

## Experiències i perspectives

# Els exàmens com a font d'estrès. Com les avaluacions poden afectar l'aprenentatge a través de l'estrès

David Bueno<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Director de la Càtedra de Neuroeducació UB-EDU1ST. Secció de Genètica Biomèdica, Evolutiva i del Desenvolupament, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona.

### \*Correspondència

David Bueno i Torrens  
dbueno@ub.edu

### Citació

Bueno D. Els exàmens com a font d'estrès. Com les avaluacions poden afectar l'aprenentatge a través de l'estrès. JONED. Journal of Neuroeducation. 2021; 2(1): 72-85. doi: 10.1344/joned.v2i1.34880

### Article original

Publicat l'11 de febrer de 2021 al Science of Learning Portal de la International Bureau of Education de la Unesco (<https://solportal.ibe-unesco.org/articles/exams-as-a-source-of-stress-how-assessments-may-affect-learning-through-stress/>)

Aquest article forma part d'una sèrie d'informes realitzats per l'autor per a la International Bureau of Education de la UNESCO, amb una *senior fellowship* concedida per la International Brain Research Organisation (IBRO). Aquest programa té com a objectiu recolzar i apropar la investigació neurocientífica sobre l'aprenentatge i el cervell a educadors, responsables polítics i governs.

Traduït i reproduït amb permís.

### Editora

Laia Lluç Molins (Universitat de Barcelona, España)

### Revisors de l'article original

Donna Coch (Departament of Education, Dartmouth College, EUA) i Joel Talcott (Aston Neuroscience Institute, Aston University, Birmingham, UK)

*El manuscrit ha estat acceptat per tots els autors, en el cas d'haver-ne més d'un, i les figures, taules i imatges no estan subjectes a cap tipus de Copyright.*

## Resum

Les situacions estressants com els exàmens poden afectar el procés d'aprenentatge i la memòria de diferents maneres. Tanmateix, quan els estudiants han d'analitzar informació nova que sigui rellevant per a l'examen i aplicar els coneixements a una situació nova, aquestes avaluacions poden contribuir a reforçar les habilitats i a consolidar la memòria.

**Paraules clau:** emocions i aprenentatge; aprenentatge eficaç al llarg de la vida; qualitat, equitat i rellevància de l'educació i l'aprenentatge

## Resum executiu

- Els mètodes d'avaluació i examen tenen un impacte profund en la forma en què estudien els estudiants, què aprenen i en la manera en què utilitzen posteriorment els nous coneixements, que van des de coneixements principalment conceptuals fins a habilitats i destreses, i des de l'aprenentatge superficial a l'aprenentatge profund.
- Els exàmens i les avaluacions tradicionals poden exercir una pressió estressant sobre els estudiants que pot afectar tant el procés d'aprenentatge com la formació de la memòria de diferents maneres. No obstant això, les respostes a l'estrès depenen del temperament de cada individu, entre altres factors.
- Els efectes de l'estrès sobre la memòria depenen de la fase particular del procés de memòria, per exemple, la codificació, la consolidació o la recuperació, així com de la temporalitat de l'estrès respecte a l'activitat d'aprenentatge o la fase del procés de memòria.
- Normalment, la temporalitat dels exàmens respecte a la fase de memòria o l'activitat d'aprenentatge fa que l'estrès que aquestes avaluacions puguin generar perjudiqui la consolidació de la memòria, fent que el procés d'aprenentatge general sigui menys eficaç.
- Quan l'examen es combina amb l'adquisició de nous aprenentatges i coneixements que siguin percebuts com a rellevants per a la situació, o quan l'aprenentatge i les proves tenen lloc en el mateix context, la memòria no experimenta els efectes perjudicials de l'estrès. Aquests mètodes poden contribuir a consolidar la memòria, fent que el procés d'aprenentatge sigui més eficient.

## Introducció

Una de les qüestions principals que es plantegen en l'educació és el paper dels exàmens, és a dir, per a què serveixen. Les avaluacions s'utilitzen per verificar si un estudiant està qualificat, encara que també es poden fer servir per a altres motius, per exemple per monitorar el progrés i com una eina educativa per influir en el procés d'aprenentatge, inclosa la consolidació de la memòria, com és el cas de la retroalimentació amb els estudiants. Les qualificacions dels exàmens es poden utilitzar com a criteri de selecció per determinar l'accés dels estudiants a determinades escoles de formació professional o estudis universitaris mitjançant una classificació numèrica que alguns poden interpretar com un "punt final" educatiu, si no s'aconsegueix una qualificació suficient, encara que per a altres pot servir d'estímul per seguir avançant. La disposició temperamental cap a l'estrès i l'ansietat pot contribuir a aquestes diferents respostes<sup>1</sup>, però el mètode d'examen utilitzat, així com l'anomenat "efecte de prova", també poden tenir un paper important<sup>2,3</sup>.

El mètode d'examen i la tipologia de preguntes que s'utilitzen per avaluar els coneixements dels estudiants sobre un tema determinat també poden tenir un impacte considerable en com i quan els estudiants estudien, què aprenen i com utilitzen posteriorment els nous coneixements<sup>4</sup>. A més, els exàmens oficials, que depenen de la política educativa i la legislació de cada país o regió, com els que permeten l'accés a estudis superiors (com les proves d'ingrés a la universitat), poden influir en la forma en què els professors ensenyen<sup>5</sup> i, en conseqüència, en la forma en què els estudiants estudien i aprenen. En poques paraules, si una avaluació és principalment una prova de coneixements conceptuals, s'espera que els estudiants aprenguin, memoritzin i recordin fets i detalls. En canvi, si una avaluació requereix la capacitat d'interpretar, donar exemples, resumir, comparar, explicar, aplicar, analitzar, avaluar o sintetitzar, els estudiants hauran de centrar-se més en les habilitats. Per descomptat, fins i tot si l'avaluació és principalment de coneixements conceptuals, els estudiants encara poden aprendre a interpretar, comparar, aplicar, analitzar, etc., però la tendència serà centrar-se més en fets i detalls per obtenir la millor qualificació. Per contra, si l'avaluació és principalment d'habilitats i destreses, els estudiants encara han d'aprendre

fets i detalls (en cas contrari, no tindran prou material per aplicar les seves habilitats), però tendiran a enfocar-se més en aquestes habilitats. El mateix es pot dir d'altres tipus d'avaluació, incloses les que combinen diferents sistemes d'examen. L'ús de qualsevol mètode específic o la combinació de diferents mètodes, és a dir, exàmens basats en fets o basats en habilitats, així com la forma precisa com estan dissenyats (assaig, prova d'opció múltiple, examen de llibres oberts, etc.; vegeu a continuació una discussió sobre els mètodes d'examen) depèn de diversos factors, com les polítiques educatives, els centres educatius i els sistemes d'ensenyament, i varia en tot el món.

A banda d'aquestes consideracions, els exàmens i les avaluacions poden exercir una pressió estressant sobre els estudiants. De fet, els esdeveniments estressants són bastant comuns en entorns educatius, tant per als estudiants com per als professors. No obstant això, l'estrès pot tenir un impacte advers crític en els processos d'aprenentatge i memòria<sup>6,7</sup> i, portat a un extrem en què es torna crònic, també pot contribuir a alguns trastorns cerebrals, com depressió major i trastorn per estrès posttraumàtic<sup>8</sup>. S'han realitzat molts estudis per aclarir els efectes de l'estrès en l'aprenentatge i la memòria, tant en humans com animals model. Els efectes de l'estrès són complexos, i tant produeixen millores com deterioraments en la memòria i l'aprenentatge, així com en el control de les funcions executives, com són els sistemes atencionals, la memòria de treball, la inhibició (gestió emocional) i la flexibilitat cognitiva, entre altres<sup>9,10</sup>, en funció del procés cognitiu específic, l'etapa de desenvolupament de l'estudiant (des de la infantesa fins a l'edat adulta), el temperament, etcètera<sup>5,11</sup> (vegeu més endavant la discussió sobre aquests temes).

