


Construint un cervell que pugui llegir, part 1: So i vista

Donna Coch^{1*}

¹Professora, Departament d'Educació, Dartmouth College, Estats Units.

 0000-0001-9785-2856

El cervell humà no està dissenyat per llegir. Per aprendre a llegir, hem d'utilitzar i connectar sistemes neuronals del llenguatge parlat i el processament visual.

*Correspondència

Donna Coch
donna.j.coch@dartmouth.edu

Citació

Coch D. Construint un cervell que pugui llegir, part 1: So i vista. JONED. Journal of Neuroeducation. 2023; 3(2): 15-23. doi: 10.1344/joned.v3i2.41555

Data de publicació: 15/02/2023

Article original

Publicat el 17 de febrer de 2021 al Science of Learning Portal de la International Bureau of Education de la Unesco

Aquest informe sorgeix de les beques Science of Learning finançades per l'Organització Internacional de Recerca del Cervell (IBRO) en col·laboració amb l'Oficina Internacional d'Educació (IBE) de l'Organització de les Nacions Unides per a l'Educació, la Ciència i la Cultura (UNESCO). La beca IBRO/IBE-UNESCO Science of Learning té com a objectiu donar suport i traduir la recerca clau de la neurociència sobre l'aprenentatge i el cervell a educadors, responsables polítics i governs.

Traduït i reproduït amb permís.

Drets d'autor

© Donna Coch, 2023

Aquesta publicació està subjecta a la Llicència Internacional Pública d'Atribució/Reconeixement-NoComercial 4.0 de Creative Commons.



Resum executiu

- La lectura és una invenció cultural relativament recent: el cervell humà no està dissenyat per llegir.
- Per llegir, hem de partir d'altres sistemes neuronals i basar-nos en aquests. Ens basem en:
 - Sistemes de processament del llenguatge oral, per al processament dels sons parlats.
 - Sistemes que relacionen les lletres impreses amb els sons parlats.
 - Àrees de processament visual, per percebre les paraules impreses.
 - Sistemes de processament visual, per moure els ulls pel text d'una plana.
- Aprendre a llegir no esdevé de forma natural:
 - Cal ensenyar els nens a llegir.
 - Cal construir cervells que puguin llegir.

Paraules clau: Aprendre a llegir, Ensenyament eficaç

El cervell humà no està dissenyat per llegir

La lectura és una invenció cultural relativament recent. Biològicament, això significa que el cervell humà no està dissenyat per llegir. És a dir, el cervell no està dotat d'una part innata que "llegeixi". De fet, des d'una perspectiva evolutiva, no hi ha hagut prou temps per desenvolupar una part del cervell que "llegeixi". I, tanmateix, estàs llegint aquestes paraules. Què ho fa possible?

Has construït un cervell que pot llegir fent servir altres sistemes neuronals, construït sobre ells i "reciclant-los" ^{p. ex., 1,2}. Amb el temps i amb la pràctica de la lectura, tu i el teu cervell heu connectat aquests sistemes per treballar plegats al servei de la lectura. Per als qui no han tingut l'oportunitat d'aconseguir-ho, els costos socials i econòmics de l'analfabetisme, i més encara per a les dones i les nenes, són enormes ^{p. ex., 3}. Aquest resum, dividit en dues parts (pots consultar *Construir un cervell que pugui llegir, part 2: vocabulari i significat*), examina alguns dels sistemes que intervenen en la construcció d'un cervell capaç de llegir paraules.*

Processament del llenguatge parlat: consciència fonèmica

La consciència fonològica és una sensibilitat a l'estructura sonora del llenguatge parlat ^{p. ex., 4,5}. Comporta la capacitat de detectar, identificar i manipular els sons del llenguatge parlat. Les unitats més petites del llenguatge parlat que distingeixen una paraula d'una altra es diuen *fonemes*. Per exemple, el so que fa la lletra *p* és un fonema en anglès. D'ara endavant, faré servir barres obliqües per indicar que em refereixo a sons en lloc de lletres; així, el so que fa la lletra *p* és /p/.

La consciència fonològica a nivell de fonemes s'anomena *consciència fonèmica*. Per exemple, saber quines de les paraules parlades *mop*, *car* i *mat* comencen amb el mateix so reflecteix la consciència fonèmica. També ho és poder barrejar els sons

separats /m/ /a/ /t/ en la paraula parlada *mat*. O poder substituir /b/ per /m/ en la paraula parlada *mat* per crear la nova paraula parlada *bat*. La consciència fonèmica és un dels millors predictors de l'aprenentatge de la lectura en llengües alfabètiques ^{p. ex., 6,7}. De fet, la consciència fonèmica prediu la capacitat de lectura al llarg dels anys escolars, des de les escoles bressol fins al grau 12 (fins als 12 anys, al 6è curs de Primària) ^{8, **}. Ensenyar explícitament als estudiants a reconèixer i manipular fonemes (per exemple, a través de jocs d'aïllament i combinació, combinació i substitució, com en els exemples anteriors) es considera la millor pràctica basada en evidència d'investigació sòlida ^{p. ex., 10,11,p.2}. La **figura 1** resumeix algunes tasques de reconeixement fonètic.

