

## Психофизика

© 1997 г. Т.А. Ратанова

### ПСИХОФИЗИЧЕСКОЕ ШКАЛИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СТИМУЛОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИЛЫ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ У СТАРШИХ ПОДРОСТКОВ

Представлены результаты исследования индивидуально-типологических различий (в зависимости от силы нервной системы), возрастных особенностей субъективной оценки (СО) громкости звуков 40–120 дБ и абсолютных порогов слуховой и вибрационной чувствительности у старших подростков в возрасте 15 лет. Громкость звуков шкалировали методом прямой количественной оценки по С. Стивенсу (эталон – средний 80-дБ звук, обозначенный числом 10) и методом эмоциональной оценки в виде определений: звуки безразличные, приятные, неприятные, болезненные, невыносимые. Силу нервной системы определяли по показателю наклона кривой времени реакции (ВР) на звуки разной интенсивности – отношению ВР на 40 дБ к ВР на 120 дБ. Выявлена зависимость СО от силы нервной системы, характерная как для взрослых, так и для детей 8–10 лет: оценки звуков малой интенсивности меньше, а большой интенсивности значительнее, как и прирост громкости звуков от 40 до 120 дБ, у индивидов с более сильной, чем у обладающих более слабой нервной системой. Показана способность подростков прямым числовым методом оценивать стимулы в соответствии с ощущениями громкости звуков. Установлен ряд возрастных особенностей подростков (во времени реакций, в меньшей связи наклона кривой ВР и прироста СО громкости звуков, чем у взрослых и детей 8–10 лет, в более выраженной эмоциональной оценке звуков и др.). Не обнаружено значимой корреляции между показателями абсолютных слуховых и вибрационных порогов и наклоном кривой ВР ( $r = 0,25–0,01$ ).

**Ключевые слова:** психофизическое шкалирование, интенсивность стимулов, сила ощущений, время реакций, сила нервной системы, громкость звуков, субъективная числовая и эмоциональная оценка, абсолютная слуховая и вибрационная чувствительность.

Психологическое измерение, понимаемое как возможность человека объективно, достаточно точно отражать количественные характеристики и качество воспринимаемых объектов и явлений, – главная проблема психофизики. В настоящее время изучение проблемы адекватности психического отражения человеком физических характеристик объектов внешнего мира получает новую направленность.

Одним из способов раскрытия закономерностей ответов человеческого организма на воздействие окружающей среды является психофизическое шкалирование, позволяющее количественно измерять стимулы, объекты и их разные свойства (например, интенсивность, величину, пространственные, временные показатели и др.) посредством ощущений.

Психофизическое шкалирование осуществляется на основе субъективных ощущений, выражаемых в виде чисел, вербальных определений, различных реакций (двигательных или других), эмоциональных отношений и т.д. Оно упорядочивает их в разные шкалы измерений, характеризуемые различными основаниями, способами определений, эмпирическими операциями, допустимыми статистиками и направленные на установление количественных мер ощущений интенсивности стимулов, свойств объектов [3, 8, 16, 32 и др.].

Психофизическое шкалирование не только позволяет выражать функциональную зависимость между физическими объектами или их свойствами и индивидуально-психологическим (субъективным) отражением, но и представляет возможность для изучения индивидуальных способностей к анализу и оцениванию собственных ощущений, особенностей приема и переработки информации.

Главная проблема шкалирования – это установление количественной зависимости между интенсивностью внешних воздействий и силой ощущений. Эта зависимость в классической психофизике утверждалась в логарифмической форме (Г. Фехнер), в современной – в степенной (С. Стивенс, Г. Экман и др.).

Современная психофизика основывается на использовании прямых методов оценки ощущений. Однако в ходе применения этих методов, разработанных в школе С. Стивенса, обнаружились существенные индивидуальные различия в степени крутизны-пологости субъективных психофизических шкал, отражающих индивидуальные особенности восприятия и оценки раздражителей разной интенсивности, преимущественно большой.

Вопрос о причинах и природе вариабельности результатов, наблюдаемых при шкалировании ощущений, был предметом исследований многих зарубежных авторов, но не получил удовлетворительного решения. Данные литературы [16, 17] свидетельствуют о том, что наиболее часто причины индивидуальных различий в крутизне-пологости психофизических шкал связываются с разной способностью оперировать числами и их отношениями и с так называемым перцептивным фактором. Однако природа последнего либо вообще не раскрывается, либо понимается только как перцептивная чувствительность.

При этом в некоторых работах отмечались связи между крутизной-пологостью психофизических шкал и крутизной-пологостью изменения ряда объективных показателей на фоне стимуляции. Обнаружена положительная связь между индивидуальным наклоном функции громкости и степенью укорочения ВР на звуки возрастающей интенсивности [30, 31], между индивидуальными функциями громкости и величиной нарастания длительности иллюзии спирального последействия [30].

Вместе с тем анализ современной психофизиологической литературы [16, 17, 25, 26 и др.] подтверждает существование значительных индивидуальных различий в ответах организма на стимулы возрастающей интенсивности по многим психологическим и физиологическим показателям: времени сенсомоторных реакций (ВР), амплитуде кожно-галванических реакций (КГР), амплитуде вызванных потенциалов (ВП), росту экскреции катехоламинов – адреналина и норадреналина – при увеличении напряженности мышечной работы, в выраженности компенсаторных, защитных, иммунологических реакций животных на разные по силе воздействия (такого рода, как голодание, кровопотеря, физическая нагрузка, введение больших доз токсина, переносимость боли, депривация и монотония, укачивание в транспорте).

В отечественной дифференциальной психофизиологии причину возникновения этих феноменальных психофизиологических различий объясняли разной силой нервной системы [11 и др.].

Нами было обосновано положение, что ответ на вопрос о природе интериндивидуальной вариабельности психофизических шкал может быть получен только при объединении соответствующих психофизических данных с близкими по смыслу психофизиологическими результатами, имеющимися в дифференциальной психофи-

зиологии и физиологии высшей нервной деятельности и характеризующими одну и ту же реальность [16, 26].

Анализ и систематизация разных аспектов психологических, психофизических и физиологических данных позволили сформулировать и экспериментально доказать гипотезу, согласно которой индивидуальные различия в психофизическом шкалировании одной из своих причин могут иметь индивидуальные различия в степени роста нервного возбуждения при усилении стимуляции, т.е. в их основе лежит фактор силы нервного возбуждения.

