

РИЗИЧНО И ИМПУЛСИВНО ОДНЕСУВАЊЕ, ДЕПРЕСИЈА КАЈ АДОЛЕСЦЕНТИ, НИЗ ПРИЗМА НА NEUROIMAGING СТУДИИ НА РАЗВОЈ НА МОЗОК

**Проф. д-р Ленче Милошева¹, Д-р Владимир Милошев²,
Факултет за образовни науки¹, Клиничка болница², Одд. за максилофац. хирургија**

Апстракт

Адолесценцијата е специфичен развоен период во кој постојат социјални и когнитивно развојни предуслови за појава на вулнерабилност за ризични и импулсивни однесувања, и појава на афективни пореметувања, како што е депресијата. Прегледот на литературата и референтните истражувања покажува дека традиционалните невробиолошки и когнитивните објаснувања за однесувањето на адолесцентите не успеале да ги објаснат нелинерните промени во однесувањето набљудувани во адолесценција, кои се поврзани со детството и возрасниот период. Направивме приказ на референтни истражувања од imaging студии со магнетна резонанца (MRI), дифузија тензор imaging (DTI) студии, функционални (fMRI) студии на развојот на човечкиот мозок и однесувањето, neuroimaging студиите и депресијата во адолесценција, со цел да ги објаснеме: нелинерните промени во однесувањето набљудувани во адолесценција, како и неуралните механизми кои се одговорни за тие промени; индивидуалните разлики при оптималното донесување на одлуки и во однесувањето. Наодите од овие студии сугерираат дека за време на адолесценција, за разлика од детството и возрасниот период, постои диференцијален развој на лимбичкиот систем од „ дното према нагоре “(bottom-up), имплициран во мотивационите и емоционалните процеси, па сè до „од врвот према надолу“ (top-down) контролен систем. Овие развојни обрасци можат да бидат поттикнати кај адолесцентите кои се посклони кон емоционална респонсивност, зголемувајќи ја веројатноста за појавување на ризични и импулсивни исходи. Ја нагласивме потребата од нови лонгитудинални neuroimaging студии, кои ќе ја земат предвид развојната димензија.

Клучни зборови: neuroimaging; импулсивно; ризично однесување; депресија; адолесценција.

RISK AND IMPULSIVE BEHAVIOUR, DEPRESSION AMONG ADOLESCENTS THROUGH THE PRISM OF NEUROIMAGING STUDIES OF BRAIN DEVELOPMENT

Lence Miloseva¹, Ph.D., Vladimir Milosev², MD Maxillofac. Surg. Spec,
Faculty of Educational Science ¹, Clinical Hospital ², Dept. of Maxillofac. Surg

Abstract

Adolescence is a specific developmental period in which there are social and cognitive developmental prerequisites for the emergence of vulnerability to risky and impulsive behaviors, and affective occurrence of disorders, such as depression. Review of literature and reference research shows that traditional neurobiological and cognitive explanations for adolescent behavior have failed to explain nonlinear behavioral changes observed in adolescence, associated with childhood and adult life. We made a review of referenced research imaging studies with magnetic resonance imaging (MRI), diffusion tensor imaging (DTI) studies, functional magnetic resonance imaging (fMRI) studies of development of the human brain and behavior, neuroimaging studies and depression in adolescence, in order to provide explanation of: nonlinear changes behavior observed in adolescence and neural mechanisms responsible for these changes; individual differences in optimal decision-making and behavior during adolescence. The findings of these studies suggest that during adolescence, unlike childhood and adulthood, there is a differential development of bottom-up limbic system, implicated in motivational and emotional processes, to top-down control system. These developmental patterns can be intensify in adolescents who are more prone to emotional responsiveness, increasing the probability of the occurrence of risky and impulsive outcomes. We emphasized the need for new longitudinal neuroimaging studies, which include the dimension of development.

Key words: neuroimaging; impulsive; risk behavior; depression; adolescence.

1. Вовед

Постојат одреден број на когнитивни и невробилошки хипотези кои биле појдовна точка во објаснувањето зошто адолесцентите покажуваат неоптимален избор во однесувањето, импулсивноста и зголемената емоционална респонсивност.

Според прегледот на литературата развојот на мозокот на адолесцентот, Јурџелин-Тод (Yurgelun-Todd, 2007), сугерира дека когнитивниот развој во текот на адолесцентните години е поврзан со прогресивно зголемената ефикасност на когнитивните контролни капацитети.

Транзицијата во адолесценција се одликува со појавување на селф-директивен и селф-регулиран ум. Селф-регулираноста е унапредена преку егзекутивниот, управувачки сет на способности како централни концептуални структури координирани преку домените (Donald, 2001). Развојот на егзекутивната контрола ги проверува и управува когнитивните ресурси во текот на адолесценцијата. Така, преку развојот, зголемените и засилени егзекутивни функции на когнитивните способности, преминуваат во “top down“ пристап на когницијата.

Паралелната координација на информационото процесуирање или “bottom-up“ компонентите им дозволува на адолесцентите стратешко користење на појавените когнитивни ресурси. На таков начин, когнитивното информациско процесуирање и когнитивното резонирање функционираат заедно.

Оваа ефикасност е опишана дека зависи од созревањето на префронталниот кортекс, базирана на покачената активност со фокалните префронтални регии (Tamm, Menon, & Reiss, 2002) минимизирајќи ја активноста во нерелевантните мозочни регии (Durstun et al., 2003, 2006). Но, незрелите префронтално кортикални функции, сами за себе, не можат да ги објаснат неоптималните одлуки и ризичното однесување во адолесценцијата. Со цел прецизна и правилна концептуализација на когнитивните и невробилошките промени за време на адолесценцијата, на овој период мора да се гледа како на транзиционен развоен период, а не како секвенца во времето (Casey, Tottenham, Liston, & Durston, 2005).

Како што не постои единствена теорија или пристап кој го објаснува развојот во адолесценцијата, така не постои ни една теорија или пристап, која би можела да објасни како во текот на развојот се појавуваат факторите на ризик, кои се нивните корени и потекло, како и механизмите на делување.

Адолесценцијата е специфичен развоен период во кој постојат социјални и когнитивно развојни предуслови за појава на вулнерабилност за ризични и импулсивни однесувања, како и за покачена емоционална респонсивност и појава на афективни пореметувања, како што е депресијата (Jacobs, Reinecke, Gollana, & Kane, 2008).

Сметаме дека треба да се истакне улогата на нормативите на транзицијата од средно детство во адолесценција, кои тие ја имаат во појавувањето или развојот на факторите на ризик за импулсивно и ризично однесување, како и вулнерабилноста за депресија.

Когнитивните способности на адолесцентите во рана адолесценција им дозволуваат размислување за идеите на систематски, логичен начин, создавање на претпоставки за сфаќањата на апстрактниот концепт, што им овозможува разбирање на сложениот свет околу себе, како и разбирање на концептите на живот и смрт. Напуштањето на идеализацијата е овозможено со зголемена способност да увидат што навистина се случува, а не што би сакале да се случи. Селф-директивноста и селф-насоченоста се силно нагласени, како и довербата и валидноста на она што се случува внатре во нив.

Во духот на нагласен и специфичен егоцентризам, раните адолесценти одржуваат лажни уверувања дека другите личности (посебно значајните други) посветуваат внимание, мислат и се однесуваат онака како што ги гледа самиот адолесцент. Значи, постои имагинарна публика во која е пренагласена грижата за тоа што другите мислат за нив.

Елкинд, (Elkind, 1978), претпоставува дека на таа возраст развојните промени во самосвесноста и егоцентризмот во текот на раната адолесценција придонесуваат за покачување на депресивната симптоматологија или состојба.

Аналогно на хипотезите за постоење на имагинарна публика е заклучокот од кој тргнало дека оние адолесценти кои се покритични према себе, го антиципираат мислењето на критичката публика и дека се вулнерабилни за депресија.