Malauradament, dividir les paraules parlades en fonemes no és senzill. Per exemple, considera la paraula parlada *box*. Quants fonemes hi ha en aquesta paraula i quins són? Hi ha quatre fonemes al requadre de la paraula parlada: /b/ /o/ /k/ /s/. Si t'has equivocat en l'anàlisi fonètica, no estàs sol. Prova aquesta altra: quants fonemes hi ha en la paraula parlada *shoe* i quins són? Només hi ha dos fonemes en *shoe*: /sh/ i /oo/. Molts mestres en actiu i en formació són incapaços de dur a terme amb precisió tasques de recompte i manipulació de fonemes, com aquests exemples de segmentació de fonemes ^{p. ex., 12,13,14}. Als mestres els costa ensenyar als nens petits sobre els fonemes en les paraules parlades sense una comprensió adequada dels fonemes en si. Per sort, hi ha recursos per ajudar els docents a millorar el seu coneixement i instrucció fonèmica ^{p. ex., 11,15,16}.

El llenguatge parlat es processa en moltes regions del cervell. Per exemple, una àrea a la part superior del lòbul temporal (anomenada circumvolució/solc temporal superior posterior, **figura 2**) està especialitzada en el processament de la parla ^{p. ex., 17}. En els adults que escolten la parla, grups específics de neurones en aquesta regió són activats per sons específics de la parla, com ara /p/ o /m/ ^{18,19}. És a dir, aquesta regió codifica i processa el llenguatge parlat a nivell de fonemes. Aquesta mateixa regió temporal

* Ambdues parts d'aquest resum utilitzen l'anglès com a exemple de llengua alfabètica (llengua en què els símbols de l'alfabet imprès es corresponen amb els sons de l'idioma parlat). Llegir en tots els idiomes implica la correspondència entre el text imprès i la parla, però a diferents nivells (mides dels components). Totes dues parts d'aquest resum també fan referència als lectors principiants com a nens petits, però els mateixos principis s'apliquen als lectors principiants més grans i a adults.

** En concret, la naturalesa lingüística i la complexitat fonològica dels estímuls, juntament amb el requisit de produir una resposta verbal, són components de les tasques de consciència fonèmica que s'han relacionat amb la capacitat lectora posterior (en termes de descodificació) ⁹.

Phoneme substitution Say <i>rat</i> . Now change the /r/ to /m/. (<i>mat</i>)
Phoneme addition Say <i>rat</i> . Now add /b/ to the beginning of <i>rat</i> . (<i>brat</i>)
Phoneme deletion Say <i>rat</i> . Now say <i>rat</i> without the /r/. (<i>at</i>)
Phoneme segmentation What sounds are in the word <i>rat</i> ? (/r/ /a/ /t/)
Phoneme blending What word do the sounds /r/ /a/ /t/ make? (<i>rat</i>)
Phoneme categorization Which word does not belong? <i>rat</i> , <i>fan</i> , <i>run</i> (<i>fan</i>)
Phoneme identification Which word has the same first sound as <i>rat</i> ? <i>fan</i> , <i>bag</i> , <i>run</i> (<i>run</i>)
Phoneme isolation What is the first sound in the spoken word <i>rat</i> ? (/r/) What is the last sound in the spoken word <i>rat</i> ? (/t/)

Figura 1. Algunes tasques de consciència fonèmica, amb exemples, de més fàcil (a la part inferior) a més difícil (a la part superior). Observa que la tasca més difícil, la substitució de fonemes, depèn de moltes altres habilitats. Recorda també que la consciència fonèmica comporta el processament del so, raó per la qual l'escriptura no està involucrada en aquestes tasques, només les paraules i els sons parlats.

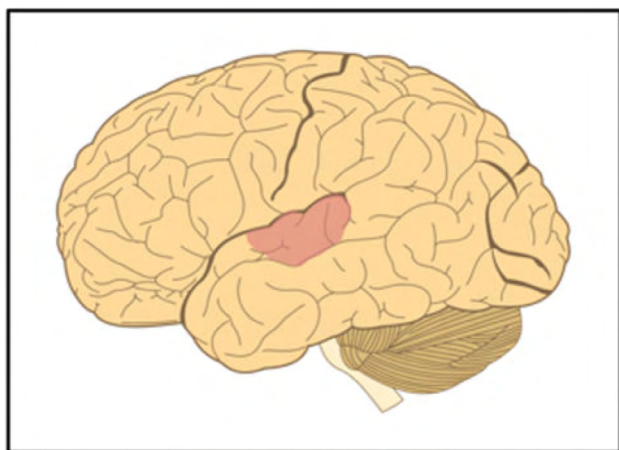


Figura 2. Vista de l'hemisferi esquerre del cervell humà amb la regió temporal posterior superior ombrejada amb rosa. Modificat de Hugh Geiney (ombrejat agregat) a Wikimedia Commons, CC BY-SA

sa en lectors fluids quan no hi ha entrada de so parlat procedent de l'entorn extern^{p. ex., 20, 21}. Això vol dir que ens valem del sistema de processament del llenguatge parlat al servei de la lectura^{p. ex., 22}.

Però encara hi ha més coses en aquesta història: aquest sistema de processament del llenguatge s'altera de manera sorprenent en el decurs de l'aprenentatge de la lectura^{p. ex., 23, 24, 25}. És a dir, aprendre a llegir arriba a canviar la forma com el cervell processa la parla. Després d'aprendre a llegir, "el processament de la parla implica automàticament la descomposició del so de la parla en fonemes constituents... El llenguatge mai no torna a ser el mateix"^{26, pp. 1010-1011}. Després de només un any d'ensenyament de la lectura, els nivells d'activació a la regió temporal superior augmenten quan els nens escolten el llenguatge parlat²⁷. Que els nens puguin identificar el mateix so /m/ en les paraules *mat*, *small* i *jam* és el resultat d'aprendre a llegir. En les llengües alfabètiques, aprendre a llegir és allò que ens permet processar la parla a nivell de fonemes i allò que reorganitza els sistemes neuronals de processament del llenguatge subjacents a aquesta habilitat².

