

**<sup>1</sup>Ерденова М.Б., <sup>2</sup>Кустубаева А.М.**

<sup>1</sup>PhD докторант, e-mail: meruert\_beken@mail.ru

<sup>2</sup>кандидат биологических наук, и.о. профессора, доцент, e-mail: almkusto@kaznu.kz

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

## **ПСИХОГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ КОГНИТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ**

Данная статья посвящена актуальной проблеме интегративного подхода в изучении когнитивных способностей с применением психогенетических, психофизиологических и психометрических методов. Рассмотрены современные исследования генетических маркеров когнитивных способностей. Отмечены наиболее значимые достижения в области появившегося недавно нового направления психогенетики. А также указаны научные исследования нейрофизиологических основ способностей в рамках когнитивной нейронауки. Рассмотрены результаты современных исследований когнитивных способностей, проведённых с использованием методов когнитивной нейронауки. Рассмотрены результаты последних психогенетических исследований когнитивных способностей, ограниченность предсказательной силы этого метода исследования, сложности и системные недостатки установления генетических маркеров когнитивных способностей. Обоснован вывод о перспективности использования трёхкомпонентной «системы внимания» и исследований исполнительного контроля М. Познера. Выявлены возможности электроэнцефалографии (ЭЭГ) в сочетании с тестами теста Attention Network Task по оценке когнитивных способностей.

Обоснована необходимость объединения вышеперечисленных методов для решения вопросов ранней диагностики когнитивных способностей. Указана необходимость дальнейшего детального изучения данной проблемы на основе интегративного комплексного подхода. Обоснована идея сочетания психогенетических исследований, методов ЭЭГ в сочетании с тестами Attentional Network Task по оценке исполнительного контроля для установления маркеров когнитивных способностей. По мнению авторов такой подход позволит разработать систему научно-обоснованных критериев эффективности программ развития человеческого капитала.

**Ключевые слова:** маркеры когнитивных способностей, исполнительный контроль, психогенетика, электроэнцефалография.

<sup>1</sup>Yerdenova M., <sup>2</sup>Kustubayeva A.M.

<sup>1</sup>PhD student, e-mail: meruert\_beken@mail.ru

<sup>2</sup>Professor, e-mail: almkust@gmail.com

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

### **Psychogenetic and psycho-physiological markers of cognitive abilities**

This article is devoted to the actual problem of an integrative approach in the study of cognitive abilities using psychogenetic, psycho-physiological and psychometric methods. The authors review the modern studies of genetic markers of cognitive abilities. The study indicates the significant achievements in the field of the recently appeared new direction of psychogenetics, as well as the scientific studies of the neurophysiological basis of abilities within the framework of cognitive neuroscience. The work substantiates the necessity of combining the above methods to address the issues of early diagnosis of cognitive abilities. The work shows the necessity of further detailed study of this problem on the basis of an integrative integrated approach. The article justifies the idea of combining psychogenetic studies, EEG methods in combination with the Attentional Network Task tests to assess executive control to establish markers of cognitive abilities. According to the author, this approach will allow developing a system of science-based criteria for the effectiveness of human capital development programs.

**Key words:** markers of cognitive abilities, executive control, psychogenetics, electroencephalography.

<sup>1</sup>Ерденова М.Б., <sup>2</sup>Кустубаева А.М.

<sup>1</sup>PhD докторант, e-mail: meruert\_beken@mail.ru

<sup>2</sup>биология ғылымдарының кандидаты, доцент, профессор м.а., e-mail: almkust@gmail.com  
әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

### Когнитивтік қабілеттердің психогенетикалық және психофизиологиялық көрсеткіштері

Бұл мақала психогенетикалық, психофизиологиялық және психометриялық әдістерді қолдану арқылы танымдық қабілеттерді зерттеуде интегративті тәсілдің өзекті мәселесіне арналған. Когнитивтік қабілеттердің генетикалық маркерлерінің қазіргі зерттеулері қарастырылады. Соңғы кездегі ең маңызды жетістіктер психогенетиканың жаңа бағытына айналды. Сондай-ақ когнитивті неврология аясында неврофизиологиялық негіздердің ғылыми зерттеулері де көрсетіледі. Когнитивті неврология ғылымдарының әдістерін қолданып, танымдық қабілеттерін зерттеудің қазіргі заманғы нәтижелері қарастырылады. Когнитивтік қабілеттердің соңғы психогенетикалық зерттеулерінің нәтижелері, осы зерттеу әдісінің шектеулі болжамдық күші, когнитивті қабілеттердің генетикалық маркерлерін құрудың күрделілігі мен жүйелік кемшіліктері қарастырылады. Үш компонентті «назар жүйесімен» перспективалық қолдану туралы қорытынды және М. Познердің атқарушы бақылауының негіздемесі негізделген. Электроэнцефалографияның мүмкіндіктері (EEG) когнитивтік қабілеттерді бағалау үшін «Назар аударарлық желі» міндеті сынағының сынақтарымен үйлесімде анықталды.

Когнитивтік қабілеттерді ерте диагностикалау мәселелерін шешу үшін аталған әдістерді біріктіру қажеттілігі негізделген. Бұл мәселені кешенді интеграциялық тәсіл негізінде әрі қарай егжей-тегжейлі зерделеу қажет. Когнитивтік қабілеттердің белгілерін белгілеу үшін орындаушы бақылауды бағалау үшін Адистикалық желілік тапсырма тесттерімен бірге психогенетикалық зерттеулерді, ЭЭГ әдістерін біріктіру идеясы негізделген. Автордың пікірінше, мұндай көзқарас адами капиталды дамыту бағдарламаларының тиімділігіне ғылыми негізделген критерийлер жүйесін қалыптастыруға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** когнитивтік қабілеттердің маркерлері, атқарушы бақылау, психогенетика, электроэнцефалография.

