Айзенк Г. Ю. Интеллект: новый взгляд // Вопросы психологии, 1995. – № 1. – С. 111–131.

ПОНЯТИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТА

Интеллект больше, чем какое-либо другое понятие в психологии, оказался объектом споров, критики и неприятия. Последние в значительной мере носят философский характер и, таким образом, не особенно влияют на работу экспериментатора. Часто декларируется, что интеллект – нечто несуществующее, и поэтому любые попытки его измерить беспредметны. Однако говорить так – значит не понимать самой природы науки. Мы вовсе не стремимся придать интеллекту материальность и в равной мере не утверждаем, что он «существует» в том же смысле, что и любой объект нашего окружения. Интеллект – научное понятие, такое же, как гравитация, эфир, электричество, химические связи, – все они не «существуют» в этом смысле, что, однако, не делает их менее ценными в качестве научных концепций. Понятия изобретены человеком с целью привнесения порядка в многоцветную и шумную сумятицу повседневных событий; их содержание не «существует» в общепринятом смысле – психологическое понятие «интеллект» не отличается в этом от концепций физики.

В качестве довода в дискуссии часто высказывается обвинение в том, что общепринятой теории интеллекта не существует и что психологи до сих пор спорят о его природе. Но опять же, психология в этом ничем не отличается от точных наук: в настоящий момент не существует общепринятой теории гравитации и есть две теории поля – одна из них, вслед за Эйнштейном, объясняет гравитационные эффекты деформациями пространственно-временной геометрии; другая, квантовая механика, рассматривает взаимодействие частиц и оперирует гипотетическими гравитонами.

Аналогично, в объяснении природы теплоты соседствуют термодинамика и кинетическая теория, вовсе друг с другом не совпадающие.

Еще одно возражение связано с определением интеллекта: принято считать, что не существует общепринятого определения этого термина, а поэтому он неприемлем как научное понятие. Однако определение должно вытекать из теории и, по мере того как теория развивается, определение, вытекающее из нее, становится все более приемлемым и все более ясным. При попытке дать определение интеллекта следует учитывать тот факт, что существуют по крайней мере три совершенно различных его концепции. Никакая дискуссия о природе интеллекта не может быть продуктивной, если она не учитывает этих различий (рис. 1).

Левая часть рисунка изображает наиболее фундаментальный аспект интеллекта, именуемый нами биологическим интеллектом. Он служит физиологической, нейрологической, биохимической и гормональной основой познавательного поведения, т.е. в основном связан со структурами и функциями коры головного мозга; без них невозможно никакое осмысленное поведение, и представляется резонным предположить, что они же отвечают и за индивидуальные различия интеллекта. В природе этих структур явно важную роль играет генетический фактор; на рисунке отражены некоторые из возможных методов измерения характеризующих их показателей: электроэнцефалография (ЭЭГ), измерение усредненных вызванных потенциалов (УВП), кожно-гальваничеекая реакция (КГР), измерение времени реакции (ВР).

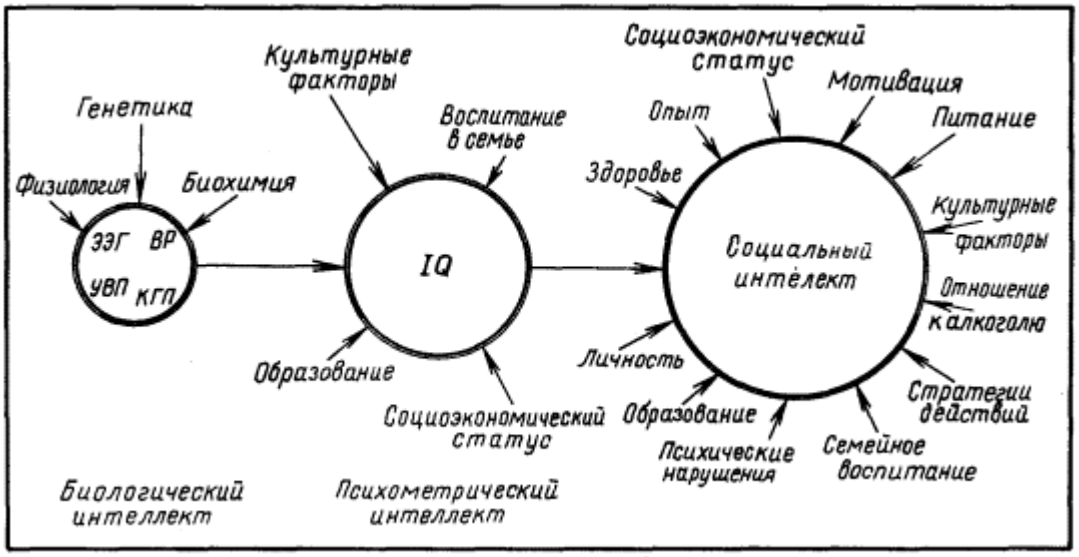


Рис.1. Соотношение между концепциями биологического, психометрического и социального интеллекта

Ранние исследования К. Спирмана [94] и К. Берта [16] основывались на предположениях Ф. Гальтона [44]; в них использовались очень простые сенсорные показатели – например, сенсорное различение и время реакции, что и имело ожидаемый успех. Недавние исследования времени реакции, как мы увидим, весьма убедительно продемонстрировали пользу такого подхода. Сенсорное различение используется реже, но работы Н. Раца и соавт. [81] показали, что достаточно высокая корреляция существует между IQ и слуховым различением (коэффициент корреляции между 0,5 и 0,6); это оставалось справедливым даже для выборки студентов с незначительными вариациями уровня интеллекта. Результаты данного исследования убедительно продемонстрировали отсутствие эффекта новизны в способности к различению.

Кроме того, существует такое понятие, как психометрический интеллект, измеряемый обычными тестами IQ. Относительный успех такого тестирования в основном определяется биологическим интеллектом, но не им одним. Культурные факторы, воспитание в семье, образование и социоэкономический статус вносят свой вклад, и вовсе не незначительный. По существующим оценкам, примерно 70% различий при тестировании определяются генетическими факторами, а 30% – перечисленными переменными среды. Таким образом, можно сказать, что психометрический интеллект на 70% зависит от биологического и на 30% – от средовых факторов [30].

Наконец, мы должны рассмотреть гораздо более широкую концепцию социального интеллекта, различия в котором в значительной степени определяются различиями в IQ, но также и многими другими параметрами. В целом социальный интеллект проявляется в использовании IQ для социальной адаптации, и работы Р. Стернберга [98], [99] могут рассматриваться как типичные для школы, рассматривающей интеллект как проявление социально полезной адаптации. Такое определение, однако, представляется неудачным, поскольку оно объединяет производные от совершенно между собой не связанных компонентов – IQ, личности, мотивации и др. Было бы гораздо продуктивнее с научной точки зрения изучать и измерять все эти различные составляющие порознь, а не смешивать их в неоправданно сложной концепции социального интеллекта. С этой точки зрения биологический интеллект является гораздо более целостной концепцией, в то время как понятие о психометрическом интеллекте разделяет некоторые из несообразностей, присущих таковому о социальном интеллекте.

Иногда в литературе (например, [54]) биологический интеллект обозначается как интеллект А, а социальный – как интеллект Б; при этом ясно, что интеллект Б гораздо шире, чем А, и включает в себя IQ; IQ, в свою очередь, шире, чем интеллект А, и включает его в себя (рис. 2). Таким образом, из трех концепций та, которая касается интеллекта А (биологического интеллекта), может с наибольшими основаниями рассматриваться как фундаментальная.

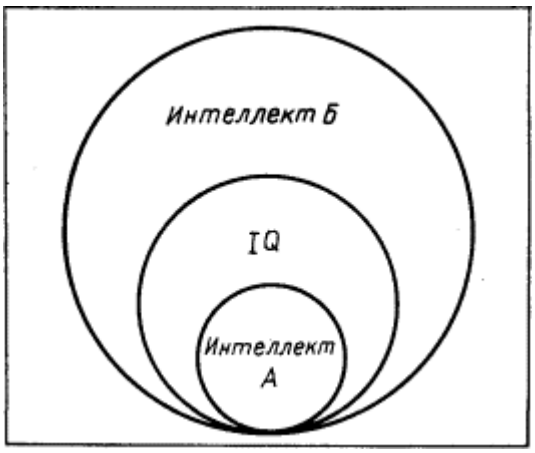


Рис 2. Взаимовключенность различных концепций интеллекта

Американские психологи последние 50 лет все более склонны к определению интеллекта в терминах социального и приспособительного его компонентов, выделяя, таким образом, не теоретические взгляды на его природу, а скорее его проявления, такие, как рассуждение, решение задач, память, обучаемость, понимание, обработка информации, выработка стратегий, приспособление к окружающей среде. Ясно, что это не особенно многообещающий метод, поскольку проявления интеллекта, как и различия в нем, весьма разнообразны, следствием чего окажутся бесконечные дискуссии на тему о том, какой из параметров наиболее репрезентативен. Такой подход можно было бы сравнить с определением тяготения по его следствиям: падению яблока на голову Ньютона, движению планет, приливным волнам, форме планет, движению Луны, существованию «черных дыр», траекториям комет и астероидов и т.д. Принятое в физике определение гравитации формулируется в терминах фундаментальных свойств материи, следствием которых и являются все перечисленные феномены: знаменитое уравнение Ньютона устанавливает зависимость тяготения от массы тел и квадратов расстояний между ними. Эта формула, как известно, описывает законы тяготения, но не объясняет его природы, так что, как уже говорилось выше, теоретические споры продолжаются по сей день. Определение интеллекта на основании психометрических свойств, выявляемых с помощью тестов IQ, проще, а потому удобнее в пользовании. В целом ученые согласны с П. Бриджменом [14], [15] в том, что научное определение должно быть работающим. Такой подход привел к введению Э. Борингом понятия интеллекта как «того, что измеряется тестами интеллекта». На первый взгляд оно кажется тавтологическим и тривиальным, однако это не так. Тесты интеллекта не составляются как бог на душу положит: они основываются на определенных и хорошо известных природных закономерностях, таких, как принцип «позитивного многообразия», т.е. тот факт, что любые корреляции между когнитивными заданиями, как бы ни была различна их природа, оказываются положительными при условии тестирования достаточ-

но разнообразных сторон способностей испытуемых. В данное определение также укладывается то обстоятельство, что матрицы взаимных корреляций между тестами, как правило, имеют ранг, близкий к единице, что предполагает наличие очень сильного общего фактора (фактора g по К. Спирмену [96]). Исследования с применением факторного анализа почти неизменно выявляют наличие такого фактора – или как фактора первого порядка, или как фактора второго порядка, вытекающего из взаимных корреляций первичных факторов [30].

