

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ РАННЕЙ СПОРТИВНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ: ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ПЕРИОДЫ И ОБУЧЕНИЕ ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ

**М.П. ШЕСТАКОВ, Т.Ф. АБРАМОВА,
ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, г. Москва**

Аннотация

В статье рассматривается проблема ранней спортивной специализации на основе междисциплинарного подхода. Предполагается, что исследования динамики биологических, когнитивных и морфологических особенностей растущего организма детей и подростков должны проводиться в течение нескольких лет при постоянном воздействии специализированных тренировочных занятий (воздействий). Полученные результаты зарубежных исследователей подчеркивают важность рассмотрения вопроса о том, что при ранних занятиях конкретным видом спорта детьми создается специализированная среда обучения ребенка – его экологическая ниша. В таких условиях посредством спортивных движений целенаправленно происходит формирование у юных спортсменов представления об окружающем их мире (внутренние прогностические модели) за счет пластичности в структурах ЦНС.

Ключевые слова: ранняя спортивная специализация, сенситивный и критический периоды, прогностическое кодирование, обучение движениям.

PECULIARITIES OF THE STUDY OF EARLY SPORTS SPECIALIZATION: SENSITIVE PERIODS AND TRAINING OF YOUNG ATHLETES

**M.P. SHESTAKOV, T.F. ABRAMOVA,
VNIIFK, Moscow city**

Abstract

The article examines the problem of early sports specialization based on an interdisciplinary approach. It is assumed that studies of these biological, cognitive and morphological characteristics of the growing body of children and adolescents should be carried out over several years with constant exposure to specialized training sessions. The results obtained emphasize the importance of considering the issue that when children engage in a specific sport early, a specialized learning environment is created – an ecological niche. In such conditions, a description of the state of the surrounding world of young athletes (internal predictive models) is purposefully formed through sports movements due to plasticity in the central nervous system.

Keywords: early sports specialization, sensitive and critical periods, predictive coding, movement learning.

Введение

В качестве отправной точки исследований спортивная специализация была определена как целенаправленная круглогодичная тренировка в одном виде спорта с исключением других видов спорта [11]. Ранняя спортивная специализация определяется как интенсивные тренировки или соревнования по организованным видам спорта для детей препубертатного возраста (до 12 лет) в течение более 8 месяцев в году, с упором на один вид спорта, исключая другие виды спорта и различные формы двигательной активности [11]. На сегодня определение «ранняя спортивная специализация» связано с суммарным объемом времени тренировок в одном выбранном виде спорта [7]. Под этим подразумеваются занятия в целом без уточнения методики и направленности занятий.

В литературе выделяются и могут наблюдаться на практике два противоположных пути развития в спорте: «ранняя специализация» и «ранние занятия несколькими видами спорта» [2]. Они различаются исключительной направленностью ранней спортивной тренировки (один

вид спорта против нескольких видов спорта), количеством и качеством тренировки (доля структурированной/формальной или неструктурированной/неформальной деятельности) и уровнем вовлеченности (обычно выраженным) как общим количеством тренировочных часов. Хотя они часто обсуждаются в рамках дихотомической классификации, их следует рассматривать как две крайности возможного континуума других путей развития, которые еще не известны или (по крайней мере) не определены в литературе. Дискуссия о ранней спортивной специализации сосредоточена на двух центральных вопросах: способствует ли специализация оптимальным результатам и увеличивает ли она риск неадекватных результатов [19].

Ключевым способом в теме ранней спортивной специализации является изучение истории участия спортсменов в спорте в целом, а также в частности, когда они специализировались в своем виде спорта. Это направление исследований показывало, что ранний отбор



характерен для спортсменов, достигших элитного статуса [5]. Обнаружено, что траектории были нелинейными и уникальными для каждого спортсмена, с непостоянным возрастом для точек перехода и альтернативными моделями, такими как позднее начало их занятий основным видом спорта [21].

Несмотря на свою актуальность, мало что известно о том, как современные теории и знания могут влиять на спортивные пути спортсменов в молодежном и взрослом возрасте на основе приобретенного опыта в детстве.

