

UNDERSTANDING ADOLESCENT BRAIN MATURATION

¹DECA GRETA-LUISA, ²ENE ADELINA DANIELA

¹Medic specialist Medicină de Familie, Competență planificare familială și contracepție, Cabinet Planificare Familială, Policlinica Spitalului Segarcea, Dolj

²Medic rezident Psihiatrie an IV, Spital Clinic Neuropsihiatrie Craiova

Abstract

The maturation of the individual, marked by the maturation of the human brain, is an important period in development, which extends over more than the duration of puberty: it begins at 2 weeks post-conception and is finalized at approximately 25 years,

with girls having an advance in this regard. The maturation process is in direct correlation with the type of behavior. Adolescents' behavior can be positively influenced by the example of their parents and other adults they come into contact with during the process.

Key words: maturation of the human brain, adolescent, behavior, parents

SĂ ÎNȚELEM MATURIZAREA CREIERULUI LA ADOLESCENȚI

Rezumat

Maturizarea individului, marcată de maturizarea creierului uman, este o perioadă importantă în dezvoltare, care se întinde pe mai mult decât durata pubertății; debutează la 2 săptămâni post-concepție și se definitivează la aproximativ 25 de ani, fetele având un avans în acest sens. Procesul de maturizare este în corelație directă cu tipul de comportament. Comportamentul adolescenților poate fi influențat în sens pozitiv de exemplul părinților, al celorlalți adulți cu care vin în contact pe perioada desfășurării procesului.

Cuvinte cheie: maturizarea creierului uman, adolescent, comportament, părinte.

Maturizarea individului, corelată în opinia medicinei clasice cu pubertatea, a ridicat multe întrebări și teme de discuție, atât pentru cercetători, cât și pentru părinți.

Așa cum o demonstrează cercetările din ultimii treizeci de ani, perioada de maturizare completă a creierului uman se extinde până la vârsta adolescenței, nicidecum nu se definitivează odată cu pubertatea [1].

Investigarea activității cerebrale cu ajutorul EEG și ERP (Event related potential - răspunsul măsurat al creierului la un anumit eveniment senzorial, cognitiv sau motor) a demonstrat că dezvoltarea creierului este un proces continuu ce debutează la 2 săptămâni post-concepție, continuă după vârsta de 20 de ani și se definitivează în jurul vârstei de 25 de ani [2].

* **Corresponding author:** Deca Greta Luisa, Medic specialist Medicina de Familie, Competență planificare familială și contracepție, Cabinet Planificare Familială, Policlinica Spitalului Segarcea, Dolj, e-mail: greta.luisa@yahoo.com

Article received: 24. 07. 2023, accepted: 30. 07. 2023, published: 01. 08. 2023

Cite: Deca GL, Ene AD. Understanding adolescent brain maturation. The Journal of School and University Medicine 2023;10(2):12-18

Se pare că fetele au un avans de aproximativ doi ani, comparativ cu băieții de aceeași vârstă în ceea ce privește maturizarea creierului.

Există o legătură strânsă între nivelul de dezvoltare al creierului și tipul de comportament, iar vârsta de 18 ani la care individul este considerat legal adult și răspunde pentru faptele sale, nu este în realitate vârsta la care creierul s-a maturizat complet pentru a avea un comportament sănătos sau responsabil, ca și al unui adult.

Cercetătorii au demonstrat ca evoluția creierului uman este un proces pe viață, deși probabil nu pe toate compartimentele, de exemplu oamenii nu învață să vadă sau să audă mai bine odată cu trecerea anilor.

Creierul e mai receptiv la experiențe în primii ani de viață, de aceea experiențele timpurii au impact major asupra individului, așa cum se arată în studiul Bucharest Early Intervention Project, un studiu ce a inclus copii instituționalizați, de la diferite vârste și pentru perioade de timp diferite și copii neinstituționalizați. Astfel, copiii instituționalizați la vârste mici au deficiențe, așa zise erori, în dezvoltarea creierului și deficiențe comportamentale, ceea ce a dus la concluzia că, pentru o dezvoltare sănătoasă a creierului, individul are nevoie de experiențe sănătoase încă din copilărie[3].