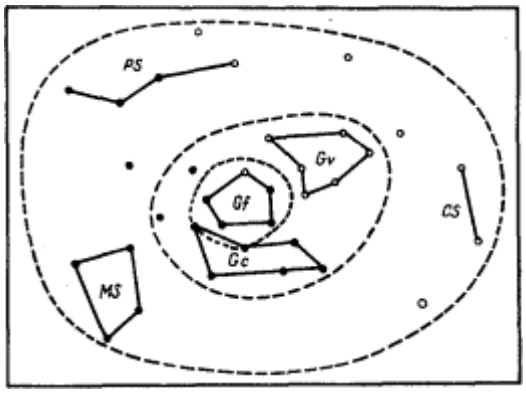


Рис 3. Структура интеллекта: многомерное шкалирование

Альтернативным путем анализа данных является многомерное шкалирование [94]. Рис.3 демонстрирует результаты такой оценки выборки, состоявшей из 241 калифорнийского студента. Расстояния между точками характеризуют степень корреляции различных тестов. Центральную позицию занимает понятие текучего интеллекта (Gf, по Кеттеллу [18]), измеренного такими тестами, как матрицы Равена, серии букв и т.д. Точки, соединенные сплошными линиями, образуют характерные для факторного анализа группы, а заглавные буквы отмечают кластеры [95]. Результаты оценки данных многомерного шкалирования хорошо совпадают с получаемыми при применении конфирматорного факторного анализа [52], представляющего собой гораздо более тонкий исследовательский инструмент, чем все доступные ранее [64], [65]; он дает лучшую возможность избегать необъективных решений, чем обычный факторный анализ.

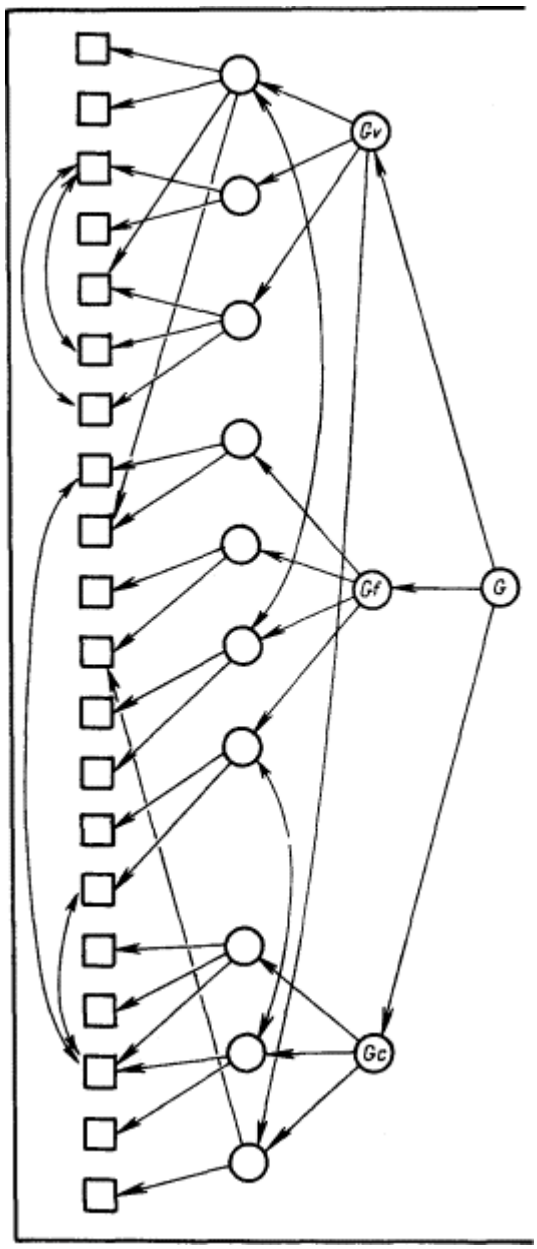


Рис. 4. Структура интеллекта: конфирматорный анализ

На рис.4 показана структура, полученная по модели USREL конфирматорного факторного анализа с одним фактором третьего порядка (G) и тремя – второго. Из рисунка видно, что текучий интеллект (Gf) идентичен фактору G и, таким образом, повторяет его положение в центре многомерной модели, показанной на рис.3. Отсюда следует, что, определяя интеллект как то, что измеряется тестами IQ, мы приходим к заключению: интеллект может интерпретироваться в терминах, присущих конфирматорному факторному анализу или многомерному шкалированию, базирующимся на сотнях разнообразных тестов, отражающих разные стороны когнитивных способностей. Эта концепция далеко уходит от «тривиального» определения, приведенного выше, которое столь часто подвергалось ос-

меянию, но которое на самом деле вовсе не носит характера тавтологии и основано на достоверных индуктивных предпосылках.

Следует также отметить, что помимо этой внутренней валидизации существует валидизация внешняя – успешность применения тестов IQ в предсказании образовательных и академических успехов, профессиональных успехов в областях, которые принято отождествлять с высокими интеллектуальными возможностями, – юриспруденции, медицине, науке и т.д. Внешняя валидизация образует связь с социальным интеллектом и показывает, что в этом случае психометрический интеллект оказывается важным аспектом последнего [30].

Перед нами остается задача определения биологических оснований интеллекта. Этому будет посвящена остальная часть статьи – обзору последних данных по измерению интеллекта А. Следует отметить, что существует тенденция сосредоточивать внимание на скорости умственных действий и их безошибочности как на фундаментальных показателях биологической стороны процесса. Тем самым происходит отход от концепции интеллекта А. Бине [10], [11] и возврат к более ранним взглядам Ф. Гальтона [44], [45]. Последние неоднократно обсуждались в их связи с современными теориями [31], [34], [35] и не будут подробно рассматриваться в данной статье.

СКОРОСТЬ УМСТВЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ И ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ

В 20-е годы имели место широкие дебаты по поводу того, измеряют ли тесты силы интеллекта и скорости умственных действий разные виды интеллекта или же примерно одно и то же. Тесты на скорость умственных действий содержали задания достаточно простые – почти любой испытуемый оказывался в состоянии выполнить их, имея достаточно времени. Тесты силы интеллекта, напротив, включали проблемы столь сложные, что многие участники не могли найти решения, даже располагая неограниченным временем. Практические результаты тестирования в основном подтверждали взгляд, согласно которому оба типа тестов измеряли примерно один и тот же тип интеллекта [8]; корреляция между результатами этих весьма отличных друг от друга видов тестов была весьма высока. Оценки результатов тестов, выполненных с ограничением времени, и тестов, когда испытуемым давалась возможность закончить решение задачи без ограничения времени, показали, что коэффициент корреляции между ними близок к единице.

В исследованиях Г. Айзенка [21] и Д. Фурнье [41], [42] эта проблема рассматривалась под несколько другим углом зрения. Было высказано мнение, что при тестировании интеллекта следует принимать во внимание не количество набранных баллов, а характер

решавшейся задачи, поскольку одно и то же количество баллов может быть набрано испытуемыми, которые выполнили, не выполнили или выполнили неверно совсем разные задания. Кроме того, помимо подсчета правильно решенных, нерешенных и неверно решенных задач, для каждой из них необходимо фиксировать время, прошедшее до получения решения или до отказа от дальнейших попыток. Если при этом время правильного выполнения заданий соотносилось с их трудностью, то можно было построить кривые (рис. 5, А) или, используя логарифмы оценки времени решения, параллельные прямые (рис. 5, Б), отражающие результаты тестирования. Сплошные линии соответствуют выполненным заданиям, курсивные – заданиям слишком трудным, от решения которых испытуемый отказался (при фиксации времени, затраченного на попытку решения). Анализ полученных данных выявил три основных фактора, характеризующих общий IQ: скорость умственных действий, настойчивость (время, которое испытуемый затрачивал на попытки решить трудную задачу) и ошибочность (тенденция испытуемого предлагать неверные решения).

Суммируя данные, отраженные на рис. 5, можно предположить, что тесты силы интеллекта и скорости умственных действий на самом деле измеряют один и тот же тип интеллекта и что в качестве основного показателя следует рассматривать логарифм от времени, затрачиваемого испытуемым на выполнение заданий на том уровне трудности, при котором оказались решены 100% задач. Это говорит в пользу того, что скорость выполнения испытуемым простейших заданий может служить хорошим показателем интеллекта и что Ф. Гальтон был прав, предлагая использовать время реакции как характеристику биологического интеллекта.

Эта гипотеза была исследована и отвергнута К. Висслером [109], мнение которого воспринималось психологами как аксиома на протяжении последующих 65 лет, несмотря на явные пороки его работы: его измерения времени реакции были совершенно недостоверны; он не использовал тесты IQ, а измерял показатели, не имеющие выраженной связи с интеллектом; группу испытуемых составляли

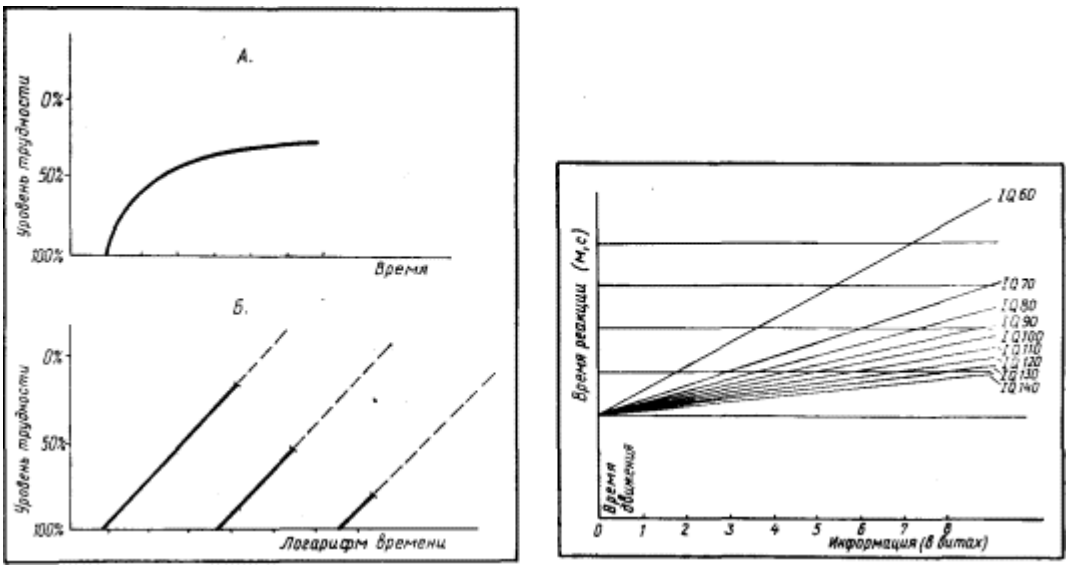


Рис. 5. Время (А) и логарифм от величины времени (Б) принятия решения в зависимости от трудности задания

Рис. 6. Зависимость отношения количества информации к времени реакции для групп испытуемых с разным IQ (по В. Хику)

учащиеся, различия в интеллектуальных возможностях которых были столь невелики, что делали полученные результаты бессмысленными.