### Введение

В «Стратегическом плане развития РК до 2025 года» (Назарбаев, 2018) указано, что развитие человеческого капитала является «приоритетной задачей, от решения которой в кратчайшие сроки будет зависеть развитие Казахстана». По данным последних исследований международной системы мониторинга уровня знаний PISA, выпускникам казахстанских школ присущи затруднения при решении учебных практических задач, требующих нестандартного творческого применения полученных знаний (Ирсалиев, 2017; Култуманова, 2017).

В ближайшее время республике предстоит «создание новой составляющей образования со смещением акцента в сторону умения критически мыслить, обращаться с крупными массивами данных, эффективно работать в команде, быстро адаптироваться к изменениям».

На сегодняшний день, в условиях глобализации, большого потока информации и быстромеменяющегося темпа жизни возникает острая необходимость в воспитании конкурентоспособного общества, способного к быстрой адаптации к изменениям в социальной и технической среде. Актуальность проблемы исследований когни-

тивных способностей определяется и особенностями развития современного общества, подошедшего к осознанию нового этапа своего существования.

Для формирования наиболее эффективного обучения необходимо понимание и знание законов функционирования развития когнитивных способностей, разработка методов их грамотной корректировки в индивидуальном развитии ребенка для наиболее эффективного использования особенностей интеллекта каждого на основе его индивидуальности. Именно поэтому на сегодняшний день большой интерес проявляется к применению широкого спектра новых инструментальных научных методов исследования человеческого мозга и наследственности. В связи с этим мы предполагаем проведение исследований в направлении на изучение когнитивных способностей у детей различного возраста с учетом их психогенетических и нейрофизиологических особенностей развития.

### *Психогенетические исследования когнитивных способностей*

В рамках сотрудничества ученых и докторантов Центра когнитивной нейронауки (Cog-Neuro) при КазНУ им. аль-Фараби и Лаборато-

рии молекулярной генетики Центральной научно-исследовательской лаборатории (ЦНИЛ) при Казанском государственном медицинском университете, а также партнерской деятельности Научно-исследовательского центра «Аlem-Genius», начата работа по изучению влияния наследственности на способности и задатки человека. В частности, мы решили провести оценку генетической предрасположенности к развитию интеллектуальных, творческих способностей и личностных черт старшеклассников.

Российские ученые обосновали, что способности к спорту, связанные с телосложением, силой, быстротой, выносливостью, свойствами нервной системы, детерминируются генетическими маркерами (Ахметов, 2009). При этом исследованиями в этой области доказано, что предрасположенность ко многим профессиям, так же, как и способности, основываются на задатках. Кроме того, российскими учеными вот уже в течение нескольких лет изучаются соотношения молекулярно-генетических маркеров с интеллектуальными способностями и личностными характеристиками человека (Ахметов, Валеева, 2019).

Расшифровка генома человека стала наиболее значительным научным событием начала XXI века, открывающим колоссальные возможности для понимания неповторимой природы каждого из нас. На сегодняшний день геновая наука может дать массу знаний и пониманий индивидуальных потребностей человека. Гены влияют на наши индивидуальные предрасположенности, в том числе к болезням, к определенному поведению, к когнитивным способностям, к определенной физической или интеллектуальной деятельности. При этом необходимо учитывать, что склонности «подталкивают» человека, но не определяют его поведения. Склонности – это потенциал. По сути – это подчас неосознанные желания, побуждения, потребности в определенных видах деятельности. Занимаясь деятельностью, к которой у человека есть склонности, он всегда будет достигать лучших результатов с меньшими затратами. Это как плыть по течению реки. Можно плыть и против течения, но результаты будут хуже, а усилий придется прилагать больше. Поскольку наука предлагает множество методик выявления склонностей человека, то их корректное применение позволит при выборе профессии ограничить пространство выбора только теми видами деятельности, в которых вы сможете достичь наилучших результатов.

Врожденные способности человека взаимосвязаны с генами, каждый человек обладает уникальным сочетанием наследственных признаков, которые могут предопределить наиболее эффективное развитие определенных склонностей, что важно для всего социума. Если каждая индивидуальность будет максимально развивать свои способности, то данное общество будет развиваться эффективно. Большинство наших особенностей определяется сочетанием влияния генов и внешних факторов. С помощью генетического теста становится возможным узнать много интересных факторов, на которые оказывают влияние наши гены. Результаты исследований NICHD Early Child Care Research Network (NICHD Early Child Care Research Network, 1993, а также исследований Reuter, Sheese, Voelker, Markett, Smith, Tucker-Drob, Kovas (Reuter et al. 2007; Sheese, 2007, 2009, 2012; Voelker, 2009; Markett, 2010; Smith, 2012; Tucker-Drob 2014; Kovas et al. 2013, 2016, 2017, 2019) говорят о предсказательной силе психогенетики: родители могут оценить в грудном возрасте критические аспекты эмоций своего ребенка и поведения, которые оказывают влияние на развитие контроля (Posner et al., 2014a). Другие исследования генетически обосновали склонность к такой индивидуальной особенности как проявление агрессии (Provencal, 2012, 2013), и т.п.