Базирајќи се на оваа хипотеза, Габер и Флин (Garber & Flynn, 2001), претпоставиле дека депресогениот когнитивен стил се јавува како медијатор во релацијата помеѓу адолесцентната когниција (самосвесност и егоцентризам) и депресијата.

Во рамки на истата хипотеза, овие истражувачи ги соопштиле резултатите од своите истражувања кои го потврдуваат постоењето на значајната поврзаност помеѓу когницијата на адолесцентите и депресивните симптоми и когнитивните вулнерабилни фактори (нпр. когнитивна тријада, автоматски мисли, дисфункционални ставови, негативни атрибуции).

Самосвесноста и егоцентризмот во текот на раната адолесценција можат да го направат адолесцентот посебно вулнерабилен на развојот на когнитивните вулнерабилни фактори, а со тоа последователно и на депресијата, ако ги искушат стресорите кои се однесуваат на, за нив, многу важни домени. Тоа е интеракција на нормативите на когнициите на адолесцентните со стресорите кои се вообичаени за овој развоен период (академски, семејни, социјални, физички промени итн.), кои можат да придонесат за покачувањето на нивото на депресијата во текот на адолесценцијата преку медијаторската улога на депресогените когнитивни стилови.

Раната и средна адолесценција се критички период за студирање и истражување на ризикот за депресија, бидејќи ова е развоен период во кој прв пат се појавуваат депресивни симптоми (Cicchetti & Rogosch, 2002). Иницијалните покачувања во депресивните симптоми се приметени околу 13 години старост, со тенденција на зачестеност и покачување во текот на периодот на адолесценција.

Тое е неоспорно период на значајни физиолошки, психолошки и биолошки промени, со почеток во пубертет, академски и социјални барања при транзиција во средно училиште и варијабилни интеракции во семејството, со вршниците, кои како комплекс на фактори придонесуваат за појавување на депресија.

Во адолесценцијата, когнитивно развојните предуслови за когнитивна вулнерабилност се присутни и можат да станат манифестни (Alloy, Abramson, Walshaw,

Keyser, & Gerstein, 2006). Депресивните пореметувања често почнуваат во адолесценцијата, со хроничен тек и многу често со рецидиви и ремисии во возрастниот период. Нивото на животната преваленца на депресивните пореметувања кај деца е 1.5 % и 7 % кај адолесцентите преку 13 години (Kessler, Avenevoli, & Merikangas, 2001).

2. Невробиолошки модел, биолошки predispositions и развој

Воспоставувањето на развојните траектории за когнитивните и невролошките процеси е најважно во описот на овие транзиции, но и во описот на ограничените интерпретации за промените во однесувањето во периодот на адолесценцијата.

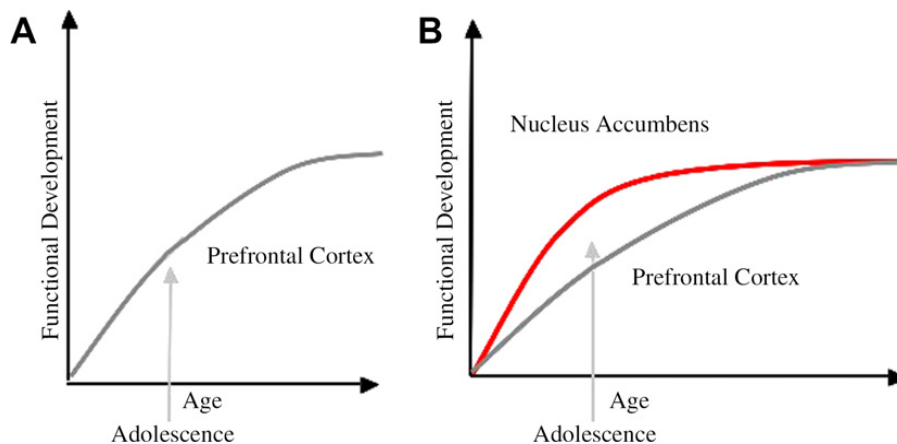
На когнитивно и бихејвиорално ниво, адолесцентите се опишани како импулсивни (нпр. им недостига когнитивна контрола) и се склони кон ризик однесување. Овие конструкти се опишуваат симултано и без различни развојни траектории кои би ги одвоиле еден од друг.

На невробиолошко ниво, imaging студиите кај луѓето и животните сугерираат дистинктивна невробиолошка заснованост и развојни траектории за неуралните системи кои лежат во суштината на овие посебни конструкти на импулсивна контрола и донесување на ризични одлуки.

Кеси, Гетц & Галван (Casey, Getz & Galvan, 2008) врз основа на модел на глодари (Laviola, Adriani, Terranova, & Gerra, 1999; Spear, 2000) и imaging студиите на адолесценти (Ernst et al., 2005; Galvan, Hare, Voss, Glover, & Casey, 2007; Galvan et al., 2006), развиле невробиолошки модел на адолесцентен развој.

Слика 1. Опис на невробиолошкиот модел. Традиционалното објаснување на однесувањето на адолесцентот е како резултат на долгорочен развој на префронталниот кортекс (A).

Моделот според Кеси, Гетц & Галван (2008), го зема во обзир развојот на префронталниот кортекс заедно со субкортикалните лимбички регии (нпр. n. accumbens) кои се поврзани со ризични избори и постапки (B).



Од лева страна е традиционалниот опис на адолесценцијата, прикажан како скоро ексклузивно поврзан со незрелоста на префронаталниот кортекс. Од десна страна е невробилошкиот модел според Кеси, Гетц & Галван (2008), кој илустрира дека лимбичката субкортикална и префронталната “од врвот према долу” (top-down) контролна регија треба да се разгледуваат заедно.

Според овој модел, индивидуата е попрестрасна под влијание на функционалната зрелост на лимбичкиот систем за време на адолесценцијата (нпр. дисбаланс на лимбичката во однос на префронталната контролна регија) споредено со деца, за кои овие системи сеуште се развиваат, и споредено со возрасни за кои овие системи се потполно зрели. Оваа перспектива нуди база за нелинеарни поместувања во однесувањето преку развојот, како резултат на претходната матурација на оваа лимбичка, во однос на помалку зрела „од врвот према надолу“ (top-down) префронтална контролна регија. Со развојот и искуството, функционалната поврзаност помеѓу овие регии нуди механизам „од врвот према надолу“ (top-down) контрола на овие регии (Hare, Tottenham, Galvan, Voss, Glover, & Casey, 2008).

Понатаму, во трудот е дискутирано зошто мозокот се развива на ваков начин и зошто некои адолесценти се во поголем ризик за донесување на неоптимални одлуки кои водат кон долгорочни неповолни последици (Galvan et al., 2007; Hare et al., 2008). Овој прегледен труд нуди аргументи од развојни neuroimaging студии кај луѓе и животни, кои можат да ги објаснат нелинеарните промени во однесувањето и развојот во периодот на адолесценцијата. Моделот на развој на мозокот е презентираан во контекст на ризични фактори, вклучувајќи субоптимално донесување на одлуки и засилена емоционална респонсивност.

1.1. Развој „кон цел насочено“ однесување : Ризично versus импулсивно однесување

Во рамки на когнитивниот развој, во развојот на способностите е важно да се супримираат неадекватни мисли и постапки, во насока да се фаворизира „кон цел насочено“ однесување, посебно во присуство на неопходни стимулуси (Casey, Tottenham, & Fossella, 2002; Casey, Getz, & Galvan, 2008). „Кон цел насоченото“ однесување бара контрола на импулсите или задоцнување на задоволувањето, поради оптимизација на излезните резултати. Оваа способност созрева во текот на детството и адолесценцијата. Однесувањето на адолесцентот воглавно се опишува како импулсивно и ризично, скоро синонимно и покрај тоа што овие конструкти се базираат на различни когнитивни и неурални процеси, кои сугерираат различни конструкти со различни развојни траектории.