Исходным моментом гипотезы стало заключение Н.И. Чуприковой [25], к которому она пришла в результате анализа двигательной методики В.Д. Небылицына по определению силы нервной системы [11]. А именно: помимо чувствительности наклон кривой ВР характеризует силу нервной системы в смысле ее большей или меньшей способности (возможности) к усилению возбуждения при увеличении внешней стимуляции, в чем и состоит различие между лицами с сильной и слабой нервной системой.

Сильная нервная система при увеличении внешней стимуляции может продуцировать большую энергию или мощность нервного возбуждения, чем слабая. То есть в сильной нервной системе прослеживается более мощное нарастание нервного возбуждения, чем в слабой. Под силой, или мощностью, нервного возбуждения понимается количество нервных элементов, возбуждающихся стимулами определенной интенсивности, частота и синхронность их разрядов. Эти три характеристики являются механизмом кодирования интенсивности сигналов в центральной нервной системе и растут при ее усилении.

Вопрос о природе индивидуальных различий в психофизическом шкалировании в наших исследованиях решался путем сопоставления у одних и тех же испытуемых психологических и объективных физиологических показателей при действии звуковой стимуляции в диапазоне от 40 до 120 дБ: числовой, или балльной, оценки, а также эмоциональной оценки воспринимаемой громкости звуков, определяемых как звуки безразличные, приятные, неприятные, болезненно невыносимые, и физиологических показателей – ВР, КГР и ВП мозга.

В результате сопоставления психологических и объективных физиологических показателей у взрослых испытуемых выявились их достаточно хорошее соответствие друг другу (коэффициенты корреляций в разных исследованиях находились в пределах 0,50–0,75,  $p < 0,01$ –0,001). При этом так же, как и в зарубежных исследованиях, обнаружились индивидуально-типологические различия испытуемых, связанные с возможностями нервной системы усиливать нервное возбуждение при увеличении внешней стимуляции, т.е. с силой нервной системы.

Дальнейшее углубленное изучение проблемы психофизиологического шкалирования необходимо направить на выявление возрастных особенностей. Значимость такого рода исследований – это не только теоретическая и практическая разработка проблемы количественного психологического измерения объектов и их свойств посредством сопоставления объективных реакций и субъективных оценок ощущений, но и раскрытие возрастных особенностей организации и функционирования сенсорно-перцептивных структур, становления восприятия, психологической оценки объектов и их признаков, а также выявление индивидуально-типологических и возрастных изменений детей, по сравнению со взрослыми, особенностей приема и переработки информации у детей здоровых и с различной патологией. Эти данные могут быть использованы не только в психологии, но и возрастной физиологии, педагогике, медицине, науках, изучающих высшую нервную деятельность в норме и патологии.

В частности, важно получить ответ на вопрос, с какого возраста ребенок способен количественно оценивать собственные переживания или интенсивности стимулов и каковы у него особенности этого оценивания, по сравнению со взрослым, а также проследить динамику такого оценивания в процессе онтогенетического развития детей.

Психофизическое шкалирование в возрастном аспекте – малоисследованная проблема; существующая литература по проблеме шкалирования у детей свойств стимулов незначительна. Некоторый обзор и теоретический анализ отечественной и зарубежной литературы дается в работах В.И. Лупандина [7, 8], Т.А. Ратановой [17], И.В. Аугенберга [1] и др.

В отечественной психологии психофизическое шкалирование у взрослых и детей изучается в течение ряда лет уральскими исследователями – В.И. Лупандиным и его коллегами. Они исследуют закономерности психофизического шкалирования в аспекте зависимости психофизической функции от некоторых факторов и прослеживают динамику формирования и смены психофизических шкал разного типа (интервальных; отношений) в различные возрастные периоды, связанную со свойствами уравновешенности–неуравновешенности и подвижности–инертности нервной системы у 15–40-летних испытуемых [18]; с возрастом детей [1, 7, 8]; с половой принадлежностью испытуемых [8]; с типом патологии детей: олигофренией, шизофренией, неврозами [9, 10].

Наши исследования психофизического шкалирования стимулов по интенсивности ведутся в аспекте соответствия объективных и субъективных показателей, возникающих у индивида при воздействии стимулов разной интенсивности; выявления причин и механизмов индивидуальных различий, наблюдаемых в психофизическом шкалировании; зависимости психофизической функции от наиболее жизненно важного свойства нервной системы – ее силы–слабости.

В одной из наших работ (см. [17]) мы изучали шкалирование стимулов разной интенсивности и модальности в зависимости от силы нервной системы у младших школьников – детей 8–10 лет.

Дальнейшее изучение продолжили исследования возрастного аспекта, прежде всего – закономерностей психофизического шкалирования в зависимости от силы нервной системы у детей-подростков.

Известно, что подростковый возраст – это возраст полового созревания. В связи с этим данные физиологической и психологической литературы указывают на особенности развития физиологических и психологических структур и функций и на возможность расхождения их показателей у подростков.

Так, в работах Д.А. Фарбер с соавторами [23, 24] показано, что в подростковом периоде продолжается морфофункциональное созревание различных органов и систем. Совершенствуется нейронная организация коры больших полушарий, в особенности ее ассоциативных областей, играющих важную роль в осуществлении психофизиологических функций. Происходят существенные изменения в работе организма, связанные с перестройкой эндокринной системы, усилением обменных процессов, интенсификацией роста. Следствием этого является избыточная активность всех систем организма в состоянии покоя, обусловливающая низкую, а часто и парадоксальную реактивность на внешние воздействия, что приводит к снижению функциональных и адаптивных возможностей подростков, по сравнению с 8–10-летними детьми.

Значительные отклонения наблюдаются в деятельности центральной нервной системы: происходит сдвиг установившегося баланса корково-подкоркового взаимодействия в сторону усиления активности подкорковых структур и ослабления коркового контроля. Анализ электрофизиологических показателей функционирования центральной нервной системы позволил установить, что у детей в начале подросткового периода (по сравнению с 8–10-летними) происходит дезорганизация механизмов локальной корковой активности, лежащих в основе внимания и селективного восприятия, ухудшается возможность произвольной регуляции сенсорной и двигательной функций, снижается умственная работоспособность. Специфика функционирования мозга на начальных стадиях полового созревания позволяет понять хорошо известные особенности поведения подростков: неустойчивость, взрывчатость, сниженную контролируемость действий и поступков.