Только в последние годы возобновилось изучение связи IQ с временем реакции, что в значительной мере следует считать заслугой Е. Рота, который в своей работе [86] использовал открытый В. Хиком закон [60] для создания нового метода измерения времени реакции. Согласно закону Хика, если при исследовании времени реакции число выборов (1, 2, 4, 8 и т.д.) выразить в битах информации

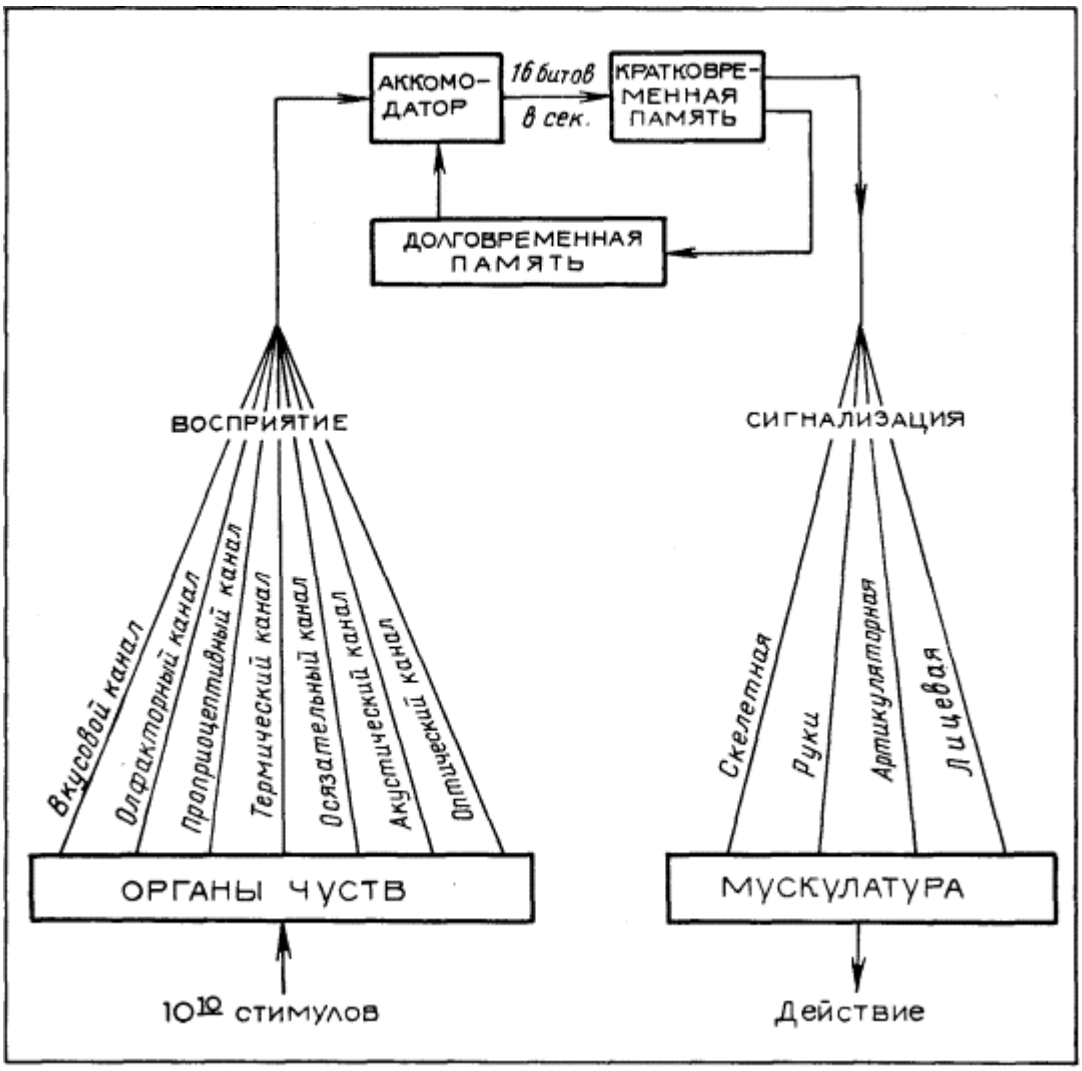


Рис 7. Структура интеллекта: Эрлангенская школа

путем логарифмирования по основанию 2, то, отложив их значения по оси абсцисс, а время реакции, измеренное в миллисекундах, – по оси ординат, получаем линейную зависимость между переменными. Е. Рот предположил, что угол наклона получаемых прямых окажется больше для испытуемых с низким IQ, и полученные им данные, отраженные на рис. 6, как будто подтверждают эту гипотезу, хотя коэффициент корреляции составляет всего 0,39. Попытки воспроизведения эксперимента (например, [9]) показали действительное существование зависимости между интеллектом и временем реакции, как это предположил Е. Рот.

За новаторской работой Е. Рота последовали другие исследования: представителей немецкой Эрлангенской школы ([39], [40], [69], [70], [71]) и других ученых ([74], [76], [77], [66], [67], [68]).

Результаты работ Эрлангенской школы привели к созданию теоретической модели, основные положения которой отражены на рис. 7. В ее основу легло хорошо известное по-

ложение о том, что сознание обладает ограниченной пропускной способностью для информации: оно способно обрабатывать лишь 16 бит в секунду, при том что количество сигналов, поступающих от сенсорных органов, составляет 10^{10}. Информация от рецепторов поступает в краткосрочную, или рабочую, память, некоторая часть ее отбирается для хранения в долгосрочной памяти и используется в будущем для когнитивной деятельности.

Важность скорости умственных действий для эффективной когнитивной деятельности определяется тем, что она ограничивает число операций, осуществляемых с поступающей информацией одновременно. Она также ограничивает число операций, которые могут совершаться одновременно для обработки содержания долгосрочной или краткосрочной памяти. К тому же быстрое стирание следов стимула (иконическая память) делает особенно важной быструю обработку информации. Наконец, повторение и упорядочение (консолидация) информации требует времени, которое, таким образом, ограничивается для других когнитивных процессов. Поэтому даже совсем небольшие различия в скорости обработки информации могут иметь очень большие и важные последствия для решения когнитивных задач.

Суммируя основные эмпирические факты, полученные при изучении времени реакции, полезно остановиться на тех методах, которые применяются для его измерения. На рис. 8 изображен прибор, сконструированный А. Йенсеном для этих целей. Испытуемый нажимает указательным пальцем центральную кнопку. При загорании одной из восьми лампочек, расположенных по периметру, нужно быстро переместить палец и нажать кнопку перед соответствующей лампочкой. При этом следует различать время реакции (ВР) и время движения (ВД): ВР – это время от поступления стимула до отпускания центральной кнопки, а ВД – время между отпусканием центральной кнопки и нажатием кнопки перед загоревшейся лампочкой. На приборе может измеряться простое время реакции, когда используется всего одна лампочка, а остальные заблокированы, а также время реакции выбора, когда используются два, или четыре, или все восемь стимулов, а неиспользуемые лампочки блокируются и не видны испытуемому.

Получаемые корреляции между временем реакции, измеренным различными методами, и IQ имеют довольно широкий разброс в зависимости от того, какие тесты IQ применяются (чаще всего векслеровская шкала интеллекта для взрослых или матрицы Равена), от того, какой уровень способностей тестируется в популяции, и от конкретных особенностей

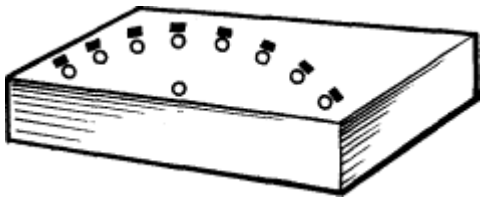


Рис. 8. Аппарат А. Йенсена для измерения времени реакции и времени движения

экспериментальной парадигмы. Некоторые исследователи использовали группы испытуемых, куда входили учащиеся с наиболее высокими значениями IQ и одновременно лица с задержкой развития, IQ которых наиболее низок; при этом получаемые корреляции неоправданно завышаются. Другие использовали только студенческие выборки, что излишне сужает границы исследуемой области. Результаты таких работ требуют корректировки с учетом этих обстоятельств, что, однако, не всегда делается; к тому же такая статистическая процедура может оказаться неприменимой, например, в случае тестирования лиц с задержкой развития, когда неясно, образуют ли их IQ нижнюю страту общего распределения или же подчиняются совсем другим закономерностям. Возможно, для обеспечения надежности результатов следовало бы исключить данные, полученные для испытуемых с задержкой развития, при исследованиях, направленных на выявление корреляции ВР и IQ в популяции.

Коэффициенты корреляции простого времени реакции обычно не превышают -0,20, а времени реакции выбора -0,30 или -0,40, как это имеет место для угла наклона графиков Хика. Изменчивость ВР (интра-индивидная изменчивость) имеет коэффициент корреляции между -0,40 и -0,50; эти оценки являются взвешенными для достаточно большого числа испытуемых в различных исследованиях и скорректированными по ограничению расхождений, но не учитывают влияние ошибок измерения. Корреляция времени реакции выбора и параметра g является функцией числа битов информации в наборе стимулов, возрастая с увеличением числа возможных выборов. Корреляция времени движения с IQ носит обратный характер.

Для иллюстрации вышеизложенного на рис. 9 приведены графики для 60 одаренных и 72 не достигших этого уровня, но обладающих IQ выше среднего семиклассников; различие между группами статистически достоверно на уровне 0,001 применительно к ВР, ВД, углу наклона Хика и изменчивости. Коэффициент множественной корреляции между этими величинами равен 0,64 [21]. Различия в коэффициентах корреляции между отдельными параметрами были бы более значительными, если бы не ограниченность различий в уровне интеллекта испытуемых.

