

Feixas, G., y Cornejo, J. M. (1996). *Manual de la Técnica de Rejilla mediante el Programa RECORD v. 2.0*. Barcelona: Paidós

Gallifa, F & Botella, L. (2000). The Structural Quadrants Method: A New Approach to the Assessment of Construct System Complexity via the Repertory. Publicado por Universidad Ramon Llull, Barcelona, España.

Junghoefer, M., Elbert, T., Tucker, D., and Braun, C. (1999). The polar average reference effect: a bias in estimating the head surface integral in EEG recording. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 110, 1149-55.

- Krolak-Salmon P, Fischer C, Vighetto A, & Mauguiere F (2001). Processing of facial emotional expression: spatio-temporal data as assessed by scalp event-related potentials. *European Journal of Neuroscience*, 13:987–994.
- Lecannelier F. (1999). El legado de los vínculos tempranos: apego y autorregulación. *Revista Chilena de Psicoanálisis*, 19: 191-201
- Neimeyer, G.J. (1992). Personal constructs and vocational structure: A critique of poor reason. In R.A. Neimeyer & G.J. Neimeyer (Eds.), *Advances in personal construct psychology, Volume 2* (pp. 91-120). Greenwich.
- Polivy, J., & Herman, P. (1999). Distress and eating: Why do dieters overeat? *International Journal of Eating Disorders*, 26, 153-164.
- Schore A. (2001). The effects of a secure attachment relationship on right brain development, affect regulation, and infant mental health. *Infant Mental Health Journal*; 22:7-66.
- Silva, J. (2005a). Regulación emocional y psicopatología: El modelo de vulnerabilidad/resiliencia. *Revista Chilena de Neuropsiquiatría*, 43, 201-209.
- Silva, J. (2005b). Ansiedad y sobrealimentación. *Investigación y Ciencia*, 341, 33-34.
- Silva, J. (2003). Biología de la regulación emocional: Su impacto en la psicología del afecto y la psicoterapia. *Terapia Psicológica*, 21, 163-172.
- Silva, J. & Gempp, R. (2004). Diferenciación emocional y psicopatología: La hipótesis de acentuación somática. *Revista Electrónica de Motivación y Emoción*. En <http://reme.uji.es/articulos/avillj3023006105/texto.html>
- Silva, J., Pizzagalli, D., Larson, C., Jackson, D., & Davidson, R. (2002). Frontal brain asymmetry in restrained eaters. *Journal of Abnormal Psychology*, 111, 676–681.