На сегодняшний день психогенетические исследования позволяют предположить стратегии развития интеллекта, когнитивных и спортивных способностей, выявить особенности эмоционального контроля, способности к концентрации внимания и особенностей памяти, в том числе и о предрасположенности к различным заболеваниям. Полученные знания о геноме можно учитывать при выборе методики обучения и развития способностей, а также в профориентации. Открытие и развитие методов генотипирования и секвенирования ДНК сделали возможной непосредственную оценку связи между генетической вариацией и когнитивными способностями. Исследования показали, что не существует отдельных генов, вносящих значительный вклад в вариацию интеллекта (Butcher et al., 2008; Plomin et al., 2006). Когнитивные способности обладают полигенной природой: генетическая вариация интеллекта обусловлена суммой малых эффектов множества генетических вариантов (Benyamin et al., 2014; Butcher et al., 2008; Davis, 2010). Достоверные связи могут быть установлены только на

больших выборках. Надежным свидетельством в пользу связи между конкретным генетическим вариантом и интеллектом могут служить исследования, воспроизводящие полученный ранее результаты исследования на больших выборках (Daviesetal., 2015).

После расшифровки человеческого генома в психогенетике стал использоваться «статистический» метод полногеномного поиска ассоциаций (Genome-Wide Association Studies, сокращенно GWAS или GWA). В рамках GWAS обрабатываются полные последовательности ДНК каждого участника исследования. GWAS основывается на анализе частоты встречаемости аллелей различных генов: если при сравнении ДНК внутри выборки некоторые аллели генов встречаются у людей с исследуемым фенотипом значительно чаще, чем другие, именно их можно условно признать «ответственными» за проявление этого фенотипа. Главные критерии применимости GWAS – наличие репрезентативной выборки (как правило, с большим количеством участников) и, конечно, сама возможность выявить связь (ассоциацию) между генотипом и фенотипом. Представители психогенетики весьма активно взаимодействуют со специалистами из других научных областей. Они стремятся работать в глобальном масштабе и потому часто кооперируются в рамках консорциумов – крупных международных организаций, которые объединяют силы и средства исследовательских групп в долгосрочной программе по решению общей задачи.

Так например, члены консорциума Social Science Genetic Association Consortium (сокращенно SSGAC), объединившего специалистов по генетике, медицине и социологии, задействовали полногеномный поиск для изучения роли генов в обучении людей (Okbayetal. 2016: 533), куда оказались вовлечены образцы ДНК нескольких сотен тысяч индивидов и несколько сотен ученых из Англии, Швеции, Голландии и многих других стран. Это исследование выросло из более раннего проекта SSGAC (Rietveldetal. 2013), результаты которого были опубликованы в журнале Science в 2013 году. Международная группа исследователей из 129 научных центров, расположенных в 13 европейских странах, Австралии и США, впервые обнаружила генетические маркеры, определяющие академическую успеваемость. Ученые установили генетическую корреляцию между повышением образованности и улучшением когнитивных функций, увеличением внут-

ричерепного объема (Okbayev, 2016). Авторы исследования подчеркивают, что установленные генетические ассоциации объясняют лишь малую долю изменчивости при обучении, зависящей в основном от условий окружающей среды (Krapohlletal, 2014). Они обнаружили 74 генетических маркера, которые связаны с уровнем образования.

Масштабное исследование раннего развития близнецов «TwinsEarlyDevelopmentStudy» (<http://www.teds.ac.uk>), которое длится уже 23 года и на сегодняшний день насчитывает исследование более 7500 пар близнецов, говорит нам о том, что все наши черты и особенности характера генетически обоснованы, но на них также в значительной мере влияет и окружающая среда. Исследование раннего развития близнецов, начатое в 1994 году с участием 15000 семей, является одним из выдающихся и уникальных исследований близнецов во всем мире (Kovas, Plomin 2013; 2016; 2017, 2019). Исследования проводятся под руководством профессора Пломинна на базе Королевского колледжа Лондона (King'sCollegeLondon) и направлено на более глубокое понимание взаимодействия генов и среды в их влиянии на способности к обучению, когнитивные способности и поведение на протяжении жизни (Plomin, 2016).

Факторы общей среды играют значимую роль в детстве, однако у взрослых уже перестают вносить какой-либо вклад в индивидуальные различия интеллекта и снижается до нуля (Bouchard, 2013). На основе исследования монозиготных близнецов было показано, что уровень общих способностей зависит в большей степени от генотипа, чем специальные (Дружинин, 2001).

В результате генетического исследования исследуемый получает индивидуальную генетическую карту – данные о вариациях (полиморфизме) в определенных участках генома, которые являются маркерами предрасположенности к развитию физических и психических качеств, что позволяет выявить склонности к различным видам спорта, интеллектуальным способностям, а также расскажет о личностных особенностях детей и взрослых. Информация о генетическом полиморфизме имеет огромную практическую значимость, поскольку дает возможность человеку узнать потенциально сильные и слабые места своего организма, что позволит определить генетические способности к тому или иному виду деятельности и реализовать скрытые потенциалы.

*Психофизиологические маркеры когнитивных способностей*

Когнитивный подход оказывается сегодня ключом к решению тех вопросов, исследования которых ранее без всякого обращения к анализу познавательных процессов оставались бесплодными. Когнитивная нейронаука изучает нейрофизиологические основы когнитивных процессов. Когнитивная наука в «Новой философской энциклопедии» определяется как «комплекс наук, изучающих сознание и высшие мыслительные процессы на основе применения теоретико-информационных моделей (Меркулов, 2001). Современная нейронаука активно внедряется в пояснение механизмов когнитивных процессов, интегрируясь с современными достижениями физики, химии, математики.