К концу подросткового возраста (к 15–16 годам) отклонения в деятельности физиологических систем, характерные для начальных стадий полового созревания, выражены значительно меньше. Отмечается положительная динамика функционирования физиологических систем, сопровождаемая продолжающимся морфофункциональным созреванием, возрастающая адаптивность реагирования на внешние воздействия, увеличивается роль высших отделов центральной нервной системы в интегративной деятельности мозга, совершаются механизмы локальной корковой активности, обеспечивающие избирательность организации мозговых структур, участвующих в реализации конкретных видов деятельности.

Авторы подчеркивают, основываясь на результатах комплексных исследований, что на рассматриваемом этапе онтогенеза специфика функционирования организма школьника в большей мере определяется степенью полового развития, чем календарным возрастом. Существенные различия в сроках полового созревания девочек и мальчиков, индивидуальные особенности его темпа приводят к возникновению значительной неоднородности контингента учащихся 6–9-х классов. В одном классе обучаются школьники, имеющие разную степень полового созревания, а следовательно, разные функциональные и адаптационные возможности. Этот факт отмечается и в исследованиях Э.А. Голубевой и ее сотрудников [4], которые подчеркивают, что сравнения детей одной и той же возрастной группы (особенно в подростковом возрасте, относимом к так называемым критическим этапам онтогенетического развития) несколько условно: каждый подросток в момент исследования находится в той или иной фазе критического периода.

В настоящей работе нами были поставлены следующие задачи исследования некоторых вопросов психофизического шкалирования стимулов старшими подростками (15 лет, 9-й класс средней школы):

1. Сопоставить комплекс физиологических данных (времени реакций, абсолютных порогов слуховой и вибрационной чувствительности) и психологических показателей СО интенсивности звуковых стимулов (методом прямой количественной оценки по С. Стивенсу и методом эмоциональной оценки звуков: безразличные, приятные, неприятные, болезненные, невыносимые).
2. Выявить индивидуально-типологические (в зависимости от силы нервной системы) и возрастные особенности физиологических и психологических показателей в процессе шкалирования звуковых стимулов разной интенсивности.
3. Определить, каков характер взаимосвязи психологических и физиологических показателей в процессе шкалирования звуковых стимулов по интенсивности у старших подростков, по сравнению со взрослыми и младшими школьниками.

## МЕТОДИКА

В исследовании принял участие 31 ученик 9-го класса средней школы г. Москвы.

В качестве одного из объективных показателей у подростков служило время простой сенсорной реакции на звуковые стимулы, измерявшееся с помощью нейротонометра [13]. Использовалась методика измерения ВР В.Д. Небылицына [7].

Испытуемым предъявляли звуковые тональные сигналы частотой 1000 Гц пяти интенсивностей (от слабых до очень сильных): 40, 60, 80, 100, 120 дБ над пороговым уровнем в 0,0002 бара, длительностью 1 с, подававшиеся через наушники в случайном, но одинаковом для всех испытуемых порядке, по 10 раз каждый, с интервалом 12 с. В ответ на звук любой интенсивности испытуемый должен был как можно быстрее нажать большим пальцем правой руки на кнопку (ВР регистрировалось электронным миллисекундомером). Предварительно ему подробно рассказывали об интенсивности звуков, о том, как они будут предъявляться, объясняли, какова его задача и как нужно действовать. Указывалось на необходимость быть внимательным, ждать звук, не пропускать тихих звуков (40 дБ), действовать, как можно быстрее. Подростки производили пробные реакции на звук каждой интенсивности.

Затем испытуемые шкалировали звуковые сигналы методом прямой количественной (числовой) оценки по С. Стивенсу [32]. То есть каждый предъявленный звук оценивали по интенсивности наиболее подходящим числом, исходя из соотношений показателей громкости между предъявленным и стандартным звуком, которым являлся средний по интенсивности 80-дБ звук. Экспериментатор обозначал его числом 10 и показывал испытуемому до начала опыта 3 раза для запоминания, в дальнейшем его предъявляли для оценки наряду с другими звуками. Громкость звуков каждой из пяти интенсивностей оценивали по 10 раз.

Испытуемых предупреждали о необходимости хорошо запомнить эталон (80-дБ звук), так как с ним важно было мысленно сравнивать все другие звуки, определять, *во сколько* (а не на сколько) раз они будут громче или тише эталонного. Делали пробные оценки звуков. Для этого первый раз испытуемым попарно предъявляли эталонный и оцениваемый звуки и спрашивали, *во сколько* раз оцениваемый звук тише или громче эталона и какое число наиболее подходит для его оценки. Для оценки звуков можно было использовать любые числа – от очень больших до самых маленьких (долей единиц), лишь бы они соответствовали, согласно их мнению, громкости звука. Оценки каждого типа звуков в процессе опыта разрешали менять или оставлять без изменений. В конце опыта производили контроль правильности оценки громкости звуков. Для этого звуки каждой интенсивности предъявляли попарно с эталонным. Испытуемого просили проверить правильность числовых оценок. При необходимости оценки можно было менять, однако испытуемые, как правило, не использовали эту рекомендацию.

При обработке полученных данных у каждого испытуемого подсчитывали: средние ВР на каждый звук, СО громкости звуков каждой интенсивности, а также индивидуальные значения угла наклона кривой ВР, вычисленные как отношение ВР на 40 дБ к ВР на 120 дБ и служившие показателем силы нервной системы [11]; индивидуальные значения роста интенсивности звуков, вычисленные как СО 120-дБ громкости к СО 40-дБ громкости.

Проводили также групповой, корреляционный и дисперсионный анализ полученных данных. Коэффициент корреляции по Пирсону вычисляли между отношением по ВР  $\left[ \frac{\text{ВР 40}}{\text{ВР 120}} \text{дБ} \right]$  и отношением по СО громкости  $\left[ \frac{\text{СО 120}}{\text{СО 40}} \text{дБ} \right]$ , а также между абсолютными СО малых и больших интенсивностей звуков.