Возникает вопрос: имеет ли отношение время реакции к центральному ядру интеллекта, измеряемому, например, первым, или общим, фактором, получаемым из интеркорреляции субтестов Векслера? Т. Хеммельгарн и Т. Келе [55] нашли, что в группе из 59 обладавших высоким интеллектуальным уровнем учащихся начальной школы 12 субтестов коррелировали до такой степени отрицательно с наклоном Хика, что оказались нагружены на фактор g всей батареи тестов. Была выявлена зависимость индивидуальных различий в наклоне Хика с количеством баллов по каждому из субтестов, а хронологический возраст оказался исключен. Профиль этих 12 корреляций имеет коэффициент корреляции -0,83 с профилем нагрузки 12 субтестов на фактор g. Эти данные проливают достаточно яркий свет на природу связи между временем реакции и фактором g.

Другая статья, посвященная этому вопросу, основывается на анализе данных, полученных при проведении психологической программы в авиации США

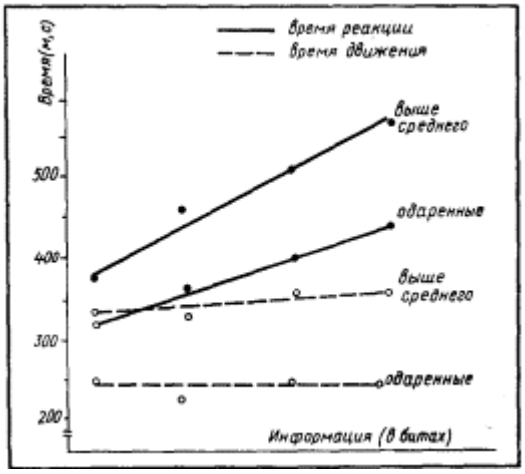


Рис. 9. Время реакции и время движения у одаренных и не одаренных детей

во время второй мировой войны [51]. По материалам программы была составлена матрица, отражающая корреляции между 65 переменными, входящими в 40 с лишним использовавшихся тестов. Как сообщил автору Р. Л. Торндайк, ему удалось составить на основании этой матрицы 6 батарей из 8 исследовательских тестов каждая, добавляя потом оставшиеся 17 тестов по одному в каждую из батарей; полученные батареи были подвергнуты факторному анализу, и для каждого теста и для каждой батареи была подсчитана g-нагрузка. Работа продемонстрировала стабильность g-нагрузки при включении данного теста в состав различных батарей, а также ее стабильность в значительной мере для разных батарей.

Особый интерес представляет тест 65, являющийся тестом-дискриминантом на время реакции. Его нагрузка на 6 батарей при факторном анализе составила 0,52; 0,55; 0,61; 0,59;

0,60 и 0,61, или в среднем 0,58. Это значение – второе по величине для всех 17 включавшихся в батареи тестов, лишь незначительно превышенное тестом на пространственную ориентацию, для которого средняя g-нагрузка составила 0,60. Факторная нагрузка теста времени реакции выбора превосходила таковую для тестов общей информированности, арифметических рассуждений, операций с цифрами, понимания прочитанного – тестов, представляющих собой хорошую меру оценки g. Таким образом, остается мало сомнений в независимости g-нагрузки конкретной используемой батареи.

Помимо тех параметров, которые были обсуждены выше, необходимо рассмотреть эксперименты, включавшие такие области, как минимальная степень суждения, кратковременная и долговременная память. Как пример исследования первого из них можно рассмотреть предложенную Г. Айзенком парадигму «третьего лишнего»: на приборе Йенсена загораются одновременно три лампочки – две рядом, третья на некотором расстоянии; она и есть «третий лишний», и испытуемый получает инструкцию нажимать соответствующую ей кнопку. Этот очень простой тест имеет коэффициент корреляции -0,60 с IQ. Эксперименты по делению времени реакции с учетом краткосрочной (С. Стернберг, [97]) или долговременной памяти (М. Познер, [79]) также обнаружили высокую корреляцию с уровнем интеллекта. Представляется, что усложнение заданий – от простого времени реакции через время реакции выбора к соответствующему парадигме Г. Айзенка эксперименту – приводит к росту зависимости с IQ, как и должно вытекать из предположения, что различия в скорости умственных действий кумулятивны.

Ясно теоретически и подтверждается эмпирически то обстоятельство, что по мере того как проблемы, связанные с временем реакции, усложняются, т.е. по мере вовлечения большего числа элементарных) когнитивных факторов требования к скорости различных процессов оказываются аддитивными или мультипликативными, и, таким образом, чем сложнее задание, тем лучший инструмент измерения интеллекта оно представляет. Самую нижнюю позицию занимает простое время реакции, реакции выбора имеет более высокую корреляцию в зависимости от количества используемой для выбора информации; парадигмы С. Стернберга, М. Познера и Г. Айзенка дают еще более высокую корреляцию. Представляется справедливым, что эксперименты с дискриминантным временем реакции дадут более точную оценку для g, и работы [2] и [3] подтверждают это. Авторами использовалась батарея из 10 тестов, включавшая матрицы Равена, тесты на словарный запас, на аналогии и т.д., для измерения g; кроме того, методами факторного анализа получены оценки вербальной, пространственной и сенсомоторной скорости.

Были использованы два задания на время реакции, в одном из которых, вербальном, использовалась процедура визуального поиска категории [37]. При каждой попытке на

экране высвечивались три названия аксиоматических категорий; на их запоминание отводилось 5 секунд. Затем испытуемому предъявлялись три слова, остававшиеся на экране до момента ответа или, если ответа не поступало, в течение 5 секунд. Нужно было нажать на одну из трех кнопок в зависимости от положения нужного слова, единственного относившегося к одной из представленных ранее категорий. Подобное же задание было разработано для пространственных стимулов. Использовались стимулы двух уровней упорядоченности: последовательное появление цели и отвлекающего объекта или случайное. Первый эксперимент состоял из восьми двухчасовых занятий, второй – из пяти часовых, с целью изучения эффекта практики.

Как и можно было ожидать, последовательное появление цели имело меньшую корреляцию с фактором g, чем случайное, поскольку последнее требует вовлечения большего числа когнитивных процессов. Наиболее низкой корреляция была на первом занятии, сохраняя постоянный уровень на последующих. Все коэффициенты корреляции были положительны: наибольший (0,5-0,7) – для g, более низкие (0,2-0,3) – для характеристик вербальных и пространственных способностей, и минимальный (0,1-0,2) – для показателя скорости восприятия движения. Существует определенная вероятность того, что обследованная группа отличалась несколько менее выраженными различиями в способностях, чем это имело бы место для случайной выборки, но это не вполне ясно, да и возможные изменения дали бы минимальный эффект. Представляется несомненными, что дискриминантное время реакции имеет весьма высокую корреляцию с g.

Еще более сложные примеры когнитивной деятельности, требующие короткого ВР, представляют собой канцелярские задания такого типа, как применявшиеся Эрлангенской школой: сортировка карточек, называние серии из 20 букв, тест слежения, требующий от испытуемого упорядочения случайным образом разбросанных по листу бумаги чисел. Все эти тесты показывают весьма высокую корреляцию с тестами IQ [35].

Последним в этом обзоре исследований ВР мы упомянем изучение «времени инспекции»: под ним понимается минимальный промежуток, за который испытуемый может зафиксировать различие между двумя явно отличающимися по длине линиями [13]. Две линии в течение краткого отрезка времени демонстрируются тахистоскопом, затем появляется иначе направленный маскирующий стимул. В качестве «времени инспекции» принимается то минимальное время, за которое испытуемый правильно определяет положение более длинной линии в 97,5% случаев. Пороговое значение значительно ниже для лиц с высоким уровнем интеллекта, чем для ограниченных испытуемых; аналогичный тест был разработан и для слуховой модальности. Как и большинство экспериментов для определения пороговых значений, данный тест требует значительного времени и преодоления

трудностей с конструированием и использованием аппаратуры, в результате чего получаемые результаты варьируют в зависимости от того, кто проводит тестирование. Тем не менее обычно сообщается об успешном применении этой методики.

Можно предположить, что корреляция всех типов тестов ВР и измерений IQ должна зависеть от того, осуществляются ли последние с ограничением времени или без него. Это, однако, не соответствует действительности, как показали П. Вернон, С. Надор и Л. Кантор [101]. Они нашли, что различия корреляции между результатами измерения ВР и IQ, определенным без ограничения времени, не носят статистически достоверного характера, то есть что тесты с ограничением времени и без такового характеризуют в целом одно и то же представление о факторе g.

Коэффициенты корреляции между ВР и IQ для различных тестов составляют от -0,3 до -0,6, и ясно, что любая комбинация наиболее удачных тестов даст значение коэффициента корреляции около -0,7 или даже выше для неселективных групп – значение, близкое к тому, которое имеет место для интеркорреляции различных тестов IQ. Таким образом, становится очевидным, что Ф. Гальтон был прав, предлагая использовать ВР для измерения интеллекта. Тесты ВР имеют неоспоримые преимущества: они гораздо более фундаментальны, биологичны и независимы от влияния культуры, чем тесты IQ, неизбежно искажаемые культурными, образовательными и социоэкономическими факторами того или иного вида. Зависимости, обнаруженные в рассмотренных выше исследованиях, было бы очень трудно объяснить с позиций принципов А. Бине или триархической теории Р. Стернберга [99].

ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ИНТЕЛЛЕКТА

Хотя Ф. Гальтон и предположил, что физиологические показатели окажутся пригодными для измерения интеллекта, он был вынужден прибегать к таким непрямым методам, как измерение времени реакции, поскольку в XIX в. техника электрофизиологических измерений не была еще разработана. В последние годы было предпринято много попыток использовать фундаментальные физиологические показатели для измерения интеллекта; наиболее простым из них можно считать кожно-гальваническую реакцию (КГР). Последняя рассматривается как мера возбуждения коры головного мозга, активированной ретикулярной формацией; как обнаружил В. Бастендорф [7], КГР весьма тесно коррелирует с IQ, измеренным по шкалам Векслера. В исследовании В. Бастендорфа участвовали 6 групп детей 9 и 12 лет; каждая из групп была разбита на подгруппы отстающих в развитии, нормальных и выше нормы. IQ для этих подгрупп составлял соответственно 70, 100 и 132 для девятилетних и 71, 100 и 130 для двенадцатилетних детей. Средние значения ла-

донного сопротивления, полученные с использованием довольно произвольной шкалы, составляли 34, 38 и 57 для девятилетних и 48, 63 и 75 для двенадцатилетних; для каждой возрастной группы цифры ладонного сопротивления увеличивались вместе с ростом IQ. Результаты исследования показывают, что ладонное сопротивление растет с возрастом и с повышением уровня интеллекта. Можно предположить, что зависимость между умственным возрастом и сопротивлением будет еще более выраженной, чем между сопротивлением и IQ. Как бы то ни было, имеет место статистически достоверная ($p < 0,01$) зависимость между КГР и интеллектом, предполагающая существование некоторого биологического субстрата для IQ. В. Бастендорф интерпретировал полученные им результаты как согласующиеся с заключением Д. Векслера о том, что «любое работающее определение интеллекта должно в основе своей быть биологическим» [104].