Per tant, tot i que l'avaluació és crucial per a monitorar l'efectivitat tant de l'ensenyament com de l'aprenentatge i per verificar si un estudiant està qualificat, al mateix temps, els mètodes d'avaluació donen forma a com els estudiants enfoquen l'aprenentatge, quant aprenen i què aprenen (és a dir, el contingut)<sup>12,13</sup>. En aquest context, l'estrès generat pels exàmens i les avaluacions pot afectar el procés d'aprenentatge des de "dins", és a dir, des dels mecanismes neuronals que vinculen les respostes a l'estrès i l'aprenentatge. En conseqüència, tant els professors com els estudiants, els avaluadors, els

dissenyadors de plans d'estudi, els responsables polítics, les institucions i les administracions es veuen afectats, d'alguna manera, pels mètodes d'avaluació i examen.

En aquest informe es discuteixen els efectes dels exàmens i de les avaluacions sobre les respostes a l'estrès i, en conseqüència, sobre el procés d'aprenentatge. No pretén ser una revisió dels sistemes d'avaluació actuals o de les polítiques educatives a tot el món, que difereixen substancialment segons les polítiques nacionals i regionals<sup>14</sup>, les tradicions educatives, els recursos tècnics disponibles, etcètera, sinó proporcionar idees i hipòtesis que puguin ajudar a repensar el paper que poden exercir els exàmens i quin tipus d'exàmens poden complir millor aquesta funció, per informar els gestors de polítiques educatives i als docents, i per orientar la investigació futura en neurociència educativa cap al desenvolupament i progrés en aquesta àrea. Per assolir aquest objectiu, aquest article resumirà, primer, com la tipologia d'exàmens pot influir en l'aprenentatge i, a partir d'aquí, considerarà els efectes de l'estrès en la consolidació de la memòria i en les funcions executives en diferents escenaris.

### Com la tipologia dels exàmens pot influir en l'aprenentatge: una visió general

L'evocació de la memòria, que és una activitat cognitiva crucial durant els exàmens, és un procés actiu que pot alterar el contingut i l'accessibilitat dels records emmagatzemats. Encara que aquest efecte de prova sovint es torna visible només amb el temps<sup>2,3</sup>, és de rellevància per a la pràctica educativa, ja que s'ha demostrat que la recuperació de la memòria fomenta una retenció millor que el simple estudi<sup>3</sup> (p. ex., l'ús de targetes per a estudiar, que depenen de la recuperació). No obstant això, l'estrès, que és una resposta fisiològica davant d'una amenaça potencial i que és bastant comú durant els exàmens i també durant el procés de preparació, també pot afectar el procés d'aprenentatge i la formació de la memòria de diferents maneres<sup>6,7</sup>, la qual cosa, al seu torn, pot significar que les avaluacions poden produir efectes contradictoris en aquests processos.

Tradicionalment s'utilitzen diverses formes d'examen i d'avaluació, cadascuna de les quals té característiques específiques que poden influir en l'ensenyament i l'aprenentatge de diferents maneres<sup>15</sup>:

- Exàmens escrits, que poden incloure preguntes de resposta curta i de redacció més llarga o d'assaig. Les preguntes de resposta curta s'utilitzen principalment per provar com els estudiants recorden fets específics (encara que no és necessari, ja que, per exemple, és bastant fàcil generar preguntes de resposta curta que demanin als estudiants que comparin i contrastin dues coses). Per contra, les preguntes de redacció o assaig poden donar una millor avaluació de com els estudiants han entès un tema i de les seves capacitats per aplicar els coneixements i realitzar anàlisis, i per comparar, avaluar i sintetitzar (vegeu l'annex per a un exemple).
- Proves d'opció múltiple, que s'utilitzen principalment per centrar-se en el coneixement detallat dels fets i conceptes.
- Exàmens a llibre obert, en els quals els estudiants poden utilitzar llibres de text i altres materials. Aquests exàmens poden ser útils per avaluar la comprensió i la capacitat dels estudiants per aplicar els coneixements i seleccionar informació rellevant.
- Avaluació per ordinador, que pot incloure preguntes d'opció múltiple, però també problemes interactius que els estudiants hagin de desenvolupar sobre l'ús del programari, combinant així coneixements i habilitats.
- Exàmens per portar a casa, en els quals les tasques s'utilitzen per avaluar la comprensió i la capacitat dels estudiants per aplicar coneixements i seleccionar i sintetitzar informació rellevant, possiblement disminuint la pressió de disposar d'un temps molt limitat per resoldre'ls.
- Exàmens orals, que són útils per posar a prova el coneixement i la comprensió d'un tema per part dels estudiants de forma dinàmica i interactiva, incloent-hi les seves habilitats d'aplicació, anàlisi, integració, argumentació i síntesi d'informació. A més, la retroalimentació directa en l'examen permet que els estudiants aprenguin immediatament de l'examen, i també s'ha demostrat que presentar els coneixements en veu alta contribueix a la seva consolidació<sup>16</sup>. No obstant això, l'acompliment d'alguns estudiants quan s'enfronten a un examen oral es pot veure afectat pel seu temperament.
- Redacció d'informes i presentacions orals o pòsters de tasques dutes a terme, en què es prova la capacitat dels estudiants per realitzar tasques i

aplicar coneixements a situacions desconegudes, inclosos l'anàlisi i la síntesi, així com per escriure i presentar els resultats.

El primer treball sobre l'efecte dels exàmens escrits en l'aprenentatge i en la retenció dels coneixements es remunta a 1938<sup>17</sup>. Una de les principals conclusions d'aquest treball fundacional és que "l'ús d'exàmens estimula l'assoliment en un grau significatiu, [...] però encara no hi ha evidències que demostrin que aquest major assoliment [...] persisteixi després de sis setmanes o de tres mesos". Molt més recentment, diversos treballs han analitzat els efectes de la tipologia d'exàmens sobre com i què aprenen els estudiants. Per exemple, en comparar un treball de fi de curs de tipus assagístic realitzat per estudiants de segon any d'educació de la Universitat de Sydney amb un altre d'opció múltiple<sup>4</sup>, es va veure que els estudiants tenien més probabilitats d'emprar enfocaments d'aprenentatge superficial en el context de l'examen d'opció múltiple i de percebre aquests com una avaluació del processament intel·lectual basat en els coneixements. Per contra, els estudiants eren més propensos a emprar enfocaments d'aprenentatge profund en preparar les seves tasques d'assaig, que percebien com una avaluació de nivells més alts de processament cognitiu. A més, un acompliment deficient en la tasca d'assaig es va associar amb l'ús d'estratègies d'aprenentatge superficial, i un acompliment deficient en la tasca d'opció múltiple es va associar amb l'ús d'estratègies d'aprenentatge profund. Les estratègies d'aprenentatge superficial es poden definir de manera simple com memoritzar únicament el que es necessita per a un examen<sup>18</sup>. Es diu que els estudiants que utilitzen l'aprenentatge superficial tendeixen a ser més passius i a veure l'aprenentatge com una forma d'afrontar les tasques per poder aprovar l'avaluació<sup>18</sup>. Per contra, els estudiants que adopten un enfocament d'aprenentatge profund busquen comprendre el significat, i és més probable que tinguin una curiositat genuïna sobre el tema d'estudi i de les seves connexions amb altres temes<sup>18</sup>. Es diu que aquests estudiants poden gaudir de l'aprenentatge social, incloent-hi la discussió de diferents punts de vista<sup>19</sup>. També s'ha demostrat que l'aprenentatge actiu augmenta el rendiment dels estudiants en ciències, enginyeria i matemàtiques<sup>20</sup>, i que l'aprenentatge basat en problemes millora l'aprenentatge profund<sup>21</sup>.

En un altre treball, centrat en estudis d'idiomes<sup>22</sup>, els efectes o influències positius dels exàmens es van resumir en els punts següents: (1) indueixen els professors a cobrir les seves matèries més a fons; (2) motiven als estudiants a treballar més fort per obtenir un sentit d'assoliment i així millorar l'aprenentatge [encara que principalment l'aprenentatge de conceptes], i (3), si són bons, es poden utilitzar i dissenyar com activitats beneficioses d'ensenyament-aprenentatge per fomentar l'ensenyament positiu. De la mateixa manera, es van descriure els següents efectes negatius dels exàmens: (1) encoratgen als mestres a reduir el pla d'estudis i perdre temps d'instrucció, la qual cosa porta a "ensenyar per a la prova"; (2) indueixen ansietat tant en els professors com en els estudiants i distorsionen el seu rendiment [vegeu la discussió sobre estrès i aprenentatge, més endavant]; (3) és possible que els estudiants no aprenguin coneixements de la vida real, sinó aspectes puntuals relacionats amb l'examen, i (4) pot fer que els estudiants facin una associació negativa amb les proves, la qual cosa, en conseqüència, pot alterar la seva motivació d'aprenentatge.