Maturizarea cerebrală

Un rol foarte important în dezvoltarea unui creier sănătos îl are copilăria ca și experiențele ulterioare, care vor fi de asemenea importante în definirea maturizării creierului.

Așa cum spuneam, dezvoltarea creierului începe după concepție și este influențată de o serie de factori pre- și post-concepție: genetica, injurii fetale pre- și postnatale, deficitul de acid folic, denutriția, lipsa somnului, medicamentele, intervențiile chirurgicale în perioada copilăriei timpurii, hormonii sexuali, stresul fizic, psihologic, socio-economic, abuzul de substanțe toxice (cafea, alcool, țigări), consumul de droguri[4].

Diferite zone ale creierului evoluează diferit, de exemplu pentru zonele implicate în procese motorii și senzoriale procesul de mielinizare este complet în perioada preșcolară. Zonele cortexului implicate în percepțiile vizuale și auditive procesul de maturizare se

definitivează la vârsta de 4-6 ani, în contrast cu ariile care sunt implicate în funcții cognitive superioare, de exemplu controlul și reglarea emoțiilor, unde procesul continuă toată adolescența. Este cunoscut că procesul de formare a rețelei de neuroni implicați în comportament este un proces fin și poate suferi ajustări oricând este nevoie, având ca rezultat un vast repertoriu de obiceiuri și comportamente[1,5].

Astfel, se trece de la copilărie la perioada de adult în care adolescenții definitivează maturizarea din punct de vedere fizic, intelectual și temperamental.

Maturizarea creierului presupune că ultimul proces neuronal implicat, cel de mielinizare, să fie complet terminat până la vârsta de 25 de ani.

Deși nu există o definiție unică a adolescenței și nici o limită de vârstă stabilită, Kaplan a subliniat că pubertatea se referă doar la schimbările hormonale care apar la începutul tinereții și nu definește perioada adolescenței, care se poate extinde cu mult dincolo de anii pubertății[5].

Tranziția de la pubertate la etapa de adult poate fi o etapă dificilă atât pentru individ cât și pentru familie. Ea implică maturizarea gonadală, în comportament și în decizii. De aceea, în această perioadă, între pubertate și vârsta de 25 de ani, considerată vârsta de definitivare a maturizării neuronale, adolescenții sunt frecvent expuși riscurilor comportamentului impulsiv și imatur precum și al unei excitabilități crescute neuro-comportamentale.

Studiile RMN au arătat că procesul de mielinizare e un proces continuu început din copilărie și că în adolescență anumite regiuni ale cortexului, cum sunt sistemul limbic și cortexului prefrontal sunt încă insuficient maturizate și rămân structural și funcțional vulnerabile la comportamente riscante: sex neprotejat, asumarea riscului de a conduce sub influența alcoolului și de a intra în conflicte sociale, adicții: droguri, alcool și tulburări ale somnului sau de alimentație.

Dezvoltarea creierului în zonele critice este un proces continuu în timpul adolescenței, dezvoltarea târzie a neurotransmisiei GABA-ergice explicând excitația neuro-comportamentală, incluzând euforia și comportamentul riscant, în timp ce neurotransmisia dopaminergică (DA), reglată de hormonii sexuali, în special în zona prefrontală, este implicată în comportamentul de căutare a drogurilor în timpul adolescenței[6].

Deci maturizarea neuronală depinde de genetică, de maturarea gonadală și de mediul în care crește copilul, toate având influență în procesul de mielinizare.

