

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РСФСР
СВЕРДЛОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

АЛФЕРОВА

Татьяна Владимировна

ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ
ПРОЦЕССОВ УТОМЛЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ
РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ
ДОЗИРОВАННОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

(на русском языке)

(14.00.17 — нормальная физиология)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Свердловск, 1974

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РСФСР
С В Е Р Д Л О В С К И Й
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

А Л Ф Е Р О В А

Татьяна Владимировна

ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ
ПРОЦЕССОВ УТОМЛЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ
РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ
ДОЗИРОВАННОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

(на русском языке)

(14.00.17 — нормальная физиология)

*А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук*

Свердловск, 1974

Работа выполнена на кафедре нормальной физиологии Челябинского Государственного медицинского института.

Научные руководители: кандидат медицинских наук, доцент **Бурмистрова Т. Д.**; доктор медицинских наук, профессор **Шабунин Р. А.**

Официальные оппоненты:

доктор медицинских наук, профессор **Розенблат В. В.**,

доктор медицинских наук, профессор **Лисовская Г. М.**

На внешний отзыв работа направлена в Институт нормальной и патологической физиологии АМН СССР.

Автореферат разослан 9 15 1974 г.

Защита диссертации состоится «1» _____ 1974 г.

на заседании медико-биологического Ученого совета Свердловского медицинского института.

Адрес: г. Свердловск, ул. Репина, 3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Свердловского Государственного медицинского института.

Адрес: г. Свердловск, ул. Ермакова, 17.

Ученый секретарь совета, доцент
КОНСТАНТИНОВ В. Г.

Двигательная активность всегда, в большей или меньшей степени свойственна человеку, являясь важным проявлением его жизнедеятельности и особенно трудовых процессов. Работоспособность, процессы утомления и восстановления после различных видов мышечной деятельности наиболее полно изучались в основном у лиц зрелого возраста (Моссо А., 1893; Сеченов И. М., 1903; Виноградов М. И., 1941; 1966; Фольбогт Г. В., 1945, 1949, 1958; Мертон П. 1954; Данько Ю. И., 1960, 1969; Розенблат В. В., 1961; Зимкин Н. В., 1965; Косилов С. А., 1965; Кулак И. А., 1968; Шеррер Ж., 1973). Однако физиологические механизмы этих явлений до сих пор остаются недостаточно разработанными. Большое значение для понимания механизмов работоспособности и утомления имеет онтогенетический подход, однако в литературе нам не удалось найти специальных исследований, в которых бы изучались одновременно процессы утомления и восстановления в онтогенетическом плане.

Необходимость изучения работоспособности, процессов утомления и восстановления после мышечной работы во все возрастные периоды диктуется и практическими запросами педагогики и медицины. Так, наблюдающаяся в последнее время в развитых странах среди многих возрастных групп населения гиподинамия приводит к неблагоприятным изменениям в организме (Краус Ш., Рааб В., 1961; Осипов И. Т., 1967; Муравов И. В., 1969; Аршавский И. А., 1972; Смирнов К. М., 1972). Коммунистическая партия и Советское правительство постоянно проявляют большую заботу о повышении материального благосостояния советских людей, о всестороннем и гармоническом развитии личности. Одним из важнейших средств, позволяющих решить эту задачу, является физическая культура. Мышечная нагрузка, назначаемая с учетом возрастных и индивидуальных особенностей организма, устраняет неблагоприятное влияние гиподинамии и способствует повышению физической работоспособности и продлению жизни на всех этапах онтогенеза (Муравов И. В., 1969; Фролькис В. В., 1970; Аршавский И. А., 1971; Коробков А. В., 1972 и мн. др.).

В истории онтофизиологии большое значение имеют исследования Сеченова И. М. (1878, 1886); Лесгафта П. С. (1882, 1883); Гундобина Н. П. (1906); Иванова-Смоленского А. Г.

(1935, 1971); Никитина В. Н. (1962). Изучению функции, морфологии, биохимии двигательного анализатора в процессе онтогенеза посвящены работы Аршавского И. А. (1936, 1962, 1967); Латманизовой Л. В. (1936, 1961, 1973); Коробкова А. В. (1953, 1958, 1968); Леонтьевой Н. Н. (1954); Семеновой Л. К. (1955); Яковлева И. Н. (1961, 1969); Шабунина Р. А. (1962, 1969); Волохова А. А. (1968). Наиболее характерной чертой в развитии двигательного анализатора, по мнению многих авторов (Гундобин Н. П., 1966; Никитин В. Н., 1962; Латманизова Л. В., 1973 и др.), является гетерохронное течение возрастных изменений, что по Анохину П. К. (1949) является необходимым условием формирования функциональных систем.