Прегледот на литературата сугерира дека импулсивноста се намалува низ периодот на детството и адолесценцијата (Casey, Getz, & Galvan, 2008; Galvan et al., 2007) и дека е поврзана со продолжениот развој на префронталниот кортекс (Casey, Tottenham, Liston, & Durston, 2005), покрај тоа што постојат разлики во степенот на импулсивноста на индивидуата во зависност од возраста.

Спротивно на импулсивната контрола, превземањето на ризикот расте во текот на адолесценцијата и поврзано е со субкортикалните системи за кои се знае дека се вклучени во евалуација на наградата.

Резултатите од neuroimaging студиите сугерираат покачување во субкортикалната активација кога се донесуваат ризик одлуки (Matthews, Simmons, Lane, Paulus, 2004; Kuhnén & Knutson, 2005). Ова покачување е претерано кај адолесцентите во споредба со децата и возрасните (Ernst et al., 2005; Galvan et al., 2006).

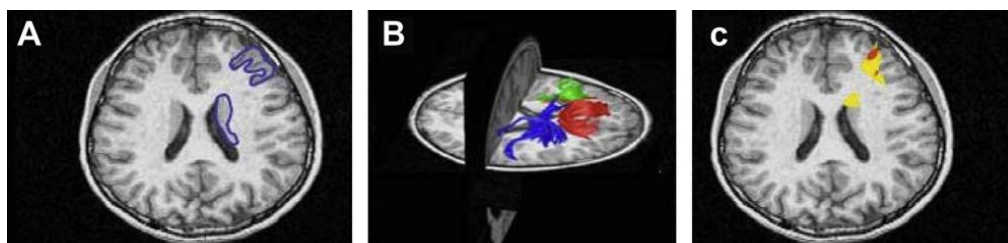
Овие наоди сугерираат различни траектории за однесување базирано на награди/стимули, со поранешниот развој на овие системи, споредено со контролните системи кои покажуваат продолжен и линеарен развоен курс.

2. Резултати од neuroimaging студии на развојот на човечкиот мозок

Последните години, истражувањето на развојот на мозокот кај адолесцентите воглавно се базира на neuroimaging методологијата. Попознати методи се : магнетна резонанца imaging метода (MRI) (слика 2) која ја вклучува структуралната MRI метода, која се користи за мерките на величина и облик на структурата; функционална MRI метода која се користи за мерки на обрасци на мозочни активности и дифузија тензор imaging метода (DTI) која се користи за индексирање на поврзаноста на трактовите на белата маса.

Слика 2. Најчесто користени методи на магнетната резонанца во студиите на човековиот развој. Превземено и адаптирано според Касеј, Гетц, & Галван (Casey, Getz, & Galvan, 2008).

Структуралната магнетна резонанца imaging метода (MRI) која продуцира структурални слики на мозокот е корисна за анатомски и морфометриски студии (A); Дифузија тензор imaging метода (DTI) која нуди мерки на миеленизацијата и правецот на нервните трактови помеѓу анатомските структури (B), и методи на функционална магнетна резонанца (fMRI) која ги мери обрасците на мозочните активности со тие структури (C).



Развојниот модел на конкуренции (Casey, Getz, & Galvan, 2008) помеѓу кортикалните и субкортикалните регии е подржан со добиени резултати (мерки) за незрелата структурална и функционална поврзаност, мерена со DTI и fMRI.

3.1. Imaging студии со магнетна резонанца (MRI) за развојот на човечкиот мозок

Неколку студии ја користеле структуралната MRI метода за мапирање на нормалниот (типичен) развоен курс (Durstun et al. 2006). Покрај тоа што мозокот достигнува просечно 90% од неговата големина на возрасна личност, уште на возраст од шест години, субкомпонентите на сивата и белата маса на мозокот, во периодот на адолесценција се подложени и понатаму на динамички промени.

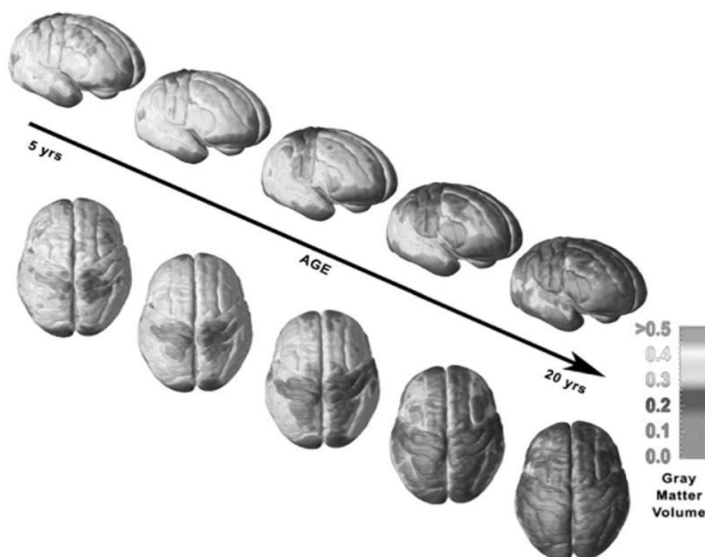
Податоците од лонгитудиналната MRI студија покажуваат дека волуменот на сивата маса има обратен U-облик образец, со поголем варијабилитет во регијата, отколку белата маса (Giedd, 2004; Gogtay et al., 2004; Sowell et al., 2003; Sowell, Thompson, & Toga, 2004).

Генерално, регионите кои им служат на примарните функции, како моторен и сензорен систем созреваат порано; додека областите поврзани со функциите од повисок ред, созреваат подоцна (Gogtay et al., 2004; Sowell, Thompson, & Toga, 2004).

Податоците од neuroimaging студиите кои користеле мерки базирани на MRI, покажале дека кортикалната сива маса почнува да се губи најнапред во примарната сензомоторна област и последователно во дорзолатералниот префронтален и латерално темпоралниот кортекс (Gogtay et al., 2004) (слика 3).

Слика 3

Илустрација на созревање на волуменот на сивата маса преку кортикална површина од 5 до 20 години старост. Адаптирано според Ленрот & Гид (Lenroot & Giedd, 2006).

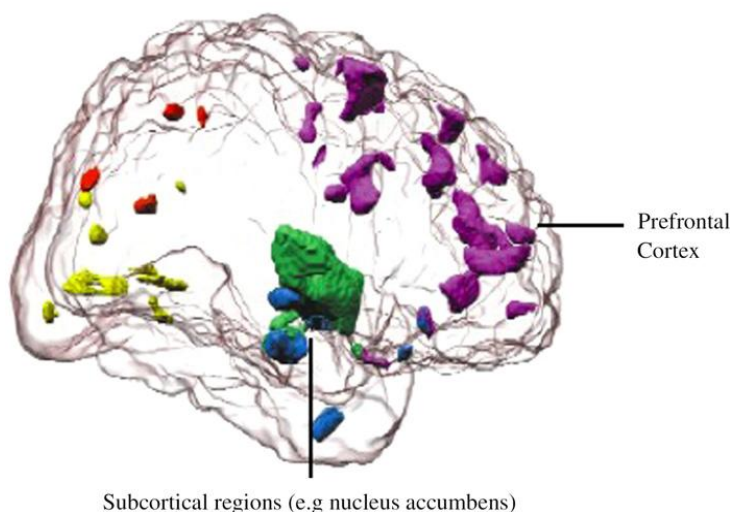


Овој образец е конзистентен со наодите на студијата со нехумани примати и студии на луѓе после нивната смрт. Овие студии покажале дека префронталниот кортекс е еден од последните мозочни регии кои созреваат (Bourgeois, Goldman-Rakic, & Rakic, 1994). Спротивно на сивата маса, волуменот на белата маса расте во нерамномерни линерани обрасци, зголемувајќи се преку развојот во возрасниот период (Gogtay et al., 2004).