Este demonstrat că pentru a învăța și a dezvolta noi abilități, creierul folosește procesul de neuroplasticitate[1,6,7]. Termenul de „plasticitate“ se referă la modificări neuronale semnificative care apar în dobândirea de noi abilități, pentru elaborarea și stabilizarea de noi circuite sinaptice ca parte a procesului de învățare. Neuroplasticitatea permite creierului adolescenților să învețe și să se adapteze pentru a dobândi independență. Cu toate acestea, plasticitatea crește și vulnerabilitatea față de luarea unor decizii necorespunzătoare, lipsa maturizării unor circuite neuronale făcând dificilă gândirea critică și rațională necesară pentru a lua decizii complexe.

Uneori, în timpul plasticității, circuitele neuronale pot fi afectate sau deteriorate de expunerea la mediu, de aceea este important ca adolescenții să aibă experiențe sănătoase.

Mai mult, plasticitatea creierului adolescentului oferă o oportunitate de a dezvolta talente și interese pe tot parcursul vieții. Cu toate acestea, neurotoxicele, traumele, stresul cronic, abuzul de droguri și stilul de viață sedentar pot avea un impact negativ în această perioadă sensibilă de maturizare a creierului.

În special anumite regiuni, ca trunchiul cerebral, cerebelul, lobul occipital, lobul parietal, lobul frontal și lobul temporal, se maturizează activ în timpul adolescenței.

Lobii frontali sunt implicați în controlul mișcării, rezolvarea problemelor, spontaneitate, memorie, limbaj, inițiere, judecată, controlul impulsurilor, comportamentul social și sexual. În plus, în timpul adolescenței, cortexul prefrontal, care este implicat în comportamentul de căutare a drogurilor, rămâne într-un proces continuu de reconstrucție, consolidare și maturizare, de aceea tinerii au tendința să cântărească experiențele negative mai puțin decât adulții.

În timpul adolescenței, circuitele neuronale create permit activități multitasking și capacitate sporită de a rezolva probleme, precum și capacitatea de a procesa informații complexe.

Studiile au arătat ca hormonii sexuali (estrogenul, progesteronul și testosteronul) sunt implicați în mod critic în mielinizare, ajutând la organizarea

conexiunilor structurale și activarea zonelor creierului pe care acestea le conectează.

Hormonii ovarieni (estradiol și progesteron) pot îmbunătăți atât conectivitatea funcțională cortico-corticală, cât și subcortico-corticală, în timp ce androgenii (testosteronul) pot scădea conectivitatea funcțională subcortico-corticală și pot crește conectivitatea funcțională între zonele subcorticale ale creierului. Prin urmare, atunci când se examinează dezvoltarea și îmbătrânirea creierului, sau când se investighează posibilele mecanisme biologice ale bolilor neurologice, contribuția hormonilor sexuali nu trebuie ignorată[7].

Sistemul limbic și cortexul prefrontal

Așa cum s-a demonstrat, anumite regiuni, cum sunt sistemul limbic și cortexul prefrontal, sunt încă insuficient maturizate la pubertate, urmând ca procesul de maturizare să fie complet în jurul vârstei de 25 de ani.

Sistemul limbic este implicat în exprimarea emoțiilor și a motivației, care sunt legate de supraviețuire, reglând funcțiile legate de stocarea memoriei și evocarea evenimentelor cu un răspuns emoțional puternic. Emoțiile generate includ frica, furia și răspunsul de fugă sau luptă. Sistemul limbic este, de asemenea, implicat în sentimentele de plăcere care recompensează comportamentele legate de supraviețuirea speciilor, cum ar fi mâncatul și sexul[8].

Cortexul prefrontal este implicat în analiza și reglarea inteligentă a emoțiilor, gândurilor și acțiunilor, având rol direct în anticiparea consecințelor și în controlul impulsurilor datorită unei mari conectivități cu diferitele regiuni ale creierului.

Cortexul prefrontal este una dintre ultimele regiuni ale creierului care ajunge la maturitate, mai multe funcții executive ale cortexului prefrontal uman rămânând în construcție în timpul adolescenței, ceea ce explică de ce unii adolescenți prezintă imaturitate comportamentală.