Connectant la parla amb la lletra impresa: descodificació

Per tant, aprendre a llegir en idiomes alfabètics va de bracet de prendre consciència dels fonemes a la parla. També implica el coneixement de lletres i combinacions de lletres impreses;^{*} i, encara més important, comprendre que totes dues coses estan relacionades: que els sons del llenguatge es corresponen amb les lletres escrites. El principi alfabètic és la comprensió que hi ha relacions específiques entre els sons parlats i les lletres impreses. L'ensenyament de la lectura i la consciència fonològica es reforcen mútuament, perquè "la consciència fonològica ajuda els nens a descobrir el principi alfabètic... [i] aprendre a llegir l'escriptura alfabètica també desenvolupa la consciència fonològica i fonèmica"^{28, p. 9}. La tasca del lector principiant és aprendre quines lletres s'associen amb quins sons, l'anomenada *correspondència grafema-fonema*.

L'aprenentatge de les correspondències entre lletres (grafemes) i sons (fonemes) és la base de la

* Per a més informació sobre el desenvolupament del coneixement de les lletres, consulteu el resum d'aquesta sèrie *Alfabetització emergent: construir una base per aprendre a llegir*.

descodificació a l'inici de la lectura. La descodificació és el procés laboriós d'atendre cada lletra en una paraula impresa, assignar-la a un so i després combinar els sons per llegir la paraula. Per exemple, en començar a llegir, la paraula escrita *cat* en la pàgina es llegeix com /kuh/ /ahh/ /tuh/ i després aquests sons es barregen en la paraula parlada *cat*. La descodificació lletra per lletra depèn en part de la memòria verbal a curt termini, que prediu l'inici de la lectura a nivell de paraula²⁹.

Els *textos descodificables* són llibres que estan dissenyats per proporcionar una àmplia pràctica en la pronunciació de paraules basades en patrons (per exemple, *cat*, *hat*, *mat*, *sat*, *bat*) i es fan servir sovint en els plans d'estudi de fonètica.* Vegeu-ne un exemple en la **figura 3**. Els mètodes fonètics per ensenyar a llegir s'enfoquen a desenvolupar el coneixement de la correspondència grafema-fonema d'una manera explícita, sistemàtica i estructurada, i es consideren la millor manera d'ensenyar a llegir a idiomes alfabètics^{p. ex., 10, 31}. Hi ha una forta evidència a favor d'ensenyar als estudiants a descodificar al principi de la lectura per reconèixer paraules soltes, com una habilitat fonamental per ajudar en la lectura per a la comprensió¹¹.

La rapidesa amb què els nens aprenen a descodificar i llegir paraules depèn de la naturalesa del

llenguatge en qüestió^{p. ex., 32, 33, 34}. Això és així perquè la regularitat de les correspondències grafema-fonema varia entre els idiomes. Aquesta regularitat, o la manca d'aquesta, es coneix com *profunditat ortogràfica d'una llengua*; la informació de profunditat ortogràfica està representada a escala mundial en la **figura 4**. Quan les correspondències són molt uniformes (un grafema determinat gairebé sempre s'assigna al mateix fonema), com passa en idiomes amb una ortografia poc profunda com és l'italià, els nens poden aprendre totes les correspondències que s'aplicaran a totes les paraules durant el primer any (o fins i tot als mesos) d'ensenyament. Però quan les correspondències són menys consistents (un grafema determinat pot assignar-se a múltiples fonemes, com una *c* en anglès, que s'assigna a /k/ o /s/, com a *cat* o *city*), com passa en idiomes amb una ortografia profunda, cal més temps perquè es doni l'aprenentatge. Per exemple, els nens que aprenen a llegir en anglès necessiten, pel cap baix, dos anys més de formació per llegir al mateix nivell que els nens que aprenen a llegir en italià³².

Tant en nens com en adults, la informació visual de les lletres i el so del parla auditiva s'integren en les regions neurals al llarg de la part superior del lòbul temporal³⁵⁻³⁸. Les regions del solc temporal

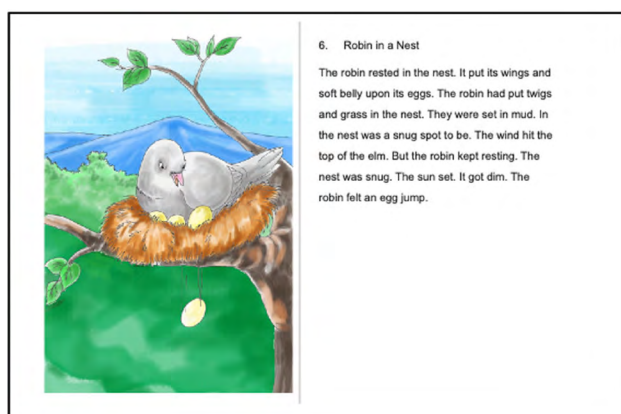


Figura 3. Exemple de text descodificable (ficció). http://www.freereading.net/w/images/f/f5/Decodable_Fiction_6.pdf, CC-BY SA 3.0 EE. UU.