В основе большинства поведенческих реакций лежит работа человеческого мозга и нервной системы – она определяет каждое человеческое ощущение, эмоцию, мысль, решение и действие, стоит за любым эпизодом генерации знания, его передачей в цивилизации и накоплением в культуре, за коллективной и исторической памятью, общественным сознанием, функционированием социальных групп, сетей и общества. Нарушения мозга и его когнитивных функций в настоящее время являются одной из ведущих проблем на мировом уровне, что влияет на человеческие ресурсы и в целом на экономику. Развитие современной нейронауки приближает человечество к открытиям, которые позволят глубже понять эти когнитивные процессы, природу человека, его поступки и решения. Это поможет лучше выявлять и лечить болезни мозга и нервной системы, расширить сенсорные и интеллектуальные возможности здорового человека, более эффективно справляться в возрастающими потоками информации в обществе, качественнее и быстрее обучать детей, использовать новые схемы коммуникации между людьми, а также между людьми и машинами.

Новейшие методы визуализации мозговых процессов, таких как функциональное магнитно-резонансное сканирование, в настоящее время позволяют глубоко изучить процессы, происходящие в мозге, в том числе подойти к нейрофизиологической природе интеллекта и способностей. На сегодняшний день природа интеллекта до сих пор остается дискуссионной. Существует достаточно много дискуссий вокруг природы интеллекта. Предложено множество теорий интеллекта, наиболее популярными из которых стали психологические теории Бине, Айзенка,

Кэролла, Гарднера, Макгрю (Дружинин, 2001). Альфредом Бине были впервые разработаны тесты для измерения интеллектуальных способностей школьников. Вслед за ним появляются новые уже классические исследования. На вершине этой иерархии находится фактор общего интеллекта, объясняющий общую вариацию промежуточных факторов, среди которых флюидный и кристаллизованный интеллект (Филенко, 2015).

Классическими можно считать исследования, проведенные с применением факторного анализа, приведшие к разработке иерархической модели когнитивных способностей (Carroll, 1993; Keithetal., 2010; McGrew, 2009).

На вершине этой иерархии находится фактор общего интеллекта, объясняющий общую вариацию промежуточных факторов, среди которых флюидный и кристаллизованный интеллект, скорость мыслительных процессов и другие. Набор промежуточных факторов варьируется у разных авторов. На третьем уровне располагаются более 80-ти частных когнитивных способностей (McGrew, 2009).

Параллельно развиваются нейрофизиологические теории интеллекта, такие как парieto-фронтальная (Jung and Haier, 2007), вербально-перцептивно-ротационная модель интеллекта (Jhonson, Jung, Colom, 2008). Кроме того, получили распространение такие новые теории, как теория успешного интеллекта (Р.Стернберг, 1997, теория эмоционального интеллекта (Bar-On, 1997; Goleman, 1998; Mayer et al., 2000; Petrides, Furnham, 2003), теория креативного интеллекта Т. Любарта (Lubart, 2003).

Когнитивные способности тесно связаны с особенностями исполнительного контроля. Маркёром когнитивных способностей является способность контроля мыслительной деятельности, рассматриваемой как интегративная функция, управляющая течением психической жизни, а также распределением внимания на внешние и внутренние сигналы (Milleretal., 2001).

Познер ввел в научный оборот термин «исполнительный контроль», который является основным механизмом для мониторинга мыслительной деятельности и предпочтительного выбора текущих мыслительных процессов.

М. Познер выделил три системы внимания:

- ориентировки (Orienting) – выполняет избирательную функцию из сенсорных входов;
- возбуждения-бдительности (Alerting) – для достижения и установления состояния чувствительности к поступающим стимулам;

– исполнительного контроля (Executivecontrol) – вовлекает механизмы для мониторинга и решения конфликта между мыслями, чувствами и ответными действиями (Posner, 2008a).

Две первые системы реализуют преимущественно автоматические операции (Posner et al., 2006, 2007a, 2007b, 2008b, 2008c). Для исполнительного контроля, напротив, характерно использование произвольного режима работы.

На протяжении последних лет М. Познер связывал ее функции с оперативной памятью, преодолением конфликтов и исполнительным (исполнительным) контролем. По мнению М. Познера, семантические связи обслуживаются не второй, а третьей системой. Об этом может говорить тот факт, что уже при простом припоминании слова или имени часто возникают конфликты выбора, подобные классическому эффекту «на кончике языка». Согласно современным представлениям детекция и преодоление конфликтов разного рода составляют основную функцию передней поясной извилины (anterior cingulate cortex). Эта структура относится М. Познером к нейронной сети механизмов исполнительного контроля.

Авторы на основе многолетних исследований мозга определили анатомические структуры мозга, ответственные за системы внимания: возбуждение (ствол мозга, правые теменные зоны коры), ориентировку (средний мозг, верхне-теменные и височно-теменные отделы коры, фронтальные глазодвигательные поля), исполнительный контроль (передняя поясная извилина, медианная и венстролатерная, префронтальная кора, базальные ганглии. (Posner, 2006, 2007, 2008). Кроме того, данные исследования были продолжены с использованием генетических методов исследования. Результаты этих исследований обнаружили специфические гены, отвечающие за определенные системы внимания. Так, гены DRD4, COMT, MAOA оказались важными для исполнительного контроля, гены APOE, CHRNA4, CHRNA7 – для ориентировки внимания (Posner, 2018).

Электроэнцефалографические данные показали свою информативность в определении способностей к регуляции когнитивных функций, что влияет в целом на все когнитивные способности (Posner, Rothbart, Rueda, 2007; Голубева, 1980; Лебедев, 1997). Исследование Abundis-Gutierrez и др. было посвящено изучению нервных механизмов, лежащих в основе развития функций приведения в готовность, ориентирования и исполнительного контроля. Использовалась адаптированная версия теста Attention Network Task (ANT), апробированная в работах Pozuelos (Pozuelos, 2014) и др.