Cortexul prefrontal al adolescenților este puțin utilizat în timpul interacțiunilor interpersonale și luării deciziilor, de aceea atunci când interacționează cu ceilalți și iau decizii, adolescenții sunt mai predispuși decât adulții să fie influențați de emoțiile lor și recunosc adesea incorect emoțiile altora[4].

Astfel, înțelegerea modului în care sunt utilizate sistemul limbic și cortexul prefrontal a oferit o explicație parțială pentru comportamentul adolescenților, cum ar fi rapiditatea la furie, schimbările intense ale dispoziției și luarea deciziilor pe baza sentimentelor „viscerale“. Deoarece adolescenții se bazează foarte mult pe regiunile emoționale ale creierului lor, poate fi o provocare să ia deciziile pe care adulții le consideră logice și adecvate. Faptul că dezvoltarea creierului nu este completă până aproape de vârsta de 25 de ani se referă în mod specific la dezvoltarea cortexului prefrontal.

Studiile RMN au descoperit că procesele de dezvoltare a creierului apar într-un model back-to-front, explicând de ce cortexul prefrontal se dezvoltă ultimul. Aceste investigații au arătat, de asemenea, că adolescenții au mai puțină substanță albă (mielină) în lobii frontali în comparație cu adulții și că mielina din lobii frontali crește pe parcursul adolescenței. Pe măsură ce apare mai multă mielină fluxul de informații între regiunile creierului devine mai bun.

Acest proces a fost denumit proces de frontalizare, prin care cortexul prefrontal se dezvoltă pentru a regla răspunsurile comportamentale inițiate de structurile limbice. În timpul adolescenței, substanța albă crește în corpul calos, mănunchiul de fibre nervoase care conectează emisferile drepte și stângi ale creierului, ceea ce permite o comunicare eficientă între emisfere[3,10,11].

Odată cu procesul de conectare a celor două emisfere, adolescentul va putea să acceseze o gamă completă de strategii analitice și creative pentru a răspunde la dileme complexe care pot apărea în viața lui, controlând astfel mai bine emoțiile și impulsurile adolescenței. Rămâne important însă rolul experienței în dezvoltarea circuitelor neuronale care permit un control cognitiv sporit al emoțiilor și impulsurilor adolescenței. Adolescenții, care tind să se angajeze în comportamente riscante în medii relativ sigure, utilizează acest circuit pentru a-și dezvolta abilitățile de a aborda situații mai periculoase. Este cunoscut că băieții se angajează în mai multe comportamente de asumare a riscurilor, dar și fetele au aceeași tendință de a-și asuma riscuri. Deși sunt la fel de predispuse, fetele nu-și asumă atât de multe riscuri, în contrast cu băieții, care își folosesc aproape toate șansele.

Asumarea riscurilor

Nu trebuie uitat că având un cortex prefrontal imatur, chiar dacă înțeleg că ceva este periculos, adolescenții se pot angaja în continuare într-un astfel de comportament riscant. Cercetările arată că adolescenții își asumă riscuri pentru a se testa și a se defini, pentru a se descoperi pe sine, pentru descoperirea altora și a lumii, această asumare putând fi benefică și dăunătoare în același timp.

Înclinația pentru comportamentul de asumare a riscurilor joacă un rol semnificativ în dezvoltarea adolescenților și servește la învățarea de noi abilități prin noi experiențe, pregătindu-i astfel pentru provocările viitoare din viață. Ei au oportunitatea de a învăța care este adevărul lor potențial, dar și eventualele vulnerabilități, de aceea se consideră că asumarea riscurilor este o componentă normală și necesară a adolescenței.

Centrele pentru Controlul și Prevenirea Bolilor au identificat principalele cauze de deces și îmbolnăvire în rândul adolescenților.

Aceste cunoștințe ne pot ajuta la dezvoltarea unor intervenții eficiente pentru reducerea consecințelor negative asociate cu comportamentul de asumare a riscurilor în rândul populației adolescente.