Додека се истражувани структуралните промени, помалку внимание е посветено на субкортикалните регии. Но, и покрај тоа, наодите зборуваат дека некои од најголемите промени во мозокот во текот на развојот се видени во овие регии, посебно во базалните ганглии (Sowell et al., 1999, слика 4) и посебно кај индивидуите од машки пол (Giedd, 2004).

Слика 4. Илустрација на региите на мозокот покажуваат најголеми структурални промени во текот на раната и доцната адолесценција.

Превземено и адаптирано од Совел и сор. (Sowell et al., 1999).



Развојните промени во структуралниот волумен со базалните ганглии и префронтални регии се интересни во светло на развојниот процес кој тече во текот на детството и адолесценцијата.

Овие процеси дозволуваат fino подесување и зајакнување на поврзаноста помеѓу префронталната и субкортикална регија во текот на развојот и учењето, кои може да се преклопат со поголема когнитивна контрола.

Како овие структурални промени се поврзани со когнитивните промени ?

Неколку студии го поврзале структуралното созревање на фронталниот лобус и когнитивните функции, користејќи невропсихолошки и когнитивни мерки (нпр., Sowell et al., 2003).

Посебно, поврзаност била пронајдена врз основа на наоди од MRI-базирани студии за регионалните волумени на префронталните кортикални и базални ганглии и мерки на когнитивна контрола (нпр., способност да супресираат неадекватни одговори фаворизирајќи други или дека супресираат внимание кон ирелевантни стимулусни карактеристики подржувајќи релевантни стимулусни карактеристики). Овие наоди сугерираат дека когнитивните промени се рефлектирани во структуралните мозочни промени и ја нагласуваат важноста на субкортикалните (базални ганглии), како и кортикалниот (префронтален кортекс) развој.

3.2. Дифузија тензор imaging (DTI) студии на развој на човечкиот мозок

Напредокот во магнетна резонанца imaging (MRI) технологијата, како дифузија тензор imaging (DTI), нуди потенцијална алатка за испитување на улогата на специфичните трактови на белата маса во развој на мозокот и однесувањето со богати детали. Од интерес за овој труд се neuroimaging студиите кои го поврзуваат развојот на влакнестите трактови со подобрување во когнитивните способности, посебно, поврзаноста помеѓу DTI-базираните мерки на развој на префронталната бела маса и когнитивната контрола кај децата.

Во една студија, развојот на овие капацитети бил позитивно корелиран со префронтално-париетални влакнасти трактови (Nagy, Westerberg, & Klingberg, 2004). Овие наоди се конзистентни со функционалните neuroimaging студии кои покажуваат различен степен на вклучување на овие регии кај деца во однос на возрастни личности.

Интересни се истражувањата и наодите до кои дошле Листон и сор. (Liston et al., 2005, според Casey, Getz, & Galvan, 2008). Тие покажале дека трактовите на белата маса помеѓу префронтално-базалните ганглии и постериорните влакнасти трактови се развиваат во текот на детството, па сè до возрасен период, но само оние трактови кои се помеѓу префронталниот кортекс и базалните ганглии се поврзани со импулсивната контрола, како што е мерено со постигнувањата на одредени когнитивни задачи (Nagy et al., 2004).

Овие наоди ја нагласуваат важноста од испитувањата не само на регионалните туку и на циркуларно поврзаните промени кога донесуваме одлука за промените кои зависат од возраста, во невролошките супстрати на когнитивниот развој.

3.3. Функционални (fMRI) студии на развојот на човечкиот мозок и однесување

И понатаму останале важни прашањата, како fMRI студиите можат да помогнат да се објасни дали адолесцентите, споредени со децата и возрасните (а) немаат доволно когнитивна контрола (импулсивна); (б) ризични се во нивните избори и акции, и (ц) повеќе се сензитивни на афективни информации кога се бара примена на когнитивна контрола во споредба со деца и возрасни.

Покрај тоа што структуралните промени, мерени со imaging методата на магнетна резонанца (MRI) и дифузија тензор imaging (DTI) биле поврзани со промените во однесувањето за време на развојот, подирективен приод за испитување на структурално-функционалната поврзаност е да се измерат промените во мозокот и однесувањето истовремено. Тоа било овозможено со функционална imaging метода на магнетна резонанца (fMRI). Можноста да се мерат функционалните промени во развојот на мозокот со (fMRI) има значаен потенцијал за полето на науките за развојот. Сметаме дека оваа метода нуди смисол и за порано ограничените интерпретации на однесувањето на адолесцентот. Како што нагласивме претходно, веруваме дека развојот на префронталниот кортекс игра важна улога во созревањето на вишите когнитивни способности, како што е донесување на одлука и когнитивна контрола (Casey, Tottenham, & Fossella, 2002b).

Во неколку истражувања, заедно со fMRI биле вклучени и неколку парадигми (како нпр. решавање на задачи за мерење на когнитивните способности) со цел мерење на невролошките бази на вишите когнитивни способности (Casey, Giedd, & Thomas, 2000a; Durston et al., 2003). Заклучокот бил дека децата додека работат на овие задачи, за разлика од возрасните, ги вклучуваат подистинктивните, но често поголемите, подифузните префронтални регии.

Овие обрасци на активности во мозочните регии, кои се централни за изведување на задача која корелира со когнитивната перформанса, со текот на возраста стануваат пофокални и фино подесени, додека во регионите кои не се корелирани со изведување на задачата со тек на возраста, активностите се одвиваат послабо.

Овие обрасци биле набљудувани преку крос-секвенцијални (Brown et al., 2005) и лонгитудинални студии (Durston et al., 2006) и преку различни варијанти на парадигми.

Иако neuroimaging студиите не можат дефинитивно да го карактеризираат механизмот на ваквите развојни промени, наодите рефлектираат развој, подесување, проекции „до и од“ активирани мозочни регии со созревање, сугерирајќи дека овие промени се појавуваат во текот на долгорочен период на време (Schlaggar et al., 2002; Tamm et al., 2002; Moses et al., 2002; Casey et al., 2002a,b; Brown et al., 2005; Crone, Donohue, Honomichl, Wendelken, & Bunge, 2006).