После количественной оценки предъявляемых звуков пяти интенсивностей (40, 60, 80, 100, 120 дБ) испытуемые давали вербально-эмоциональную оценку каждого звука (т.е. выражали эмоциональное отношение к нему), выбирая из ряда предложенных экспериментатором определений (или дополняя своими определениями) в зависимости от интенсивности ощущения звука. Такими эмоциональными оценками были: звук "безразличный", "приятный", "слегка неприятный", "определенко неприятный", "очень неприятный", "невыносимый", "болезненный".

Эту оценку звуков, предъявляемых в случайном порядке, испытуемые делали дважды.

Другими объективными психофизиологическими показателями были взяты абсолютные пороги слуховой и вибрационной чувствительности подростков.

Измерение порогов абсолютной слуховой чувствительности проводили на 11 частотах: 125, 250, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000, 10000 Гц (с помощью кабинетного аудиометра типа АИС-69)<sup>1</sup>.

Абсолютные слуховые пороги определяли для правого и левого уха *методом минимальных измерений*. Испытуемому в наушники подавался тоновый звук определенной частоты. Сначала использовался неслышимый (подпороговый) звук, интенсивность которого медленно увеличивалась до тех пор, пока испытуемый не сообщал о

<sup>1</sup> Измерение порогов слуховой и вибрационной чувствительности проводила аспирантка С.В. Гриценко.

появлении звука. Затем давался звук, превышающий порог слышимости; интенсивность звука постепенно снижалась, пока испытуемый не сообщал об исчезновении звука. На каждой частоте делалось 10 замеров порогов: 5 появлений и 5 исчезновений ощущений тонального звука.

Абсолютный слуховой порог для каждого уха определялся как среднее арифметическое из порогов появления и исчезновения звуков при каждой используемой частоте. Индивидуальным слуховым порогом служила средняя величина из абсолютных порогов для каждого уха. Взаимоотношения между порогами и абсолютной слуховой чувствительностью – обратные: чем ниже величины порогов, тем выше чувствительность. И наоборот, высокие пороги свидетельствовали о низкой слуховой чувствительности испытуемых.

Измерение порогов абсолютной вибрационной чувствительности проводили на трех частотах (63, 125, 250 Гц) при уровне интенсивности вибрации от -10 до 30 дБ с помощью медицинского вибротестера ВТ-2.

Абсолютные вибрационные пороги определяли следующим образом: испытуемый располагал указательный палец правой руки над специальным отверстием прибора, внутри которого находился подвижный стержень. Испытуемый должен был зафиксировать колебания этого подвижного стержня. Экспериментатор с помощью вибротестера мог произвольно менять динамику вибрации стержня. Сначала давалась подпороговая интенсивность раздражителя, не вызывавшая ощущения вибрации, но постепенно она увеличивалась – до тех пор, пока испытуемый не ощущал колебания стержня. Затем использовалась вышепороговая интенсивность движения, вызывавшая ощущение движения стержня; методом минимальных изменений она снижалась до тех пор, пока испытуемый не сообщал об исчезновении ощущения движения.

Было сделано по 10 замеров порогов ощущений при каждой использованной частоте (63, 125, 250 Гц): 5 появлений и 5 исчезновений. Абсолютный вибрационный порог определялся как среднее арифметическое из порогов появления и исчезновения ощущений вибрации на каждой из трех частот.

Показателем вибрационной чувствительности служили также абсолютные пороги: низкие являлись показателем высокой чувствительности, высокие – показателем низкой чувствительности.

При обработке полученных данных был проведен их групповой и корреляционный анализ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования рассмотрим в трех аспектах.

1. **Сопоставление ВР и СО громкости звуков разной интенсивности.** Прежде всего был проведен групповой анализ полученных данных по ВР и СО громкости звуков от 40 до 120 дБ. На основе величины отношения ВР 40 дБ к ВР 120 дБ выборку испытуемых разделили на две группы. У одной группы это отношение было равно или больше медианы 1,47 (индивидуи с большим углом наклона ВР, т.е. с более сильной нервной системой), у другой – меньше медианы (индивидуи с меньшим углом наклона ВР, т.е. с менее сильной нервной системой). В первой группе, в которую вошло 14 чел., средний показатель отношения ВР макс. 40 дБ к ВР мин. 120 дБ равнялся 1,56; во второй группе, состоявшей из 17 чел., средний показатель этого отношения – 1,37 (см. табл. 1).

Как показывают данные табл. 1, у старших подростков (как у взрослых и младших школьников 8–10 лет [14, 17]) действует "закон силы раздражителей", т.е. ускорения двигательных реакций по мере увеличения интенсивности звуков.

Однако у пяти человек (16,13%) из всей выборки – индивидов со слабой нервной системой – качественный анализ индивидуальных данных по ВР позволил выявить нарушение "закона силы" при действии стимула самой большой 120-дБ интенсив-

Таблица 1

## Средние величины ВР на звуки 40–120 дБ у двух групп испытуемых

Группа испытуемых	Средние величины ВР (в мс) на звуки разной интенсивности (в дБ)				
	40	60	80	100	120
I ("сильные")	239	213	186	172	153
II ("слабые")	235	211	196	182	173
Значения <i>t</i> -критерия	0,432	0,209	1,183	1,159	2,520*
Статистика					

  

Группа испытуемых	Отношение ВР на звуки		
	40/120	40/80	80/120
I ("сильные")	1,56	1,29	1,21
II ("слабые")	1,37	1,20	1,13
Значения <i>t</i> -критерия	7,419***	4,051***	3,328**
Статистика			

Примечание. \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$ .

ности, на который ВР было длиннее, равно или совсем близко к ВР на звук предыдущей 100-дБ интенсивности.

Это нарушение "закона силы", наблюдавшееся достаточно редко в выборках взрослых и младших школьников, видимо, является некоторой особенностью детей-подростков. Оно отражает их очень высокую активированность при действии сильных раздражителей, приводящую к включению тормозных механизмов для предотвращения разрушения нервной системы от подобных воздействий, а также свидетельствует о неполной зрелости сенсорно-перцептивных структур и нервной системы в целом, по сравнению со взрослыми.