Скорость передачи нервного сигнала, казалось бы, также подходит на роль такого показателя, если учесть, что различия в скорости проводимости у детей и взрослых, а также у зародышей, недоношенных или родившихся в срок младенцев достоверно установлены [19], [24], [46], [100], а методология разработана [62]. Тем не менее существуют некие затруднения в измерении [108], и по той или иной причине в литературе отсутствуют данные о серьезных исследованиях связи скорости передачи нервного сигнала и IQ. Эта область еще ждет своего изучения.

Гораздо чаще имеют место попытки использовать ЭЭГ, чтобы найти физиологические корреляты интеллекта. Ранние работы по этой тематике были включены в обзоры Р. Эллингсона [25] и В. Фогеля и Д. Бровермана [102]; противоречивые выводы, к которым они пришли, подчеркивают трудность достижения бесспорного результата в этой области. Более недавней работой является обзор Д. Освальда и Е. Рота [75], где также подчеркиваются большие разночтения полученных результатов. Как считает Т. Гассер с соавт. [48], причина этих расхождений может лежать в неадекватных подходах, характерных для ранних работ. Так, отмечаются разнородность выборок по признаку IQ (например, включение в них умственно отсталых лиц); недостаточность или недостоверность количественных характеристик электроэнцефалографической активности; рассмотрение только альфаритма (или даже лишь его частоты) и последующих девиаций; наконец, все данные работы построены на визуальном анализе. К недостаткам также следует отнести разнородность групп по возрасту: поскольку существуют возрастные изменения ЭЭГ, полученные корреляции могут быть искажены за счет этого. Наконец, еще одно немаловажное обстоятельство: измерения интеллекта также были неадекватны – некоторые работы не удовлетворяют общепринятым стандартам, например, не выдерживается принцип соответствия тестов группам с разным уровнем IQ или разного возраста.

Обзор [48] – пример того, как следует делать такого рода работы. Авторы сформулировали четыре предсказания: (1) существует небольшая, но достоверная связь между ЭЭГ в покое и IQ у нормальных детей; (2) эта корреляция более выражена для пограничных случаев умственной отсталости у детей; (3) корреляция связана с созреванием мозга: дети, более зрелые по параметрам ЭЭГ, в среднем имеют более высокие значения IQ; более того, ожидается рост корреляций для тех полос частот и отведении, на которых отражаются возрастные изменения [49]; (4) распределение частот ЭЭГ имеет большее значение для величины корреляции, чем топографическое распределение [50].

Т. Гассер и соавт. исследовали две группы детей – экспериментальную, куда входили 25 детей с умеренной задержкой умственного развития и IQ между 50 и 70, и контрольную из 31 нормального ребенка. При анализе ЭЭГ в основном использовались спектральные параметры широкой полосы частот, а также частота доминантного пика (P_Z, O_1, O_2) между 6,5 и 14,0 Гц. Как и было предположено, корреляции оказались значительно выраженное для детей с задержкой развития; кроме того, была обнаружена интересная закономерность для более высоких значений корреляции: дети, более развитые, чем их показатели ЭЭГ, имели более высокие средние показатели IQ. Более того, корреляции были велики для тех полос частот и, хотя и в меньшей степени, для тех отведений, по которым при предыдущем обследовании было выявлено значимое развитие. Коэффициент корреляции для соответствующих параметров составил 0,5 – 0,6, что предполагает значительную конгруэнтность параметров ЭЭГ и IQ.

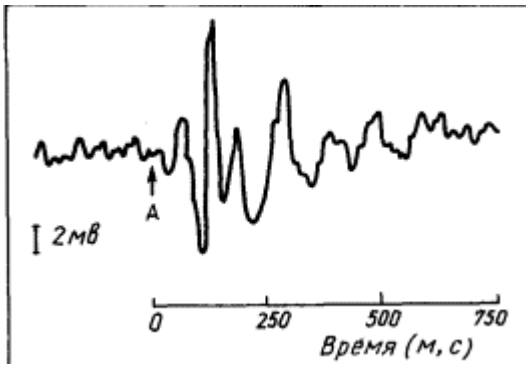


Рис. 10. График вызванного потенциала

В последнее время больше внимания, чем анализу ЭЭГ в покое, уделяется изучению параметров связанных с событием потенциалов, – условной негативной вариации (УНВ) и усредненных вызванных потенциалов (УВП). Последние как показатель уровня интеллекта были предложены Дж. Эртлом [26], [27], [28]. Рис. 10 изображает диаграмму отрицательных и положительных волн на ЭЭГ, возникающих вслед за воздействием простого сенсорного стимула в точке А. До этой точки ЭЭГ отражает обычную активность мозга;

после нее наблюдается всплеск, а примерно через 1000 миллисекунд волны затухают. При исследованиях обычно ограничиваются анализом графика за первые 250 или около того миллисекунд. Обзор работ в этой области содержится в [17] и [36]. Основными параметрами, анализируемыми при изучении УВП, являются латентный период, амплитуда и изменчивость. Поскольку отношение сигнала к уровню шума невелико, возникает необходимость усреднения большого числа предъявлений стимула (подобно тому, как это происходит при измерении времени реакции). Результирующий график отражает усредненную изменчивость, являющуюся важнейшим стабильным показателем для данного индивида; усредненная изменчивость отражается на измерениях как амплитуды, так и латентного периода – большая изменчивость ассоциируется с большим латентным периодом и меньшей амплитудой.

По мере того как ребенок растет, изменчивость, как и латентный период, уменьшается, а амплитуда увеличивается. Это предполагает, в соответствии с принципами, впервые выдвинутыми А. Бине, что умственный возраст и IQ должны положительно коррелировать с амплитудой и отрицательно – с латентным периодом и изменчивостью; это и является основным фактом, обнаруженным при исследованиях на детях. Коэффициенты корреляции обычно невысоки и составляют 0,2 – 0,4, однако существовавшие ранее сомнения в воспроизводимости результатов, полученных Дж. Эртлом, оказались неосновательными [92], [56].

Рассмотренные выше ранние работы, использовавшие визуальные и слуховые стимулы, не были объединены единой гипотезой. Более поздние исследования предложили ряд такого рода гипотез, а результаты демонстрируют гораздо более высокую корреляцию с IQ. Первая парадигма содержалась в работе А. и Д. Хендриксон [59]; теоретическая ее часть была изложена в работе [57] А. Хендриксон, а экспериментальное исследование осуществлено Д. Хендриксон [58]. Общая теория, на которой базируется данная модель, касается биологических факторов, определяющих обработку когнитивной информации, и слишком сложна и специальна для изложения здесь. В том же, что касается ее приложения к проблеме интеллекта, дело сводится к следующему: при обработке информации корой головного мозга происходят ошибки, возможно, на уровне синапсов, и чем выше склонность индивида к такого рода ошибкам, тем ниже его IQ. Измерение таких ошибок не может, конечно, выполняться напрямую, но возможно измерить два следствия частого возникновения ошибок: большую изменчивость усредненных вызванных потенциалов и меньшую сложность следов УВП. Из теории следует, что два этих показателя связан между собой и могут быть объединены УВП–характеристику интеллекта: для этого нужно первый из них

вычесть из второго (вычитание необходимо потому, что изменчивость отрицательно коррелирует с IQ, а сложность следов – положительно).

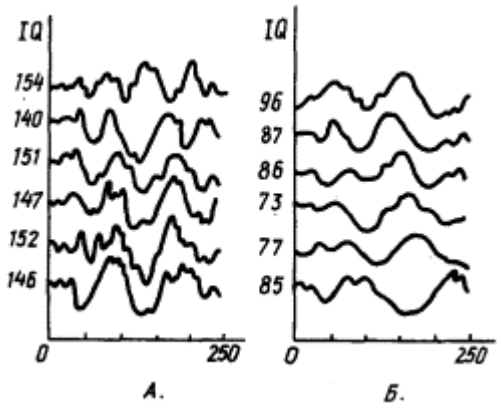


Рис. 11. Вызванные потенциалы 6 детей с высоким и 6 детей с низким уровнем интеллекта

Рис. 11 демонстрирует типичные графики УВП 6 детей с высоким уровнем интеллекта и 6 – с низким. Различия в сложности волн очевидны. Мера сложности часто именуется «шнуровой» мерой, поскольку на стадии разработки модели вдоль графика прокладывался шнур, затем его длина измерялась: она давала грубую, но наглядную оценку степени сложности. Впоследствии для обработки данных были привлечены анализ Фурье и другие более сложные математические методы.

Результаты тестирования 219 школьников в возрасте 15 лет, образуют более или менее случайную выборку сравнения данных оценки УВП и векслеровской шкалы интеллекта показали наличие корреляции между последними: коэффициенты корреляции были 0,72, -0,72 и 0,83 – для сложности, изменчивости и объединенного показателя УВП (см. таблицу).

Таблица

Корреляция между характеристиками усредненных вызванных потенциалов (изменчивости, сложности и объединенного показателя) с субтестами векслеровской шкалы интеллекта

Субтесты шкалы Векслера	Изменчивость	Сложность	Сложность минус изменчивость
1	-0,64	0,55	0,68
2	-0,50	0,53	0,59
3	-0,57	0,56	0,65
4	-0,69	0,54	0,71
5	-0,54	0,49	0,59
6	-0,57	0,62	0,68

7	-0,69	0,68	0,78
8	-0,28	0,32	0,35
9	-0,47	0,52	0,57
10	-0,50	0,45	0,54
11	-0,36	0,45	0,46
12	-0,32	0,45	0,44
13	-0,56	0,53	0,60
Шкала Векслера в целом	-0,72	0,72	0,83

Исследование [12] также подтверждает наличие выраженной зависимости между характеристиками УВП и IQ (в этом случае применялись матрицы Равена). Согласно работе [53], интенсивность стимула важна для определения величины зависимости. Д. Робинсон [85] также сообщает об успешном воспроизведении эксперимента. Если общий фактор, выведенный из интеркорреляций всех субтестов Векслера, – лучший показатель интеллекта, а объединенный показатель УВП также достоверно оценивает интеллект, то следовало бы ожидать, что факторная нагрузка на субтесты векслеровской шкалы интеллекта и коэффициенты корреляции субтестов с объединенным показателем УВП окажутся пропорциональными. Таблица включает фактически полученные результаты – как факторные нагрузки, так и коэффициенты корреляции с объединенным показателем УВП. Было обнаружено, что уточнение коэффициентов корреляции не особенно сказывается на факторных нагрузках: коэффициент Спирмена равен в одном случае 0,95, а в другом – 0,93. Пропорциональность, таким образом, оказывается почти полной; гипотеза о том, что УВП служит достоверным показателем интеллекта, получает сильную поддержку.