В большинстве исследований работоспособность человека изучалась лишь на некоторых этапах онтогенеза (Мори З., 1936; Фарфель В. С., 1949; Астранд П., 1953, 1958; Максимова О. Ф., 1954, 1963; Зимкин Н. В., 1956, 1969; Волков В. М., 1957, 1966; Кабанов А. Н., 1962; Гальперин С. И., 1965; Маркосян А. А., 1969; Мотылянская Р. Е., 1969; Климит Ф., 1969; Абросимова Л. И. и др., 1970; Фомин Н. А., Филин Н. П., 1972; Эрикссон Б. О. и др., 1973). Для того, чтобы достаточно четко проследить возрастное развитие двигательного аппарата, необходимо проведение однозначных исследований на большинстве этапов онтогенеза.

Особенно недостаточно изучена работоспособность при локальной мышечной деятельности в возрастном аспекте, хотя актуальность подобных исследований в последнее время отмечается многими физиологами (Шеррер Ж., 1967; Смирнов К. М., 1972). Менее всего изучены процессы утомления и восстановления в дошкольном и старческом возрасте.

Анализ данных литературы, полученных при использовании в основном высоких нагрузок для больших мышечных групп, позволяет сделать заключение, что работоспособность в этих условиях так же, как и отдельные ее показатели, например, сила, выносливость, развиваются до 25—30 лет, после 40-летнего возраста наступает их снижение вплоть до старческого. О характере же процессов утомления и восстановления работоспособности на разных возрастных этапах имеются довольно противоречивые сведения (Лобсьен М., 1905; Кабанов А. Н., 1956; Волков В. М., 1962; Редькина Е. К., 1962; Эголинский Я. А., 1963).

Можно отметить отсутствие онтогенетических исследований процессов утомления и восстановления работоспособности при локальной мышечной деятельности в условиях адекватных нагрузок, результаты которых позволили бы предста-

вить естественный ход развития работоспособности и ее отдельных компонентов в онтогенезе.

В настоящей работе поставлена задача изучить онтогенетические особенности развития процессов утомления и восстановления работоспособности у человека в оптимальных для каждого возраста условиях локальной мышечной деятельности. Для решения поставленной задачи было необходимо: 1) разработать оптимальные, соответствующие возрастным и индивидуальным возможностям организма нагрузки для локальной работы мышц; 2) провести сравнительно-возрастной анализ работоспособности при работе в избранном режиме; 3) исследовать онтогенетические особенности развития процессов утомления и восстановления в этих условиях.

МЕТОДИКА

Работоспособность представителей семи возрастных групп (4-5, 8-9, 13-14, 18—20, 30—35, 60—74; 75—90 лет) исследовалась с помощью пальцевого эргографа нашей модификации, со счетчиком для учета выполненного количества работы. Все испытуемые были практически здоровыми нетренированными лицами мужского пола. Исследования проводились в одно и то же время дня, в осенне-зимний период, два раза в неделю.

В зависимости от характера работы испытуемые поднимали или удерживали на одном уровне груз на эргографе указательным пальцем правой руки до утомления (отказа от работы). Для того, чтобы подобрать для каждого из них оптимальную нагрузку, были проведены предварительные исследования, в которых мы применили методический подход, ранее не использованный в изучении работоспособности людей в онтогенетическом плане. Этот подход заключался в том, что, исходя из закона «средних нагрузок» (Вебер Е., 1846), мы измеряли для каждого испытуемого величину «среднего груза», то есть такого, при однократном подтягивании которого выполнялось наибольшее, по сравнению с другими грузами, количество работы в кгм. «Средний груз» характеризовал таким образом не силу, а функциональный потенциал мышечной ткани. Необходимым условием всех наших исследований была относительно постоянная продолжительность мышечной деятельности испытуемых (1,5—3,0 мин.), производимой до утомления, которая являлась критерием идентичности тяжести нагрузки (Зимкин Н. В. и др., 1953; Виноградов М. И., 1969).