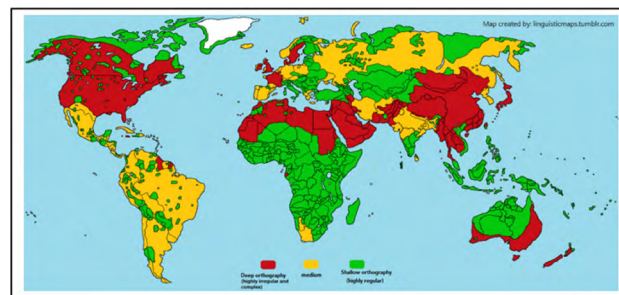


Figura 4. Profunditat ortogràfica, representada a tres nivells, encara que en realitat és un espectre, per als idiomes de tot el món. Atribució: R. Pereira. <https://linguisticmaps.tumblr.com/post/187856489343/orthographic-depth-languages-have-different-levels>

* Els textos descodificables exposen els nens a patrons repetits de lletres i sons (per exemple, *-at*) perquè, amb la pràctica, els lectors principiants finalment reconeixin el patró i no hagin de pronunciar cada element (per exemple, /at/ en lloc de /a/ /t/). Donats un vocabulari controlat (i, per tant, limitat) i un argument en els textos descodificables, els mestres poden considerar la possibilitat de complementar-los amb altres textos narratius i informatius que puguin llegir-se amb suport o ser llegits en veu alta. Aquests textos poden facilitar una exposició més àmplia al vocabulari i poden augmentar l'interès i la motivació per la lectura³⁰.

superior i del pla temporal/solc de Heschl estan ficades en els plecs de la part superior del lòbul temporal, com s'aprecia a la **figura 5**. Aquestes són les àrees que codifiquen les correspondències grafe-ma-fonema a mesura que els nens aprenen a llegir. Si bé aprendre quines que corresponen a cada so es pot aprendre en mesos en idiomes consistents, passar de construir associacions a integrar automàticament lletres i sons en noves representacions neuronals audiovisuals pot demanar anys d'experiència lectora^{37,39}.

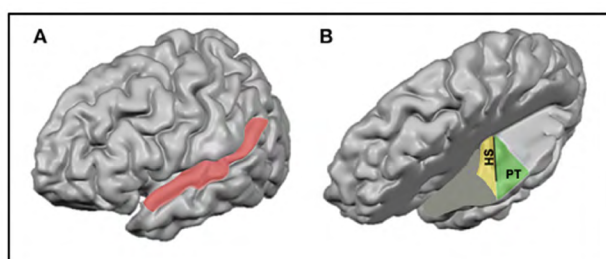


Figura 5. (A) Vista de l'hemisferi esquerre del cervell humà amb la regió temporal superior ombrejada amb rosa. (B) Vista interna des de la part superior del lòbul temporal esquerre amb àrees parietals eliminades per mostrar el solc de Heschl (HS) i el pla temporal (PT). Modificat de Michelle Moerel, Federico De Martini i Elia Formisano, 2014, Wikimedia Commons, CC-BY 3.0

Processament visual: percepció de paraules

La via visual ventral, que va des del lòbul occipital al llarg de la part inferior del lòbul temporal (**figura 6**), està especialitzada en el processament de textures, colors, patrons, formes i detalls fins^{p. ex., 40}. Aquests trets de qualsevol informació visual entrant es processen al llarg d'aquesta via. El processament neuronal de lletres i paraules es basa en gran manera en les especialitzacions d'aquesta part del sistema visual. Per exemple, el detall fi que distingeix una G d'una C, la forma de la lletra B com una línia vertical i dues corbes en una disposició específica, i els patrons de grafemes que comprenen seqüències significatives, com *cat* o *-ing*, aprofiten el que aporta aquesta via.

La lectura no només es nodreix de la via visual ventral, sinó que també es basa en aquesta ella i la

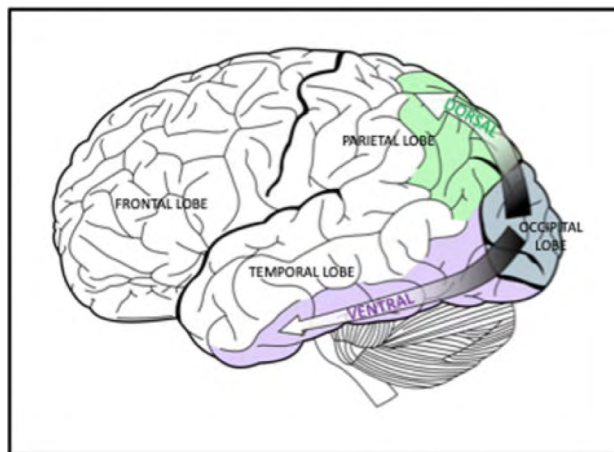


Figura 6. Vies de processament visual ventral (ombrejades amb violeta) i dorsal (ombrejades amb verd). (etiquetes afegides). Selket/Wikimedia Commons, llicència de documentació lliure GNU, CC BY-SA 3.0

transforma. En un estudi inicial, els investigadors van presentar a lectors adults fluids quatre tipus d'estímul: paraules reals (com ara, ANT), paraules inventades (per exemple, GEEL), cadenes de lletres (per exemple, VSHFFT) i cadenes de símbols similars a lletres⁴¹. En comparar les respostes neuronals a aquests diferents tipus d'estímul, els investigadors van observar una àrea al llarg de la via visual ventral que només estava activa per a les paraules reals i les inventades. Com que eren els estímul que visualment adoptaven la forma de les paraules en anglès, els investigadors van denominar aquesta zona *àrea visual de la forma de les paraules*. Es tractava d'un dels primers informes de neuroimatge d'una regió cerebral especialitzada en el processament d'objectes visuals que adoptaven la forma de "semblaven" paraules. Semblava que aquesta petita porció de còrtex estava sintonitzada amb l'ortografia de les paraules (**figura 7**). Des d'aleshores, aquesta troballa s'ha repetit moltes vegades i l'àrea de la forma visual de les paraules s'ha associat sistemàticament amb el processament ortogràfic automàtic de les paraules en lectors fluids^{p. ex., 42, 43-46}.