Отличительной особенностью, определяющей различие в спортивной специализации, являются движения, характерные для конкретного вида с целью достижения результата в соревнованиях для определения победителя. Специфичность движения или формирование специфического двигательного навыка начинается с первых тренировочных занятий в детском возрасте. Такая специфичность, выраженная не в абсолютных единицах тестовых или соревновательных результатов, а появление в процессе обучения механизмов, свойственных для организации движений, формирующих решение задач в ходе тренировок и соревнований, будет определять сроки и принадлежность детей и подростков к конкретной группе видов спорта или специализации.

В статье рассматривается проблема ранней спортивной специализации на основе междисциплинарного подхода. Предполагается, что исследования данных биологических, когнитивных и морфологических особенностей растущего организма детей и подростков должны проводиться в течение нескольких лет при постоянном воздействии специализированных тренировочных занятий. В основе результатов процесса целенаправленного обучения основам техники конкретных видов спорта юных спортсменов лежат основные биологические и психологические закономерности онтогенеза. Естественнонаучный подход позволит выявить общие закономерности воздействия спортивной тренировки на растущий организм и установить особенности, характерные для групп видов спорта.

Результаты исследования и их обсуждение

В основе занятий спортом детьми и подростками является поэтапное освоение специфических спортивных движений, характерных для той или иной дисциплины. Освоение двигательных навыков осуществляется с первых занятий в спортивной секции, школе или спортивном клубе. В настоящее время построение тренировочного процесса, направленного на обучение двигательным специализированным навыкам, связано с обучением движению, при котором основное внимание тренера направлено на работу двигательной системы. Тем не менее кроме двигательного обучения, присутствует перцептивное обучение. В последнее время проявляется интерес к идее о том, что перцептивное обучение и обучение двигательным действиям происходят не изолированно, а скорее, о том, что двигательное обучение изменяет сенсорные системы и сенсорные сети в мозге и, аналогично, перцептивное обучение меняет движения и двигательные зоны мозга [3].

Изменения в сенсорной и двигательной системах связаны с сенсомоторной адаптацией при освоении двигательных навыков [3]. Перцептивные изменения происходят при выполнении каждой из широко изучаемых задач двигательной адаптации. Изменение восприятия происходит одновременно с двигательной адаптацией, оно продолжительно и часто коррелирует по величине с поведенческими показателями двигательной адаптации. Перцептивное обучение, особенно в соматосенсорной системе, вполне может играть важную роль в обучении двигательным действиям, особенно на начальных стадиях обучения в детском возрасте, когда соматосенсорные цели движения часто неизвестны, и перцептивное обучение и обучение двигательным действиям происходят одновременно.

Сенситивные и критические периоды

Обучение технике выполнения спортивных движений в конкретном виде спорта проходит несколько стадий по мере овладения и совершенствования спортсменами двигательных навыков. Сложность в обучении спортивным движениям в детском и подростковом возрасте связана с естественными биологическими изменениями, происходящими в организме. Гетерохронные изменения, влияющие на процесс обучения двигательным действиям в двигательной и сенсорной системах, стали изучаться в последнее время достаточно интенсивно [22]. В исследованиях показано, что различные структуры коры головного мозга развиваются не равномерно, а в определенные периоды времени [10]. Период наиболее интенсивного морфофункционального созревания человека тесно связан с изменениями в ЦНС под влиянием внешних воздействий. В это время происходит процесс нейропластичности в высших отделах ЦНС. Это тщательно организованные процессы, которые разворачиваются на разных уровнях: от генов до поведения.

Здесь следует коснуться вопроса соотношения между понятиями «сенситивные» и «критические» периоды, которые, с нашей точки зрения, необходимо различать.

Оба вида временных периодов в онтогенезе сильно зависят от двух факторов: созревания структур и реакции на внешние воздействия. Различие заключается по причине того, что в сенситивный отрезок времени изменение пластичности связывается с возможностью изменений конкретной структуры и функции в соответствии со спецификой внешних условий. В этот период наличие двигательного опыта выступает в качестве морфофункциональной основы в развитии структур и не влияет на общий биологический ход развития организма. Этот процесс является обратимым, что предусматривает его обозначение как сенситивный или благоприятный для развития. В спортивной науке сенситивные периоды рассматривались учеными главным образом с точки зрения проявления физических качеств [1, 12]. Исследователи не проявляли интерес к экспериментальным вопросам взаимосвязи моторики и сенсорики при обучении движениям. Скорее всего, это было связано с различными временными периодами, т.к. в спортивной педагогической литературе исследователи связывают сенситивные периоды физических качеств с пубертатным возрастом.



