

## **T. 2. EL DESARROLLO BIOLÓGICO Y MOTOR**

### **Glosario conceptual:**

- Técnicas de neuroimagen.
- Neurociencia cognitiva del desarrollo
- Meiosis y mitosis
- Principios proximodistal y cefalocaudal
- Surfactante
- Plasticidad cerebral
- Funciones ejecutivas
- Periodos sensibles
- Impronta o troquelado
- Procesos cognitivos explícitos e implícitos
- Respuestas condicionadas
- Mielina

### **1. INTRODUCCIÓN**

El desarrollo comienza cuando el espermatozoide fecunda al óvulo = cigoto

El desarrollo psicológico está ligado al biológico, pero hasta hace poco se estudiaban por separado. Así, la biología estudiaba el desarrollo físico y motor; y la psicología, lo cognitivo y emocional. Descuidamos el estudio biológico del cerebro por las dificultades técnicas y el escaso conocimiento que había sobre su desarrollo.

A partir de los 90 vivimos un gran avance metodológico y empírico.

La invención de nuevos métodos y técnicas de neuroimagen → aumento del conocimiento neurobiológico.

Al mismo tiempo se ha dado un avance conceptual.

La necesidad de trabajar de forma multidisciplinar (“neurociencia cognitiva del desarrollo” = modelos computacionales que explican los cambios conductuales + bases neurobiológicas de esas conductas).

### **2. EL DESARROLLO FÍSICO Y MOTOR**

#### **2.1. El desarrollo prenatal**

Datos:

- Las células sexuales (gametos) contienen 23 cromosomas y se forman a través de las meiosis.
- El cigoto recibe 23 cromosomas de la madre y 23 del padre. Tendrá 46 cromosomas.
- El proceso de gestación (de cigoto a bebé) dura 38 semanas y pasa por 3 etapas:
  - Periodo germinal: concepción – 2<sup>a</sup> semana.
    - El cigoto se multiplica rápidamente y va de las trompas de F. al útero.
    - Aparece la placenta y el cordón.
  - Periodo embrionario: 3<sup>a</sup> -8<sup>a</sup> semana.
    - Comienzan a configurarse los distintos órganos.
    - Hablamos de embrión.
    - El desarrollo es proximodistal y cefalocaudal
  - Periodo fetal: 9<sup>a</sup> semana – nacimiento
    - Se establecen las funciones de los distintos órganos.
    - El feto incrementa su tamaño y su peso
    - ijsurfactante

#### **a) El periodo germinal: concepción-2 semanas**

- El cigoto, una vez concebido, inicia el proceso de la división celular (mitosis) que acabará produciendo un cuerpo humano.
- Tarda 3 días en ir desde las trompas al útero, y unos 4 o 5 días más en instalarse allí.
- La placenta atiende las necesidades de respiración, nutrición y excreción.
- A partir de la placenta se desarrolla el cordón que trasporta oxígeno y nutrientes de la madre al nuevo ser.
- El embrión posee una membrana externa (corión) y una interna (amnios) que le rodea y protege.
- Tras las 2 primeras semanas las células se habrán multiplicado en gran número y empezarán a diferenciarse según las instrucciones genéticas.
- La diferenciación de las células se produce gracias a la **activina**:
  - o Las células que reciben +activina → endodermo → aparato digestivo y respiratorio.
  - o Las que reciben concentración media → mesodermo → huesos, músculos, sangre, riñones y corazón.
  - o Las células que reciben -activina → ectodermo → SN, piel, pelo y órganos sensoriales.

#### **b) El periodo embrionario: 3-8 semanas**

- En esta etapa se desarrollan los órganos y los principales sistemas del cuerpo: SN, respiratorio y digestivo.
- Es muy periodo muy crítico: el embrión es muy vulnerable al ambiente prenatal. En esta época se pueden producir alteraciones congénitas como la sordera, el paladar hendido, la ceguera. Los embriones muy afectados → aborto espontáneo.
- Dos principios guían el desarrollo del embrión (hasta la adolescencia): el principio proximodistal y el cefalocaudal.
- A finales de este periodo el embrión mide 2,5 cm y hay una distinción clara entre cabeza y cuerpo, e incluso ojos, nariz, labio, lengua y ovarios/testículos aparecen ya formados. Pero no parece un ser humano. Además, el corazón late con fuerza, el estómago ya produce pequeñas cantidades de jugo gástrico, los riñones purifican la sangre y el sistema endocrino ha comenzado a producir hormonas. Podemos decir que todos los órganos están formados de forma muy primitiva.