S-a stabilit că, în jurul vârstei de 12 ani, adolescenții își scad dependența de gândirea concretă și încep să demonstreze capacitatea de gândire abstractă, de vizualizare a rezultatelor potențiale și o înțelegere logică a cauzei și efectului, încep să privească situațiile și să decidă dacă sunt sigure, riscante sau periculoase. Aceste aspecte ale dezvoltării se corelează cu maturizarea lobului frontal.

Investigatorii au numit cogniția „fierbinte“, gândirea în condiții de excitație ridicată și emoție intensă, în care adolescenții tind să ia decizii mai proaste. Opusul acesteia a fost denumită cogniția „rece“, care este gândirea critică și supraanalizatoare, în care emoțiile și starea de excitație sunt mai puțin intense, iar adolescenții tind să ia decizii mai bune[12].

La acestea se adaugă o serie de sentimente complexe – cum ar fi frica de respingere, dorința de a arăta cool, entuziasmul de risc sau anxietatea de a fi prinși – care fac mai dificil pentru adolescenți procesul de vizualizare a rezultatelor potențiale, sau înțelegerea consecințelor deciziilor. Steinberg a studiat comportamentul de asumare a riscurilor la adolescenți și modul în care acesta a fost

influențat de colegii lor. El a folosit un joc de simulare a condusului în care i-a studiat pe adolescenți și a descoperit că atunci când adolescenții se jucau singuri au luat decizii mai sigure, iar în prezența prietenilor au luat decizii mai riscante. Atunci când adolescenții se găsesc în situații emoționale, intră în joc gândirea cognitivă fierbinte, iar acești adolescenți sunt mai predispuși la acțiuni mai riscante și la decizii impulsive[13,14].

Empatia la adolescenți

Empatia cognitivă este capacitatea mentală de a lua în considerare și de a înțelege perspectivele celorlalți și, la pubertate, este relativ subdezvoltată, având în vedere că în creier există prea multe celule și prea puțină mielină.

Conform unui studiu desfășurat pe durata a șase ani, publicat în *Developmental Psychology*, empatia cognitivă începe să crească constant la fete, începând cu vârsta de 13 ani, cu mult timp înainte ca această capacitate să fie procesată în cortexul prefrontal al băieților.

Empatia afectivă este capacitatea de a recunoaște și răspunde la sentimentele celorlalți.

La băieți, cercetările au constatat nu numai lipsa empatiei cognitive, dar și faptul că empatia lor afectivă scade de la 13 până la 16 ani.

Studiile au dovedit că această empatie afectivă se recuperează la băieți mai târziu, în adolescență, în timp ce fetele au dovedit că o au de la început, mențin această capacitate mentală și o dezvoltă mereu.

În dezvoltarea empatiei este implicată mielinizarea creierului, iar cercetările au arătat că sunt implicate în mod special și experiențele individului, iar acestea contează mai mult decât genetica.

Dovezile sugerează că nu există diferențe specifice între sexe, pentru tiparele activității neuronale în procesul de empatie, deși femeile obțin un scor mai mare la aproape toate măsurătorile.

Aceste observații au dus la concluzia că empatia este mai puțin despre dezvoltarea creierului și mai mult despre condiționarea socială și așteptările culturale.

Această evoluție către maturizare poate fi însoțită de experiențe și comportamente nesănătoase și riscante, ce necesită un efort suplimentar și din partea familiei.

Sunteți un model pentru copii

În creierul adolescenților, conexiunile dintre partea emoțională a creierului și centrul de luare a deciziilor sunt încă în curs de dezvoltare, nu întotdeauna în același ritm, de aceea, atunci când adolescenții au un aport emoțional copleșitor, ei nu pot explica mai târziu ce gândeau. Ei nu gândesc la fel de mult pe cât simt.

Cum ne adaptăm la această situație ca părinți?

În primul rând toți părinții trebuie să știe că sunt cel mai important model pe care îl au copiii lor și nu trebuie să fii cercetător în neuroștiințe ca să fii un bun părinte, chiar dacă „meseria“ de părinte nu este foarte ușoară.