L'àrea visual de la forma de les paraules no s'activa amb la lletra impresa en persones que no saben llegir². Aprendre a llegir impulsa el desenvolupament i l'especialització de l'àrea de forma de paraula visual. Aquesta regió se sintonitza cada vegada més amb les paraules mitjançant l'experiència de lectura^{p. ex., 42, 44}. En essència, l'àrea visual de la forma de la paraula agafa forma dins la via visual ventral a mesura

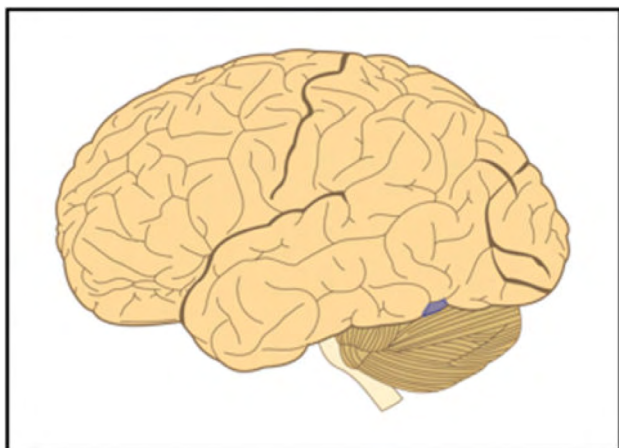


Figura 7. Una vista de l'hemisferi esquerre del cervell humà amb la ubicació aproximada de l'àrea visual de formació de paraules ombrejada amb violeta. Modificat de Hugh Geiney (ombregat agregat) a Wikimedia Commons, CC BY-SA.

que augmenta l'experiència en la lectura^{p. ex., 44, 47*}. Comença a especialitzar-se amb l'augment del coneixement de les lletres, el coneixement dels sons de les lletres i les habilitats de descodificació^{p. ex., 47, 49, 50}. De fet, els nivells d'activació a l'àrea visual de la forma de les paraules estan associats amb la capacitat de descodificació en lectors de 7 a 18 anys^{p. ex., 51}. D'això es dedueix que l'especialització de l'àrea visual de la forma de les paraules per al processament de text ortogràfic automàtic s'estén més enllà dels darrers anys de l'escola primària^{p. ex., 52, 53} fins a l'adolescència^{p. ex., 54}.

Processament visual: moviments oculars

La via visual dorsal, que va des del lòbul occipital a través del lòbul temporal posterior fins al lòbul parietal (figura 6), està especialitzada en el processament del moviment i la percepció de la profunditat^{p. ex., 40}. La contribució d'aquesta via de processament visual a la lectura pot ser menys òbvia, atès que no hi ha res que es mogui en una pàgina estàndard de text i la impressió no té profunditat. No obstant això, els ulls del lector necessiten moure's a través del text d'una pàgina, d'una manera acuradament calibrada i coordinada. Per exemple, tractar de llegir en anglès de

dreta a esquerra o saltar-se una línia de text segurament crearà problemes de comprensió. Per les seves especialitats principals, la via visual dorsal també està involucrada en el control oculomotor (moviments oculars)^{p. ex., 55}. Així doncs, aprendre a llegir també depèn de la via visual dorsal.

Els ulls dels lectors es mouen per la plana en una sèrie de parades i salts. Les parades s'anomenen *fixacions*, períodes durant els quals els ulls estan relativament quietes, i els salts es diuen *moviments sacàdics*, períodes en què els ulls es mouen cap a la fixació següent^{p. ex., 56}. Això s'il·lustra a la figura 8. Observar els moviments dels ulls d'un lector principiant mostra que les habilitats involucrades a moure els ulls amb fluïdesa a través del text en una plana demanen algun temps perquè s'aconsegueixi desenvolupar-les. En comparació amb els lectors fluids, els principiants presenten fixacions més llargues (els seus ulls romanen en un lloc de la plana durant més temps), moviments sacàdics més curts (mouen els ulls a la següent fixació només 1 o 2 lletres, en lloc de 7 a 9, com passa amb els lectors fluids) i més retorns (tornen enrere la mirada més sovint per examinar el text ja vist)^{p. ex., 56, 57, 58}. De mitjana, "els lectors principiants necessiten dues fixacions per identificar una paraula, mentre que els lectors adults només necessiten una fixació"^{58, p. 232}. Cal tenir en compte que fins i tot les lletres que no estan fixades es veuen, i d'això se'n diu *lapse de percepció*^{p. ex., 58**}. Cada lletra

The quick brown fox jumped over the lazy dog

Figura 8. Vinyeta d'una frase llegida amb fixacions (punts blaus, quan els ulls s'aturen breument) i moviments sacàdics (línies taronges, quan els ulls es mouen pel text) marcats. Per als lectors experts, les fixacions duren entre 200 i 250 mil·lisegons i la durada mitjana dels moviments sacàdics és de 7 a 9 espais entre lletres. Per als lectors principiants, les fixacions poden durar més de 300 mil·lisegons i la durada mitjana dels moviments sacàdics és molt més curta, de vegades només 1 o 2 espais entre lletres. La fixació i la durada dels moviments sacàdics també depenen de la familiaritat i la complexitat del text.