Una manera d'aprofitar els efectes positius dels diferents mètodes d'examen i disminuir la incidència dels negatius és utilitzar una combinació dels diferents mètodes per a realitzar avaluacions. Encara que, en l'actualitat, la majoria de les estratègies pedagògiques i de les polítiques educatives utilitzen aquesta idea, l'autor considera que és important emfatitzar aquests aspectes, ja que aquest treball està pensat perquè pugui ser utilitzat en tot el món. També val la pena assenyalar que els mètodes d'examen centrats a provar la capacitat d'aplicar els coneixements a situacions particulars i elaborar anàlisis, comparacions i avaluacions es poden aplicar no només de forma individual sinó també a grups d'estudiants, per provar la seva capacitat per treballar en col·laboració<sup>23-25</sup>. Això també pot ser útil per avaluar la pràctica docent quan s'ha utilitzat aquesta estratègia (el treball col·laboratiu) durant la docència. No obstant això, el denominador comú de tots els exàmens és que per a alguns o fins i tot per a molts estudiants generen estrès, la qual cosa pot tenir efectes contradictoris.

Finalment, és important assenyalar que la utilització de la varietat de mètodes d'examen esmentats anteriorment depèn no només de les polítiques i tradicions educatives, sinó també de la disponibilitat

dels materials i instruments necessaris, com llibres de text per a exàmens a llibre obert, ordinadors i connectivitat a internet per a avaluacions per ordinador, espais apropiats i suport adequat dels pares o cuidadors per als exàmens a casa, etcètera. Aquests factors, al seu torn, també, estan influenciats per les diferències regionals i el nivell socioeconòmic, encara que no de forma exclusiva<sup>26</sup>.

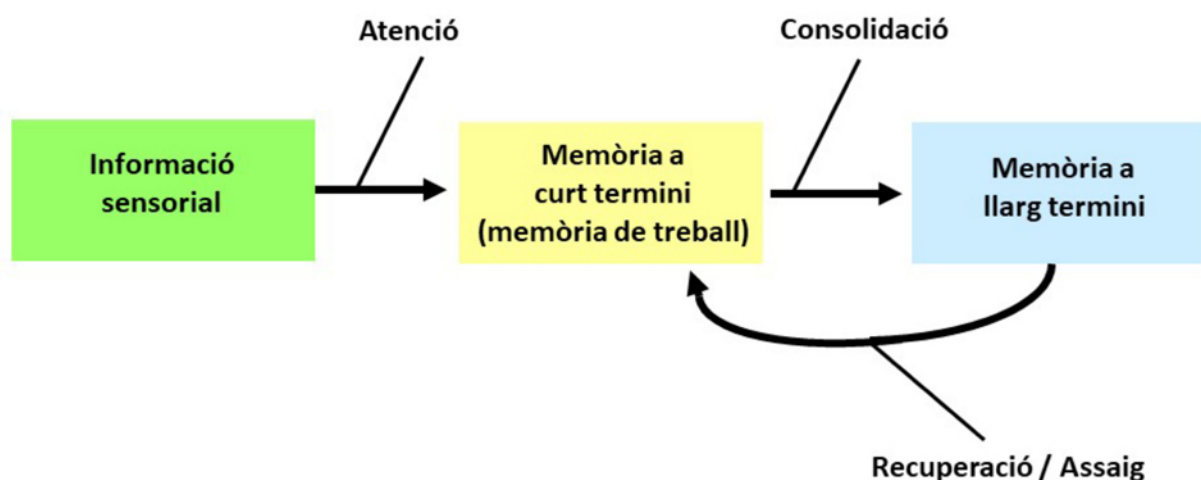
## Recuperació i consolidació de la memòria

Com s'ha dit anteriorment, la recuperació de la memòria, que és una activitat cognitiva crucial durant els exàmens, contribueix a fer que es consolidi. La consolidació de la memòria es refereix al procés mitjançant el qual una memòria làbil temporal es transforma en una forma més estable i duradora (figura 1). Es va proposar per primera vegada el 1900<sup>27</sup> per explicar el fenomen pel qual el material après segueix sent vulnerable a la interferència durant un període de temps després de l'aprenentatge. Durant la consolidació de la memòria, és a dir, durant la reorganització gradual dels sistemes cerebrals que sustenten la memòria<sup>28,29</sup>, l'hipocamp guia la reorganització de la informació emmagatzemada en el neocòrtex<sup>30</sup>. L'hipocamp és part del sistema límbic i juga un paper important en la consolidació de la informació de la memòria a curt termini a la memòria a llarg termini, i també en la memòria espacial que permet la navegació. Al seu torn, el neocòrtex és part de l'escorça cerebral del cervell humà, i és on s'origina

el funcionament cognitiu superior, incloses les funcions executives. A més, en algunes condicions, la memòria a llarg termini pot tornar transitòriament a un estat làbil i després establir gradualment un altre cop, un fenomen anomenat reconsolidació<sup>31-33</sup>. Cal assenyalar que la naturalesa dinàmica de la memòria a llarg termini<sup>34</sup> fa que es reconstrueixi cada vegada que s'evoca o s'utilitza, però també la fa vulnerable a l'error, com succeeix, per exemple, els records falsos<sup>35</sup>. Encara que gran part d'aquest efecte no es deu al nivell de records falsos, l'important és que l'acte de recordar el record canvia el mateix record.

Aquest punt ressalta la importància d'utilitzar mètodes d'avaluació que no perjudiquin l'aprenentatge previ, sinó que contribueixin al seu creixement i consolidació, com passa, per exemple, quan els estudiants han d'analitzar informació nova rellevant per a l'examen i aplicar els coneixements a una situació també nova. No obstant això, val la pena assenyalar que el suposat efecte de disrupció també pot usar-se per induir canvis conceptuals quan sigui necessari.

Dins d'aquest esquema, recuperar informació acabada d'aprendre de la memòria és un procés actiu que consolida la informació i, per tant, disminueix la incidència de l'oblit<sup>36,37</sup>. Aquest efecte és especialment rellevant quan es combina amb l'espaiament entre l'aprenentatge i les recuperacions successives<sup>38,39</sup>. La qüestió de les corbes d'oblit es va examinar per primera vegada a finals del segle XIX<sup>40</sup>. Des de llavors, diversos treballs han demostrat que la recuperació espaiada del que s'ha après té efectes po-



**Figura 1.** De la memòria sensorial a la memòria a llarg termini: el paper de la recuperació de memòria en la consolidació de la memòria.

derosos sobre la retenció durant períodes de temps substancials, millorant l'aprenentatge inicial i alentint l'oblit en diverses situacions<sup>41-44</sup> (figura 2). Com a resum dels resultats principals, s'ha demostrat que assajar repetidament un mateix material en la mateixa sessió d'estudi no tindrà efectes duradors i fins i tot pot afectar negativament l'aprenentatge. Per contra, recuperar el material d'estudi en diferents dies i de diferents formes produirà resultats positius a llarg termini. A més, a mesura que augmenta la pràctica, la informació seguirà sent accessible a través d'espais de temps cada cop més llargs i les repeticions posteriors requeriran molt menys esforç. Per tant, una vegada que s'adquireix la informació, s'ha de revisar en intervals creixents de temps, començant amb dies i setmanes per després estendre-ho a mesos i, idealment, anys<sup>45</sup> (que és la idea que inspira els currículums en espiral).