Проблемой обучения движениям при ранней спортивной специализации исследователи не озадачивались [1, 12].

В отличие от сенситивного периода, имеются периоды, в которых развитие связано с запуском генетической программы роста и самодифференцировки нейронных связей от соответствующих внешних триггерных сигналов воздействий. Эти изменения в структуре не показывают межиндивидуальную изменчивость проявления и не чувствительны к модифицирующим воздействиям в более позднем возрасте. В этот период выбор не соответствующих требованиям тренировочных воздействий (или их отсутствие) по наличию определенных триггерных сигналов может необратимо внести изменение в нормальный ход развития организма. Соответственно, период времени, в котором могут произойти необратимые процессы, характеризуется как критический. Если коротко и упрощенно – в сенситивные периоды организм адаптируется и изменяется под влиянием внешних факторов, а при их отсутствии произошедшие изменения нивелируются. Тогда как в критические периоды без использования внешних факторов организм имеет малую вероятность (и/или недостаточную развитость) использовать в дальнейшем соответствующие функции.

Из сказанного следует, что критические и сенситивные периоды обеспечивают механизм индивидуализации развития, поскольку в зависимости от особенностей реализации каждого конкретного периода дальнейшие этапы развития могут приобретать все более специфический, присущий только данному индивиду опыт. При переходе на каждый новый этап функционирования организм нуждается не в любой, а в специфической информации, которую он сам отбирает из общего потока. Эта особенность требует специализированной среды воздействия, то есть присутствия в ней информации для «неограниченного» роста организма на каждом этапе.

Кроме того, экспериментальные исследования показывают, что, когда пластичность поведения в процессе развития (т.е. влияние прошлого опыта на текущее поведение) варьируется в зависимости от онтогенеза, она обычно выше в раннем возрасте, чем в более позднем [20]. Процесс последовательного созревания описан в сенсорных системах, которые влияют друг на друга в критические периоды развития. [13]. В исследованиях показано, что созревание сенсорных функций и снижение пластичности, зависящей от опыта, являются двумя тесно взаимосвязанными процессами [18]. Двигательный опыт является сильным фактором, определяющим продолжительность критических периодов: полное отсутствие опыта обычно продлевает время критических периодов и задерживает начало развития сенсорных функций [18].

Пластичность убеждений обеспечивает основу для любой байесовской модели обучения или развития [6], что следует из теоретических исследований когнитивной науки и нейробиологии последних лет. Недавние модели возрастных изменений нейропластичности основаны на предпосылке использования байесовских процессов в ходе обновления информации об окружающем мире на протяжении всего онтогенеза. Современные представления ведущих ученых о функционировании мозга строятся на гипотезе о вычислительных способностях

нейронных сетей использовать вероятностные выводы и предшествующий опыт (убеждения) [4, 8, 9]. В байесовских моделях пластичность убеждений накладывает ограничение на пластичность развития: если конкретный стимул не оказывает влияния на информационное состояние индивида, нет причин ожидать, что этот стимул будет способствовать изменению фенотипа этого индивида.

По-видимому, мозг приобретает новые знания и демонстрирует свой потенциал пластичности в том случае, если новые знания помогают улучшить поведение. То есть для физиологических изменений мозга необходимо, чтобы следствием обучения были перемены в поведении. Другими словами, новые знания должны быть нужными [14].

Прогностическое кодирование

Теперь следует обратиться к краткому представлению связи между двигательной частью и перцептивной системой в управлении движениями.