* Similar a altres àrees al llarg de la via visual ventral que es va especialitzant per a aus en observadors experts d'aus o per a automòbils en experts en automòbils⁴⁸.

** Com a lector fluid, la teva capacitat de percepció et permet veure de 7 a 9 espais de lletres a la dreta de la vostra fixació, encara que no tan clarament com les lletres dins la fixació, ja que estàs llegint en un idioma alfabètic que es llegeix d'esquerra a dreta, com l'anglès. En els idiomes alfabètics que es llegeixen de dreta a esquerra, l'interval de percepció s'estén a la mateixa distància cap a l'esquerra que els lectors fluids⁵⁹.

de la pàgina es processa visualment al llarg de la lectura. Amb la pràctica de la lectura, els moviments dels ulls en el transcurs de la lectura esdevenen més similars als dels adults. És probable que això passi quan el sistema visual dorsal aprèn “els moviments oculars especialitzats i els patrons d’atenció visual necessaris per llegir”^{60,p.72}. Per consegüent, quan aprenem a llegir, recorrem al processament que té lloc a la via visual dorsal i, alhora, el modifiquem.

Conclusió, part 1

Com que el cervell no està dissenyat per llegir, aprendre a llegir no succeeix de manera natural, sense instrucció⁶¹. Dit altrament, la lectura no és innata i els nens han d’aprendre les relacions sistemàtiques entre els sons de la parla i els símbols visuals en el seu(s) idioma(s): als nens se’ls ha d’ensenyar a llegir. Això vol dir que aprendre a llegir no és un mer conjunt d’habilitats tècniques, sinó també una pràctica

social, situada en un context cultural d’escolarització i altres entorns d’aprenentatge⁶².

A l’inici de l’ensenyament formal, aprendre a llegir en idiomes alfabètics depèn d’experiències estructurades amb els sons de l’idioma (fonemes) i les lletres i paraules impreses (grafemes), de la comprensió del principi alfabètic i de força pràctica en la tasca d’assignar grafemes a fonemes fins que les paraules es poden reconèixer i llegir automàticament.* Com s’ha comentat en aquest article, aquestes experiències recorren a múltiples xarxes de processament, alhora que les van construint i remodelant. L’ensenyament s’ha d’adreçar a totes aquestes habilitats a fi de cultivar un nen que pugui llegir, i a totes aquestes xarxes neuronals a fi de construir un cervell que pugui llegir.

Amb tot, aprendre a llegir paraules no s’acaba aquí; són molts els processos que s’han de produir de manera concertada. En la segona part d’aquest resum, *Desenvolupar un cervell que pugui llegir, part 2: vocabulari i significat*, s’analitzen altres aspectes clau de l’inici de la lectura.

Referències

1. Dehaene, S. Reading in the brain: the science and evolution of a human invention. (Viking, 2009).
2. Dehaene, S. et al. How learning to read changes the cortical networks for vision and language. *Science* 330, 1359-1364, doi:10.1126/science.1194140 (2010).
3. World Literacy Foundation. The economic and social costs of illiteracy. (World Literacy Foundation, Melbourne, Australia, 2018).
4. Treiman, R. The foundations of literacy. *Current Directions in Psychological Science* 9, 89-92, doi:10.1111/1467-8721.00067 (2000).
5. Anthony, J. L. & Francis, D. J. Development of phonological awareness. *Current Directions in Psychological Science* 14, 255-259, doi:10.1111/j.0963-7214.2005.00376.x (2005).
6. Høien, T., Lundberg, I., Stanovich, K. E. & Bjaalid, I.-K. Components of phonological awareness. *Reading and Writing* 7, 171-188, doi:10.1007/BF01027184 (1995).
7. Melby-Lervåg, M., Halaas, S.-A. H. & Hulme, C. Phonological skills and learning to read: a meta-analytic review. *Psychol. Bull.* 138, 322-352, doi:10.1037/a0026744 (2012).
8. Calfee, R. C., Lindamood, P. & Lindamood, C. Acoustic-phonetic skills and reading – Kindergarten through twelfth grade. *J. Educ. Psychol.* 64, 293-298, doi:10.1037/h0034586 (1973).
9. Cunningham, A. J., Witton, C., Talcott, J. B., Burgess, A. P. & Shapiro, L. R. Deconstructing phonological tasks: the contribution of stimulus and response type to the prediction of early decoding skills. *Cognition* 143, 178-186, doi:10.1016/j.cognition.2015.06.013 (2015).
10. National Institute of Child Health and Human Development. Report of the National Reading Panel. Teaching children to read: an evidence-based assessment of the scientific research literature on reading and its implications for reading instruction (NIH Publication No. 00-4769). (U.S. Government Printing Office, Washington, DC, 2000).
11. Foorman, B. et al. Foundational skills to support reading for understanding in kindergarten through 3rd grade. (National Center for Education Evaluation and Regional Assistance (NCEE), Institute of Education Sciences, U.S. Department of Education, Washington, DC, 2016).
12. Bos, C., Mather, N., Dickson, S., Podhajski, B. & Chard, D. Perceptions and knowledge of preservice and inservice educators about early reading instruction. *Annals of Dyslexia* 51, 97-120, doi:10.1007/s11881-001-0007-0 (2001).
13. Cheesman, E. A., McGuire, J. M., Shankweiler, D. & Coyne, M. First-year teacher knowledge of phonemic awareness and its instruction. *Teacher Education and Special Education* 32, 270-289, doi:10.1177/0888406409339685 (2009).
14. Stainthorp, R. Use it or lose it. *Literacy Today*, 16-17 (2003).
15. Moats, L. C. Speech to print: language essentials for teachers. (Paul H. Brookes, 2000).