Предварительные исследования показали, что оптимальные для всех возрастных групп условия при выполнении динамической работы до утомления (отказа от работы) на паль-

цевом эргографе продолжительностью 1,5—3,0 мин. складываются при использовании груза, равного $\frac{1}{3}$ от «среднего» и темпе 50—60 движений в мин. При этом за оптимальный мы принимали такой темп, при котором за равное время выполнялось наибольшее количество работы при наименьшей степени утомления, о последней мы судили по показателю утомляемости. По методике Лейника М. В. (1952) такой показатель характеризовался разницей между высотой первой и последней миограмм в % от первой.

При статических напряжениях мы не могли подобрать нагрузку, идентичную динамической, исходя из величины «среднего груза», так как работа с грузом в $\frac{1}{3}$ от «среднего» продолжалась до отказа 5—15 мин., что было субъективно утомительным для детей и старших испытуемых и не соответствовало условиям нашего эксперимента. Наиболее удачным оказалось использование части от максимального груза по общепринятой методике. В частности, нами применялся груз, равный $\frac{1}{3}$ от максимального, который был использован в онтогенетических исследованиях физиологов статических напряжений Шабуниним Р. А. (1969), показавшим что подобный груз является адекватным для различных возрастных групп.

Для изучения характера восстановления работоспособности все испытуемые выполняли повторную работу через интервалы времени отдыха, различные в каждый из опытных дней. Восстановительный период изучался на 1, 2, 3, 4, 5, 7; 9; 11; 13; 15—17 и 20-й минуте отдыха. При оценке скорости (время, в течение которого показатели возвращались к исходным значениям) и интенсивности (степень изменения показателей в период отдыха) восстановительных процессов все показатели работоспособности, полученные при повторной работе, выражались в % от их значений, найденных при первой работе.

При динамической работе учитывались следующие показатели: количество работы в кгм, вычисляемое при помощи счетчика; мощность работы в кгм/сек.; показатель выносливости (продолжительность работы до отказа) в сек.; время появления усталости в сек.; показатель сопротивления утомлению (продолжительность работы после появления чувства усталости в % от всего рабочего времени); показатель утомляемости (по описанной выше методике Лейника М. В., 1952) в %. Этот показатель характеризовал способность продолжать работу на фоне нарастающего утомления и степень использования функциональных ресурсов, то есть ту глубину утомления, при которой возникал отказ от работы.

Работоспособность при статических напряжениях оценива-

лась следующими показателями: импульс силы (произведение удерживаемого груза на время его удержания) в кгсек.; показатель выносливости, время появления усталости и показатель сопротивляемости утомлению, идентичные подобным при динамической работе; величина усилия (высота подъема груза) в мм.

Кроме того, для изучения работоспособности такого малоизученного возрастного периода, как дошкольный, были выполнены две дополнительные серии исследований: 1. Влияние субмаксимальных нагрузок на эргографе на работоспособность и ее восстановление у детей 4-5 лет—воспитанников детского сада. 2. Влияние систематических физических нагрузок (занятий плаванием) на работоспособность при средних статических напряжениях и ее восстановление у детей 5-6 лет.

В качестве субмаксимального мы исходили из такого груза, который составлял 11% от веса тела детей. Такой же % от веса тела составил «средний груз» у юношей. Занятия плаванием производились в закрытом бассейне, 2-3 раза в неделю. Дети учились держаться на воде и плавать различными стилями. Высокие скоростные нагрузки не применялись.

Всего исследовано 154 человека, с которыми проведено 2361 исследование. Полученные данные обработаны вариационно-статистическим методом, с расчетом доверительных интервалов. Корреляционный анализ проведен с помощью ЭВМ «Электроника ДД».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Онтогенетические особенности работоспособности и процессов утомления

Применение оптимальных для всех испытуемых эргографических режимов мышечной деятельности позволило выявить некоторые закономерности развития работоспособности в онтогенезе человека. Оказалось, что увеличение «среднего груза» испытуемых происходит от 4-5 до 18—20 лет, максимальной же силы — до 30—35 лет, снижение этих показателей после указанных возрастных периодов продолжается вплоть до старческого возраста. Развитие силы на отдельных этапах происходит неравномерно. Особенно резкие изменения показателей «среднего» и максимального грузов отмечены в периоды между 4-5 и 8-9; 13-14 и 18—20; 30—35 и 60—74 годами.