Записи ЭЭГ во время выполнения задач ANT показали различия между детьми и взрослыми, связанными с активацией всех трех сетей внимания. Используя методы ЭЭГ, было установлено, что самое существенное изменение в мозговом развитии между детьми и взрослыми находится на соединениях белого вещества, особенно между отдаленными областями коры головного мозга и подобластями коры головного мозга. В последние годы мы узнали, что много форм обучения, включая рабочую память, размышление и моторные умения, также вызывают изменения в белом веществе. Время срабатывания в простой задаче ANT улучшается на 400 millisec во время развития с 7 до 25 лет (Wang and Young, 2014).

### Выводы

Поскольку экспериментальных работ, подтверждающих это положение, на данный момент крайне мало, то вопрос о связи корреляционной размерности с успешностью прохождения различных когнитивных тестов, а также вопрос о связи корреляционной размерности ЭЭГ с когнитивными способностями детей требуют детального изучения.

В связи с этим предполагаются интегративные исследования когнитивных способностей с применением психогенетических, психофизиологических и психометрических методов

### Литература

- Ахметов И.И. Молекулярная генетика спорта. – М.: Советский спорт, 2009. – С. 268.
- Величковский Б.М. Сквозные психические функции в эволюционной архитектуре когнитивных процессов // В сб. Теоретическое наследие Л.М. Веккера: на пути к единой теории психических процессов: Материалы научного симпозиума, посвященного 90-летию со дня рождения Л.М. Веккера. Отв. ред. М.А. Холодная и М.В. Осорина. – СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2008. – С. 35-45.
- Величковский Б.М. Современная когнитивная психология. – М., 1982. – С.18-26

- Валеева Е.В. Кашеваров Г.С., Касимова Р.Р., Ахметов И.И., Кравцова О.А. Ассоциация полиморфизма val158met гена COMT с показателями психофизиологического статуса спортсменов. // Российский физиологический журнал им. Сеченова. – 2019. – № 3. – С. 1–13
- Голубева Е.А. Индивидуальные особенности памяти человека. – М.: Педагогика, 1980. – С. 40.
- Дружинин В.Н. Когнитивные способности. – СПб., 2001. С. 30-56.
- Лебедев, Артеменко, Белехов. Диагностика интеллектуальной одаренности по электроэнцефалографии. // Психологическое обозрение. – 2008. – № 1(4). – С. 34–38.
- Меркулов И.П. Когнитивная наука // Новая философская энциклопедия в 4-х томах. – 2001. – С. 264.
- Назарбаев Н.А. Взгляд в будущее: модернизация общественного сознания / В кн. Нурсултан Назарбаев – Болашаққа бағдар: рухани жаңғыру (статьи, интервью, выступления, экспертные комментарии и справочно-аналитические материалы). – Астана: Казахстанский институт стратегических исследований при Президенте Республики Казахстан, 2017. – С. 15-50.
- Ирсалиев, А. Култуманова, Э. Тулеков, Т. Булдыбаев, Г. Кусиденова, Б. Искаков, Л. Забара, Л. Барон, Е. Коротких. Национальный доклад о состоянии и развитии системы образования Республики Казахстан». – Астана: АО Информационно-аналитический центр, 2017. – С. 482
- Основные результаты международного исследования PISA. Национальный отчет [Электронный ресурс] / С. Ирсалиев, А. Култуманова, Е. Сабырұлы, М. Аманғазы – Астана: АО «Информационно-аналитический центр», 2017 –241 с. – Режим доступа: [http://iac.kz/sites/default/files/nac\\_otchet\\_pisa-2015\\_final.pdf](http://iac.kz/sites/default/files/nac_otchet_pisa-2015_final.pdf) (дата обращения 01.02.2019).
- Назарбаев Н.А. Стратегический план развития страны до 2025 года. Утвержден Указом Президента РК от 15.02.2018 № 636. [Электронный ресурс] // Официальный сайт Президента РК – Режим доступа: [www.akorda.kz/upload/media/files/1f1037924cdfffa26ebdc7054f3502aa.doc](http://www.akorda.kz/upload/media/files/1f1037924cdfffa26ebdc7054f3502aa.doc) (дата обращения 01.02.2019).
- Филенко И.А. Психофизиология интеллекта [Электронный ресурс] Национальный исследовательский Томский государственный университет. – Томск, 2015 – Режим доступа: [www.psy.tsu.ru](http://www.psy.tsu.ru) (дата обращения 01.02.2019).
- Abundis-Gutierrez A., Checa P., Castellanos C., Rueda R.M. Electrophysiological correlates of attention networks in childhood and early adulthood. // *Neuropsychologia*. – 2014. – Vol. 57. – P.78-92.
- Visscher P. M. Childhood intelligence is heritable, highly polygenic and associated with FBNP1L. // *Molecular Psychiatry*. – 2014. – Vol 19. – № 2. – P. 253-258.
- Bouchard T. J. The Wilson Effect: The Increase in Heritability of IQ With Age. // *Twin Research and Human Genetics*. – 2013. – Vol. 16. – № 5. – P. 923-930.
- Butcher L. M., Davis O. S. P., Craig I. W., Plomin R. Genome-wide quantitative trait locus association scan of general cognitive ability using pooled DNA and 500K single nucleotide polymorphism microarrays. // *Genes, Brain and Behavior*. – 2008. – Vol. 7. – № 4. – P. 435-446.
- Davies G. Genetic contributions to variation in general cognitive function: a meta-analysis of genome-wide association studies in the CHARGE consortium // *Molecular Psychiatry*. – 2014. – Vol. 20. – №. 2. – P. 183-192.
- Davis O. S. P., Butcher L. M., Docherty S. J., Meaburn E. L., Curtis C. J. C., Simpson M. A., Schalkwyk L. C., Plomin R. A. Three-Stage Genome-Wide Association Study of General Cognitive Ability: Hunting the Small Effects. *Behavior Genetics*. – 2010. – Vol. 40. – №. 6. – P. 759-767.
- Jung, Haier. The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of intelligence: converging neuroimaging evidence. – 2007 – № 30(2). – P. 135-54
- Kovas Y, Plomin R Literacy and Numeracy Are More Heritable Than Intelligence in Primary School. // *Psychol Sci*. – 2013. – № 10. – pp. 2048–2056.
- Kovas Y, Plomin R et al. Biological annotation of genetic loci associated with intelligence in a meta-analysis of 87,740 individuals. *Mol Psychiatry*. – 2019. – №.2. – pp.182-197.
- Kovas Y, Plomin R Predicting educational achievement from DNAMol // *Psychiatry*. – 2018. – № 2. – P.267–272.
- Krapohl E., Rimfeld K., Shakeshaft N.G., Trzaskowski M., McMillan A., Pingault J.B. The high heritability of educational achievement reflects many genetically influenced traits, not just intelligence. // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* – 2014. – vol.111. – pp. 15273–15278.
- Markett S. A., C. Montag, and M. Reuter. The association between dopamine DRD2 polymorphisms and working memory capacity is modulated by a functional polymorphism on Advances in Neurosciencethe nicotinic receptor gene CHRNA4. // *Journal of Cognitive Neuroscience*. – 2010. – vol. 22. – № 9. – 3. 1944-1954.
- McGrew K. S. CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research. // *Intelligence*. – 2009. – Vol. 37.– № 1. -P. 1-10.
- NICHD Early Child Care Research Network. The NICHD Study of Early Child Care: a comprehensive longitudinal study of young children’s lives,” ERIC Document Reproduction Service. 1993
- Okbay A., Beauchamp J.P., Fontana M.A., Lee J.J., Pers T.H., Rietveld C.A. Genome-wide association study identifies 74 loci associated with educational attainment. // *Nature*. – 2016. – Vol.533. – P. 539–542
- Plomin R, Kovas. Genetics affects choice of academic subjects as well as achievement.// *Sci Rep*. – 2016. – № 6. – P. 26385–26373
- Posner M. I. Measuring alertness. // *Annals of the New York Academy of Sciences Molecular and Biophysical Mechanisms of Arousal, Alertness, and Attention*. – 2008. – P.193-199.
- Posner M., Rothbart M. Developing mechanisms of self-regulation. // *Development and Psychopathology*. – 2000. – vol. 12. – P. 427-441.
- Posner M.I. , Rothbart, M.K. Research on attention networks as a model for integration of psychological science // *Ann Rev of Psychology*. – 2007. – vol. 58. – P. 1-23.
- Posner M.I., Sheese B. E., Odluda Y., Tang Y. Analyzing and shaping human attentional networks. // *Neural Networks*vol. – 2006. – № 19. – P.1422-1429