* D’això es dedueix que és recomanable fer proves bàsiques de visió i audició molt abans que comenci l’aprenentatge formal de la lectura; si un nen no pot veure els grafemes o sentir els fonemes amb claredat, el procés es veurà compromès.

16. Lindamood, P., Bell, N. & Lindamood, P. Sensory-cognitive factors in the controversy over reading instruction. *Journal of Developmental and Learning Disorders* 1, 143-182 (1997).
17. Binder, J. R. et al. Human temporal lobe activation by speech and nonspeech sounds. *Cereb. Cortex* 10, 512-528, doi:10.1093/cercor/10.5.512 (2000).
18. Mesgarani, N., Cheung, C., Johnson, K. & Chang, E. F. Phonetic feature encoding in human superior temporal gyrus. *Science* 343, 1006-1010, doi:10.1126/science.1245994 (2014).
19. Chang, E. F. et al. Categorical speech representation in human superior temporal gyrus. *Nat. Neurosci.* 13, 1428-1433, doi:10.1038/nn.2641 (2010).
20. Joubert, S. et al. Neural correlates of lexical and sublexical processes in reading. *Brain Lang.* 89, 9-20, doi:10.1016/S0093-934X(03)00403-6 (2004).
21. Simos, P. G. et al. Brain mechanisms for reading: the role of the superior temporal gyrus in word and pseudoword naming. *Neuroreport* 11, 2443-2447, doi:10.1097/00001756-200008030-00021 (2000).
22. Moats, L. C. *Speech to print: language essentials for teachers*. 2nd edn, (Paul H. Brookes, 2010).
23. Brennan, C., Cao, F., Pedroarena-Leal, N., McNorgan, C. & Booth, J. R. Reading acquisition reorganizes the phonological awareness network only in alphabetic writing systems. *Hum. Brain Mapp.* 34, 3354-3368, doi:10.1002/hbm.22147 (2013).
24. Castro-Caldas, A., Petersson, K. M., Reis, A., Stone-Elander, S. & Ingvar, M. The illiterate brain: Learning to read and write during childhood influences the functional organization of the adult brain. *Brain* 121, 1053-1063, doi:10.1093/brain/121.6.1053 (1998).
25. Nation, K. & Hulme, C. Learning to read changes children's phonological skills: evidence from a latent variable longitudinal study of reading and nonword repetition. *Developmental Science*, doi:10.1111/j.1467-7687.2010.01008.x (2010).
26. Frith, U. Literally changing the brain. *Brain* 121, 1011-1012, doi:10.1093/brain/121.6.1011 (1998).
27. Monzalvo, K. & Dehaene-Lambertz, G. How reading acquisition changes children's spoken language network. *Brain Lang.* 127, 356-365, doi:10.1016/j.bandl.2013.10.009 (2013).
28. Pang, E. S., Muaka, A., Bernhardt, E. B. & Kamil, M. L. Teaching reading. *Education Practices Series-12*. (International Bureau of Education, International Academy of Education, Geneva, Switzerland, 2003).
29. Cunningham, A. J., Burgess, A. P., Witton, C., Talcott, J. B. & Shapiro, L. R. Dynamic relationships between phonological memory and reading: a five year longitudinal study from age 4 to 9. *Developmental Science*, 1-18, doi:10.1111/desc.12986 (2020).
30. Templeton, S. & Gehsmann, K. M. *Teaching reading and writing: the developmental approach*. (Pearson, 2014).
31. National Research Council. *Preventing reading difficulties in young children*. (National Academy Press, 1998).
32. Seymour, P. H. K., Aro, M. & Erskine, J. M. Foundation literacy acquisition in European orthographies. *Br. J. Psychol.* 94, 143-174, doi:10.1348/000712603321661859 (2003).
33. Ziegler, J. C. & Goswami, U. Becoming literate in different languages: similar problems, different solutions. *Developmental Science* 9, 429-453 (2006).
34. Caravolas, M., Lervåg, A., Defior, S., Málková, G. S. & Hulme, C. Different patterns, but equivalent predictors, of growth in reading in consistent and inconsistent orthographies. *Psychological Science* 24, 1398-1407, doi:10.1177/0956797612473122 (2013).
35. Blau, V. et al. Deviant processing of letters and speech sounds as proximate causes of reading failure: a functional magnetic resonance imaging study of dyslexic children. *Brain* 133, 868-879, doi:10.1093/brain/awp308 (2010).
36. van Atteveldt, N., Formisano, E., Goebel, R. & Blomert, L. Integration of letters and speech sounds in the human brain. *Neuron* 43, 271-282, doi:10.1016/j.neuron.2004.06.025 (2004).
37. Blomert, L. The neural signature of orthographic-phonological binding in successful and failing reading development. *Neuroimage* 57, 695-703, doi:10.1016/j.neuroimage.2010.11.003 (2011).
38. Richlan, F. The functional neuroanatomy of letter-speech sound integration and its relation to brain abnormalities in developmental dyslexia. *Frontiers in Human Neuroscience* 13, 1-8, doi:10.3389/fnhum.2019.00021 (2019).
39. Froyen, D. J. W., Bonte, M. L., van Atteveldt, N. & Blomert, L. The long road to automation: neurocognitive development of letter-speech sound processing. *J. Cogn. Neurosci.* 21, 567-580, doi:10.1162/jocn.2009.21061 (2009).
40. Livingstone, M. & Hubel, D. Segregation of form, color, movement, and depth: anatomy, physiology, and perception. *Science* 240, 740-749, doi:10.1126/science.3283936 (1988).
41. Petersen, S. E., Fox, P. T., Posner, M. I., Mintun, M. & Raichle, M. E. Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single-word processing. *Nature* 331, 585-589, doi:10.1038/331585a0 (1988).
42. Cohen, L. & Dehaene, S. Specialization within the ventral stream: the case for the visual word form area. *Neuroimage* 22, 466-476, doi:10.1016/j.neuroimage.2003.12.049 (2004).
43. Cohen, L. et al. Language-specific tuning of visual cortex? Functional properties of the Visual Word Form Area. *Brain* 125, 1054-1069, doi:10.1093/brain/awf094 (2002).
44. McCandliss, B. D., Cohen, L. & Dehaene, S. The visual word form area: expertise for reading in the fusiform gyrus. *Trends in Cognitive Sciences* 7, 293-299, doi:10.1016/S1364-6613(03)00134-7 (2003).
45. Glezer, L. S., Jiang, X. & Riesenhuber, M. Evidence for highly selective neuronal tuning to whole words in the "visual word form area". *Neuron* 62, 199-204, doi:10.1016/j.neuron.2009.03.017 (2009).
46. Dehaene, S. & Cohen, L. The unique role of the visual word form area in reading. *Trends in Cognitive Sciences* 15, 254-262, doi:10.1016/j.tics.2011.04.003 (2011).
47. Wandell, B. A., Rauschecker, A. M. & Yeatman, J. D. Learning to see words. *Annu. Rev. Psychol.* 63, 31-53, doi:10.1146/annurev-psych-120710-100434 (2012).
48. Gauthier, I., Skudlarski, P., Gore, J. C. & Anderson, A. W. Expertise for cars and birds recruits brain areas involved in face recognition. *Nat. Neurosci.* 3, 191-197, doi:10.1038/72140 (2000).