Отличную от описанной выше модель предложил Е. Шафер [89], [90]. Он использовал хорошо известный факт: существование когнитивной модуляции ЭЭГ, проявляющейся в тенденции неожиданных стимулов вызывать УВП гораздо больших амплитуд, чем те, которые соответствуют стимулам, природа и частота которых известны индивиду. Гипотеза Е. Шафера заключалась в том, что индивидуальные различия в модуляции амплитуды (когнитивная нервная адаптивность) должны соотноситься с индивидуальными различиями интеллекта. Физиологический базис этой закономерности, согласно гипотезе, заключается в нервной энергии, выражаемой через число нейронов, активизирующихся в ответ на стимул. Эффективно функционирующий мозг нуждается в меньшем числе нейронов для обработки известного стимула, в то время как новый, неожиданный стимул требует от мозга задействования большего количества нейронов.

Зная взаимоотношение между паттернами активности отдельного нейрона и наблюдаемыми УПВ коры головного мозга, проявление нервной энергии можно оценить по различиям в амплитудах УВП в зависимости от условий предъявления стимула. Измерения Е. Шафера базируются на концепции индивидуальной средней амплитуды. Таким образом,

индивид с высокой нервной адаптивностью, характеризуемой заметно меньшими, чем средняя, амплитудами УВП в ответ на известный стимул и заметно большими, чем средняя, амплитудами УВП в ответ на неожиданный стимул, будет иметь высокие показатели интеллекта. В противоположность этому, у индивида с низкой нервной адаптивностью такая модуляция амплитуд окажется мало выраженной, и, соответственно, результаты тестирования интеллекта также окажутся невысокими.

Е. Шафером и его коллегами были исследованы две парадигмы. В первой из них ожидаемые (вызываемые испытуемым) стимулы противопоставляются неожиданным (предъявляемым экспериментатором); во второй противопоставляются друг другу появляющиеся в начале и в конце эксперимента идентичные предъявляемые с одинаковым интервалом стимулы: гипотеза заключается в том, что эффект привыкания будет выше у испытуемых с высоким IQ, что приведет к более выраженному уменьшению амплитуды УВП. Обе гипотезы подтвердились с коэффициентом корреляции около 0,80 при корректировке размаха распределения способностей. Позднее Е. Шафером были получены корреляции между факторными нагрузками векслеровских субтестов и показателями УВП.

Существует много работ в этой области, и проанализировать их все в данной статье нет возможности, однако на одной из них необходимо остановиться из-за тех перспектив, которые открывает содержащийся в ней подход к научному изучению развития интеллекта. Д. и В. Молфезе [73] показали, что возможно методом потенциалов, связанных с событием, исследовать новорожденных менее чем через 36 часов после рождения и что показатели такого тестирования статистически значимо коррелируют с тестами на вербальный интеллект, проведенными тремя годами позже. Это исследование заслуживает того, чтобы быть воспроизведенным и расширенным.

Ясно, что данный обзор пока что носит редукционистский характер, рассматривая интеллект в той мере, в какой он проявляется в повседневной жизни (интеллект Б), переходя затем к психометрическому интеллекту и, наконец, предполагая, что базисом всех этих проявлений является биологический интеллект (интеллект А). Можно сделать еще один шаг дальше в этом же направлении и рассмотреть роль биохимических агентов, которые, возможно, определяют биологические рамки этой схемы.

Первой в этом качестве была рассмотрена глютаминовая кислота, значение которой было подчеркнуто Ф. Циммерманом и С. Россом [112], сообщившими, что скармливание молодым крысам с низким уровнем интеллекта глютаминовой кислоты приводило к значительному увеличению успешности преодоления ими лабиринтов. Другая группа исследователей, также из Колумбийского университета, сообщает о положительном воздейст-

вии глютаминовой кислоты на решение крысами общих задач на соображение [14]. Затем лечение глютаминовой кислотой было проведено с умственно отсталыми детьми; результаты его дают возможность предположить, что прием глютаминовой кислоты ведет к росту IQ, измеренному стандартным тестированием интеллекта. Однако не все исследования давали столь же обнадеживающий результат. Многие эксперименты на животных дали отрицательные результаты; возможно, первоначальный успех был достигнут благодаря тому, что глютаминовую кислоту получали крысы с низким уровнем интеллекта, так что эксперименты с животными среднего уровня интеллекта или выше среднего не имеют отношения к данной проблеме.

Эти эмпирические данные поддерживаются теоретическими соображениями. Ф. Циммерман и соавт. [111] предположили, что улучшение познавательных способностей может зависеть от благоприятного воздействия глютаминовой кислоты на определенные метаболические процессы, лежащие в основе нервной деятельности. Так, известно, что она играет важную роль в синтезе ацетилхолина, вещества, необходимого для различных электрических процессов, возникающих при передаче нервных импульсов. Было обнаружено, что скорость образования ацетилхолина может быть увеличена в 4–5 раз при добавлении глютаминовой кислоты в подвергнутый диализу экстракт из крысиного мозга [74]. Кроме того, было обнаружено, что концентрация глютаминовой кислоты в мозгу непропорционально высока по сравнению с концентрацией других аминокислот; она может служить респираторным субстратом мозга вместо глюкозы [103]. Наконец, Дж. Саури, экспериментируя на крысах, получил данные о том, что глютаминовая кислота оказывает большое влияние на кору головного мозга, понижая порог возбудимости.

Все эти результаты отчетливо показывают важность глютаминовой кислоты для мозгового метаболизма. Эффективность ее воздействия только на крыс с низким уровнем интеллекта заставляет предположить, что мозговой механизм последних в чем-то дефектен, а воздействие глютаминовой кислоты устраняет этот дефект; этим же объясняется и отсутствие эффекта в случае крыс со средним или выше среднего уровнем интеллекта: метаболизм их мозга нормален и не реагирует на глютаминовую кислоту. Это предположение подтверждается исследованиями препаратов мозга лиц, страдавших умственной отсталостью: было обнаружено, что такие ткани неспособны усваивать нормальные количества кислорода и углеводов. Другими словами, мозговой метаболизм лиц с задержками умственного развития был дефектен.

По непонятным причинам это многообещающее направление исследований не имело продолжения до последнего времени, когда появился ряд работ, посвященных выявлению эмпирических связей между биохимическими параметрами и результатами тестирования

интеллекта. В. Вейс проанализировал многие из этих данных [105], [106], [107] и на их основании предложил теоретическую концепцию биохимического аналога «психической энергии» К. Спирмена [96]. Так, было найдено, что IQ коррелирует с активностью мозгового холина ацетилтрансферазы (коэффициент корреляции 0,81 [78]), ацетилхолинестеразы (коэффициент корреляции 0,35 [91]) и глютатионовой пероксидазы эритроцитов (коэффициент корреляции 0,58 [93]). Скорость церебрального метаболизма глюкозы также коррелировала с IQ (коэффициент корреляции 0,60 [23]). Эти исследования, несомненно, не имели целью выяснение физиологических основ функционирования нормального интеллекта: они должны были пролить свет на причины преждевременной сенильности и когнитивной недостаточности при болезни Альцгеймера, синдроме Дауна и болезни Паркинсона, а также механизмы старения; перечисленные заболевания могут рассматриваться как экстремумы непрерывного распределения. Но кроме этого, полученные зависимости с IQ нашли подтверждение для контрольных групп здоровых испытуемых [91], [23], [20], так что к ним следует относиться с уважением.

Теория, предложенная В. Вейсом, имеет определенное сходство с теорией Ф. Циммермана, рассмотренной выше. Как указывается в работе [107], обычно единственным источником энергии для мозга является глюкоза. Хотя на человеческий мозг приходится всего 2% веса тела, он потребляет примерно 20% всей расходуемой организмом энергии [63]. Хотя уровень потребления энергии мозгом высок, запасы энергоносителя в мозгу ничтожны, и мозг постоянно почти полностью зависит от непрерывного снабжения глюкозой через мозговое кровообращение [82]. В. Вейс утверждает, что было бы нарушением наиболее фундаментальных законов термодинамики, если бы индивидуальные различия в возможностях мозга не находили соответствия в энергетическом метаболизме. Этот довод подкрепляют результаты, полученные двумя исследовательскими группами М.Де Леона с соавт. и Р. Чейза с соавт. [23], [20]: коэффициент корреляции около 0,60 получен для значений местного мозгового метаболизма глюкозы и показателями по ряду тестов IQ, включая емкость памяти и скорость умственных действий – как в группе страдающих болезнью Альцгеймера, так и в контрольной группе. Благодаря позитронной томографии становится возможным определить расход глюкозы в миллиграммах на 100 г мозговой ткани в минуту. Учитывая при этом, что ни измерение IQ, ни измерение уровня метаболизма глюкозы не свободны от погрешности измерения, полученная корреляция должна оцениваться как весьма высокая; на основании полученных результатов можно сделать заключение о выраженной зависимости интеллекта и потребления мозгом глюкозы.

Доводы В. Вейса гораздо более подробны, чем изложенные выше, но здесь не место углубляться в сложную биохимическую дискуссию. Полученные результаты, несмотря на

все недостатки проведенной работы, говорят о желательности более широких исследований в том же направлении – на представительной выборке здоровых испытуемых с большим размахом распределения уровней интеллекта. Как бы то ни было, полученные данные достаточно впечатляющи: глюкоза, глютаминовая кислота и другие биохимические агенты, ответственные за энергетическое снабжение коры головного мозга и связанные с выработкой нейротрансмиттеров, по-видимому, играют ведущую причинную роль в интеллекте А, может быть, являясь источником той самой «психической энергии», которая служит биологическим субстратом спирмановского фактора g (общий интеллект). Эти поразительные открытия не означают завершения поиска, они говорят о том, что поиск не только идет, но и приводит к формулированию доступных экспериментальной проверке теорий.