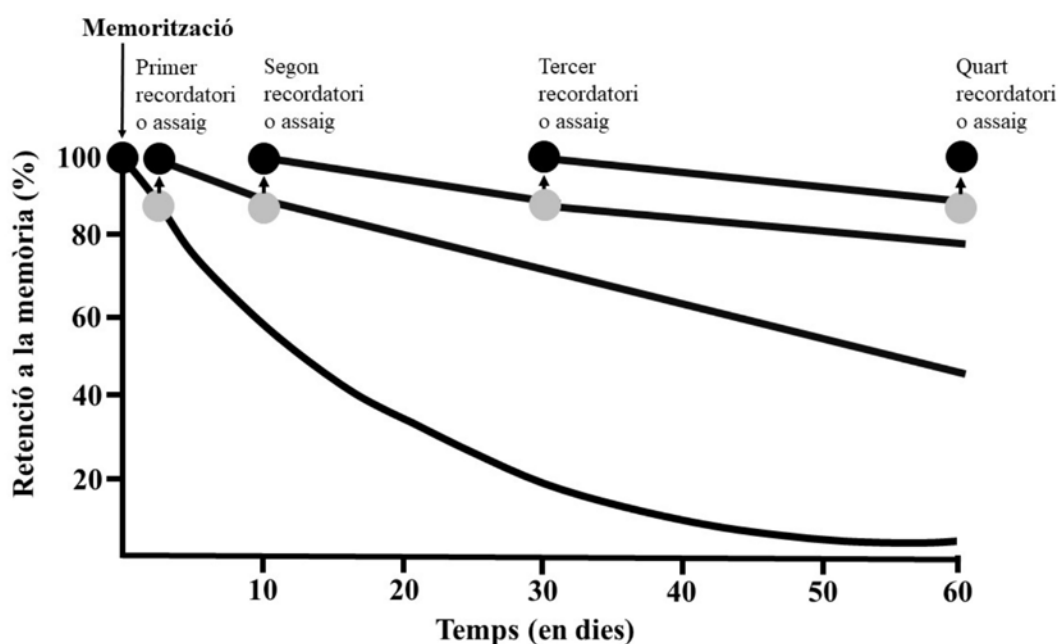
No és l'objectiu d'aquest treball discutir en profunditat els diferents mecanismes proposats per a la pràctica de consolidació i recuperació de la memòria<sup>46</sup>, sinó els efectes de l'estrès en l'aprenentatge a causa dels diferents mètodes d'examen. No obstant això, totes les dades proporcionades poden ser útils per comprendre els efectes de l'estrès a causa dels exàmens, donant un context més ampli a aquest article. Com s'ha esmentat anteriorment, els esdeveniments estressants són comuns en els entorns

educatius, inclosos els exàmens, les avaluacions i els terminis de lliurament de treballs, entre altres aspectes.

## Efectes de l'estrès sobre la memòria i l'aprenentatge: el paper dels exàmens

Si una situació és percebuda com estressant, es posa en marxa una cascada ben descrita de canvis fisiològics i endocrins per restablir l'homeòstasi i promoure el benestar a llarg termini<sup>47</sup>. Tot i que la resposta a l'estrès és molt complexa, amb nombrosos mediadors involucrats, hi ha dos sistemes d'estrès principals que són crítics per a la modulació dels processos d'aprenentatge i memòria: el sistema nerviós autònom, d'activació ràpida, i l'eix hipotalàmic-pituitari-adrenal, més lent. En segons, s'activa el sistema nerviós autònom, fet que porta a l'alliberament de catecolamines com la noradrenalina, tant de la medulla suprarenal com del locus coeruleus al cervell<sup>47</sup>. Les catecolamines preparen el cos per respostes de "lluita o fugida" i afecten ràpidament el funcionament neuronal en diverses regions de cervell que són crucials per a l'aprenentatge i la memòria, com l'hipocamp, l'amígdala i l'escorça prefrontal<sup>48,49</sup>.

Un segon sistema també s'activa en resposta a l'estrès, l'eix hipotalàmic-pituitari-adrenal, uns 10 segons més tard que el sistema nerviós autònom,



**Figura 2.** Idealització de l'efecte de l'espaiat de la recuperació del coneixement per frenar i disminuir l'oblit. Modificat de <sup>40</sup>.

la qual cosa comporta l'alliberament de corticoesteroides com el cortisol de l'escorça suprarrenal<sup>47</sup> (l'escorça suprarrenal comprèn la capa externa de les glàndules suprarenals, que es troben per sobre dels ronyons). En aquest context, s'ha demostrat que els glucocorticoides com el cortisol poden induir la millora de la memòria o, per contra, perjudicar-la, depenent en gran mesura de la proximitat temporal entre l'esdeveniment estressant i el procés de memòria que s'investiga<sup>50,51</sup>. Per exemple, l'estrès experimentat just abans de la recuperació de la memòria, quan els nivells de catecolamines encara són alts i els nivells de cortisol encara no són elevats, pot tenir efectes molt diferents als de l'estrès experimentat 90 minuts abans de la recuperació, quan els nivells de catecolamines han tornat als valors inicials i les accions del cortisol estan en funcionament<sup>51-54</sup>. En aquest sentit, la memòria declarativa, és a dir, la memòria de fets, successos i significat de paraules, que és el tipus de memòria més estudiat sobre el qual influeixen els glucocorticoides, es pot veure afectada tant positivament consolidant-se com també negativament, per l'alteració del cortisol. Aquests efectes contradictoris poden dependre del tipus de receptor de cortisol, la dosi, el temps d'exposició, el component de memòria i la prominència dels estímuls, sent generalment la recuperació la més afectada i l'emmagatzematge facilitat, especialment per a esdeveniments emocionalment rellevants. Curiosament, els glucocorticoides també indueixen atròfia de l'hipocamp, especialment en condicions d'estrès crònic agut, la qual cosa pot afectar l'emmagatzematge de la memòria a llarg termini.

De manera similar, les diferents etapes del procés de memòria, com la codificació, la consolidació o la recuperació, es poden veure afectades de manera diferent per aquests canvis fisiològics en funció del temps que hagi transcorregut després d'una situació estressant, i també en anticipació d'un succés estressant<sup>51,55</sup>. En aquest sentit, s'ha demostrat que l'exposició a un estrès puntual lleu o moderat (vegeu la discussió a continuació sobre l'ambigüitat de la paraula estrès) pot resultar en un millor processament de la memòria durant la fase de consolidació, però contràriament, redueix l'exercici de la memòria durant la recuperació, la qual cosa és important a tenir en compte, ja que és el cas de la majoria dels exàmens. Els factors estressants aguts perjudiquen tant la consolidació com la recuperació. Aquests

efectes de millora i deteriorament de la memòria estan estretament relacionats amb el cortisol induït per l'estrès i per l'activitat de sistema nerviós autònom simpàtic<sup>55</sup>.

La paraula estrès pot ser, en certa manera, ambigua. Una forma de reduir l'ambigüitat és classificar l'estrès en tres categories, com són: estrès bo, estrès tolerable i estrès tòxic<sup>56</sup>. L'"estrès bo" es refereix a l'experiència d'afrontar un desafiament, assumir un risc i sentir-recompensat per un resultat sovint positiu. Fins i tot els resultats adversos poden funcionar com experiències de creixement per a les persones amb una autoestima saludable i un bon control dels impulsos i amb capacitat de presa de decisions, unes funcions cognitives que formen part de les anomenades funcions executives. L'"estrès tolerable", al seu torn, es refereix a situacions en què ocorren esdeveniments negatius, però la persona amb una arquitectura cerebral saludable és capaç d'afrontar-los, sovint amb l'ajuda de familiars, amics o altres persones que li donen suport. Finalment, l'"estrès tòxic" es refereix a situacions en què els esdeveniments negatius, les adversitats o els traumes són experimentats per un individu que generalment té un suport limitat, i que també pot tenir una arquitectura cerebral que reflecteix els efectes de successos adversos en edats primerenques que han afectat el desenvolupament de l'autocontrol dels impulsos i l'adquisició d'una autoestima adequada<sup>57</sup>. En altres paraules, els factors estressants bons o fins i tot tolerables que generen un estrès puntual de lleu a moderat poden contribuir a la consolidació de la memòria durant la fase de consolidació, però poden reduir el rendiment de la memòria durant la recuperació, mentre que l'estrès tòxic (agut) deteriora ambdós processos, un fet que es pot produir en la majoria dels exàmens.