Кроме того, у подростков, различающихся по силе нервной системы, статистически значимые различия по ВР обнаружились только на максимальный 120-дБ звук, но не выявились на минимальный 40-дБ звук, в отличие от взрослых и второклассников, у которых такие различия наблюдались на 40-дБ звук, и от третьеклассников, имеющих значимые различия в ВР на звуки и 40, и 120 дБ.

Этот факт, который подтвердил корреляционный анализ, видимо, говорит о правильности понимания Н.И. Чуприковой диагностического значения двигательной методики В.Д. Небылицына. По ее мнению, наклон кривой ВР помимо абсолютной чувствительности характеризует силу нервной системы в смысле ее большей или меньшей способности к усилению возбуждения при увеличении стимуляции, а ведущее диагностическое значение в двигательной методике принадлежит сильным раздражителям, в ответ на которые ВР более короткое у лиц с сильной нервной системой и более длинное у лиц со слабой нервной системой.

Чтобы выявить возрастные скоростные особенности двигательных реакций на звуки, характерные для подростков и групп, различающихся по силе нервной системы, мы сравнили ВР на самые тихие (40 дБ) и громкие звуки (120 дБ), а также отношения ВР 40/120 дБ (показатели силы нервной системы) у старших подростков, у взрослых (студентов) в трех выборках и у младших школьников 8–10 лет [16, 17] (см. табл. 2).

Как видно из данных табл. 2, ВР на звуки 40 и 120 дБ в выборке старших подростков в целом немного больше ВР у взрослых, но значительно меньше ВР на эти звуки у второклассников и третьеклассников. Эти данные отражают не только возрастные особенности ВР подростков на раздражители разной интенсивности, но и показатели наклона кривой ВР, т.е. силы нервной системы по двигательной методике

Таблица 2

Средние величины ВР (в мс) на звуки 40 и 120 дБ в разных выборках и группах испытуемых

Выборки и группы	Средние величины ВР (мс) на звуки (в дБ)		Отношение ВР 40/120 дБ
	40	120	
Старшие подростки	237	164	1,45
"Сильные"	239	153	1,56
"Слабые"	235	173	1,36
I выборка студентов	206	124	1,66
"Сильные"	226	128	1,76
"Слабые"	186	132	1,41
II выборка студентов	221	143,5	1,54
"Сильные"	237	141	1,68
"Слабые"	205	146	1,41
III выборка студентов	215	133,5	1,61
"Сильные"	234	133	1,78
"Слабые"	196	134	1,46
Второклассники	313	202	1,55
"Сильные"	352	205	1,72
"Слабые"	274	199	1,38
Третьякласники	345	211	1,64
"Сильные"	364	199	1,83
"Слабые"	326	223	1,46

Примечание. \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

В.Д. Небылицына в возрастном аспекте. Они говорят о том, что старшие подростки характеризуются меньшей силой нервной системы, чем младшие школьники 8–10 лет и взрослые (показатели отношения по ВР у них меньше). Эти результаты подтверждают данные физиологических и психологических исследований. А именно: если в период от дошкольного до младшего школьного возраста идет увеличение многих физиологических и психологических функций, то в период от младшего школьного к подростковому возрасту наблюдается их снижение, а затем к старшему школьному возрасту – вновь увеличение [4, 23, 24].

Рассмотрим данные, полученные по субъективной (числовой) оценке громкости звуков. У каждой из двух групп испытуемых, различающихся по углу наклона кривой ВР, были найдены средние величины СО громкости всех звуков, показатель прироста громкости в трех диапазонах звуков (40–120, 40–80, 80–120 дБ) и показатель ( $n$ ) степенной психофизической функции оценки громкости звуков (табл. 3).

В СО громкости разных звуков у подростков выявились такие же ее зависимости от силы нервной системы, которые характерны для взрослых и младших школьников. Индивиды с большим углом наклона кривой ВР ("сильные") характеризуются большими – СО 120-дБ звука, крутизной нарастания СО звуков от 40 до 120 дБ и показателем степенной функции  $n$ , но отличаются меньшей СО тихих 40-дБ звуков. Индивиды с низким углом наклона кривой ВР ("слабые") обладают большей СО тихих звуков, но меньшими – СО громких 120-дБ звуков, приростом СО громкости звуков

Таблица 3

## Средние субъективные (числовые) оценки интенсивности звуков и величины прироста громкости

Испытуемые	Средние величины СО интенсивности звуков, дБ				
	40	60	80	100	120
Выборка в целом	1,23	4,67	9,99	22,71	47,06
"Сильные"	1,02	4,44	10,0	22,64	49,57
"Слабые"	1,40	4,86	9,98	22,76	45,0
Значение <i>t</i> -критерия Стьюдента	3,025**	2,370*	—	0,068	1,002

Испытуемые	Прирост громкости звуков, дБ			Показатель степени ( <i>n</i> )
	120/40	80/40	120/80	
Выборка в целом	42,10	8,83	4,72	0,39
"Сильные"	51,02	10,18	4,96	0,41
"Слабые"	34,76	7,72	4,52	0,37
Значение <i>t</i> -критерия Стьюдента	2,905**	3,240**	0,949	2,700*

Примечание. См. к табл. 1.

от 40 до 120 дБ и показателем степени *n*. Так, 120-дБ звук "сильные" оценивали как более громкий, по сравнению с 40-дБ звуком, в 51,02 раза, а "слабые" – только в 34,76 раза. Таким образом, для "сильных" индивидов характерны "удлиненные" шкалы, диапазон которых начинался ниже и заканчивался выше, для "слабых" – укороченные шкалы, нижний конец которых выше, а верхний – ниже.

Однако статистически значимых различий в оценках интенсивных звуков 100 и 120 дБ и степени прироста громкости в верхнем диапазоне звуков (от 80 до 120 дБ) в двух группах подростков не выявлено, в отличие от взрослых и младших школьников, у которых всегда наблюдалась значимые различия в оценках интенсивных звуков.

В поисках ответа на данный вопрос был проведен анализ индивидуальных СО звуков интенсивностью 100 и 120 дБ. В результате выявлены "неадекватные" индивиды (5 чел., или 16,1% выборки), отличающиеся резким расхождением в объективных и субъективных показателях при шкалировании звуковых стимулов. То есть СО этих испытуемых, по-видимому, неадекватна, произвольна и не отражает истинной силы ощущений индивидов, связанной с конкретным числом возбужденных нейронов и определенной частотой и синхронностью их разрядов, либо при оценке громкости звуков они использовали заниженный или завышенный критерий. Это количество "неадекватных" индивидов близко к числу испытуемых (14%), выявленных в исследованиях В.Т. Козловой [6], В.А. Суздалевой [22].