#### **c) El periodo fetal: 9-38 semanas**

- El feto aumenta 10 veces su longitud y sus proporciones cambian drásticamente.
- Los cambios son externos e internos: los órganos rudimentarios empiezan a adquirir una estructura más precisa y compleja, y a establecer sus funciones.
- Al inicio del periodo aparecen las 1as células óseas.
- A las 16 semanas el feto mide entre 15 y 17 cm y pesa 100 gr. La mayor parte de los sistemas básicos ya están desarrollados, pero no sobreviviría en el exterior: no existe conexión entre las distintas neuronas en el córtex cerebral y no se han desarrollado todas las funciones para poder vivir fuera. P.ej. el feto debe producir surfactante y esto se produce hacia las 23 semanas, aunque es tan baja la cantidad al principio que normalmente moriría por “distrés respiratorio”.
- Si nace entre las 24 y 28 semanas podría sobrevivir, aunque la estadística dice que es poco probable. Solo un 20% lo logra y habitualmente tienen muchos problemas (hemorragias cerebrales, problemas pulmonares y oculares).
- A partir de las 29 semanas podría sobrevivir por sí mismo.
- En las últimas 8 o 9 semanas el feto gana unos 225 gr a la semana.
- Un bebé nacido a término mide unos 50 cm y pesa 3 Kl.

### **2.2. El desarrollo físico**

- El desarrollo físico es producto de la interacción bebé-entorno.
- Va de cabeza a pies (cefalocaudal):
  - o Las dimensiones de la cabeza de un recién nacido se asemeja más a la de un adulto que el resto del cuerpo.
  - o Aprenden a manejar antes las extremidades superiores que las inferiores.
- Va del centro hacia afuera (proximodistal):

- El tronco se desarrolla antes que las extremidades
- Los brazos antes que las manos
- Las piernas antes que los pies
- En los 3 primeros meses de vida se crece mucho más rápido que en el resto de la vida.
- De bebés (0 a 3 años):
  - Hay aumento de peso y tamaño, pero el mayor cambio se produce en la forma del cuerpo: el tamaño de la cabeza se hace más proporcionado al resto del cuerpo. Al final de los 3 años, el bebé va perdiendo su redondez.
- En la 1<sup>a</sup> infancia (3-6 años):
  - Adelgazan, tienen una imagen más atlética. Les crece el cuerpo, los brazos y las piernas. La cabeza sigue siendo más grande, pero también más proporcionada. Los huesos se fortalecen → desarrollan muchas destrezas motrices.
- En la infancia intermedia (7-12 años):
  - Las diferencias individuales comienzan a ser muy claras y los factores que inciden en el desarrollo han dejado su huella. Las niñas retienen más tejido graso.
- En la adolescencia:
  - Crecimiento súbito de talla y peso que comienza antes en las niñas. Dura ± 2 años y su final es síntoma de madurez sexual.
  - Características sexuales primarias:
    - En las niñas maduran los ovarios, el útero y la vagina, y se alcanza la menarquía (1er síntoma de madurez sexual)
    - En los niños maduran el pene, los testículos, la próstata y las vesículas seminales. El 1er síntoma de madurez sexual es la presencia de espermatozoides en la orina.
  - Características sexuales secundarias:
    - En niñas: crecimiento del pecho y la aparición de vello púbico y axilar.
    - En niños: cambios en la voz; vello en pubis, axila y cara.
    - En ambos: piel más áspera y más grasa.
- Factores que afectan al crecimiento:
  - La herencia genética.
  - La nutrición:
    - La desnutrición Ω deficiencias en el desarrollo intelectual, crecimiento +lento y pubertad +tardía.
    - La desnutrición prolongada es especialmente dañina si se produce durante la gestación y primeros años de vida.
    - Otros trastornos relacionados con la nutrición son:
      - La anorexia nerviosa → debilitamiento de músculos, piel seca, deshidratación, amenorrea.
      - La bulimia → daña los dientes, irrita las encías y agrieta los labios
      - La obesidad → adelanta la pubertad (niñas), dan antes el estirón (niños); problemas escolares y sociales.
  - El ejercicio:
    - El entrenamiento extremo → crecimiento menor, periodos menstruales irregulares o amenorrea.
  - La clase social por su relación con la nutrición, el acceso a medicación, el cuidado de la salud...
    - La pobreza se asocia a retraso en el crecimiento y desarrollo, especialmente si coincide entre los 3 y 36 meses de edad.
  - Deficiencias físicas:
    - La importancia de la pituitaria y las glándulas tiroideas en el crecimiento. P.ej. un mal funcionamiento del tiroides → enanismo o gigantismo que prontamente detectado se puede corregir.
    - Tb alteraciones metabólicas, infecciones, enfermedades hepáticas, cardíacas u óseas.