Sigur, prietenii lor sunt importanți pentru ei, dar felul în care părinții se comportă cu adolescentul și felul în care părinții își îndeplinesc responsabilitățile lor, vor influența profund și de lungă durată comportamentul copiilor.

Discutarea consecințelor acțiunilor lor îi poate ajuta pe adolescenți să facă legătura între gândirea impulsivă și modul în care acționează ajutând astfel la construirea și folosirea de noi conexiuni în creierul acestora. Aceste discuții vor încuraja utilizarea cât mai frecventă a noilor conexiuni create cu scopul de a lua decizii mai sănătoase[15,16].

Ce e de făcut?

Adolescentul are nevoie de îndrumarea părintelui, chiar dacă el crede acest lucru.

Pentru a-i putea sprijini să devină adulți responsabili și independenți, părinții trebuie să înțeleagă tot acest proces de maturizare și în primul rând să cunoască faptul că prioritatea emoțiilor înaintea gândirii logice, lipsa empatiei, curiozitatea, sunt specifice și că există atât aspecte negative, cât și pozitive în comportamentul de asumare al riscurilor.

1. Copiii pot evolua prin asumarea sănătoasă a riscurilor, acestea fiind o parte necesară a adolescenței. Dacă ele pot fi acceptabile din punct de vedere social, permit explorarea cât mai sănătoasă a lumii și a propriilor identități și ajută la exersarea propriilor decizii.

Având în vedere că există un decalaj între nevoia de recompensă și autocontrolul prefrontal, exersând asumarea sănătoasă a riscurilor, adolescenții au

oportunitatea de a-și dezvolta tocmai acest sistem de control cognitiv.

De aceea este important ca atunci când adolescentul trebuie să ia o decizie, să îl ajutăm să o ia în mod înțelept și în siguranță. Întodeauna, ca părinți, inviți adolescentul să explice ceea ce gândește și nu îi creați sentimente de vinovăție, rușine, nu criticați deciziile acestuia, chiar dacă nu au fost înțelepte, orientați-l către decizii sigure și corecte.

Discuții continue în care suntem curioși, nu furioși, pot face diferența!

2. Familiarizați-vă cu obiceiurile din viața de zi cu zi, aflați care sunt alegerile, lucrurile care le creează interes, activitățile care le plac și arătați interes pentru acestea. Arătați interes pentru aspectele care îl pasionează sau în care este implicat adolescentul, în acest fel îi veți întări convingerea că sunt importante și pentru dumneavoastră. Nu criticați sau ignorați ceea ce este important pentru ei, ajutați-i să realizeze dacă este sănătos sau nu ceea ce fac.

3. Dacă adolescentul vă cere sfatul sau nu conștientizează că ei pot juca un rol important în corectarea situațiilor nesănătoase, amintiți-le că sunt rezistenți și competenți. Ca punct de sprijin, amintiți-le cum au rezolvat cu succes, în alte situații, episoade care credeau a fi devastatoare. Încurajați-i!

4. Ca părinți trebuie să știți că adolescenții au nevoie să fie ascultați, nu interveniți în forță doar pentru a îndrepta o situație, fără a asculta întâi ce gândesc aceștia. Înainte de a da sfaturi, întrebați adolescentul care vine cu o problemă, dacă dorește să primească un răspuns sau doar să fie ascultat!

5. Nu vă grăbiți să găsiți scuze pentru un comportament nepotrivit, nu încadrați acest comportament într-o obișnuință a unei categorii, a grupului, sexului etc. Afirmații de genul: „așa sunt băieții“ sau „prieteni sunt de vină“ vor încuraja un comportament inacceptabil.

6. Creierul are nevoie de mai mult somn în adolescență, de aceea încercați să orientați adolescentul către un program sănătos de somn!