О слабости нервной системы подростков говорит также и такой показатель СО, как прирост оценки громкости звуков от 40 до 120 дБ. Оказалось, что этот прирост громкости у подростков является фактически наименьшим, по сравнению с другими возрастами. Подростки оценивают 120-дБ звук как более громкий, чем 40-дБ звук, в 42,10 раза, взрослые в одной из выборок – в 59,78 раза, второклассники – 49,17 раза, третьеклассники – в среднем в 40,63 раза, при этом у "сильных" прирост громкости был в 49,9 раза, у слабых – в 31,35 раза.

Корреляционный анализ подтвердил полученные групповые данные по ВР и СО громкости и показал следующее.

Выявлена высокозначимая связь между разными показателями по ВР и СО. Так, корреляционные связи ВР на разные звуки находятся в пределах 0,78–095 ( $p < 0,001$ ). Показатель наклона кривой ВР 40/120 дБ (т.е. силы нервной системы) высокозначимо ( $r = 0,70, p < 0,001$ ) коррелирует с показателем наклона кривой ВР и в нижнем диапазоне (40/80 дБ), и в верхнем (80/120 дБ). Однако он не связан с ВР на минимальный 40-дБ звук, но связан с ВР на максимальный 120-дБ звук ( $r = 0,56, p < 0,001$ ), что подтверждает результаты группового анализа ВР на эти звуки.

По показателям СО найдена высокая корреляционная связь прироста оценок ощущений громкости от 40 до 120 дБ (120/40 дБ) как с абсолютной СО минимального 40-дБ звука ( $r = 0,70, p < 0,001$ ), так и максимального 120-дБ звука ( $r = 0,77$ ). Приrostы громкости звуков в разных диапазонах (120/40, 80/40, 120/80 дБ) тесно взаимосвязаны между собой ( $r = 0,75, 0,76, 0,75$ ). Выявлена также связь прироста громкости в нижнем диапазоне (80/40 дБ) с абсолютной оценкой минимального 40-дБ звука ( $r = 0,94$ ), но не обнаружено подобной связи в верхнем диапазоне (120/80 дБ) с абсолютной оценкой максимального 120-дБ звука.

Найдена статистически значимая связь и соответствие между объективным (по ВР) и субъективным показателями: наклоном падения кривой ВР и приростом СО громкости звуков при увеличении интенсивности стимулов (равная после исключения пяти "неадекватных" испытуемых 0,48,  $p < 0,01$ ). Эта корреляционная связь оказалась менее тесной, чем у взрослых (0,60–0,81) [14–16] и третьеклассников (0,61), но выше, чем у второклассников (0,37) [17].

Все выявленные связи показывают, что большинство подростков, как взрослых и младших школьников, способны, во-первых, давать прямую количественную оценку стимулов и объективно оценивать собственные ощущения громкости звуков в достаточно большом соответствии с увеличением стимуляции. Во-вторых, они могут вполне корректно оперировать числами и отношениями между величинами стимулов и ощущений. В-третьих, подростки характеризуются более высокой дифференцированностью восприятия звуков, чем младшие школьники (но менее высокой, чем взрослые), проявляющейся в большой вариативности при оценивании громкости, т.е. использовании разнообразных целых и долей чисел. Так, оценки 40-дБ звука варьировали от 0,7 до 2,3 с использованием десятых долей чисел – 0,7; 0,9; 1,1; 1,2; 1,4; 1,5; 1,6 и т.д., а оценки 120-дБ звуков находились в пределах от 27 до 30. При этом одинаковые оценки наблюдались только в некоторых случаях у двух-трех человек (у младших же школьников они встречались довольно часто, например, у 13 из 27 или у 15 из 30 чел.).

Эти данные говорят о более высоком уровне организации и функционирования (уровне зрелости) сенсорно-перцептивных систем у старших подростков, чем у младших школьников, о возрастных особенностях восприятия и психологической оценки интенсивности воздействующих раздражителей, а также о том, что развитие сенсорно-перцептивных систем в онтогенезе, как и других структур, идет по принципу дифференциации: от общего, глобального, нерасчлененного, ко все более расчлененному и дифференцированному [27].

Групповой и корреляционный анализ полученных данных свидетельствует об устойчивых индивидуально-типологических особенностях СО интенсивности звуковых стимулов у подростков и подтверждает наши выводы, сделанные относительно взрослых и младших школьников [16, 17], о разной возможности, т.е. разной силе возбуждения нервной системы следовать за силой внешних воздействий. "Сильным" индивидам присущ более низкий уровень возбуждения в области малых интенсивностей, но более высокий – в области больших интенсивностей и больший рост возбуждения на звуки от 40 до 120 дБ. "Слабые" индивиды характеризуются большим уровнем возбуждения в области малых интенсивностей и меньшим приростом возбуждения в интервале 40–120 дБ.

У подростков особенно проявился второй фактор, обусловливающий индивидуальные различия в степени изменения ВР на разные звуки и состоящий в том, что с

некоторого момента при увеличении стимуляции "сильные" могут развивать более мощное возбуждение, чем "слабые". Этот фактор характерен также для спортсменов-профессионалов, от которых участие в различных соревнованиях и состязаниях требует большой мобилизации всех их сил (сильного возбудительного процесса), эмоциональной устойчивости в напряженных ситуациях [5, 19, 20].

**2. Результаты, полученные по эмоциональной оценке интенсивности стимулов и ее зависимости от силы нервной системы подростков.** У всех испытуемых выявлена общая со взрослыми закономерность [16]: ощущения и эмоциональные оценки громкости звуков от 40 до 120 дБ вначале как безразличных сменяются оценкой как приятных, далее – неприятных и болезненно невыносимых, но при этом проявляется тенденция, согласно которой у "сильных" эта закономерность при увеличении стимуляции наступает раньше и в большинстве случаев, а у "слабых" – позднее и в меньших случаях.