Предполагается, что перцептивное обучение является неотъемлемой частью обучения двигательным действиям и вносит свой вклад несколькими способами. Перцептивное обучение приводит к изменениям в двигательных сетях мозга и таким образом напрямую участвует в обучении двигательным действиям. Перцептивное обучение также связано с пластичностью сенсорных систем, которая зависит от информации, поступающей по восходящим и нисходящим путям ЦНС в ходе выполнения движений [9, 4]. Обучение двигательным действиям приводит к изменениям в сенсорных областях мозга. В совокупности это указывает на подход к обучению двигательным действиям, в котором перцептивное обучение и сенсорная пластичность играют фундаментальную роль. Под пластичностью мозга подразумевается способность нейронных сетей изменять свою структуру и функции в соответствии с изменениями в окружающей среде, т.е. под действием нового опыта [16], в нашем случае – спортивной тренировки. В спортивной подготовке тренировка направлена на получение двигательного и перцептивного опыта выполнения специфических движений. В настоящее время принято, что двигательные и сенсорные системы изменяются совместно, что связано с изменениями в мозге.

В концепции прогностического кодирования (по которой мозг человека постоянно генерирует и обновляет мысленную модель окружающей среды) процесс управления движением предполагает, что мозг делает вероятностное предположение о причинах, вызвавших его ощущения во время движения на различных уровнях иерархии ЦНС [4]. В основе этого процесса лежит восходящая сенсорная информация, которая передается с ниже лежащего уровня в высшие области мозга в виде ошибок предсказания. Ошибка прогнозирования высчитывается мозговыми сетями по разнице между наблюдаемыми входными данными и данными, предсказанными на основе порождающей модели и предполагаемых причин [8]. Прогностическое кодирование основано на минимизации ошибки прогноза, которая рассматривается как степень неопределенности или недостаточности информации (неожиданности) в описании окружающего мира. В соответствии с принципом свободной энергии мозг



«стремится» минимизировать уровень неопределенности [8] путем создания прогнозов на основе внутренних моделей и их обновления с использованием сенсорного ввода. Для достижения этой цели мозг пытается привести свою внутреннюю модель в соответствие с внешним миром с целью улучшения точности прогнозов. Принцип свободной энергии объединяет две глобальные гипотезы, дающие объяснение работы нашего мозга: байесовский вывод и активный вывод.

Байесовский вывод основывается на использовании вероятностей для формирования предсказаний. Мозг создает внутренние модели на основе вероятностей и предсказывает будущие состояния внешнего мира. Однако для уточнения и совершенствования этих предсказаний мозг также применяет активный вывод. Активный вывод подразумевает, что мозг принимает активное участие в процессе взаимодействия с окружающей средой. Он не только формирует предсказания, но и выполняет действия, направляемые этими предсказаниями. Затем, получая сенсорную обратную связь от окружающего мира, мозг уточняет свои предсказания и моделирует более точные представления о внешнем мире. Таким образом, принцип свободной энергии показывает, что мозг «стремится» достичь согласования между своей внутренней моделью и реальным миром, используя байесовский вывод и активный вывод. Через постоянное обновление и уточнение своих предсказаний мозг стремится снизить уровень «удивления» (несоответствия прогноза) и повысить точность своих прогнозов [8].

Принято, что мозг работает, как вычислительная машина; он описывает наблюдаемый и осязаемый окружающий мир человека в виде прогностических моделей, представляющих мир на основе воздействия на него в виде движений. Внутренняя модель мира является или составляет так называемое внутреннее убеждение человека. Выполняя движения, человек корректирует свою внутреннюю модель окружающего мира. Другими словами, человек изменяет свои убеждения об окружающем его мире. Структурное изменение убеждений в мозге обеспечивается нейропластичностью. Описание мира представляет собой вероятностное прогнозирование, основанное на предшествующем опыте человека.

Соответственно, в описании убеждений спортсмена находятся специфические особенности, связанные с внутренним представлением о самом себе, включая схему тела, положение себя в окружающем мире и способах действовать (двигаться) в определенных условиях. Полученный спортсменом опыт, формирующий внутренние убеждения, накапливается при тренировке (фактор воздействия) и в условиях, в которых проходит тренировка (контекст). Следует учесть, что только использование тренировочных упражнений, связанных с функциями, характерными для определенного критического окна, будет поддерживать качественный скачок. Упражнения должны отвечать требованиям специфичности спортивной специализации.