49. Brem, S. et al. Brain sensitivity to print emerges when children learn letter-speech sound correspondences. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107, 7939-7944, doi:10.1073/pnas.0904402107 (2010).
50. Centanni, T. et al. Early development of letter specialization in left fusiform is associated with better word reading and smaller fusiform face area. *Developmental Science* 21, e12658, doi:10.1111/desc.12658 (2018).
51. Shaywitz, B. A. et al. Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia. *Biol. Psychiatry* 52, 101-110, doi:10.1016/S0006-3223(02)01365-3 (2002).
52. Coch, D. & Meade, G. N1 and P2 to words and wordlike stimuli in late elementary school children and adults. *Psychophysiology* 53, 115-128, doi:10.1111/psyp.12567 (2016).
53. Eddy, M. D., Grainger, J., Holcomb, P. J., Mitra, P. & Gabrieli, J. D. E. Masked priming and ERPs dissociate maturation of orthographic and semantic components of visual word recognition in children. *Psychophysiology* 51, 136-141, doi:10.1111/psyp.12164 (2014).
54. Brem, S. et al. Evidence for developmental changes in the visual word processing network beyond adolescence. *Neuroimage* 29, 822-837, doi:10.1016/j.neuroimage.2005.09.023 (2006).
55. Boden, C. & Giaschi, D. M-stream deficits and reading-related visual processes in developmental dyslexia. *Psychol. Bull.* 133, 346-366, doi:10.1037/0033-2909.133.2.346 (2007).
56. Rayner, K., Foorman, B. R., Perfetti, C. A., Pesetsky, D. & Seidenberg, M. S. How psychological science informs the teaching of reading. *Psychological Science in the Public Interest* 2, 31-74, doi:10.1111/1529-1006.00004 (2001).
57. Blythe, H. I. Developmental changes in eye movements and visual information encoding associated with learning to read. *Current Directions in Psychological Science* 23, 201-207, doi:10.1177/0963721414530145 (2014).
58. Rayner, K. Eye movements and the perceptual span in beginning and skilled readers. *J. Exp. Child Psychol.* 41, 211-236, doi:10.1016/0022-0965(86)90037-8 (1986).
59. Jordan, T. R. et al. Reading direction and the central perceptual span: evidence from Arabic and English. *Psychonomic Bulletin & Review* 21, 505-511, doi:10.3758/s13423-013-0510-4 (2014).
60. Wandell, B. A. The neurobiological bases of seeing words. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1224, 63-80, doi:10.1111/j.1749-6632.2010.05954.x (2011).
61. Goodman, K. S. & Goodman, Y. M. Learning to read is natural. In *Theory and practice of early reading* Vol. 1 (eds L.B. Resnick & P.A. Weaver) 137-154 (Erlbaum, 1979).
62. Street, B. Learning to read from a social practice view: ethnography, schooling and adult learning. *Prospects*, 46, 335-344, doi:10.1007/s11125-017-9411-z (2016)