- Posner, M.I., Rothbart, M.K. Parenting and human brain development. In M.R. Sanders, A. Morawska (eds) *Handbook of Parenting and Child Development Across the Lifespan* New York:Springer. 2018
- Posner, M.I., Tang, Y.Y. & Lynch, G. Mechanisms of white matter change induced by meditation. // *Frontiers in Psychology*. – 2014. – №4. – P. 220-236
- Pozuelos, J. P., Paz-Alonso, P. M., Castillo, A., Fuentes, L. J., Rueda, M. R. Development of attention networks and their interactions in childhood. 2014
- Reuter M., U. Ott, D. Vaitl, J. Hennig. Impaired executive control is associated with a variation in the promoter region of the tryptophan hydroxylase 2 gene. // *Journal of Cognitive Neuroscience*. – 2007. – vol. 19. – № 3. – P. 401-408.
- Rietveld C.A., Medland S.E., Derringer J., Yang J., Esko T., Martin N.W. et al. GWAS of 126,559 individuals identifies genetic variants associated with educational attainment. // *Science*. – 2013. – Vol. 340. – P.1467–1471.
- Sheese B. E., Rothbart M. K., Voelker P., Posner M. I. The dopamine receptor D4 gene 7 repeat allele interacts with parenting quality to predict Effortful Control in four-year-old children. // *Child Development Research*. – 2012. – №5. – P 125-136.
- Smits F.M. et al. Electroencephalographic Fractal Dimension in Healthy Ageing and Alzheimer's Disease // *PLoS One*. – 2016. – Vol. 11. – №2. – P 1256– 1269
- Trzaskowski M., Harlaar N., Arden R., Krapohl E., Rimfeld K., McMillan A., Dale P. S., Plomin R. Genetic influence on family socioeconomic status and children's intelligence. // *Intelligence*. – 2014. – Vol. 42. – P. 83-88.
- Tucker-Drob E. M., Briley D. A. Continuity of genetic and environmental influences on cognition across the life span: a meta analysis of longitudinal twin and adoption studies. // *Psychological Bulletin*. – 2014. – №7. – P 1256-1268
- Velichkovsky B.M. Towards an evolutionary framework for human cognitive neuroscience // *Theoretical Biology*. – 2007. – Vol.2. – № 1. – P. 3-7.
- Voelker P., B. E. Sheese, M. K. Rothbart, M. I. Posner. Variations in catechol-O-methyltransferase gene interact with parenting to influence attention in early development. // *Neuroscience*. – 2009. – vol. 164. – № 1. – P. 121-130.