- Traumas y abusos (físicos y psicológicos) → enlentecimiento del crecimiento (bajo peso y baja talla)  
Powell et al: los ñ que vivían en hogares no “saludables” tenían bajo nivel de la glándula pituitaria. Cuando se les reubicaba en hogares sanos, la actividad de la pituitaria crecía y comenzaban a crecer con normalidad.

### 2.3. El desarrollo psicomotor

El desarrollo psicomotor es la base para el desarrollo cognitivo, verbal, social y emocional.

- Las 1as experiencias motoras se dan en el útero.
- Supone la manifestación externa del desarrollo del SNC.
- El desarrollo psicomotor se divide en dos categorías:
  - La locomoción y el desarrollo postural Ω control del cuerpo y la coordinación de piernas y brazos.
  - La prensión Ω comer, manipulación de objetos...

#### a) La locomoción y el control postural: las habilidades motoras gruesas.

- Datos:
  - Durante los 2 primeros meses de edad el volumen de sus piernas aumenta en grasa, pero no en musculatura → movimientos estereotipados que irán desapareciendo entre los 2-5 meses.
  - +5 mes gana estabilidad en su cuerpo y las proporciones del organismo empiezan a cambiar: el centro de gravedad baja, las piernas se estiran y los hombros se ensanchan. Es la antesala del gateo.
  - Sobre los 8 - 9 meses la mayoría gatean → alcance de objetos y personas.
  - En el momento en que pueden controlar su postura, están capacitados para ponerse de pie y caminar.
- Consecuencias del andar:
  - Mayor exploración del entorno
  - Conductas de acercamiento/alejamiento hacia las personas → interacción/autonomía.
  - Los padres lo tratan como un ser más independiente y esperan su adaptación a las normas sociales.
  - +probabilidad de accidentes → los padres intervienen más en las actividades de los hijos.
- Todo este proceso se rige por el principio cefalocaudal.
- Se produce:
  - Por el crecimiento del esqueleto, aumento de la musculatura, maduración de los órganos internos y el desarrollo cerebral.
  - Por la práctica de los diferentes movimientos.
- (Más datos en tabla pág. 63)

#### b) La habilidad para usar las manos: las habilidades motoras finas

- El uso correcto de las manos se considera un tipo de inteligencia manual. Algunos incluso piensan que revela gran parte de la naturaleza del pensamiento y de la resolución de problemas.
- Inicialmente, el uso de las manos se produce como un acto reflejo.
- Sobre los 2 meses intentan coger los objetos con el puño, no con la mano.
  - Hofsten: brazo y hombro están controlados por el cerebro; la coordinación de manos y dedos por la corteza cerebral.
  - A los 2 meses, el sistema cortical todavía no está coordinado con el sistema que controla los movimientos motores más gruesos.
- Sobre los 4 o 5 meses, ya los coge con las manos abiertas.  
La precisión y el tiempo empleado indican un funcionamiento muy armonizado del sist. sensoriomotor.
- Sobre los 9 meses: gesto ágil, rápido y preciso a la hora de alcanzar un objeto.

El niño lo coge todo para llevárselo a la boca.

- Sobre los 12 meses, lo exploran todo con sus manos.
- Todo este proceso se rige por el principio proximodistal.