Заключение

Вышеприведенный текст показывает, что двигательный опыт, получаемый в ходе тренировок по обучению технике выполнения упражнений, характерных для кон-

кретной спортивной специализации, предполагает, что структуры мозга сопряжены с критическими периодами развития сенсорно-моторных областей. Этот новый взгляд на зависимое от опыта функциональное созревание в первую очередь сенсорной системы, участвующей в управлении движениями, разрешает парадоксальное наблюдение о том, что ранний опыт, который очень быстро забывается без дальнейшего постоянного использования, может иметь долгосрочное влияние на поведение во взрослом возрасте. Соответственно, ранние занятия конкретным видом спорта сами по себе имеют решающее значение для формирования, обучения, памяти и когнитивных функций мозга, проявляемых в дальнейшем у взрослых спортсменов.

Полученные результаты зарубежных исследований последних десятилетий подчеркивают важность рассмотрения вопроса о том, что при ранних занятиях конкретным видом спорта детьми создается специализированная среда обучения ребенка – его специфическая экологическая ниша [2, 17]. В таких условиях целенаправленно происходит формирование посредством спортивных движений описания состояния окружающего мира юных спортсменов (внутренних прогностических моделей) за счет пластичности в ЦНС. Как показали исследования, основным условием успешности обучения спортивным движениям является учет критических периодов сенсорного развития в возрасте от двух до двенадцати лет не только потому, что головной мозг в этот период пластичен. Не менее важно, какие именно области мозга пластичны, в каких условиях и за счет каких средств воздействия происходит накопление двигательного опыта [5, 11].

Использование перцептивного обучения может приводить к систематическим изменениям в двигательной адаптации, а также к изменению сенсорно-моторных сетей мозга, участвующих в управлении движением. Это согласуется с идеей о том, что перцептивное обучение и сенсорная пластичность имеют основополагающее значение для сенсомоторной адаптации и приобретения двигательных навыков в юном возрасте. Для разработки новых методик приобретения специализированных спортивных навыков исследователям необходимо лучше понять, какие закономерности в приобретении двигательных навыков играет пластичность сенсорной и двигательной систем.

Предполагается, что возможно определить оптимальный срок ранней спортивной специализации по формированию у юных спортсменов механизмов управления специализированными движениями, приуроченных к требованиям в каждой группе видов спорта. Инструментальная фиксация действий механизмов или, другими словами, внутренних прогностических моделей при выполнении стандартных тестовых процедур будет критерием начала ранней спортивной специализации для спортсмена.

Для теоретического объяснения функционирования прогностических моделей и определения этапов их формирования в ходе многолетней тренировки потребуются разработка математических моделей и последующая их верификация отдельно для каждой группы спорта.



Методика обработки данных, полученных в ходе лонгитудинальных исследований на протяжении нескольких лет, требует разработки специализированных методов, в том числе биоинформатики. Необходим переход в статистической обработке данных – от вариационных подходов к байесовским. В отличие от обычно применяемого постоянного частотного распределения параметров, байесовский анализ представляет параметры случайными переменными. Это будет адекватно процессам функцио-

нирования мозга при управлении движениями. Байесовская статистика использует субъективную вероятность индивида, которая учитывает предшествующий опыт. Важно, что байесовский анализ способствует пониманию скрытых, внутренних причин, определивших результаты движения спортсмена, которые видит тренер. Как следствие, появляется большая возможность опираться в тренировках на перцепцию спортсменов, разрабатывая соответствующие методики.

*Работа выполнена в рамках государственного задания
ФГБУ ФНЦ ВНИИФК № 777-00001-24-00 (код темы № 001-24/1),
утвержденного Минспортом России 26 декабря 2023 года*