В целом отмеченные закономерности восприятия и эмоциональной оценки звуков разной громкости у подростков проявились сильнее (у большего количества испытуемых), чем у взрослых.

Главным результатом этих экспериментов является подтверждение положения, полученного нами ранее на взрослых, о том, что у лиц с сильной нервной системой возбуждение при интенсивной стимуляции выше и поэтому раньше достигает порога дискомфорта и болевого порога, а у лиц со слабой нервной системой возбуждение при этой стимуляции ниже в силу включения тормозного механизма, поэтому порога дискомфорта и болевого порога достигает позже. Эта закономерность сильнее проявляется у подростков, чем у взрослых.

Полученные данные по эмоциональной оценке громкости звуков согласуются с результатами исследований Дж. Худа (J. Hood) [29], изучавшего эмоциональную оценку звуков в зависимости от абсолютной слуховой чувствительности, и некоторых авторов [28], регистрировавших наряду с субъективными оценками и объективные реакции (ориентировочные и оборонительные). В последней работе выявлено, что одни и те же звуковые раздражители оказывались приятными для одних и неприятными – для других индивидов. Выделились три группы испытуемых: одни оценивали как отрицательный эмоциональный тон ощущений не только высоко-, но и низкоинтенсивные раздражители; другие оценивали разные по интенсивности звуки и как положительные, и как отрицательные (при этом неприятный эмоциональный тон ощущений звука вызывался в случае участия оборонительного рефлекса); третья использовали преимущественно положительные оценки звуков как низкой, так и высокой интенсивности.

Авторы пришли к выводу, что один и тот же раздражитель в одних и тех же условиях может вызывать безразличные, неприятные и приятные ощущения, что в целом совпадает с нашими данными.

**3. Анализ порогов абсолютной и вибрационной чувствительности у подростков.** При изучении абсолютной слуховой и вибрационной чувствительности и их взаимоотношений с силой нервной системы выявилась неодинаковость порогов слуховой и вибрационной чувствительности при разных частотах колебаний. Наиболее высокая слуховая чувствительность обнаружилась при частотах 250, 500, 6000, 8000 Гц, самая низкая – при 1500, 1200 Гц; более высокая вибровосприимчивость – при 63 и 250 Гц, низкая – при 125 Гц.

Динамика изменения порогов в широком диапазоне частот колебаний и в слуховой, и в вибрационной чувствительности оказалась фактически одинаковой в группах подростков, различающихся по силе нервной системы, т.е. независимой от силы нервной системы индивидов.

Кривые изменения порогов слуховой и вибрационной чувствительности при их графическом изображении в группе "слабых" индивидов всегда располагаются ниже кривых в группе "сильных", что говорит о наличии более низких порогов (более высокой чувствительности) у "слабых", чем у "сильных". Однако эти различия ста-

тистически незначимы по *t*-критерию Стьюдента и существуют на уровне тенденции.

Пороги слуховой и вибрационной чувствительности при всех частотах колебаний высокозначимо коррелируют как внутри каждой модальности ( $r = 0,84-0,95$ ;  $p < 0,001$ ), так и между ними ( $r = 0,34-0,84$ ,  $p < 0,05-0,001$ ), что свидетельствует об устойчивых индивидуальных особенностях функционирования нервной системы и ее способности к переработке поступающей информации.

Корреляционный анализ полученных данных показал отсутствие значимой взаимосвязи между абсолютными порогами (слуховыми, вибрационными) при всех частотах колебаний и почти всеми показателями по ВР и СО громкости звуков ( $r = 0,01-0,28$ ).

Особенно важным является результат, говорящий об отсутствии у подростков, как и у взрослых [12, 15, 16, 21, 31 и др.], значимой связи между абсолютными порогами слуховой чувствительности и наклоном кривой ВР 40/120 дБ ( $r = 0,01-0,25$ ), т.е. показателем силы нервной системы по диагностической методике В.Д. Небылицына.

Корреляционный анализ полученных данных по ВР, а также качественный анализ показателей в группах с разной абсолютной слуховой чувствительностью подростков подтвердили наши выводы [15, 16], касающиеся взрослых. А именно: высокой, средней и низкой абсолютной чувствительностью могут обладать индивиды с разной силой нервной системы (большой, средней, малой), хотя прослеживается тенденция к более высокой абсолютной чувствительности у индивидов со слабой нервной системой.

## ВЫВОДЫ

1. Одной из причин индивидуально-типологических различий в психофизическом шкалировании подростков, так же, как взрослых и младших школьников, является степень роста нервного возбуждения при усилении стимуляции, т.е. в их основе лежит фактор силы нервного возбуждения.

2. В СО громкости разных звуков у подростков выявлены такие же ее зависимости от силы нервной системы, которые характерны для взрослых и младших школьников. "Сильные" индивиды отличаются большими – СО интенсивного 120-дБ звука, крутизной нарастания субъективной громкости звуков от 40 до 120 дБ, показателем степенной функции *n*, но меньшей СО тихих 40-дБ звуков, т.е. "удлиненными" шкалами. "Слабые" индивиды характеризуются большей СО тихих звуков, но меньшими – СО громких 120-дБ звуков, приростом субъективной громкости звуков 40–120 дБ и показателем степенной функции *n*, т.е. "укороченными" шкалами.

3. Большинство подростков, так же, как взрослые и младшие школьники, способны производить количественную оценку стимулов в соответствии с собственными ощущениями громкости звуков; при этом они могут правильно оперировать числами и отношениями между ними и стимулами. Кроме того, подростки характеризуются более высокой дифференцированностью восприятия, проявляющейся в большей вариативности при использовании разнообразных целых чисел и их долей, более высоким уровнем зрелости и функционирования сенсорно-перцептивных систем, чем младшие школьники.

4. У подростков, как и у взрослых, не выявлено значимой взаимосвязи между абсолютными слуховыми (и вибрационными) порогами и наклоном кривой ВР 40/120 дБ ( $r = 0,01-0,25$ ), т.е. показателем силы нервной системы по диагностической методике В.Д. Небылицына. Высокая, средняя или низкая абсолютная чувствительность может быть присуща подросткам, как и взрослым, с разной силой нервной системы, хотя проявляется тенденция к более высокой абсолютной чувствительности у индивидов со слабой нервной системой.