A partir del 2º año se empieza a observar el desarrollo psicomotor en su conjunto (fino y grueso).

- A los 2 años superan su batalla con la gravedad y el equilibrio y son capaces de moverse sin problemas y de manejar los objetos de manera muy eficaz.
- A los 7 años ya son capaces de realizar con cierta destreza movimientos de locomoción más complejos (saltar, correr, escalar...)
- Será en la adolescencia cuando podamos observar una combinación creativa y refinada de los movimientos de locomoción y equilibrio, con la manipulación de las manos.

### 3. EL DESARROLLO CEREBRAL

Compartimos las mismas estructuras cerebrales fundamentales con los primates no humanos y con otros mamíferos. Las  $\neq$  están en:

- el notable incremento de la corteza cerebral
- más tiempo de desarrollo postnatal.

➔ Las capacidades cognitivas específicas del hombre no se deben a la existencia de nuevas regiones cerebrales; surgen del aumento de las áreas corticales y de la prolongación (hasta la adolescencia) del periodo de desarrollo cerebral después del nacimiento.

Sobre la figura pág 65:

- Las neuronas que posee al nacer han sido generadas durante los 10 meses del embarazo (especialmente 3º y 4º mes).
  - o Estas neuronas para sobrevivir han de emigrar de su lugar de origen y establecer conexiones con otras neuronas semejantes formando progresivamente la estructura del tejido cerebral.
  - o Centrándonos en el córtex cerebral, hacia los 4-5 meses de embarazo se da el proceso de migración neuronal → 3 estratos diferenciados. Hacia el 7º mes de embarazo se tendrán los 6 estratos finales de la corteza cerebral humana.
  - o En el periodo prenatal también se ha dado el proceso de crecimiento y desarrollo de axones y dendritas.
    - Hacia el 5º mes de gestación se producen ya conexiones sinápticas.

En la tabla (pág 66 y 67, ¡miradlas!) se presentan las principales características del desarrollo del cerebro humano respecto a 3 aspectos:

1. El importante crecimiento cerebral después del nacimiento
2. Una posterior pérdida de conexiones sinápticas
3. La plasticidad cerebral como rasgo fundamental del cerebro en desarrollo.

El proceso de crecimiento y proliferación de dendritas y axones de la etapa prenatal continuará hasta la adolescencia, aunque el punto más álgido ocurre durante el 1er año de vida.

El rasgo fundamental de este desarrollo es un patrón “ascenso-caída”. Esta poda parece responder al **principio de Hebb**: las conexiones sinápticas más activas se fortalecen; las menos activas se debilitan y eventualmente desaparecen.

- Este patrón aparece a diferentes edades según las regiones corticales.
- Se manifiesta tanto en las conexiones sinápticas como a través de la medición de glucosa.
- Secuencia: ↑ la infancia, ↓ principalmente a partir de la pubertad.

Pero el desarrollo cerebral no termina con la pubertad; en la **adolescencia** se produce una 2<sup>a</sup> oleada.

Aunque esta área de investigación es reciente, parece claro que en la adolescencia se dan importantes cambios en el desarrollo de la corteza frontal (encargada de las funciones ejecutivas) y en el proceso de mielinización.

- Respecto al desarrollo de la **corteza frontal**:
  - En una parte del lóbulo frontal (la circunvolución frontal media), la proliferación sináptica llega hasta la adolescencia. Después comienza la poda hasta la edad adulta.
  - A partir de los 25 años la poda sináptica está finalizada (= el establecimiento de conexiones específicas que permiten realizar actividades cognitivas complejas que requieren de control ejecutivo, está en desarrollo durante toda la adolescencia y solo se consigue de forma plena con la llegada de la edad adulta)
- Respecto al proceso de **mielinización**:
  - El proceso de mielinización va por oleadas: comienza en la etapa prenatal, continúa durante la infancia y la adolescencia, llegando hasta la edad adulta en zonas específicas del cerebro.
  - Importantes cambios durante la adolescencia. Es la etapa de más cambios. Estudios con resonancia magnética muestran que durante este periodo, ↓ materia gris del cerebro (cuerpos de las neuronas) + ↑ de materia blanca (la mielina de los axones).  
Es decir, durante la adolescencia hay poda y ↑ de mielinización a la vez.