Литература/References

1. Baur, J. (1987), Uber die Bedeutung “sensibler Phasen” fur das Kinder- und Jugendtraining, *Leistungssport*, no. 4, pp. 9–14.
2. Brenner, J.S. (2016), Council on Sports Medicine and Fitness Sports specialization and intensive training in young athletes, *Pediatrics*, no. 138 (3), e20162148, [Online] URL: <https://doi.org/10.1542/peds.2016-2148>
3. Censor, N., Sagi, D. and Cohen, L.G. (2012), Common mechanisms of human perceptual and motor learning, *Nat. Rev. Neurosci.*, no. 13 (9), pp. 658–664, [Online] URL: <https://doi.org/10.1038/nrn3315>
4. Clark, A. (2016), Attention alters predictive processing, *The Behavioral and brain sciences*, no. 39, e234, [Online] URL: <https://doi.org/10.1017/S0140525X15002472>
5. Coutinho, P., Mesquita, I. and Fonseca, A.M. (2016), Talent development in sport: A critical review of pathways to expert performance, *Int. J. Sport. Sci. Coach.*, no. 11, pp. 279–293.
6. Dall, S.R., Giraldeau, L., Olsson, O., McNamara, J.M. and Stephens, D.W. (2005), Information and its use by animals in evolutionary ecology, *Trends in ecology & evolution*, no. 20 (4), pp. 187–93.
7. Ericsson, K.A. (1996), *The road to excellence: the acquisition of expert performance in the arts, sciences, sports, and games*, Mahwah, NJ.
8. Friston K. (2010), The free-energy principle: a unified brain theory? *Nature reviews. Neuroscience*, no. 11 (2), pp. 127–138, [Online] URL: <https://doi.org/10.1038/nrn2787>
9. Friston, K.J. (2019), Waves of prediction, *PLoS Biol.*, 3, 17 (10), e3000426, [Online] URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000426>
10. Gill, K.K., Lang, D. and Zwicker, J.G. (2022), Cerebellar and brainstem differences in children with developmental coordination disorder: A voxel-based morphometry study, *Front Hum Neurosci*, 16, 921505, [Online] URL: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.921505>
11. Gould, D. (2010), Early sport specialization: A psychological perspective, *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, no. 81 (8), pp. 33–37.
12. Gułajowski, A.A. (1977), Okresy “krytyczne” w rozwoju motoryki dziecka, *Sport Wyczynowy*, 11–12, p. 57.
13. Kolb, B., Muhammad, A. and Gibb, R. (2011), Searching for factors underlying cerebral plasticity in the normal and injured brain, *Journal of communication disorders*, no. 44 (5), pp. 503–514, [Online] URL: <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2011.04.007>
14. Erlbaum, L., Gould, D., Carson, S., Fifer, A., Lauer, L. and Benham, R. (2009), Social emotional and life skill development issues characterizing today’s high school sport experience, *Journal of Coaching Education*, no. 2, pp. 1–25.
15. McLaughlin, K.A., Mackey, A.P., Fernandes, G.F., Brown, K., Bühler, J.C. and Bunge, S.A. (2018), *Human Brain Plasticity: Future Research Directions and Implications for Children’s Learning and Development*, Jacobs Foundation.
16. McNamara, J.M., Green, R.F. and Olsson, O. (2006), Bayes’ theorem and its applications in animal behavior, *Oikos*, 112, pp. 243–251.
17. Reider, B. (2017), Too much? Too soon? *The American Journal of Sports Medicine*, no. 45 (6), pp. 1249–1251, [Online] URL: <https://doi.org/10.1177/0363546517705349>
18. Stamp, M.E.M., Brugger, M.S., Wixforth, A. and Westerhausen, C. (2016), Acoustotaxis – in vitro stimulation in a wound healing assay employing surface acoustic waves, *Biomater. Sci.*, no. 4, pp. 1092–1099, [Online] URL: <https://doi.org/10.1039/C6BM00125D>
19. Storm, L.K., Kristoffer, H. and Krogh, C.M. (2012), Specialization pathways among elite Danish athletes: a look at the developmental model of sport participation from a cultural perspective, *International Journal of Sport Psychology*, no. 43 (3), pp. 199–222.
20. Tau, G.Z. and Peterson, B.S. (2010), Normal development of brain circuits, *Neuropsychopharmacology*, no. 35 (1), pp. 147–168, [Online] URL: <https://doi.org/10.1038/npp.2009.115>
21. Hensch, T.K. (2005), Critical period plasticity in local cortical circuits, *Nat. Rev. Neurosci.*, no. 6, pp. 877–888, [Online] URL: <https://doi.org/10.1038/nrn1787pmid:16261181>
22. Reh, R.K., Dias, B.G. et al. (2020), Critical period regulation across multiple timescales, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117 (38), pp. 23242–23251, [Online] URL: <https://doi.org/10.1073/pnas.1820836117>