В процентах от веса тела величина «среднего груза» наибольшая у лиц зрелого возраста (12,7%), наименьшая — у старческого — (5,6%).

Систематическая 1-2 раза в неделю работа на пальцевом

эргографе при избранном режиме в течение 1—3 месяцев исследований не вызывает развитие тренированности у испытуемых 4-5, 30—35, 75—90 лет, и лишь небольшие ее проявления возникают у лиц 8-9, 13-14, 18—20, 60—74 лет. В дальнейшем наиболее высокие показатели работоспособности, полученные в последние опытные дни, не учитывались при оценке среднего уровня этих показателей. Таким образом, избранные режимы проведения исследований позволяли наиболее точно оценить работоспособность всех испытуемых.

Дальнейшие исследования показали, что при избранных адекватных нагрузках, близких к повседневным, в условиях локальной мышечной деятельности с 4-5 до 18—20-летнего возраста происходит непрерывное увеличение таких интегральных показателей работоспособности, как объем и мощность динамической работы и импульс силы при статических напряжениях, с последующим их снижением на более поздних этапах онтогенеза (табл. 1, 2).

Таким образом, в условиях локальной мышечной деятельности при оптимальных для каждого возраста нагрузках наиболее работоспособными являются 18—20-летние испытуемые. Это, вероятно, связано с морфо-функциональными особенностями их двигательного аппарата. Так, Янковская А. С. (1963) выявила на электромиограмме молодых людей высокую градиацию соотношений между величиной нагрузки и количеством вовлеченных нейромоторных единиц, чего не обнаруживается, например, в старости. В зрелом возрасте отмечается снижение работоспособности в указанных условиях. Малхотра М. С. (1970) считает, что особенно уменьшается работоспособность после 37-летнего возраста. Однако, наши данные относятся к нетренированным испытуемым. При специальной тренировке лица зрелого возраста способны развивать большую мощность работы и достигать высоких результатов, например, при спортивных нагрузках (Коробков А. В. и др., 1962). Эти факты при сопоставлении с нашими данными свидетельствуют о большом диапазоне их рабочих возможностей.

В старческом возрасте достигается наименьший в позднем онтогенезе уровень мышечной силы и объем выполняемой до утомления работы. Фролькис В. В. (1970) объясняет снижение работоспособности стариков изменениями как в исполнительном, так и в регулирующем звеньях двигательного аппарата, например, ослаблением нервных воздействий на мышечную ткань, повышением чувствительности последней к медиаторам на фоне деструкции нервных окончаний и т. д. Однако все эти изменения обеспечивают и важнейший приспособительный механизм, направленный на поддержание определенного уровня нервной регуляции ткани. Падение работоспо-

Таблица 1

Зависимость показателей работоспособности при динамической мышечной деятельности от возраста