#### References

- Akhmetov I.I. (2009). *Moleculyarnaya genetika sporta [Molecular genetic of sport]*. M.: Soviet sport, pp. 268
- Velichkovskij B.M.(2008) Skvoznye psihicheskie funkicii v ehvolucionnoj arhitekture kognitivnyh processov V sb. Teoreticheskoe nasledie L.M. Vekker: na puti k edinoj teorii psihicheskikh processov: Materialy nauchnogo simpoziuma, posvyashchenogo 90-letiyu so dnya rozhdeniya L.M. Vekker. Otv. red. M.A. Holodnaya i M.V. Osorina– SPb.: Izdatel'stvo S.-Peterburgskogo universiteta, pp. 35-45.
- Velichkovskij B.M.(1982) *Sovremennaya kognitivnaya psihologiya [Modern cognitive psychology]*. M., pp. 46
- Valeeva E.V. Kashevarov G.S., Kasimova R.R., Akhmetov I.I., Kravtsova O.A. (2019). The association of the val158met polymorphism of the COMT gene with indicators of the psycho-physiological status of athletes. *Sechenov Russian Physiological Journal*, Vol. 105, No 3, p. 1–13
- Golubeva E.A. (1980). *Individualnye osobennosti pamyaty cheloveka [Individual features of human memory]*. Pedagogy. M.p. 158
- Druzhinin V.N (2001). *Cognitivnye sposobnosti. [Cognitive abilities]*. St. Petersburg, pp.5-25
- Lebedev, A. N., Artemenko, O. I., Belevov, Y. N. (1997). Diagnostika intellektualnoi odarennosti po electroen-cephalogramme [The diagnostic of intellectual gifts by electroencephalogram]. *Psichologicheskoe Obozrenie*, 1(4), 34–38.
- Merkulov I.P. (2001) *Cognitivnaya nauka. [Cognitive science]*. New philosophical encyclopedia in 4 volumes. T.2. M., pp.264
- Nazarbaev N.A. *Vzglyad v budushchee: modernizatsiya obshchestvennogo soznaniya. V kn. Nursultan Nazarbaev – Bolashakka bardar: ruhani zhanryu (stat'i, interv'yu, vystupleniya, ehkspertnye kommentarii i spravochno– analiticheskie materialy) (2017) – Astana: Kazhstanskij institut strategicheskikh issledovaniy pri Prezidente Respubliki Kazhstan. pp.15-50.*
- Nacional'nyj doklad o sostoyanii i razvitiy sistemy obrazovaniya Respubliki Kazhstan» S. Irsaliev, A. Kultumanova, EH. Tulekov, T. Buldybaev, G. Kusidenova, B. Isakov, L. Zabara, L. Baron, E. Korotkih (2017). Astana: AO Informacionno– analiticheskij centr. 482 p.
- Osnovnye rezul'taty mezhdunarodnogo issledovaniya PISA. Nacional'nyj otchyot [Elektronnyj resurs]. S. Irsaliev, A. Kultumanova, E. Sabyryly, M. Amanfazy – Astana: AO «Informacionno-analiticheskij centr», 2017 –pp. 241 – Rezhim dostupa: [http://iac.kz/sites/default/files/nac\\_otchet\\_pisa-2015\\_final.pdf](http://iac.kz/sites/default/files/nac_otchet_pisa-2015_final.pdf)(data obrashcheniya 01.02.2019).
- Strategicheskij plan razvitiya strany do 2025 goda. Utverzhden Ukazom Prezidenta RK ot 15.02.2018 № 636. [Elektronnyj resurs]. Oficial'nyj sayt Prezidenta RK – Rezhim dostupa: [www.akorda.kz/upload/media/files/1f1037924cdfffa26ebdc7054f3502aa.doc](http://www.akorda.kz/upload/media/files/1f1037924cdfffa26ebdc7054f3502aa.doc) (data obrashcheniya 01.02.2019).
- Filenko I.A. *Psihofiziologiya intellekta [Elektronnyj resurs]* Nacional'nyj issledovatel'skij Tomskij gosudarstvennyj universitet Tomsk, 2015 – Rezhim dostupa: [www.psy.tsu.ru](http://www.psy.tsu.ru) (data obrashcheniya 01.02.2019).
- Abundis-Gutierrez A., Checa P., Castellanos C., Rueda R.M. (2014) Electrophysiological correlates of attention networks in childhood and early adulthood. *Neuropsychologia*. Vol. 57.pp.78-92.
- Benyamin B., Pourcain B., Davis O. S., Davies G., Hansell N. K., Brion M.-J., Kirkpatrick R. M., Cents R. a. M., Franic S., Miller M. B., Haworth C. M. A., Meaburn E., Price T. S., Evans D. M., Timpson N., Kemp J., Ring S., McArdle W., Medland S. E., Yang J., Harris S. E., Liewald D. C., Scheet P., Xiao X., Hudziak J. J., Geus E. J. C. de, Jaddoe V. W. V., Starr J. M., Verhulst F. C., Pennell C., Tiemeier H., Iacono W. G., Palmer L. J., Montgomery G. W., Martin N. G., Boomsma D. I., Posthuma D., McGue M., Wright M. J., Davey Smith G., Deary I. J., Plomin R., Visscher P. M. (2014) Childhood intelligence is heritable, highly polygenic and associated with FBNP1L. *Molecular Psychiatry*, Vol, 19, No. 2, pp. 253-258.