5. Возрастные психофизиологические особенности подростков проявились:

– в большем числе случаев, по сравнению со взрослыми и младшими школьниками, нарушения "закона силы" в ВР на звуковые стимулы большой интенсивности, составивших 16,13% выборки;

- в большем абсолютном ВР на минимальный (40 дБ) и максимальный (120 дБ) звуки, чем у взрослых, и меньшем, чем у младших школьников;
- в меньшей корреляционной связи объективного показателя наклона кривой ВР 40/120 дБ, т.е. силы нервной системы, и величины прироста субъективной громкости звуков (т.е. СО 120/40 дБ) ( $r = 0,48, p < 0,01$ ), чем у взрослых и третьеклассников ( $r = 0,60–0,81, p < 0,001$ ), но в большей связи, чем у второклассников ( $r = 0,37, p < 0,05$ );
- в более выраженной, чем у взрослых, закономерности в эмоциональной оценке громкости звуков и ее зависимости от силы нервной системы: ощущения и оценки громкости звуков от 40 до 120 дБ вначале как безразличных сменяются на приятные и далее – на неприятные и болезненно невыносимые; при этом у "сильных" эта закономерность при возрастании звуков наступает раньше, у "слабых" – позднее.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аугенберг И.В. Динамика формирования психофизических шкал у школьников // Вопр. психологии. 1996. № 1. С. 108–114.
2. Бардин К.В., Забродин Ю.М., Иванецкий А.И., Матвеева Л.В. Особенности регуляции сенсорно-перцептивного процесса при некоторых психических расстройствах // Психофизика сенсорных систем / Под ред. Б.Ф. Ломова, Ю.М. Забродина. М., 1979. С. 153–187.
3. Бардин К.В., Забродин Ю.М. Проблемы психического отражения свойств объективного мира на сенсорно-перцептивном уровне // Психофизические исследования восприятия и памяти. М., 1981. С. 9–42.
4. Голубева Э.А. (ред.). Способности и склонности. М., 1989.
5. Горожанин В.С. Регуляция двигательной активности как проблема дифференциальной психофизиологии // Вопр. психологии. 1977. № 2.
6. Козлова В.Т. Разработка методик выявления лабильности нервных процессов в мыслительно-речевой деятельности: Автореф. дисс. ... канд. психол. наук. М., 1973.
7. Лупандин В.И., Аугенберг И.В., Иванчикина Н.А. и др. Визуальная и кинестетическая оценка сенсорных стимулов детьми разного возраста // Вопр. психологии. 1988. № 6. С. 126–130.
8. Лупандин В.И. Психофизическое шкалирование. Свердловск, 1989.
9. Миллер В.Д. Особенности психофизического шкалирования у больных неврозами // Вопр. сенсорного восприятия. Свердловск, 1987. С. 92–102.
10. Миллер В.Д., Ковтун Л.И. Опыт психофизического исследования механизмов сенсорного восприятия в сравнительном патопсихологическом аспекте // Проблемы восприятия. Свердловск, 1995. С. 135–146.
11. Небылицын В.Д. Основные свойства нервной системы человека. М., 1966.
12. Палей И.М., Зазулина П.Л. и др. Опыт комплексного исследования некоторых индивидуально-типических особенностей человека // Человек и общество. Л., 1966.
13. Пейсахов Н.М., Кашин А.П. и др. Методы и портативная аппаратура для исследования индивидуально-психологических различий человека. Казань, 1976.
14. Ратанова Т.А. Сила нервной системы и интенсивность ощущений // Вопр. психологии. 1975. № 5. С. 34–45.
15. Ратанова Т.А. Абсолютная слуховая чувствительность и физиологическая сила надпороговых раздражителей // Вопр. психологии. 1984. № 2. С. 112–122.
16. Ратанова Т.А. Субъективное шкалирование и объективные физиологические реакции человека. М., 1990.
17. Ратанова Т.А. Психофизическое шкалирование стимулов разной модальности и его зависимость от силы нервной системы у детей 8–10 лет // Психол. журн. 1996. Т. 17. № 1. С. 138–148.
18. Сергеева А.Н., Самарин С.А. Психофизические исследования проприоцептивной чувствительности и особенности свойств нервной системы // Вопр. сенсорного восприятия. Свердловск, 1987. С. 71–77.
19. Сиротин О.А. К вопросу о психофизиологической природе эмоциональной устойчивости спортсменов // Вопр. психологии. 1973. № 1.
20. Соколова И.В. Исследование методов психологического отбора в спортивной гимнастике: Автореф. дисс. ... канд. психол. наук. М., 1974.

21. Стреляу Я. Местоположение регулятивной теории темперамента среди других теорий темперамента // Иностранная психология. 1993. Т. 1. № 2. С. 37–48.
22. Суздалева В.А. Проявление типологических свойств в скорости ассоциативных и мыслительных процессов человека: Автореф. дисс. ... канд. психол. наук. М., 1975.
23. Фарбер Д.А. и др. Физиология подростка. Педагогическая наука – реформе школы / Под ред. Д.А. Фарбер. М., 1988.
24. Фарбер Д.А., Корниенко И.А., Сонькин В.Д. Физиология школьника. М., 1990.
25. Чуприкова Н.И. Об уточнении физиологического смысла и стандартизации двигательной методики В.Д. Небылицына по определению силы нервной системы // Психофизиологические вопросы становления профессионала. М., 1976. С. 181–207.
26. Чуприкова Н.И., Ратанова Т.А. Величина ощущений, объективные реакции организма на стимулы возрастающей интенсивности и сила нервной системы // Психол. журн. 1983. Т. 4. № 6. С. 39–47.
27. Чуприкова Н.И. Умственное развитие и обучение. М., 1995.
28. Физиологические компоненты эмоций. Ташкент, 1980.
29. Hood J.D. Observations upon the relationship of loudness discomfort level and auditory fatigue to sound pressure level and sensation level // J. Acoust. Soc. Amer. 1968. V. 44. № 4.
30. Reason J.T. Some correlates of the loudness function // J. Sound. and Vibration. 1972. V. 20. № 3.
31. Sales S.M., Throop W.T. Relationship between cinestetic after-effects and "Strength of the nervous system" // Psychophysiology. 1972. V. 9. № 5.
32. Stevens S.S. Psychophysics. N.Y., 1975. № 9.