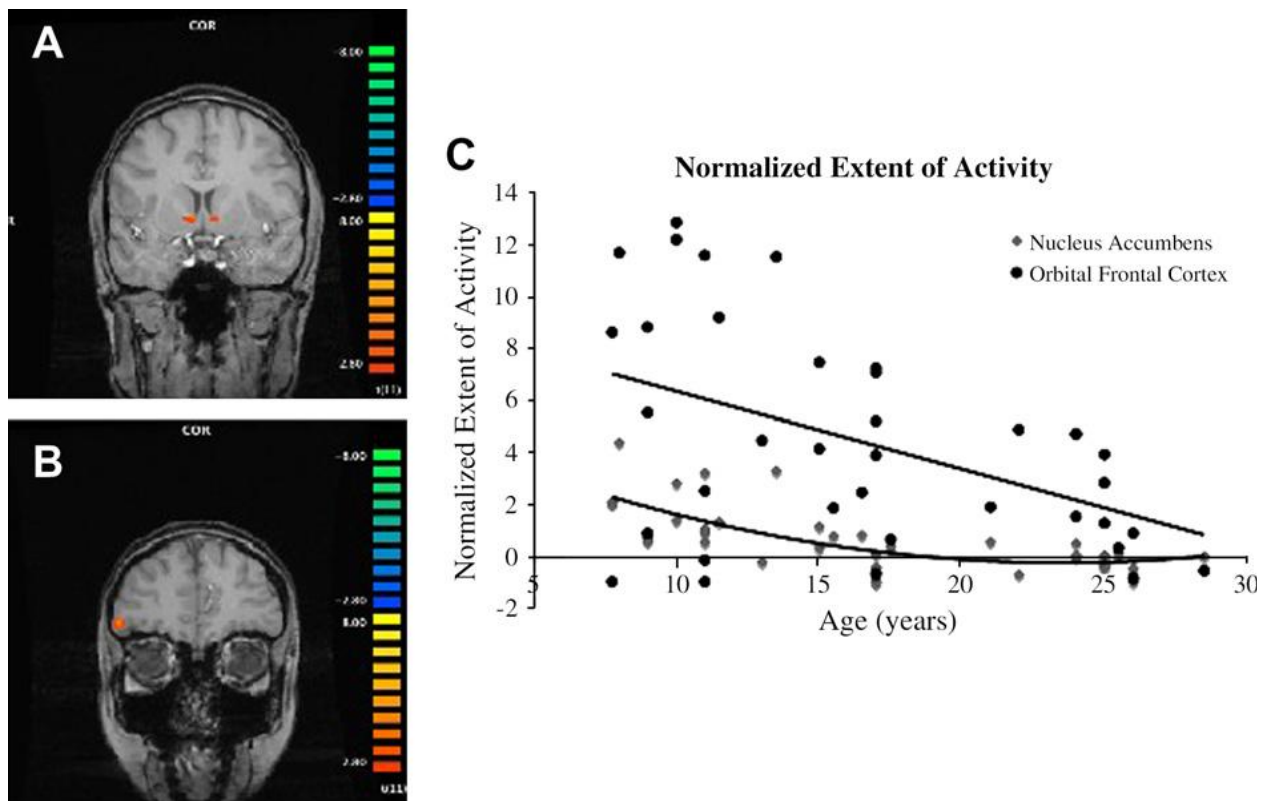
Она што исто така беше од интерес за овој труд, е како оваа методологија ни нуди информации за тоа дали адолесцентите навистина немаат доволно когнитивна контрола (импулсивна) или се ризични во нивните избори и акции?

Прегледот на литературата и истражувањата покажал дека само неколку студии испитувале како се развиваат неуралните кола за награди во субкортикалните регии (n. accumbens) во комбинација со развојот на кортикално префронталните регии. Покрај тоа, како овие неурални промени коинцидираат во барање награда, импулсивност и превземање на ризик, останува релативно непознато.

Според невробиолошкиот модел на Касеј, Гетц & Галван (2008), се предлага дека нагласената комбинација на респонсивност за награди и созревања во областа на контрола на однесувањето би можела да ги предиспонира адолесцентите повеќе да бараат инстант добивка, отколку ли долгорочни цели. Ова можеби го објаснува покачувањето во импулсивното однесување и донесувањето на ризични одлуки. Овој невробиолошки модел е подржан со емпириски наоди од fMRI студии, завземајќи транзиционен приод во разбирање на адолесценцијата и земајќи ги предвид развојните промени .

Тргувајќи од моделот на глодари (Laviola et al., 1999; Spear, 2000, според Casey, Getz, & Galvan, 2008) и imaging студии (Ernst et al., 2005; Casey, Getz, & Galvan, 2008), група истражувачи претпоставиле дека во однос на децата и возрасните, адолесцентите ќе покажат активација на акумбесните јадра, во согласност со помалку зрелите вклучувања на префронталните контролни регии од „врвот кон надолу“ (top-down). Можеме да заклучиме дека и децата и адолесцентите во споредба со возрасните покажуваат помалку зрели одговори во префронталните контролни регии. Овие наоди сугерираат дека различните развојни траектории за овие регии, можат да бидат во основата на покачувањата на активностите на акумбесните јадра, во однос на децата или возрасните, што за возврат е можеби поврзано со покачувањето на импулсивноста и ризичното однесување, набљудувано во текот на адолесцентниот период (слика 5).

Слика 5. Локализација на активностите во антиципација на ефектите од наградата во п. accumbens (A) и орбиталниот фронтален кортекс (B). Нивото на активности во овие регии се прикажани како функции на возраста за секој субјект, прикажувајќи долгорочен развој на орбиталниот фронтален кортекс во однос на п. accumbens (C). Превземено и адаптирано од Галван и сор. (Galvan et al., 2006).



Неколку развојни fMRI студии (Casey et al., 2002b; Monk et al., 2003; Thomas et al., 2004) ја потврдиле претпоставката за различните вклучувања на префронталните и

субкортикалните регии. Наодите на овие студии во главно биле повеќе интерпретирани во термините на незрелите префронтални регии, отколку во термините на дисбаланс помеѓу префронталниот и субкортикалниот развој на регионите.

Наодите на fMRI студиите за активностите на акумбесните јадра покажале позитивна корелација со идно ризично однесување (Kuhnen & Knutson, 2005). За време на адолесценцијата, за разлика од периодот на детството и возрасниот период, незрелоста на вентралниот префронтален кортекс може да не понуди доволно контрола од „врвот кон долу“ (top-down) на активираниот процес на наградување на регионите (нпр. акумбесните јадра), резултирајќи во помало влијание на префронталниот систем (орбитофронталниот кортекс) во однос на акумбесот, при вреднување на наградата.

3.4. Neuroimaging студиите и депресијата во адолесценција

Предмет на интерес на трудот беше и увид во наодите од neuroimaging студиите кои се однесуваат на депресијата во адолесценција и развојот на мозокот. Neuroimaging студиите во последните години се во фокус на интерес, исто така и кога се во прашање истражувањата на депресијата во адолесценцијата. Ваквите студии најчесто биле маркирани како студии со неконзистентни наоди и мал примерок.

Во овој дел ќе бидат прикажани неколку сета на студии. Еден сет на студии е фокусиран на абнормалноста на фронталниот кортекс. Стајнгард и сор. (Steingard et al., 2000) известуваат за намален волумен на фронталниот лобус кај депресивните адолесценти, и подоцна аргументиран помал волумен на фронталната бела маса, но поголем волумен на фронталната сива маса, кај депресивните адолесценти, споредени со здрава, контролна група (Steingard et al., 2000, 2002).

Студијата пак, на Нолан и сор. (Nolan et al., 2002) со адолесцентите со големи депресивни пореметувања (МДД) (третираны со медикаменти) покажала разлики во однос на фронталниот волумен помеѓу оние адолесценти со или без семејна историја или афективни пореметувања.

Оние адолесценти кои немале историја на депресија во семејството, имале 6% помал фронтален волумен, споредени со група на здрави испитаници, но кај адолесцентите кои немале семејна историја на депресија пронајдено е дека нивниот волумен на фронталниот лобус е за 11% поголем од нормалната, контролната група испитаници. Овие наоди ги нагласуваат базичните принципи дека семејните обрасци се клучни за разбирање на природата на рано појавување на депресијата.

Втор сет на студии е фокусиран посебно на медијалните префронтални области. На пример, Ботерон и неговите соработници (Botteron et al., 2002) известуваат за редуција на волуменот, посебно во левиот орбитофронтален кортекс кај депресивните адолесценти. Левиот субгенуален кортекс на депресивните адолесценти бил просечно 19% помал во споредба со контролната група на адолесценти. Останале прашањата зошто некои истражувачи не можеле да ги повторат волуменските ефекти на субгенуалниот кортекс на независниот примерок (нпр., Sanches et al., 2005).

Друг сет на студии пак, е фокусиран на амигдалата, хипокампусот, стратумот и темпоралниот кортекс, користејќи структурален и функционален neuroimaging. Во овие

студии, ефектите поврзани со депресијата биле модерирани од присуството на анксиозни и/или манични симптоми. На пример, Мекмилан и сор. (MacMillan et al., 2003) кај примерок на деца и адолесценти со дијагностицирана голема депресија (МДД), кои не користеле медикаменти, пронашле 14% повисоко ниво на левата, и 11% повисоко ниво на волумен на десната амигдала и хипокампалниот комплекс, споредено со контролниот примерок.