En la **edad adulta**:

- Continúa el desarrollo cerebral.
- Los estudios de densidad sináptica y consumo de glucosa muestran cómo la actividad cerebral adulta es claramente inferior a la de los niños. Sin embargo, en esta etapa se dan desarrollos cerebrales específicos (incluso crecen nuevas neuronas en el hipocampo) y sigue abierta la posibilidad de establecer nuevas conexiones (seguimos siendo plásticos).
  - Ej. los taxistas de Londres. Es el hipocampo el que nos ayuda a recordar la ubicación espacial de los objetos y actualizar las representaciones espaciales.  
  
Maguire et al. con resonancia magnética estructural y funcional mostraron la importancia del hipocampo (posterior) y que su tamaño correlacionaba con la experiencia del taxista; es decir, aumenta a medida que se incrementa su experiencia.

El proceso de desarrollo cerebral está regulado genéticamente, especialmente en sus orígenes: tanto la formación y desarrollo de las neuronas como la proliferación y sobreproducción de las sinapsis son procesos de control genético, aunque no se conozca con precisión los genes que intervienen.

Pero los procesos de poda y establecimiento de nuevos circuitos y redes son procesos fuertemente influenciados por el ambiente y la experiencia.

#### **4. CEREBRO Y DESARROLLO COGNITIVO**

##### **4.1. Desarrollo neurológico y periodos sensibles**

El patrón ascenso-caída está estrechamente relacionado con la especial plasticidad neuronal durante la infancia, así como con la existencia de periodos sensibles durante la infancia.

La noción de periodo crítico enfatiza la importancia de la maduración biológica al resaltar la necesidad de que determinadas experiencias ocurran en un momento temporal determinado.

P.ej. La influencia del fenómeno de la impronta o troquelado (etología) de Lorenz. Concepto considerado muy importante hace 40 -50 años por Ps. Evolutiva.

- La conducta de troquelado tiene indudables ventajas al favorecer la supervivencia.
- El periodo en las aves es bastante reducido.
- Es un ejemplo de la existencia de periodos críticos en los cuales determinadas experiencias tienen una influencia perdurable en el desarrollo.

P.ej. el sistema visual de los gatos, de Hubel y Wiesel.

La ausencia de experiencia visual en un breve periodo crítico impide las conexiones entre ese ojo y el córtex cerebral. Al principio pensaron que de forma permanente, pero recientemente han visto que parte de las funciones pueden ser parcialmente recuperadas por la experiencia posterior: hablaríamos de periodos sensibles (vs críticos). Son periodos en los que el cerebro resulta especialmente susceptible a las influencias ambientales y experiencias del individuo.

¿Hay periodos sensibles en los seres humanos?

No se habla de periodos críticos, pero sí de periodos sensibles, que están relacionados con el patrón de ascenso-caída en diferentes zonas de la corteza cerebral.

P.ej.:

- hay habilidades (ej. reconocimiento de caras o sonidos) que serán facilitadas si se tiene la experiencia antes de que ocurra la poda sináptica.
- La adquisición y el desarrollo del lenguaje también tienen periodo sensible respecto a la adquisición de fonemas y gramática, pero no para el léxico.
- Las 2as lenguas son más difíciles de aprender a partir de la pubertad.

#### **4.2. Bases neuronales del desarrollo de la memoria**

Sobre la memoria:

- La memoria incluye un conjunto de habilidades diversas que se adquieren y están basadas en sistemas cerebrales diversos.
- Hay dos sistemas básicos de memoria: la explícita (o declarativa) y la implícita (o no-declarativa o no semántica o procedimental)

Sobre la memoria explícita:

- Tareas de reconocimiento y recuerdo.
- Los estudios de imitación diferida muestran:
  - o Que comienza en el 6º mes de vida
  - o Depende de áreas neo-corticales específicas, de áreas de la corteza que rodean el hipocampo y el propio hipocampo.
  - o Pero como ya hay imitación en el recién nacido y a las pocas semanas ya hay cierta imitación diferida, Nelson et al. proponen la existencia de una memoria preexplícita de aparición temprana y que depende principalmente del hipocampo.
- Su gradual desarrollo durante la infancia va unido al desarrollo del hipocampo, las zonas corticales que le rodean, de otras zonas del córtex prefrontal, y de las progresivas conexiones que se establecen entre estas áreas.