Другой биохимической особенностью, связанной с умственной отсталостью, и в частности болезнью Альцгеймера, синдромом Дауна и гуамским паркинсонизмом, является хронический недостаток кальция [1], [5]. При всех трех заболеваниях симптомы исчезали, как только поступление кальция увеличивалось [43]. Есть свидетельства того, что эти болезни имеют общую этиологию – нехватку определенного химического элемента [47]. И. Деари и соавт. [22] предположили, что существует специфический механизм, посредством которого снижение умственных способностей и старческое слабоумие могут быть облегчены, а естественный процесс старения замедлен. Это – еще одно многообещающее направление исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из сказанного ясно, что исследования времени реакции, ЭЭГ, потенциалов, связанных с событием, являют собой революцию в теории и измерениях интеллекта [32] и что имеет место отчетливое движение прочь от теорий типа предложенных А. Бине, составлявших основу психологического мышления в годы между мировыми войнами [98], [110]. Работы, рассмотренные выше, никак не вписываются в эти по преимуществу связанные с окружающей средой, небиологические и чисто когнитивистские теории. Таким образом, круг замкнулся, и мы возвращаемся к взглядам, высказанным в свое время сэром Френсисом Гальтоном, хотя теперь мы располагаем гораздо большим числом эмпирических свидетельств в их пользу.

Сказать так – вовсе не значит утверждать, что наши усилия увенчал окончательный успех. Как пишет Б. Барнс, при совершении революции в науке мы всегда оказываемся перед «пониманием неадекватности парадигмы в том виде, как она изначально была сформулирована, ее грубости, неудовлетворительной предсказательной силы, ограниченной

области применения (которая в некоторых случаях бывает представлена единственным возможным приложением). Принимая парадигму, ученые не рассматривают ее как окончательный продукт: скорее, это основа для будущей работы, и только ради этого можно временно закрыть глаза на ее очевидные ограничения и недостатки. В нормальной науке парадигмы улучшаются и развиваются; они используются для нахождения новых решений, расширяя тем самым пространство научных знаний и умений» [6; 46]. Таким образом, мы всегда оказываемся перед множеством несоответствий, проблем и вопросов, и все они требуют многих лет напряженного труда, прежде чем мы сможем быть уверены, что нашли правильные ответы. Мы не знаем, приложимы ли результаты, полученные при изучении младенцев, к детям более старшего возраста, подросткам, взрослым. Нам неизвестно, можно ли распространить закономерности, выявленные для умственно отсталых, на нормальных испытуемых и верны ли наши заключения относительно людей молодых и среднего возраста для стариков и лиц, страдающих болезнью Альцгеймера или старческим маразмом. Мы не знаем параметров наиболее адекватной парадигмы для измерения интеллекта; оптимальные модальности, оптимальные интенсивности, оптимальные способы представления все еще неизвестны. Существует так много разных путей в оценке ЭЭГ и потенциалов, связанных с событием, что можно считать – затронут только самый верхний слой; несомненно, в этой области возможны огромные усовершенствования.

Нами были упомянуты некоторые теоретические концепции, приведшие к развитию измерений ЭЭГ и вызванных потенциалов, что в свою очередь привело к успеху в предсказании IQ; этот успех не обязательно обозначает, что соответствующие теории верны или хотя бы развиваются в нужном направлении. Внесение теоретической ясности в понимание значения потенциалов, связанных с событием, и более обычной ЭЭГ, объяснение их в терминах психологии является, может быть, наиболее неотложной задачей в этой области. Кроме того, весьма важны работы по воспроизведению полученных результатов, а это трудно достижимо, поскольку почти всегда существуют различия в аппаратуре, контингенте испытуемых и других важных аспектах эксперимента. Все, что можно утверждать с уверенностью, – это что, по-видимому, существует тесная зависимость между IQ и многими поддающимися измерению характеристиками биологического интеллекта; выходить за эти границы в настоящий момент было бы неразумно.

1. *Abalan F.* AIzheimer's disease and malnutrition: a new aetiological hypothesis // Med. Hypotheses. 1984. 15. P.385–393.

2. *Ackerman P.L.* Individual differences in information processing. An investigation of intelligence abilities and task performance during practice // Intelligence. 1986. 10.

3. *Ackerman P.L., Schneider W.* Individual differences in automatic and controlled information processing // Dillon R.F. (Ed.) Individual differences in cognition. V.2. P.35–66. N.Y.: Academic Press, 1985.

4. *Albert K., Warden C.J.* The level of performance in the white rat // Science. 1944. 100. P.476.

5. *Barlow P.J., Sylvester P.E., Dickerson J.W.T.* High trace mental level in Down syndrome patients // J. Ment. Def. Res. 1981. 25. P.161–169.

6. *Barnes B.* T. S. Kuhn and social sciences. L.: Macmillan, 1982.

7. *Bastendorf W.L.* Activation level, as measured by palmar conductance, and intelligence children. Claremont Graduate School, unpublished Ph.D. thesis, 1960.

8. *Berger M.* The «scientific approach» to intelligence: An overview of its history with special reference to mental speed // Eysenck H.J. (Ed.) A model for intelligence. P.13–43. N.Y.: Springer, 1982.

9. *Bieger H. J.* Uber den Zusammenhang zwischen Intelligenz und Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung im Wahl-Reaktions-Experiment. Hamburg, 1968. Unpublished thesis.

10. *Binet A.* L'Etude Experimentale de I'intelligence. Paris: Schleicher Freres, 1903.

11. *Binet A.* La Psychologie du Raisonnement. Paris: Alcan, 1907.

12. *Blinkwrite S. F., Hendrickson D.E.* Averaged evoked responses and psychometric intelligence // Nature. 1982. 295. P.596–597.

13. *Brand C. R., Deary L. I.* Intelligence and «inspection time» // Eysenck H.J. (Ed.) Model for intelligence. P.133–148. N.Y.: Springer, 1982.

14. *Bridgeman P. W.* The logic of modern physics. N.Y.: Macmillan, 1927.

15. *Bridgeman P. W.* The nature of some of our physical concepts // Brit. J. Philosophy of Science. 1951. 1. 2. P. 257–272, 25–44, 142–160.

16. *Burt C.* Experimental tests of general intelligence // Brit. J. Psychol. 1909. 3. P.94–177.

17. *Callaway E.* Brain electrical potentials and individual psychological differences. L.: Grune & Stratton, 1975.

18. *Cattell R. B.* Theory of fluid and cristallized intelligence: A critical experiment // J. Educat. Psychol. 1963. 54. P. 1–22.

19. *Cerra D., Johnson E. W.* Motor nerve conduction velocity in premature infants // Archives of Physical Medicine. 1962. 43. P. 160-165.

20. *Chase R.N. et al.* Wechsler adult intelligence scale performance: cortical localization by fluorodexoyclucose F18-position emission tomography // Archives of Neurology. 1984. 41. P.1244–1247.

21. *Cohen G. J., Carlson J. S., Jensen A. R.* Speed of information processing in academically gifted youths // Person. Individ. Diff. 1985. 6. P.621–629.

22. *Deary J. J., Hendrickson A. E., Burns A.* Serum calcium levels in AIzheimer's disease: A finding and an aetiological hypothesis // Person. Individ. Diff. 1985.

23. *de Leon M. J. et al.* Positron emission tomographic studies of aging and AIzheimer's disease // Amer J. Neuroradiol. 1983. 4. P.568–571.

24. *Dubowitz V. et al.* Nerve conduction velocity – an index of neurological maturity of the newborn enfant // Devel. Med. Child Neurol. 1968. 16. P.741–749.

25. *Ellingson R. J*. Brain waves and problems of psychology // Psychol. Bull. 1956. 53. P. 1–34.

26. *Ertl J.* Fourier analysis evoked potential and human intelligence // Nature. 1971. 230. P.525–526.

27. *Ertl J.* IQ, evoked potential responses and Fourier analysis // Nature. 1973. 241. P.209–210.

28. *Ertl J., Schafer E*. Brain response correlates of psychometric intelligence // Nature. 1969. 223. P.421–422.

29. *Eysenck H. J*. The uses and abuses of psychology. L.: Pelican, 1953.

30. *Eysenck H. J*. The structure and measurement of intelligence. N.Y.: Springer, 1979.

31. *Eysenck H. J*. Revolution dans la theorie et la mesure de I'intelligence // Revue Canadienne de Psycho-Education. 1983. 12. P.3–17.

32. *Eysenck H. J*. Revolution in the theory and measurement of intelligence // Psycho). Assessment (Spain). 1985. 1. P.99–158.

34. *Eysenck H.J.* The theory of intelligence and the psychophysiology of cognition // Sternberg RJ. (ed.) Advances in psychology of human intelligence. V.3. Hillsdale: N.J. Erlbaum, 1986.

35. *Eysenck H. J*. Speed of information processing, reaction time, and the theory of intelligence // Vernon P.A. (ed.) Speed of information processing and intelligemce. N.Y.: Ablex, 1986.

36. *Eysenck H. J., Barrett P*. Psychophysiology and the measurement of intelligence // Reynolds C.R., Willson V. (eds.) Methodological and statistical advances in the study of individual differences. N.Y.: Plenum Press, 1985.

37. *Fisk A. D., Schneider W*. Category and word search: Generalizing search principles to complex processing // J. Experiment. Psychol.: Learning, memory and cognition. 1983. 10. P.181–197.

38. *Frearson W., Eysenck H. J*. Intelligence, reaction time and a new «odd-man-out» R.T. paradigm // Person, Individ. Diff. 1986. 7.

39. *Frank H*. Uber grundlegende Satze der Informationspsychologie // Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft. 1960. 1. S.25–32.

40. *Frank H.* Kybernetische Grundlagen der Padagogic. Stuttgart: Kohlhammer, 1971.

41. *Furneaux D.* Some speed, error, and difficult relationships within a problem solving situation // Nature. 1952. 170. P.37.

42. *Furneaux D.* Intellectual abilities and problem solving behaviour // Eysenck H.J. (ed.) Handbook on abnormal psychology. N.Y.: Basic Books, 1961. P.167–192.

43. *Gajdusek D. C.* Hypothesis: Interference with axonal transport of neurofilament as a common pathogenic mechanism in certain diseases of the central nervous system // N. Engl. J. Med. 1985. 312. P.714–719.

44. *Gallon F*. Hereditary genius: An enquiry into its laws and consequences. L.: Macmillan, 1892.

45. *Gallon F*. Inquiries into human faculty. L.: Dent, 1943.

46. *Gammstorp J.* Normal conduction velocity of ulnar, median and peroneal nerves in infancy, childhood and adolescence // Acta Paedict. (Uppsala), Supplement. 1980. 146. P.68.

47. *Garruto R. M. et al.* Intraneural deposition of calcium and aluminium In amyotrophic lateral sclerosis of Guam // Lancet. 1985, 14 Dec. P.1353.

48. *Gasser Th. et al*. Correlating EEC and IQ: A new look at an old problem using computerized EEG-parameter // Electroencephalography and Clin. Neuropsysiol. 1983. 55. P.493–504.