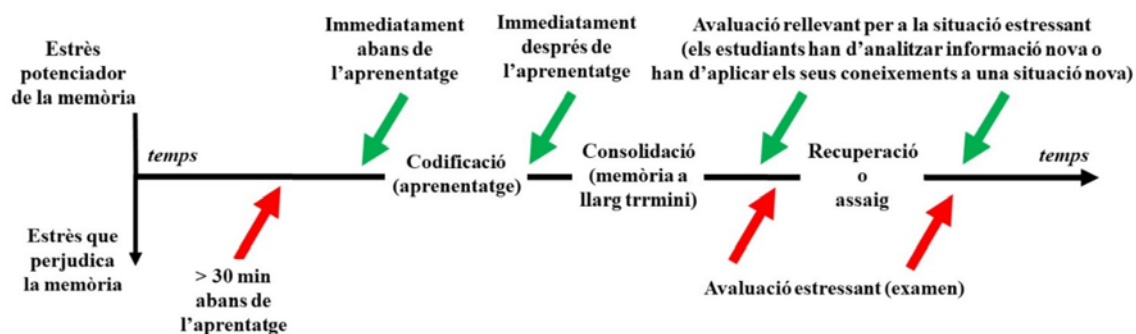
A més d'aquesta informació general, cal assenyalar l'existència de diferències individuals en característiques de temperament que són rellevants per a l'aparició de l'estrès en la primera infància i l'adolescència<sup>1,58,59</sup>. Així, per exemple, la manifestació de comportaments de tipus inhibitori com el retraïment temorós davant de persones desconegudes, les manifestacions de timidesa, etcètera, i les inhibicions conductuals associades, com retraïment i por en situacions noves o desconegudes, es relacionen de manera congruent amb més ansietat severa a la infantesa tardana, particularment pel que fa a ansietat social<sup>60,61</sup>. També s'han establert associacions

entre el temperament de tipus inhibít per la timidesa i conductes d'internalització posterior<sup>59,62</sup>. De manera similar, s'ha suggerit que les característiques de reactivitat negativa com la ira, l'angoixa per les limitacions, el mal humor o la irritabilitat durant la infància estan fortament associades amb el desenvolupament posterior de conductes internalitzants més àmplies i amb símptomes d'ansietat posteriors<sup>63,64</sup>. A més, la capacitat de resiliència individual per gestionar tant l'ansietat com l'estrès també és crucial per a les diferències interindividuals, de manera que els exàmens també poden fer-se servir per reforçar aquest procés, i permetre una adaptació positiva en un context d'adversitat significativa.

Més enllà dels aspectes neuronals, fisiològics i moleculars específics dels efectes de l'estrès en l'aprenentatge i la memòria, el més significatiu d'aquest informe és l'efecte de les situacions estressants que poden ocórrer durant els exàmens sobre el rendiment de l'aprenentatge i la memòria. S'ha demostrat que l'estrès en el moment de l'aprenentatge millora la memòria, però l'estrès produït molt abans de l'aprenentatge o en un context clarament diferent no només no promou un nou aprenentatge, sinó que fins i tot pot dificultar la codificació reeixida de nova informació<sup>65</sup> (figura 3). Per exemple, mentre que l'estrès moderat immediatament abans de l'aprenentatge millora la consolidació posterior de la memòria, aquesta es deteriora si l'estrès s'experimenta entre 1 hora i 30 minuts abans de l'aprenentatge<sup>66-68</sup>. A nivell molecular i cel·lular, aquest deteriorament de l'aprenentatge s'ha associat amb una disminució de l'excitabilitat neuronal en l'hipocamp molt després de l'alliberament de cortisol, com s'ha demostrat en models animals<sup>69</sup>. Així mateix, l'estrès poc després

de l'aprenentatge també millora la consolidació de la memòria, un efecte que és més marcat quan l'emocionalitat és concomitant, la qual cosa destaca la influència important de les emocions en l'aprenentatge<sup>55,70,71</sup>.

Com s'ha indicat anteriorment, els efectes de l'estrès en la memòria s'estenen a la recuperació del que s'ha après, la qual cosa inclou exàmens. Molts estudis han demostrat que l'estrès agut (o estrès tòxic segons la classificació anterior) afecta la recuperació de la memòria després d'una situació estressant<sup>72-76</sup>. Curiosament per l'enfocament d'aquest informe, aquest dèficit de recuperació després de l'estrès s'ha trobat tant en adults com en nens, fet que destaca la rellevància d'aquestes troballes per als entorns educatius<sup>73</sup>. A més, els efectes disruptius de l'estrès en la recuperació de la memòria són més forts en contextos emocionals, com per exemple després d'experimentar estrès psicosocial<sup>77,78</sup>. L'estrès psicosocial és el resultat d'una valoració cognitiva que compara què està en joc i què es pot fer al respecte, i pot definir-se com un desequilibri entre les demandes que se'ns imposen i la nostra capacitat per gestionar-les. No obstant això, de forma crucial per al tema que s'aborda en aquest treball, si la prova que necessita la recuperació de memòries, és a dir, l'examen o l'avaluació, és rellevant per a la situació estressant, o bé si s'utilitza un context per a la recuperació de la memòria, és a dir, hi ha un context que serveix com un senyal de recuperació, els records del que ha après se salven dels efectes nocius de l'estrès<sup>53,79</sup>. Cal assenyalar que, en aquest sentit, el "context" no es refereix a l'aprenentatge dependent del context, sinó a transferir coneixements a una nova situació contextual. Aquest punt emfasitza la im-



**Figura 3.** Els efectes de l'estrès sobre la memòria, en funció de la proximitat temporal i del procés de memòria específic. Modificat de <sup>51</sup>.

portància dels mètodes d'avaluació que no interrompin l'aprenentatge previ sinó que contribueixin al seu creixement i consolidació, com quan els estudiants han d'analitzar informació nova rellevant per a l'examen i aplicar el coneixement previ a aquesta situació nova (**figura 3**; veure l'**annex** per a un exemple). Des d'un punt de vista educatiu, això es pot aconseguir més fàcilment amb algunes formes d'examen que amb altres, com per exemple mitjançant la redacció d'assaigs en exàmens escrits, o amb exàmens a llibre obert, per dur a casa, orals, redacció d'informes, etc.

La integració de nova informació en els records existents és un procés clau en l'educació, que sovint implica certa interrupció. A més, existeixen evidències que els records consolidats tornen a un estat làbil quan es reactiven, com passa durant un examen, la qual cosa requereix d'una re-estabilització posterior d'aquests records en un procés anomenat reconsolidació<sup>52,80,81</sup>. Durant la reconsolidació, un procés que involucra l'hipocamp<sup>52</sup> i l'escorça prefrontal<sup>82</sup>, la memòria reactivada pot afeblir-se, enfortir-o alterar-se<sup>52</sup>. Diversos estudis donen suport a la hipòtesi que l'estrès pot afectar la reconsolidació i l'actualització de la memòria, però les condicions específiques que condueixen a l'efecte de deteriorament o alternativament de millora de l'estrès en la reconsolidació encara estan sent investigats<sup>83-85</sup>.

Pel que fa a la qualitat de l'aprenentatge, els experiments, que s'han realitzat majoritàriament amb rosegadors, indiquen que sota estrès s'aprenen associacions més rígides d'estímul-resposta, en lloc de representacions complexes de l'entorn<sup>86-88</sup>. D'aquesta manera, s'ha suggerit que l'estrès pot afectar no només la quantitat d'informació que s'aprèn, sinó que també pot tenir conseqüències considerables per a la natura i la flexibilitat dels records i pels comportaments dirigits a objectius<sup>51</sup>, que són el nucli de les funcions executives. Les funcions executives són un conjunt de processos cognitius necessaris per al control cognitiu de la conducta, és a dir, per a seleccionar i monitorar amb èxit conductes que facilitin la consecució de les metes triades, el que al seu torn hauria de ser un component essencial en els sistemes educatius.

Les funcions executives bàsiques, com la memòria de treball, la inhibició i la flexibilitat cognitiva, són part integral de la vida diària i de les conductes dirigides a objectius. Un creixent nombre d'investi-

gacions ha suggerit que l'estrès també pot afectar les funcions executives bàsiques, que són crucials per a l'aprenentatge en general, així com per a l'aprenentatge dirigit a objectius. Per exemple, s'ha descrit que l'estrès deteriora la memòria de treball i la flexibilitat cognitiva<sup>9,51</sup>, que són fonamentals per a algunes altres habilitats i destreses que són crucials en educació, com la presa de decisions, la planificació i la imaginació<sup>89</sup>, depenent de com madurin durant la infantesa i l'adolescència<sup>10</sup>. En aquest sentit, es pot plantejar la hipòtesi que el tipus d'exàmens i la forma en què són percebuts pels estudiants poden jugar un paper fonamental per contribuir al desenvolupament d'aquestes funcions tan rellevants.