Ваквите разлики во волумените биле поврзани директно со тежината на анксиозните симптоми, но не и со депресивните симптоми, ниту со должината на болеста.

Други истражувачи, Томас и соработниците, (Thomas et al., 2004) ја користеле методата на fMRI со задачи на изразување на емоционална експресија во проучување на децата и адолесцентите со големо депресивно пореметување, генерализирани анксиозни или панични пореметувања, или без психијатриска историја. Адолесцентите со анксиозни пореметувања покажале претерана респонсивност на амигдалата на лица со експресија на страв во однос на контролниот примерок, додека адолесцентите со големо депресивно пореметување покажале нереспонсивност на амигдалата како одговор на овие лица.

Во студијата на адолесцентите со биполарното пореметување и нормалната, контролна група, истражувачите го аргументирале редуцираниот лев тотален супериорен темпорален гирусен волумен во биполарната група, и ефектот бил поврзан со разликите во билатералната бела волуменска маса (Chen et al., 2004a). Истражувачите исто така покажале дека волуменот на амигдалата е позитивно корелиран со возраста помеѓу адолесцентите со биполарни пореметувања, но и негативно корелиран со возраста помеѓу адолесцентите од контролниот примерок (Chen et al., 2004b).

Дикстен и соработниците (Dickstein et al., 2005) ги истражувале децата со биполарни пореметувања и го аргументирале редуцираниот волумен на сивата маса во левиот дорзолатерален префронтален кортекс, акумбесните јадра и амигдалата.

Фокусирајќи се посебно на субкортикалните темпорални структури, Блумберг и сор. (Blumberg et al., 2003a) известуваат за значајна 15.6% редукција на волуменот на амигдалата и маргиналните 5.3% редукција на волуменот на хипокампалниот комплекс кај адолесцентите и младите возрасни со биполарно пореметување во однос на контролниот примерок.

Но, овие волумен ефекти се покажале како неповрзани со траењето на биполарното пореметување, медикаментите, состојбите на расположение. Можеме да резимираме дека се потребни нови лонгитудинални neuroimaging студии, кои ќе ја земат предвид развојната димензија.

4. Индивидуални разлики

Најверојатно е дека еден од препознатливите класични примери на истражување на индивидуалните разлики во литературата на развојната, когнитивната и социјалната психологија, е „одложување на задоволување“ на некоја потреба (нпр. Mischel, Shoda, & Rodriguez, 1989).

Индивидуалните разлики во импулсивната контрола и превземањето на ризикот биле препознатливи во психологијата за одреден круг на истражувачи. Нашиот интерес беше,

исто така, објаснување на индивидуалните разлики во оптимално донесување на одлуки и однесувањето.

Според Доерти (O'Doherty, 2004) некои теоретичари ја поставиле хипотезата дека допаминергичките мезолимбички кола, вклучени во процесот на наградување лежат во суштината на ризичното однесување. Индивидуалните разлики во овие кола, како што се варијантата на алели во допамин-поврзани гени, резултирајќи во премалку или премногу допамини во субкортикалните регии, би можеле да бидат поврзани со предиспозицијата за ризично однесување (O'Doherty, 2004). Акумбесните јадра покажале зголемена активност веднаш пред донесување на ризични одлуки (Kuhnen & Knutson, 2005; Matthews et al., 2004; Montague & Berns, 2002) и како што опишавме и порано, кај адолесцентот, за разлика од децата и возрасните, кога се во прашање наградувачките ефекти, тогаш акумбесните јадра покажуваат претерана активност (Ernst et al., 2005; Galvan et al., 2006).

Сумирано, овие и наодите од слични истражувања сугерираат дека адолесцентите можат да бидат склони кон ризично однесување како група (Gardener & Steinberg, 2005), но некои адолесценти, сепак ќе бидат посклони од другите да се вклучат во ризични однесувања, или ќе бидат повулнерабилни за депресија, ставајќи се во потенцијален ризик за негативни исходи. Затоа, сметаме дека е исклучително важно да се земе во предвид индивидуалната варијабилност кога се истражуваат комплексните врски мозок-однесување низ развојна перспектива.

За да се испитаат индивидуалните разлики во превземање на ризични одлуки и склоност кон такво однесување, Галван и сор. (Galvan et al., 2007) ја истражувале поврзанооста помеѓу активностите во неуралните кола кои се поврзани со наградувањето во антиципација на голема парична награда со црти на личноста за превземање на ризик однесување и импулсивност во адолесценцијата. Применети се методите на imaging на функционална магнетна резонанца (fMRI) и анонимни самоизвестувачки прашалници на ризично однесување, ризик перцепција и импулсивност на примерок на возраст од 7 до 29 година.

Пронајдена е позитивна асоцијација помеѓу активностите на акумбесните јадра и веројатноста за вклучување на адолесцентите во ризични однесувања во текот на развојот. Овие активности варираат како функција на индивидуалната респонсивност на антиципирани позитивни или негативни последици на такво однесување. Кај оние индивидуи кои го перцепираат ризичното однесување како облик на однесување кој води кон страшни последици, акумбесните јадра се активираат помалку кон наградата.

За разлика од ризичното однесување, импулсивноста се покажала дека е повеќе поврзана со активностите на акумбесните јадра, отколку со возраста.

Како што спомнавме и порано, покрај тоа што адолесцентите се опишуваат како импулсивни и истовремено склони кон ризик (Steinberg, 2004, 2007), neuroimaging студиите покажале дека под импулсивноста и склоноста кон ризик лежат различни невробиолошки супстрати и различни развојни траектории за овие видови однесувања.

Импулсивноста е поврзана со незрелоста на вентрално префронталниот развој која постепено слабеа со текот на возраста (Casey, Galvan et al., 2005), додека превземањето на ризикот е поврзано со зголемена активност на акумбесните јадра (Montague & Berns, 2002; Matthews et al., 2004; Kuhnen & Knutson, 2005), кои како да „експлодираат“ во адолесценцијата за разлика од децата и возрасните (Ernst et al., 2005; Galvan et al., 2006).

Овие резултати и наоди ја нагласуваат важноста на индивидуалната варијабилност кога ја испитуваме комплексната врска мозок-однесување поврзано со превземање на ризик, процес на наградување и емоционална респонсивност во развојната популација. Овие индивидуални и развојни разлики можат да помогнат да се објасни вулнерабилноста кај адолесцентите без разлика дали станува збор за ризично, импулсивно однесување, болести на зависност или депресија.

5. Заклучок

Според Кеси и сор.(Casey et al.,2005), imaging студиите кај луѓето покажале структурални и функционални промени во фронтотимбичките регии, кои веројатно резултираат од паралелното покачување во когнитивната контрола и саморегулација. Овие промени се случуваат за да покажат преместување во активацијата на префронталните регии од дифузно до пофокално вклучување во текот на времето (Brown et al., 2005; Bunge et al., 2002; Durston et al., 2006; Moses et al., 2002) и поголемо вклучување на субкортикалните регии за време на адолесценцијата (Casey et al, 2002; Durston et al, 2006).

Покрај тоа што neuroimaging студиите не можат во детали да ги опишат карактеристиките на механизмите на развој, сепак можат преку промената на волуменот и структурите на мозочните регии, преку модификација и проекција „до и од“ мозочните регии за време на созревањето, да сугерираат за пофините промени и подесувања во системот на развој.

Ја нагласивме важноста на индивидуалната варијабилност кога ги испитуваме комплексните врски мозок-однесување, поврзано со превземање на ризик, процес на наградување и емоционална респонсивност во развојната популација. Сметавме дека развојниот приод, чиј фокус се развојните траектории наместо краток пресек во моментот, ни дозволува да го разбереме ова однесување низ развојот и индивидуалните разлики.