7. Nu vă concentrați pe așa zisele lipsuri, incompetențe sau greșeli ale vârstei, ci pe beneficiile acestei perioade de creștere. Vă puteți baza pe avantajul adolescenților de a avea un număr mult mai mare de neuroni decât al adulților, cu capacitate sporită de a crea noi legături interneuronale, ceea ce face ca ei să aibă abilități superioare de învățare și evoluție. Amintiți-le că ei pot învăța mai ușor și mai rapid și asigurați-i că vor reuși și vor evolua sănătos către viața de adult. Gândiți pozitiv, încurajați, adolescenții au potențial!

8. Adolescenții au perioade de supărare, dezamăgire, tristețe, normale dacă acestea durează doar câteva zile. Dacă observați că aceste perioade devin frecvente, apare stare de spirit semnificativ modificată sau o schimbare de comportament care durează mai mult de 2 săptămâni, ar putea însemna că se întâmplă altceva, cum ar fi depresia. Căutați imediat un tratament profesional pentru copilul dumneavoastră. Depresia este gravă și, dacă este lăsată netratată, poate pune viața în pericol.

9. În cele din urmă, un pas crucial pe care trebuie să-l facem întotdeauna, indiferent de cât este dezvoltat creierul copilului nostru: amintiți-i că îl iubiți, indiferent de motiv! Asigurați-vă că există mereu conexiune între voi, înaintea relației prin care ei sunt direcționați sau corecți. Adolescenții, copiii în general, trebuie să simtă că sunt auziți, văzuți și apreciați! Trebuie să știe că sunt iubiți!

În final, putem fi de acord că este uneori dificil să ai grijă de un adolescent. Vestea bună este că majoritatea adolescenților reușesc să devină adulți responsabili, iar părinții care pun accent pe conexiune își vor menține toată viața relații frumoase cu copiii lor.

Bibliografie:

1. Blackwood D. H. R, Muir W. J. Cognitive brain potentials and their application. *The British Journal of Psychiatry*. 1990
2. Kaplan&Sadock, Manual de buzunar de psihiatrie clinica, editia a treia; 2009
3. Justin Coulson Ph D, Miss-connection: why your teenage daughter 'hates' you, Expects the world and needs to talk; 2020
4. Li K, Xu E. The role and the mechanism of gamma-aminobutyric acid during central nervous system development. *Neurosci Bull*. 2008
5. Wahlstrom D, Collins P, White T, Luciana M. Developmental changes in dopamine neurotransmission in adolescence: behavioral implications and issues in assessment. *Brain Cogn*. 2010
6. Kaplan PS. *Adolescence*. Boston, MA: Houghton Mifflin Company; 2004.
7. Giedd JN, Blumenthal J, Jeffries NO, et al. Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nat Neurosci*. 1999
8. Walter, W. G Slow potential waves in the human brain associated with expectancy, attention and decision. *Arch Psychiatr Nervenkr*. 1964
9. Sylwester R. *The Adolescent Brain: Reaching for Autonomy*. Newbury Park (CA): Corwin Press; 2007
10. Dahl RE. Beyond raging hormones: the tinderbox in the teenage brain. *Cerebrum*. 2003
11. Blakemore SJ. Development of the social brain in adolescence. *J R Soc Med*. 2012
12. Casey BJ, Jones RM, Hare TA. The adolescent brain. *Ann NY Acad Sci*. 2008
13. Sales JM, Irvin CE. Theories of adolescent risk taking 2009 The biopsychological model. In: Diclemente R. J, Santelli J. S, Crosby RA, editors. *Adolescent Health*. San Fransisco: John Wiley and Sons;
14. Steinberg L. Risk taking in adolescence: what changes and why? *Ann NY Acad Sci*. 2004
15. Steinberg L. Cognitive and affective development in adolescence. *Trends Cogn Sci*. 2005
16. Abelson RP. Computer simulation of "hot cognition" In: Tomkins S. S, Messick S, editors. *Computer simulation of personality*. New York: Wiley; 1963.