## Conclusions

L'avaluació és inseparable de la pràctica docent i afecta tant la forma en què aprenen els estudiants com la manera en què ensenyen els professors. En conseqüència, s'ha considerat que, per millorar l'aprenentatge, els exàmens i les avaluacions han de ser analitzats críticament<sup>90</sup>. Més enllà dels coneixements conceptuals, per afavorir processos cognitius com els que intervenen en les funcions executives, els exàmens han de permetre la mobilització de processos cognitius com la comprensió, la descripció, la representació, la resolució, el raonament, la reflexió i la comunicació<sup>91</sup>. Això inclou enfortir el caràcter de retroalimentació dels exàmens<sup>92</sup>. A més, les situacions estressants, que són bastant comuns tant durant la realització dels exàmens com durant la seva preparació, també poden afectar el procés d'aprenentatge i la formació de la memòria, deteriorant alguns aspectes de la recuperació i consolidació de la memòria. No obstant això, quan l'examen es combina amb l'adquisició de nous aprenentatges i de coneixements que es perceben com a rellevants per a la situació estressant, o quan l'aprenentatge i les proves tenen lloc en el mateix context, la memòria se salva dels efectes nocius de l'estrès<sup>53,79</sup> i permet que aquest pugui contribuir a consolidar la memòria i desenvolupar les funcions executives, fent més eficient el procés d'aprenentatge.

En conjunt, les dades esmentades en aquest informe emfatitzen la importància dels mètodes d'avaluació que no malmeten l'aprenentatge previ, sinó que contribueixen al seu creixement i consolidació. Així, des d'un punt de vista educatiu, les metodolo-

gies utilitzades durant els exàmens s'han de seleccionar acuradament per complir tant amb els rols principals de les avaluacions, és a dir, que serveixin com a verificació de què un estudiant està qualificat, i també com una eina educativa per a millorar el

procés d'aprenentatge. Per a això, es necessiten enfocaments innovadors i investigació tant educativa com científica en neurociència per apropar aquestes idees a les necessitats educatives de cada comunitat, tenint en compte els seus recursos.

## Annex

Exemple de dos exàmens de biologia que utilitzen metodologies diferents. Un d'ells (**exemple 1**) se centra principalment en coneixements fàctics conceptuals, mentre que l'altre (**exemple 2**) s'orienta més a habilitats i destreses. S'han extret dels exàmens d'accés a la universitat de diferents comunitats autònomes d'Espanya. Tots dos són d'accés obert i es

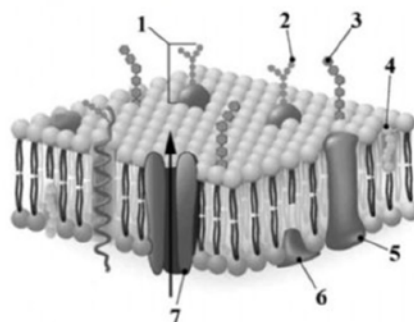
van utilitzar al juny / juliol del 2020. La política educativa actual a Espanya permet la descentralització dels exàmens d'accés a la universitat, que són preparats per diferents equips de professionals. L'autor d'aquest escrit ha estat el coordinador de l'examen de biologia per a l'accés a la universitat a Catalunya durant els darrers catorze anys.

### 1. Conteste a las siguientes preguntas:

- ¿Cuándo se dice que un carbono es asimétrico? y ¿A qué da lugar la existencia de un carbono asimétrico? (0,7)
- ¿Cuáles son los carbonos asimétricos en la D-glucosa? ¿Cuál es el carbono que determina las configuraciones D y L cuando hay más de un carbono asimétrico? (0,6)
- Escriba y explique brevemente las principales funciones de los glúcidos. (0,7)

### 2. Observe la siguiente imagen:

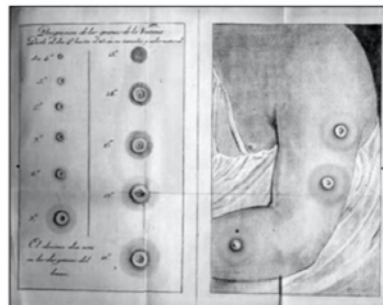
- ¿Qué tipo de estructura representa? ¿Cuáles son sus funciones? (1,0)
- Nombre cada uno de los componentes señalados con un número. (0,5)
- Explique qué es la exocitosis y la endocitosis. (0,5)



**Exemple 1.** Examen escrit, preguntes de resposta breu dissenyades principalment per avaluar el coneixement de fets i conceptes. També inclou la interpretació d'una imatge.

### Exercici 1

A principis del segle XIX, tots els intents de portar la vacuna de la verola a Amèrica havien fracassat. El viatge era massa llarg i arribava inservible. El metge Francesc Xavier Balmis va fer una proposta sorprenent: traslladar la vacuna inoculada en persones. El 30 de novembre de 1803 la corbeta *María Pita* va partir de la Corunya amb 22 nens procedents d'orfens. Eren els «nens vacunífers» de la Reial Expedició Filantròpica de la Vacuna (1803-1806).



Làmines de Francesc Xavier Balmis en què es veuen les vesícules de pus produïdes per la vacuna.

FONT: <https://culturacientifica.com/2014/02/24/el-caso-de-los-ninos-vacuniferos>.

- El procediment va consistir a anar inoculant esglaonadament la vacuna d'un nen a un altre fins al final del viatge. Al primer nen de la cadena li havia estat inoculat el contingut de les vesícules que desenvolupen les vaques que tenen la malaltia de la verola. Aquesta malaltia de les vaques, quan afectava els humans només ocasionava unes quantes vesícules. No feia perillar la vida i proporcionava protecció contra la verola humana.

Redacteu un text similar al del paràgraf anterior fent servir els cinc termes següents: *antígens*, *anticossos*, *immunització*, *virus de la verola de les vaques* i *virus de la verola humana*.

[1 punt]

- Al cap de vuit dies de la inoculació del contingut de les vesícules, al primer nen vacunat li van aparèixer unes vesícules plenes de virus que van servir per a vacunar el nen següent, i així, successivament.

[1 punt]

- En relació amb la resposta immunitària dels nens als quals s'injectava el líquid de les vesícules, completeu la taula següent:

|                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipus d'immunització: activa <input type="checkbox"/> / passiva <input type="checkbox"/> |
| Justificació:                                                                            |
|                                                                                          |

- En relació amb la procedència dels antígens, completeu la taula següent:

|                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipus d'immunització: natural <input type="checkbox"/> / artificial <input type="checkbox"/> |
| Justificació:                                                                                |
|                                                                                              |

- A l'hora de seleccionar els nens, Balmis va imposar la condició que no podien haver patit la verola ni haver estat vacunats prèviament. Des del punt de vista de la resposta immunitària primària o secundària, hauria funcionat la transmissió de la vacuna si no s'hagués complert aquesta condició en algun dels nens? Justifiqueu la resposta fent referència a aquests dos tipus de resposta immunitària.

[1 punt]

**Exemple 2.** Examen escrit, una pregunta d'assaig que al seu redactat proporciona informació nova als estudiants, dissenyada principalment per avaluar habilitats i destreses i per aprofitar la situació estressant per consolidar els aprenentatges (és a dir, el context serveix com a punt de recuperació i proporciona informació desconeguda prèviament a estudiants).