Сумирајќи ги наодите, можеме да заклучиме дека зголеменото ризик однесување и покачената емоционална респонсивност во адолесценцијата е поврзана со различни развојни траектории на субкортикалните лимбички регии во однос на кортикалните контролни регии. Овие развојни промени можат да бидат влошени со индивидуалните разлики (нпр. генетски ризици) во базичните активности на лимбичкиот систем.

Она што фасцинира во когнитивната психологија и развојната психопатологија е богатството на научни аргументи и пристапи, и предизвик да остварите невозможна мисија, да ги интегрирате сите тие аргументи и да се обидете да дадете одговор на клучни прашања.

Затоа, веруваме дека академски и научно најправилно е постоечките пристапи во проучувањето на когнитивниот развој, како и модерните, напредни методи во проучување на развојот на мозокот во адолесценцијата и индивидуалните разлики треба да се третираат како комплементарни пристапи на ист феномен, при што секој има свои компаративни предности, недостатоци и ограничувања.

Ограничувањата на овој труд ги дели теоретските и методолошките ограничувања на сите трудови кои имаат за цел да ја опфатат целата слика на феноменот, но и неможност тоа да се направи во еден труд.

Литература

Alloy, L. B., Abramson, L.Y., Walshaw, P.D., Keyser, J., & Gerstein, R. K. (2006). A cognitive vulnerability–stress perspective on bipolar spectrum disorders in a normative adolescent brain, cognitive, and emotional development context. *Development and Psychopathology*, 18, 1055–1103.

Blumberg, H.P., Kaufman, J., Martin, A., Whiteman, R., Zhang, J.H., Gore, J.C., Charney, D.S., Krystal, J.H., Peterson, B.S. (2003a). Amygdale and hippocampal volumes in adolescents and adults with bipolar disorder. *Archives of General Psychiatry*. 60,1201–1208.

Bjork, J. M., Knutson, B., Fong, G. W., Caggiano, D. M., Bennett, S. M., & Hommer, D. W. (2004). Incentive elicited brain activation in adolescents: Similarities and differences from young adults. *Journal of Neuroscience*, 24, 1793–1802.

Bourgeois, J. P., Goldman-Rakic, P. S., & Rakic, P. (1994). Synaptogenesis in the prefrontal cortex of rhesus monkeys. *Cerebral Cortex*, 4, 78–96.

Botteron, K.N., Raichle, M.E., Drevets, W.C., Heath, A.C., Todd, R.D.(2002). Volumetric eduction in left subgenual prefrontal cortex in early onset depression. *Biological Psychiatry*,15,342–344.

Benthin, A., Slovic, P., & Severson, H. (1993). A psychometric study of adolescent risk perception. *Journal of Adolescence*, 16, 153–168.

Bjork, J. M., Knutson, B., Fong, G. W., Caggiano, D. M., Bennett, S. M., & Hommer, D. W. (2004). Incentiveelicited brain activation in adolescents: Similarities and differences from young adults. *Journal of Neuroscience*, 24, 1793–1802.

Bourgeois, J. P., Goldman-Rakic, P. S., & Rakic, P. (1994). Synaptogenesis in the prefrontal cortex of rhesus monkeys. *Cerebral Cortex*, 4, 78–96.

Brainerd, C. J., & Reyna, V. F. (1993). Memory independence and memory interference in cognitive development. *Psychological Review*, 100, 42–67.

Brown, T. T., Lugar, H. M., Coalson, R. S., Miezin, F. M., Petersen, S. E., & Schlaggar, B. L. (2005). Developmental changes in human cerebral functional organization for word generation. *Cerebral Cortex*, 15, 275–290.

Bunge, S. A., Dudukovic, N. M., Thomason, M. E., Vaidya, C. J., & Gabrieli, J. D. (2002). Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children: Evidence from fMRI. *Neuron*, 33, 301–311.

Casey, B. J., Giedd, J. N., & Thomas, K. M. (2000a). Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological Psychology*, 54, 241–257.

Casey, B. J., Thomas, K. M., Welsh, T. F., Badgaiyan, R. D., Eccard, C. H., Jennings, J. R., et al. (2000b). Dissociation of response conflict, attentional selection, and expectancy with functional magnetic resonance imaging. *Proceedings of the National Academy of Science*, 97, 8728–8733.

Casey, B. J., Tottenham, N., & Fossella, J. (2002). Clinical, imaging, lesion and genetic approaches toward a model of cognitive control. *Developmental Psychobiology*, 40, 237–254.

Casey, B. J., Tottenham, N., Liston, C., & Durston, S. (2005). Imaging the developing brain: What have we learned about cognitive development? *Trends in Cognitive Science*, 9, 104–110.

Casey, B. J., Getz, S., & Galvan, A. (2008). The Adolescent brain. *Developmental Review* 28, 62–77.

Chen, H. H., Nicoletti, M. A., Hatch, J. P., Sassi, R. B., Axelson, D., Brambilla, P., Monkul, E. S., Keshavan, M. S., Ryan, N. D., Birmaher, B., & Soares, J. C. (2004a). Abnormal left superior temporal gyrus volumes in children and adolescents with bipolar disorder: A magnetic resonance imaging study. *Neuroscience Letters*, 363, 65–68.

Cicchetti, D., & Rogosch, F. A. (2002). A developmental psychopathology perspective on adolescence. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 70, 6–20.

Crone, E., Donohue, S., Honomichl, R., Wendelken, C., & Bunge, S. (2006). Brain regions mediating flexible rule use during development. *Journal of Neuroscience*, 26, 11239–11247.

Dickstein, D. P., Milham, M. P., Nugent, A. C., Drevets, W. C., Charney, D. S., Pine, D. S., Leibenluft, E. (2005). Frontotemporal alterations in pediatric bipolar disorder: Results of a voxel-based morphometry study. *Archives of General Psychiatry*, 62, 734–741.

Durston, S., Davidson, M. C., Thomas, K. M., Worden, M. S., Tottenham, N., Martinez, A., et al. (2003). Parametric manipulation of conflict and response competition using rapid mixed-trial event-related fMRI. *Neuroimage*, 20, 2135–2141.

Durston, S., Davidson, M. C., Tottenham, N., Galvan, A., Spicer, J., Fossella, J., et al. (2006). A shift from diffuse to focal cortical activity with development. *Developmental Science*, 1, 18–20.

Eaton, L. K., Kinchen, S., Ross, J., Hawkins, J., Harris, W. A., Lowry, R., et al. (2006). Youth risk behavior surveillance—United States, 2005, surveillance summaries. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 55, 1–108.

Eigsti, I. M., Zayas, V., Mischel, W., Shoda, Y., Ayduk, O., Dadlani, M. B., et al. (2006). Predicting cognitive control from preschool to late adolescence and young adulthood. *Psychological Science*, 17, 478–484.

Ernst, M., Nelson, E. E., Jazbec, S., McClure, E. B., Monk, C. S., Leibenluft, E., et al. (2005). Amygdala and nucleus accumbens in responses to receipt and omission of gains in adults and adolescents. *Neuroimage*, 25, 1279–1291.

Eshel, N., Nelson, E. E., Blair, R. J., Pine, D. S., & Ernst, M. (2007). Neural substrates of choice selection in adults and adolescents: Development of the ventrolateral prefrontal and anterior cingulate cortices. *Neuropsychologia*, 45, 1270–1279.

Elkind, D. (1978). Understanding the young adolescent. *Adolescence*, 49, 127–134.

Galvan, A., Hare, T. A., Parra, C. E., Penn, J., Voss, H., Glover, G., et al. (2006). Earlier development of the accumbens relative to orbitofrontal cortex might underlie risk-taking behavior in adolescents. *Journal of Neuroscience*, 26, 6885–6892.