49. *Gasser T. et al*. The EEG of mildly retarded children: developmental, classificatory, and topographic aspects // Electroencephalography and Clin. Neurophysiol. 1983. 55. P. 131–144.

50. *Gasser T., Mocks J., Backer P.* Topographic factor analysis of the EEG with application to development and to mental retardation // Electroencephalography and Clin. Neurophysiol. 1983. 55. P.445–463.

51. *Guilford J. P.* (ed.) Army air forces aviation psychology program research reports: Printed classification tests. Report N5. Washington: Government Printing Office, 1947.

52. *Gustofson J.-E.* A unifying model for the structure of intellectual abilities // Intelligence. 1984. 8. 179–203.

53. *Haier R. J. et al.* Electrical potentials of the cerebral cortex and psychometric intelligence // Person. Individ. Diff. 1983. 4. P.591–599.

54. *Hebb D.* The organization of behaviour. N.Y.: Wiley, 1949.

55. *Hemmelgarn T. E., Kehle T. J.* The relationships between reaction time and intelligence in children // School Psychol. Intern. 1984. 5. P.77–84.

56. *Hendrickson A. E*. An integrated molar/molecular model of the brain // Psychol. Rep. 1972. 30. P. 343–368.

57. *Hendrickson A.E*. The biological basis of intelligence. Part I: Theory // Eysenck H. J. (ed.) A model for intelligence. N.Y.: Springer, 1982.

58. *Hendrickson D. E*. The biological basis of intelligence. Part II: Theory // Eysenck H. J. (ed.) A model for intelligence. N.Y.: Springer, 1982.

59. *Hendrickson A. E., Hendrickson D. E*. The biological basis of individual differences in intelligence // Person. Individ. Diff. 1980. 1. P.3–33.

60. *Hick W.* On the rate of gain of information // Quart. J. Experiment. Psychol. 1952. 4. P. 11–26.

61. *Himwich H. E., Fazekas J. F*. Cerebral metabolism in Mongolian idiocy and phenylpyruvic pligofrenia // Arch. Neurol. Psychiat. 1940. 44. P.1213–1218.

62. *Hodes R., Larrabee M. G., Gemman W. J*. Human electromyogram in response to nerve stimulation and conduction velocity of motor axons: Studies on normal and an injured peripheral nerve // Arch. Neurol. Psychiat. 1948. 60. P.340–348.

63. *Hoyer G.* The young adult and normally aged brain. Its blood flow and oridatial metabolism. A review – Part I // Arch. Gerontol. Geriat. 1982. 1. P.101–116.

64. *Joreskog K. G*. A general approach to confirmatory maximum likelihood factor analysis // Psychometrika. 1969. 34. P. 183–202.

65. *Joreskog K. G., Sorbom D*. USREL IV user's guide. Chicago: International Educational Services, 1978.

66. *Jensen A. R*. Reaction time and psychometric g // Eysenck H.J. (ed.) A model for intelligence. N.Y.: Springer, 1982. P.93–132.

67. *Jensen A.R*. The chronometry of intelligence // Sternberg R. J. (ed.) Advances in the psychology of human intelligence. V.I: L.: Lawrence Erlbaum, 1982. P.255–310.

68. *Lally M., Nettelbeck T.* Intelligence, reaction time and inspection time // Amer. J. Mental Defficiency. 1977. 82. P.273–281.

69. *Lehrl S.* Subjectives Zeitquant als missing link zwischen Intelligenz-psychologie und Neuropsychologie // Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaften. 1980. 21. S. 107–116.

70. *Lehrl S.* Intelligenz: Informationspsychologische Grundlagen. Enzyklopadie der Naturwissenschaft und Technik. Landsberg: Moderne Industrie, 1983.

71. *Lehrl S., Frank H. G.* Zur humangenetischen Erklarung der Kurzspeicher-Kapazitat als die zentrale individuelle Determinante von Spearman's Generalfactor der Intelligenz // Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaften. 1982. 23. S.177–186.

72. *Mann D. M., Yates P. O., Marcynink B.* Relationship between pigment accumulation and age in Alzheimer's disease and Down's syndrome // Acta Neuropathologica. 1984. 63. P.72–77.

73. *Molfese D. L., Molfese V. J.* Electrophysical indices of auditory discrimination in newborn infants: The bases for predicting later language development? // Infant Behav. Devel. 1985. 8. P.197–211.

74. *Nachmansohn D,, John H. N.* Effect of glutamic acid on the formation of acetyl choline // J. Biol. Chemistry. 1943. 150. P.485–486.

75. *Oswald D. W., Roth E.* Zusammenhange swischen EEG und Intelligenzvariablen // Psychologische Beitrage. 1974. 16. S. 1–47.

76. *Oswald D. W., Roth E.* Der Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT). Gottingen: Hogrefe, 1978.

77. *Oswald D. W., Seus R.* Zusammenhange zwischen Intelligenz, Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit und evozierten Potentialen // Tack H. (ed.) Bericht uber den 29. Kongress der Deutschen Gesellschaft fur Psychologie. Gottingen: Hogrefe, 1975.

78. *Perry E.K. et al.* Correlations of cholinergic abnormalities with senile plaques and mental test scores in senile dementia // Brit. Med. J. 1978. 2. P. 1457–1459.

79. *Posner M.I.* Abstraction and the process of recognition // Bower G.H., Spence J.T. (eds.) The psychology of learning and motivation. V.3. N.Y.: Academic Press, 1969. P.43–100.

80. *Posner M. I.* Retention of visual and name codes of single letters // J. Experiment. Psychol. 1969. 81. P.10–15.

81. *Rac N., Willerman L., Yama M.* On sense and senses: Intelligence and auditory information processing // Person. Individ. Diff. 1986.

82. *Relnis S, Goldman J.M.* The chemistry of behaviour. N.Y.: Plenum, 1982.

83. *Robinson D. L.* Properties of the diffuse thalamocortical system and human personality: A direct test of Pavlovian / Eysenckian theory // Person. Individ. Diff. 1982. 3. P. 1–16.

84. *Robinson D. L.* Properties of the diffuse thalamocortica system, human intelligence and differentiated vs integrated modes of learning // Person. Individ. Diff. 1982. 3. P.393–405.

85. *Robinson D. L. et al.* Psychometric intelligence and visual evoked potentials: A replication // Person. Individ. Diff. 1984. 5. P.487–489.

86. *Roth E.* Die Geschwindigkeit der Verarbeitung von Information und ihr Zusammenhang nut Intelligenz // Zeitschrift fur angewandte und experimentelle Psychologie. 1964. 11. S. 616–622.

87. *Sauri J. J.* Accion del acido glutamico en el sistema central // Neuropriquiatrica. 1950. 1. P. 148–158.

88. *Schafer E*. Cognitive neural adaptability: A biological basis for individual differences in intelligence // Psychophysiol. Neurosci. 1979. 16. P.199.

89. *Schafer E.* Neural adaptability: A biological determinant of behavioural intelligence // Intern. J. Neurosci. 1982. 17. P.183–191.

90. *Schafer E., Marcus M*. Self-stimulation alters human sensory brain responses // Science. 1973. 181. P.175–177.

91. *Selntmen H. S. et al*. Reduced cholinesterase activity and somatostatics-like immuno reactivity in the cerebrospinal fluid of patients with dementia of the Alzheuner type // J. Neurol. Sci. 1984. 63. P. 167–172.

92. *Shucard D., Horn J.* Evoked cortical potentials and measurement of human abilities // J. Comparat. Physiol. Psychol. 1972. 78. P.59–68.

93. *Sinet P. V., Lejenne J., Jerome H*. Trisomy 21 (Down's Syndrome), gluthathione peroxidase, hexose monosulphate shunt and IQ // Life Sci. 1979. 24. P.29–33.

94. *Snow R.. E.*. Aptitude process // Snow R. E., Federico P. A.. Montague W.E. (eds.) Aptitude, learning, and instruction. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1980. P.27–63.

95. *Snow R. E. et al.* Correlational analysis of reference aptitude constructs. Stanford: Stanford University Aptitude Research Project, Technical report N 5. 1977.

96. *Spearman C*. The abilities of man. L.: Macmillan, 1927.

97. *Sternberg S.* High speed scanning in human memory // Science. 1966. 153. P.652–654.

98. *Sternberg R. J*. (ed.) Handbook of human intelligence. L.: Cambridge University Press. 1982.

99. *Sternberg R. J*. Beyond IQ. Cambridge: Cambridge University Press. 1985.

100. *Thomas J. E., Lambert E. N*. Ulnar nerve conduction velocity and H-reflexes in infants and children // J. Applied Psychol. 1960. 15. P. 1–6.

101. *Vernon P., Nador S., Kantor L.* Reaction times and speed of processing: The relationship to timed continued measures of intelligence // Intelligence. 1985.9. P.357–374.

102. *Vogel W., Broverman D. M.* Relationship between EEG and test intelligence. A critical review // Psychol. Bull. 1964. 62. P. 132–144.

103. *Waelsch H*. Glutamic acid and cerebral functions // Auson M. L., Edsall J. T., Bailey K. (eds.) Advances in protein chemistry. N.Y.: Academic Press, 1951. P.301–339.

104. *Wechsler D*. The non-intellective factors in general intelligence // J. Abnorm. Intell. 1943. 38. P. 100–104.

105. *Weiss V.* Psychogenetik: Humangenetik in Psychologie und Psychiatrie. Yena: Fischer, 1982.

106. *Weiss V*. Psychometric intelligence correlates with inter-individual different rates of lipid peroxidation // Biomed. Biochemic. Acta. 1984. 43. P.755–763.

107. *Weiss V*. From the genetic of memory span and mental speed toward the quantum mechanics of intelligence // Person. Individ. Diff. 1986. 7. P.737–749.

108. *Williams W. J.* Traces for characteristics of dispersive nerve bundles // TEEE Transaction on System, Man, and Cybernetics. 1972. 2. P. 72–85.

109. *Wissler C.* The correlates of mental and physical tests // Psychology Monogram. 1901. 1., P.62.

110. *Wolman B. B.* (ed.) Handbook of intelligence. N.Y.: Wiley, 1985.

111. *Zimmerman F. I., Burgemeister B. B., Putnam T. I.* Effect of glutamic acid on the intelligence of patients with mongolism // Arch. Neurol. Psychiat. 1949. 61. P. 275–287.

112. *Zimmerman F. I., Ross S.* Effect of glutamic acid and other amino acids on maze learning in the white rat // Arch. Neurol. Psychiat. 1944. 51. P. 446–451.