## Referències

- McLean MA, Cobham VE, Simcock G, Kildea S, King S. Toddler temperament mediates the effect of prenatal maternal stress on childhood anxiety symptomatology: The QF2011 Queensland Flood Study. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 16(11): 1998.
- van den Broek SEG, Takashima A, Verhoeven L. Do testing effects change over time? Insights from immediate and delayed retrieval speed. *Memory* 2014; 22(7): 803-812.
- van den Broek SEG, Takashima A, Wiklund-Hörnqvist C, Wirebring LK, Segers E, Verhoeven L, Nyberg L. Neurocognitive mechanisms of the "testing effect": A review. *Trends Neurosci Educ*. 2016; 5(2): 52-66.
- Scouller K. The influence of assessment method on students' learning approaches: Multiple choice question examination versus assignment essay. *Higher Education* 1998; 35: 453-472.
- Prieto-Barrio MI, Cobo-Escamilla A, González-García MN, Moreno-Fernández E, de la Rosa-García P. Influence of Assessment in the Teaching-learning Process in the Higher Education. *Procedia Soc Behav Sci*. 2015; 176: 458-465.
- Joëls M, Pu Z, Wiegert O, Oitzl MS, & Krugers HJ. Learning under stress: how does it work? *Trends Cogn Sci*. 2006; 10(4): 15215-15218.
- Schwabe L, Joëls M, Roozendaal B, Wolf OT, Oitzl MS. Stress effects on memory: an update and integration. *Neurosci Biobehav Rev*. 2012; 36(7): 1740-1749
- Pitman RK, Rasmusson AM, Koenen KC, Shin LM, Orr SP, Gilbertson MW, Milad MR, Liberzon I. Biological studies of post-traumatic stress disorder. *Nat Rev Neurosci*. 2012; 13(11): 769-787.
- Shields GS, Sazma MA, Yonelinas AP. The effects of acute stress on core executive functions: A meta-analysis and comparison with cortisol. *Neurosci Biobehav Rev*. 2016; 68: 651-668.
- Igazság B, Demetrovics Z, Cserjési R. The developmental trajectory of executive functions and their stress sensitivity in adolescence. *Psychiatr Hung*. 2019; 34(3):300-310.
- Joëls M, Fernandez G, Roozendaal B. Stress and emotional memory: a matter of timing. *Trends Cogn Sci*. 2011; 15(6): 280-288.
- Scouller KM, Prosser M. Students' experiences in studying for multiple choice question examinations. *Stud High Educ*. 1994; 19: 267-279.
- Boud D. Assessment and Learning: Contradictory or Complementary? In: *Assessment for Learning in Higher Education*, pp 35-48. London: Routledge Falmer; 1998.
- UNESCO Profiles Enhancing Educational Reviews (PEER). 2020; <http://education-profiles.org/>
- Wyse D, Hayward L, Pandya J. (Ed.). *The SAGE Handbook of Curriculum, Pedagogy and Assessment*. Los Angeles: SAGE Publishing; 2016.
- Bird CM, Keidel JL, Ing LP, Horner AJ, Burgess N. Consolidation of complex events via reinstatement in posterior cingulate cortex. *J Neurosci*. 2015; 35(43): 14426-14434.
- Johnson BE. The Effect of Written Examinations on Learning and on the Retention of Learning. *J Exp Educ*. 1938; 7(1): 55-62.
- Haggis T. Constructing images of ourselves? A critical investigation into 'Approaches to learning' research in higher education. *Br Educ Res J*. 2003; 29(1): 89-104.
- Biggs JB, Tang C. *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). Berkshire: Open University Press; 2011.
- Freeman S, Eddy SL, McDonough M, Smith MK, Okoroafor N, Jordt H, Wenderoth MP. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2014; 111(23): 8410-8415.
- Dolmans DHJM, Loyens SMM, Marcq H, Gijbels D. Deep and surface learning in problem-based learning: a review of the literature. *Adv Health Sci Edu. Theory Pract*. 2016; 21(5): 1087-1112.
- Pan Y. A review of washback and its pedagogical implications. *VNU Journal of Science, Foreign Languages*, 2009; 25: 257-263.
- Lusk M, Conklin L. Collaborative testing to promote learning. *J Nurs Educ*. 2003; 42(3): 121-124.
- Shen J, Hiltz SR, Bieber M. Collaborative online examinations: Impacts on interaction, learning, and student satisfaction. *IE-EE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans* 2007; 36(6): 1045-1053.
- Cantwell ER, Sousou J, Jadotte YT, Pierce J, Akioyamen LE. Collaborative testing for improving student learning outcomes and test-taking performance in higher education: A systematic review. *Campbell Systematic Reviews* 2017; 13(1): 1-18.
- Global Education Monitoring Report Team. *Global education monitoring report, 2020: Inclusion and education: all means all*. Paris: UNESCO; 2020.
- Lechner HA, Squire LR, Byrne JH. 100 years of consolidation—Remembering Müller and Pilzecker. *Learn Mem*. 1999; 2: 77-87.
- Dudai Y. The restless engram: Consolidations never end. *Ann Rev Neurosci*. 2012; 35: 227-247.
- Squire LR, Genzel L, Wixted JT, Morris RG. Memory Consolidation. *Cold Spring Harb Perspect Biol*. 2015; 7(8): a021766.
- Dudai Y, Morris RGM. To consolidate or not to consolidate: What are the questions? In: *Brain, perception, memory advances in cognitive sciences* (ed. Bulhuis J.J.), pp. 149-162. Oxford: Oxford University Press; 2020.
- Nader K, Schafe GE, Le Doux JE. Fear memories require protein synthesis in the amygdala for reconsolidation after retrieval. *Nature* 2002; 406(6797): 722-726.
- Sara SJ. Retrieval and reconsolidation: Toward a neurobiology of remembering. *Learn Mem*. 2000; 7: 73-84.
- Alberini CM. Mechanisms of memory stabilization: Are consolidation and reconsolidation similar or distinct processes? *Trends Neurosci*. 2005; 28: 51-56.
- Dudai Y, Morris RGM. Memorable trends. *Neuron* 2013; 80: 742-750.
- Schacter DL, Dodson CS. Misattribution, false recognition and the sins of memory. *Philos Trans R Soc London B Biol Sci*. 2001; 356: 1385-1393.
- Rowland CA. The effect of testing versus restudy on retention.