Galvan, A., Hare, T., Voss, H., Glover, G., & Casey, B. J. (2007). Risk-taking and the adolescent brain: Who is at risk? *Developmental Science*, 10, F8–F14.

Garber, J., & Flynn, C. (2001). Predictors of depressive cognitions in young adolescents. *Cognitive Therapy and Research*, 25, 353–376.

Gardener, M., & Steinberg, L. (2005). Peer influence on risk taking, risk preference, and risky decision making in adolescence and adulthood: an experimental study. *Developmental Psychology*, 41, 625–635.

Giedd, J. N. (2004). Structural magnetic resonance imaging of the adolescent brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1021, 77–85.

Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., et al. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101, 8174–8179.

Hare, T. A., Tottenham, N., Davidson, M. C., Glover, G. H., & Casey, B. J. (2005). Contributions of amygdala and striatal activity in emotion regulation. *Biological Psychiatry*, 57, 624–632.

- Hare, T. A., Tottenham, N., Galvan, A., Voss, H. U., Glover, G. H., & Casey, B. J. (2008). Biological substrates of emotional reactivity and regulation in adolescence during an emotional go-nogo task. *Biological Psychiatry*, 63, 927–934.
- Jacobs, R. H., Reinecke, M. A. Gollana, J. K., & Kane, P. (2008). Empirical evidence of cognitive vulnerability for depression among children and adolescents: A cognitive science and developmental perspective. *Clinical Psychology Rev.*, 28(5), 759–782.
- Kessler, R. C., Avenevoli, S., & Merikangas, K. R. (2001). Mood disorders in children and adolescents: An epidemiologic perspective. *Biological Psychiatry*, 49, 1002–1014.
- Kuhnen, C. M., & Knutson, B. (2005). The neural basis of financial risk taking. *Neuron*, 47, 763–770.
- Laviola, G., Adriani, W., Terranova, M. L., & Gerra, G. (1999). Psychobiological risk factors for vulnerability to psychostimulants in human adolescents and animal models. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 23,993–1010.
- Laviola, G., Macri, S., Morley-Fletcher, S., & Adriani, W. (2003). Abstract risk-taking behavior in adolescent mice: Psychobiological determinants and early epigenetic influence. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 27, 19–31.
- Luna, B., Thulborn, K. R., Munoz, D. P., Merriam, E. P., Garver, K. E., Minshew, N. J., et al. (2001). Maturation of widely distributed brain function subserves cognitive development. *Neuroimage*, 13, 786–793.
- Luna, B., & Sweeney, J. A. (2004). The emergence of collaborative brain function: FMRI studies of the development of response inhibition. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1021, 296–309.
- Matthews, S. C. et al. (2004). Selective activation of the nucleus accumbens during risk-taking decision making. *Neuroreport*, 15, 2123–2127.
- May, J. C., Delgado, M. R., Dahl, R. E., Stenger, V. A., Ryan, N. D., Fiez, J. A., et al. (2004). Event-related functional magnetic resonance imaging of reward-related brain circuitry in children and adolescents. *Biological Psychiatry*, 55, 359–366.
- Mischel, W., Shoda, Y., & Rodriguez, M. I. (1989). Delay of gratification in children. *Science*, 244, 933–938.
- Monk, C.S., McClure, E. B., Nelson, E. E., Zarahn, E., Bilder, R. M., Leibenluft, E., et al. (2003). Adolescent immaturity in attention-related brain engagement to emotional facial expressions. *Neuroimage*, 20, 420–428.

Montague, P. R., & Berns, G. S. (2002). Neural economics and the biological substrates of valuation. *Neuron*, 36,265–284.

Moses, P., Roe, K., Buxton, R. B., Wong, E. C., Frank, L. R., & Stiles, J. (2002). Functional MRI of global and local processing in children. *Neuroimage*, 16, 415–424.

Munakata, Y., & Yerys, B. E. (2001). All together now: When dissociations between knowledge and action disappear. *Psychological Science*, 12, 335–337.

MacMillan, S., Szeszko, P.R., Moore, G.J., Madden, R., Lorch, E., Ivey, J., Banerjee, S.P., & Rosenberg, D.R. (2003). Increased amygdala-hippocampal volume ratios associated with severity of anxiety in pediatric major depression. *Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology*, 13,65–73.

Nagy, Z., Westerberg, H., & Klingberg, T. (2004). Maturation of white matter is associated with the development of cognitive functions during childhood. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, 1227–1233.

Nolan, C.L., Moore, G.J., Madden, R., Farchione, T., Bartoi, M., Lorch, E., Stewart, C.M., & Rosenberg, D.R. (2002). Prefrontal cortical volume in childhood-onset major depression: Preliminary findings. *Archives of General Psychiatry*, 59,173–179.

O’Doherty, J., Kringelbach, M. L., Rolls, E. T., Hornak, J., & Andrews, C. (2001). Abstract reward and punishment representations in the human orbitofrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 4, 95–102.

O’Doherty, J. P. (2004). Reward representations and reward-related learning in the human brain: Insights from neuroimaging. *Current Opinions in Neurobiology*, 14, 769–776.

Sanches, M., Sassi, R.B., Axelson, D., Nicoletti, M., Brambilla, P., Hatch, J.P., Keshavan, M.S., Ryan, N.D., Birmaher, B., Soare, J.C. (2005). Subgenual prefrontal cortex of child and adolescent bipolar patients: A morphometric magnetic resonance imaging study. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 138,43–49.

Schlaggar, B. L., Brown, T. T., Lugar, H. M., Visscher, K. M., Miezin, F. M., & Petersen, S. E. (2002). Functional neuroanatomical differences between adults and school-age children in the processing of single words. *Science*, 296, 1476–1479.

Schultz, W. (2006). Behavioral theories and the neurophysiology of reward. *Annual Reviews of Psychology*, 57, 87–115.

Steingard, R.J. (2000). The neuroscience of depression in adolescence. *Journal of Affective Disorders*, 61,15–21.

Steingard, R.J., Renshaw, P.F., Hennen, J., Lenox, M., Cintron, C.B., Young, A.D., Connor, D.F., Au, T.H., Yurgelun-Todd, D.A. (2002). Smaller frontal lobe white matter volumes in depressed adolescents. *Biological Psychiatry*, 52, 413–417.

Sowell, E. R., Thompson, P. M., Holmes, C. J., Jernigan, T. L., & Toga, A. W. (1999). In vivo evidence for postadolescent brain maturation in frontal and striatal regions. *Nature Neuroscience*, 2, 859–861.

Sowell, E. R., Thompson, P. M., & Toga, A.W. (2004). Mapping changes in the human cortex throughout the span of life. *Neuroscientist*, 10, 372–392.

Sowell, E. R., Peterson, B. S., Thompson, P. M., Welcome, S. E., Henkenius, A. L., & Toga, A. W. (2003). Mapping cortical change across the human life span. *Nature Neuroscience*, 6, 309–315.

Spear, L.P.(2000). The adolescent brain and age-related behavioral manifestations. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 24, 417–463.

Steinberg, L. (2007). Risk-taking in adolescence: New perspectives from brain and behavioral science. *Current Directions in Psychological Science*, 16, 55–59.

Steinberg, L.(2008). A social neuroscience perspective on adolescent risk-taking. *Developmental Review*, 28, 78–106.

Tamm, L., Menon, V., & Reiss, A. L.(2002). Maturation of brain function associated with response inhibition. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 41, 1231–1238.

Thomas, K. M., Hunt, R. H., Vizueta, N., Sommer, T., Durston, S., Yang, Y., et al. (2004). Evidence of developmental differences in implicit sequence learning: An fMRI study of children and adults. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, 1339–1351.

Yurgelun-Todd, D.(2007). Emotional and cognitive changes during adolescence. *Current Opinion in Neurobiology*, 17, 251–257.