- Bouchard T. J. (2013) The Wilson Effect: The Increase in Heritability of IQ With Age. *Twin Research and Human Genetics*, Vol. 16, no. 5, pp. 923-930.
- Butcher L. M., Davis O. S. P., Craig I. W., Plomin R. (2008) Genome-wide quantitative trait locus association scan of general cognitive ability using pooled DNA and 500K single nucleotide polymorphism microarrays. *Genes, Brain and Behavior*, Vol. 7, no. 4, pp. 435-446.
- Davies G. et al. (2015) Genetic contributions to variation in general cognitive function: a meta-analysis of genome-wide association studies in the CHARGE consortium (N=53 949). *Molecular Psychiatry*, Vol. 20, no. 2, pp. 183-192.
- Davis O. S. P., Butcher L. M., Docherty S. J., Meaburn E. L., Curtis C. J. C., Simpson M. A., Schalkwyk L. C., Plomin R. A. (2010) Three-Stage Genome-Wide Association Study of General Cognitive Ability: Hunting the Small Effects. *Behavior Genetics*. Vol. 40. No. 6. P. 759-767.
- Jung, Haier (2007) The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of intelligence: converging neuroimaging evidence, no 30(2), pp.135-154.
- Kovas Y, Plomin R et al. (2013) Literacy and Numeracy Are More Heritable Than Intelligence in Primary School. *Psychol Sci*, vol. 24, N10, pp. 2048–2056.
- Kovas Y, Plomin R et al. (2019) Biological annotation of genetic loci associated with intelligence in a meta-analysis of 87,740 individuals. *Mol Psychiatry Feb*, Vol. 24, no.2, pp.182-197.
- Kovas Y, Plomin R et al.(2017) Predicting educational achievement from DNAMol Psychiatry. Feb. Vol. 22. N2. Pp.267–272. Published online 2016 Jul 19. doi: 10.1038/mp.2016.107 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5285461>
- Krapohl E., Rimfeld K., Shakeshaft N.G., Trzaskowski M., McMillan A., Pingault J.B. et al. (2014). The high heritability of educational achievement reflects many genetically influenced traits, not just intelligence. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* vol.111. pp. 15273–15278.
- Markett S. A., C. Montag, and M. Reuter (2010) The association between dopamine DRD2 polymorphisms and working memory capacity is modulated by a functional polymorphism on the nicotinic receptor gene CHRNA4. *Journal of Cognitive Neuroscience*. vol. 22, no. 9, pp. 1944-1954.
- McGrew K. S. (2009) CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research. *Intelligence*. Vol. 37. No. 1. pp. 1-10.
- NICHD Early Child Care Research Network (1993). The NICHD Study of Early Child Care: a comprehensive longitudinal study of young children's lives," ERIC Document Reproduction Service ED3530870.
- Okbay A., Beauchamp J.P., Fontana M.A., Lee J.J., Pers T.H., Rietveld C.A. et al. (2016). Genome-wide association study identifies 74 loci associated with educational attainment. *Nature*, Vol.533, pp. 539–542
- Plomin R, Kovas, et al. (2016) Genetics affects choice of academic subjects as well as achievement. *Sci Rep*. Jun 16. 6:26373. doi: 10.1038/srep26373. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27310577>
- Posner M. I. (2008). Measuring alertness. *Annals of the New York Academy of Sciences Molecular and Biophysical Mechanisms of Arousal, Alertness, and Attention*, pp.193-199.
- Posner M., Rothbart M. (2000). Developing mechanisms of self-regulation. *Development and Psychopathology*, vol. 12, pp. 427-441.
- Posner M.I. , Rothbart, M.K. (2007) Research on attention networks as a model for integration of psychological science *Ann Rev of Psychology*, vol. 58, pp. 1-23.
- Posner M.I., Sheese B. E., Odluda Y., Tang Y. (2006) Analyzing and shaping human attentional networks. *Neural Networks* vol, no19, pp.1422-1429
- Posner, M.I., Rothbart, M.K. (2018) Parenting and human brain development. In M.R. Sanders , A. Morawska (eds) *Handbook of Parenting and Child Development Across the Lifespan* New York:Springer
- Posner, M.I., Tang, Y.Y. & Lynch, G. (2014c) Mechanisms of white matter change induced by meditation. *Frontiers in Psychology*
- Pozuelos, J. P., Paz-Alonso, P. M., Castillo, A., Fuentes, L. J., Rueda, M. R. (2014) Development of attention networks and their interactions in childhood
- Reuter M., U. Ott, D. Vaitl, J. Hennig (2007) Impaired executive control is associated with a variation in the promoter region of the tryptophan hydroxylase 2 gene. *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 19, no. 3, pp. 401-408.
- Rietveld C.A., Medland S.E., Derringer J., Yang J., Esko T., Martin N.W. et al. (2013). GWAS of 126,559 individuals identifies genetic variants associated with educational attainment. *Science*, Vol. 340, pp.1467–1471.
- Sheese B. E., M. K. Rothbart, P. Voelker, M. I. Posner. (2012) The dopamine receptor D4 gene 7 repeat allele interacts with parenting quality to predict Effortful Control in four-year-old children. *Child Development Research*, vol. 2 , 6 p
- Smits F.M. et al. (2016) Electroencephalographic Fractal Dimension in Healthy Ageing and Alzheimer's Disease / F.M.Smits, C.Porcaro, C.Cottone . *PLoS One*, Vol. 11, no 2, pp. 135-354
- Trzaskowski M., Harlaar N., Arden R., Krapohl E., Rimfeld K., McMillan A., Dale P. S., Plomin R. (2014) Genetic influence on family socioeconomic status and children's intelligence. *Intelligence*, Vol. 42, pp. 83-88.
- Tucker-Drob E. M. , Briley D. A. (2014) Continuity of genetic and environmental influences on cognition across the life span: a meta analysis of longitudinal twin and adoption studies. *Psychological Bulletin*. P.19
- Velichkovsky B.M. (2007) Towards an evolutionary framework for human cognitive neuroscience *Theoretical Biology*, Vol.2, no 1, pp. 3-7.
- Voelker P., B. E. Sheese, M. K. Rothbart, M. I. Posner (2009) Variations in catechol-O-methyltransferase gene interact with parenting to influence attention in early development. *Neuroscience*, vol. 164, no. 1, pp. 121-130.