- on: a meta-analytic review of the testing effect. *Psychol Bull.* 2014; 140(6): 1432-1463.
37. Adesope OO, Trevisan DA, Sundararajan N. Rethinking the Use of Tests: A Meta-Analysis of Practice Testing. *Rev Educ Res.* 2017; 87(3): 659-701.
  38. Latimier A, Peyre H, Ramus F. A meta-analytic review of the benefit of spacing out retrieval practice episodes on retention. *Educ Psychoil Res.* 2020.
  39. Latimier A, Rierget A, Ly S, Ramus F. Retrieval practice promotes long-term retention irrespective of the placement. *PsyArXiv.* 2020; dk63q.
  40. Ebbinghaus H. *Memory: A contribution to experimental psychology.* New York: Dover; 1885.
  41. Newble DI, Jaeger K. (The effect of assessments and examinations on the learning of medical students. *Med Educ.* 1983; 17(3): 165-171.
  42. Loftus GR. Evaluating forgetting curves. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* 1985; 11(2): 397-406.
  43. Pashler H, Rohrer D, Cepeda NJ, Carpenter SK. Enhancing learning and retarding forgetting: choices and consequences. *Psychon Bull Rev.* 2007; 14(2): 187-193.
  44. Cepeda NJ, Vul E, Rohrer D, Wixted JT, Pashler H. Spacing effects in learning: a temporal ridge of optimal retention. *Psychol Sci.* 2008; 19(11): 1095-1102.
  45. Brown PC, Roediger HL, McDaniel MA. *Make It Stick. The Science of Successful Learning.* Harvard: Harvard University Press, 2014.
  46. Reisberg D (ed.). *The Oxford Handbook of Cognitive Psychology.* Oxford: Oxford University Press; 2013.
  47. Joëls M, Baram TZ. The neuro-symphony of stress. *Nat Rev Neurosci.* 2009; 10: 459-466.
  48. Katsuki H, Izumi Y, Zorunski CF. Noradrenergic regulation of synaptic plasticity in the hippocampal CA1 region. *J Neurophysiol.* 1997; 77: 3013-3020.
  49. Arnsten AFT. Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function. *Nat Rev Neurosci.* 2009; 10: 410-422.
  50. Roozendaal B. Stress and memory: opposing effects of glucocorticoids on memory consolidation and memory retrieval. *Neurobiol Learn Mem.* 2002; 78(3): 578-595.
  51. Vogel S, Schwabe L. Learning and memory under stress: implications for the classroom. *NPJ Sci Learn.* 2016; 1: 16011.
  52. Schwabe L, Nader K, Pruessner JC. Reconsolidation of human memory: brain mechanisms and clinical relevance. *Biol Psychiatry* 2014; 76: 274-280.
  53. Schönfeld P, Ackermann K, Schwabe L. Remembering under stress: different roles of autonomic arousal and glucocorticoids in memory retrieval. *Psychoneuroendocrinology* 2014; 39: 249-256.
  54. Wang B, Bukuan S. Timing matters: negative emotion elicited 5 min but not 30 min or 45 min after learning enhances consolidation of internal-monitoring source memory. *Acta Psychol.* 2015; 157: 56-64.
  55. Smeets T, Otgaar H, Candel I, Wolf OT. True or false? Memory is differentially affected by stress-induced cortisol elevations and sympathetic activity at consolidation and retrieval. *Psychoneuroendocrinology* 2008; 33(10): 1378-1386.
  56. McEwan BS. In pursuit of resilience: stress, epigenetics, and brain plasticity. *Ann NY Acad Sci.* 2016; 1373: 56-64.
  57. Lazarus R, Folkman S. *Stress, Appraisal and Coping.* New York: Springer-Verlag; 1984.
  58. Forbes MK, Rapee RM, Camberis AL, McMahon CA. Unique associations between childhood temperament characteristics and subsequent psychopathology symptom trajectories from childhood to early adolescence. *J Abnor. Child Psychol.* 2017; 45: 1221-1233.
  59. Bayer JK, Morgan A, Prendergast LA, Beatson R, Gilbertson T, Bretherton L, Hiscock H, Rapee RM. Predicting Temperamentally Inhibited Young Children's Clinical-Level Anxiety and Internalizing Problems from Parenting and Parent Wellbeing: A Population Study. *J Abnorm Child Psychol.* 2019; 47: 1165-1181
  60. Edwards SL, Rapee RM, Kennedy S. Prediction of anxiety symptoms in preschool-aged children: Examination of maternal and paternal perspectives. *J. Child Psychol Psychiatry.* 2010; 51: 313-321.
  61. Clauss JA, Blackford JU. Behavioral inhibition and risk for developing social anxiety disorder: A meta-analytic study. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry.* 2012; 51: 10661075.
  62. Abulizi X, Pryor L, Michel G, Melchior M, van der Waerden J. Temperament in infancy and behavioral and emotional problems at age 5.5: The EDEN mother-child cohort. *PLoS ONE.* 2017; 12:e0171971.
  63. Savage J, Verhulst B, Copeland W, Althoff RR, Lichtenstein P, Roberson-Nay R. A genetically informed study of the longitudinal relation between irritability and anxious/depressed symptoms. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry.* 2015; 54: 377-384.
  64. Humphreys KL, Schouboe SNF, Kircanski K, Leibenluft E, Stringaris A, Gotlib IH. Irritability, Externalizing, and Internalizing Psychopathology in Adolescence: Cross-Sectional and Longitudinal Associations and Moderation by Sex. *J Clin Child Adolesc Psychol.* 2019; 48(5): 781-789.
  65. de Quervain, DJF, Roozendaal B, Nitsch RM, McGaugh JL, Hock C. Acute cortisone administration impairs retrieval of long-term declarative memory in humans. *Nat Neurosci.* 2000; 3: 313-314.
  66. Henckens M, van Wingen GA, Joëls M, Fernandez G. Time-dependent effects of corticosteroids on human amygdala processing. *J Neurosci.* 2010; 30: 12725-12732.
  67. Zoladz PR, Clark B, Warnecke A, Smith L, Tabar J, Talbot JN. Pre-learning stress differentially affects long-term memory for emotional words, depending on temporal proximity to the learning experience. *Physiol Behav.* 2011; 103: 467-476.
  68. Henckens MJ, Pu Z, Hermans EJ, van Wingen GA, Joëls M, Fernández G. Dynamically changing effects of corticosteroids on human hippocampal and prefrontal processing. *Hum Brain Mapp.* 2012; 33: 2885-2897.
  69. Wiegert O, Joëls M, Krugers H. Timing is essential for rapid effects of corticosterone on synaptic potentiation in the mouse hippocampus. *Learn Mem.* 2006; 13: 110-113.
  70. Cahill L, Gorski L, Le K. Enhanced human memory consolidation with postlearning stress: Interaction with the degree of arousal at encoding. *Learn Mem.* 2003; 10: 270-274.

71. Beckner VE, Tucker DM, Delville Y, Mohr DC. Stress facilitates consolidation of verbal memory for a film but does not affect retrieval. *Behav Neurosci.* 2006; 120: 518-527.
72. Buchanan TW, Tranel D, Adolphs R. Impaired memory retrieval correlates with individual differences in cortisol response but not autonomic response. *Learn Mem.* 2006; 13: 382-387.
73. Quesada AA, Wiemers US, Schoofs D, Wolf OT. Psychosocial stress exposure impairs memory retrieval in children. *Psychoneuroendocrinology.* 2012; 37: 125-136.
74. Hupbach A, Fieman R. Moderate stress enhances immediate and delayed retrieval of educationally relevant material in healthy young men. *Behav Neurosci.* 2012; 126: 819-825.
75. Quaedflieg CW, Schwabe L, Meyer T, Smeets T. Time dependent effects of stress prior to encoding on event-related potentials and 24 h delayed retrieval. *Psychoneuroendocrinology.* 2013; 38: 3057-3069.
76. Schwabe L, Wolf O. Timing matters: temporal dynamics of stress effects on memory retrieval. *Cogn Affect Behav Neurosci.* 2014; 14: 1041-1048.
77. Kuhlmann S, Piel M, Wolf OT. Impaired memory retrieval after psychosocial stress in healthy young men. *J Neurosci.* 2005; 25: 2977-2982.
78. Smeets T, Giesbrecht T, Jelici M, Merckelbach H. Context-dependent enhancement of declarative memory performance following acute psychosocial stress. *Biol Psychol.* 2007; 76(1-2): 116-23.
79. Schwabe L, Wolf OT. The context counts: congruent learning and testing environments prevent memory retrieval impairment following stress. *Cogn Affect Behav Neurosci.* 2009; 9: 229-236.
80. Nader K, Hardt O. A single standard for memory: the case for reconsolidation. *Nat Rev Neurosci.* 2009; 10: 224-234.
81. Dudai Y. The restless engram: consolidations never end. *Annu Rev Neurosci.* 2012; 35: 227-247.
82. Sandrini M, Censor N, Mishoe J, Cohen L. Causal role of prefrontal cortex in strengthening of episodic memories through reconsolidation. *Curr Biol.* 2013; 23: 2181-2184.
83. Schwabe L, Wolf OT. Stress impairs the reconsolidation of autobiographical memories. *Neurobiol Learn Mem.* 2010; 94: 153-157.
84. Cocozz V, Maldonado H, Delorenzi A. The enhancement of reconsolidation with a naturalistic mild stressor improves the expression of a declarative memory in humans. *Neuroscience.* 2011; 185: 61-72.
85. Bos MG, Schuijjer J, Lodestijn F, Beckers T, Kindt M. Stress enhances reconsolidation of declarative memory. *Psychoneuroendocrinology.* 2014; 46: 102-113.
86. Packard MG, Teather LA. Amygdala modulation of multiple memory systems: hippocampus and caudate-putamen. *Neurobiol Learn Mem.* 1998; 69: 163-203.
87. Packard MG, Wingard JC. Amygdala and 'emotional' modulation of the relative use of multiple memory systems. *Neurobiol Learn Mem.* 2004; 82: 243-252.
88. Wingard JC, Packard MG. The amygdala and emotional modulation of competition between cognitive and habit memory. *Behav Brain Res.* 2008; 193: 126-131.
89. Joo HR, Frank LM. The hippocampal sharp wave-ripple in memory retrieval for immediate use and consolidation. *Nat. Rev Neurosci.* 2018; 19: 744-757.
90. McDonald R. The use of evaluation to improve practice in learning and teaching. *Innovat Educ Teach Int.* 2006; 43(1): 3-13.
91. Gulikers J, Bastiaens TJ, Kirschner P. The five-dimensional framework for authentic assessment. *Educ Technol Res Dev.* 2004; 52(3): 67-86.
92. Nicol DJ, Macfarlane-Dick D. Formative assessment and self-regulated learning: a model and seven principles of good feedback practice. *Stud High Educ.* 2006; 31(2): 199-218.