Más datos (interesantes): tabla pág 72

(...) los cambios que se observan en la memoria entre los años preescolares y los de la enseñanza elemental son debidos a cambios en el córtex prefrontal, y a las conexiones entre este y el lóbulo temporal medio. Tales cambios permiten el desarrollo de la habilidad de realizar operaciones mentales sobre los contenidos de memoria, como la habilidad de utilizar estrategias para codificar y recuperar la información. Finalmente, los cambios en la MLP son debidos probablemente al desarrollo de las áreas neocorticales que se considera que almacenan esos contenidos, así como la mejora en la comunicación entre el neocórtex y el lóbulo temporal medio.

Sobre la memoria implícita:

- Tareas de adquisición y recuerdo de habilidades y destrezas.
- Un 1er tipo de memoria implícita son las conductas condicionadas.
- Poco después del nacimiento son ya capaces de aprendizaje y memoria condicionada (R. condicionadas de tipo pavloviano y operante).
- P.ej.:
  - o 1er mes de vida: aprenden y recuerdan una R. condicionada clásica a partir del reflejo palpebral. La base neural de este aprendizaje y memorización está en el cerebelo.
  - o +3 meses se dan las 1as conductas condicionadas de tipo operante. Depende de los ganglios basales del cerebro.
  - o A partir de esta edad comienzan a adquirir conductas no-semánticas y dependen de zonas cerebrales diferentes a las de la M<sup>a</sup> explícita., como los ganglios basales y las cortezas frontal y motora.

La resonancia magnética funcional nos muestra que:

Las bases neuronales de las conductas prototipo de ambas memorias son diferentes: por un lado, el hipocampo; por otro, los ganglios basales.

Además:

- Las personas con lesión en el hipocampo no pueden recordar o adquirir nuevos recuerdos, pero pueden realizar y adquirir nuevas habilidades motoras.
- Las personas con Parkinson (=ganglios basales afectados) tienen problemas en las habilidades procedimentales tipo motor y son incapaces de aprender nuevas destrezas motoras, pero muestran buen recuerdo del pasado.

## **5. A MODO DE CONCLUSIÓN: RELACIONES ENTRE EL DESARROLLO BIOLÓGICO Y EL DESARROLLO PSICOLÓGICO**

- Los cambios biológicos continúan durante toda la vida del ser humano, pero son más notables durante la infancia, adolescencia y vejez.
- El desarrollo físico= niño \* entorno; y sigue los patrones cefalocaudal y proximodistal.
- El desarrollo psicomotor se basa en el desarrollo físico.
  
- En el desarrollo psicomotor está la base del desarrollo cognitivo, y tiene una importancia central en el desarrollo social y emocional (Piaget).
  
- El desarrollo cerebral y el desarrollo psicológico son paralelos, pero el psicológico no se reduce al biológico.
  - o Kagan y Baird: la maduración cerebral restringe el momento de aparición de las características ps. de nuestra especie, pero, aunque esta sea necesaria, no es suficiente para la realización de los fenómenos psicológicos.
  
- Los procesos metacognitivos de control muestran un patrón evolutivo a lo largo de la infancia y alcanza su cénit en la adolescencia-edad adulta.
  
- El estudio de las bases cerebrales han mostrado:
  - o La inhibición de las conductas reflejas de los neonatos (ej. reflejo plantar o el de Babinski) dependen del control inhibitorio ejercido por la corteza motora sobre el tronco cerebral, algo que sucede a los 2-3 meses del nacimiento.
  - o El control inhibitorio que requiere responder adecuadamente a una tarea (p.ej. apretar... excepto la X), algo que se desarrolla durante los años pre/escolares, exige la activación de áreas del córtex prefrontal y de estructuras como los gg basales.
  - o Quizá no sea posible establecer un mapa de activación cerebral según los procesos cognitivos, pero sí podemos decir que las funciones ejecutivas tienen una base neurológica en el córtex prefrontal.