Общие показатели	Статистические показатели	В о з р а с т н ы е г р у п п ы						
		I 4-5 лет	II 8-9 лет	III 13-14 лет	IV 18—20 лет	V 30—35 лет	VI 60—74 лет	VII 75—90 лет
Мощность работы (кгм/сек.)	$M \pm m$	$0,007 \pm 0,0005$	$0,013 \pm 0,0007$	$0,025 \pm 0,009$	$0,092 \pm 0,006$	$0,072 \pm 0,003$	$0,049 \pm 0,006$	$0,020 \pm 0,002$
		$>0,02$	$<0,002$	$<0,001$	$=0,01$	$>0,002$	$<0,001$	
Количество работы (кгм)	$M \pm m$	$0,915 \pm 0,15$	$1,267 \pm 0,05$	$3,375 \pm 0,09$	$9,584 \pm 0,13$	$6,487 \pm 0,21$	$4,075 \pm 0,09$	$2,048 \pm 0,07$
		$>0,02$	$<0,001$	$<0,001$	$<0,001$	$<0,001$	$<0,001$	
Выносливость (в сек.)	$M \pm m$	$126 \pm 8,1$	$97 \pm 2,5$	$133 \pm 2,8$	$104 \pm 3,7$	$90 \pm 1,3$	$83 \pm 4,6$	$102 \pm 4,4$
		$>0,002$	$<0,001$	$<0,001$	$>0,001$	$>0,02$	$<0,01$	
Появление усталости (в сек.)	$M \pm m$	$97 \pm 7,3$	$69 \pm 1,5$	$76 \pm 1,4$	$56 \pm 1,1$	$61 \pm 1,1$	$68 \pm 6,2$	$67 \pm 3,0$
		$>0,001$	$>0,001$	$<0,001$	$<0,001$	$>0,1$	$>0,5$	
Показатель утомляемости (в %)*	$M \pm m$	$25 \pm 1,5$	$22 \pm 1,5$	$20 \pm 1,7$	$49 \pm 1,3$	$38 \pm 1,1$	$48 \pm 2,4$	$48 \pm 2,0$
		$>0,1$	$>0,25$	$<0,001$	$<0,001$	$<0,001$	$>0,5$	
Сопrotивляемость утомлению (в %) **	$M \pm m$	$23 \pm 2,9$	$29 \pm 2,0$	$42 \pm 1,7$	$46 \pm 4,2$	$32 \pm 2,6$	$18 \pm 4,3$	$34 \pm 4,3$
		$=0,1$	$<0,001$	$>0,25$	$>0,002$	$>0,002$	$>0,002$	

* Разница между первой и последней амплитудой движения на эргограмме в % от первой.

** Время работы после появления усталости в % ко всему рабочему времени.

Зависимость показателей работоспособности при статической мышечной деятельности от возраста

Общие показатели	Статистические показатели	Возрастные группы						
		I 4-5 лет	II 8-9 лет	III 13-14 лет	IV 18-20 лет	V 30-35 лет	VI 60-74 лет	VII 75-90 лет
Импульс силы (кгсек.)	$M \pm m$	$94,5 \pm 3,1$	$143,2 \pm 13,9$	$373,8 \pm 11,9$	$658,6 \pm 16,0$	$557,5 \pm 34,6$	$362,0 \pm 31,0$	$211,4 \pm 21,0$
		$<0,002$	$<0,001$	$<0,001$	$>0,02$	$<0,001$	$<0,002$	
Величина усилия (в мм)	$M \pm m$	$17 \pm 0,4$	$17 \pm 1,0$	$21 \pm 0,5$	$33 \pm 0,5$	$27 \pm 1,0$	$31 \pm 1,2$	$26 \pm 1,1$
		$>0,5$	$<0,002$	$<0,001$	$<0,001$	$=0,02$	$<0,01$	
Выносливость (в сек.)	$M \pm m$	$135 \pm 11,0$	$114 \pm 2,8$	$178 \pm 2,8$	$106 \pm 2,3$	$143 \pm 3,1$	$181 \pm 16,2$	$151 \pm 8,5$
		$>0,05$	$<0,001$	$<0,001$	$<0,001$	$>0,02$	$>0,1$	
Появление усталости (в сек.)	$M \pm m$	$95 \pm 7,7$	$71 \pm 2,9$	$120 \pm 2,4$	$66 \pm 3,1$	$97 \pm 3,3$	$120 \pm 4,5$	$91 \pm 2,5$
		$=0,01$	$<0,001$	$<0,001$	$<0,001$	$<0,001$	$<0,001$	
Сопrotивляемость устoмлению (в %/а)**	$M \pm m$	$30 \pm 3,5$	$38 \pm 3,2$	$32 \pm 2,3$	$37 \pm 5,8$	$32 \pm 3,4$	$33 \pm 4,3$	$39 \pm 4,5$
		$=0,1$	$>0,1$	$>0,25$	$>0,25$	$>0,5$	$>0,25$	

способности связано и с атрофией мышечной ткани, а вместе с тем и понижением ее функции (Бюргер М., 1954; Янковская А. С., 1963).

Полученные нами данные позволяют утверждать, что определенный уровень работоспособности для каждого возраста поддерживается за счет гетерохронного развития отдельных ее качеств. Так, наименьшей выносливостью при динамической работе обладали лица зрелого и пожилого возрастов; наибольшей — дошкольники и подростки (табл. 1). В условиях статических напряжений наименее выносливыми были младшие школьники и юноши, наиболее — подростки и пожилые, а также лица старческого возраста (табл. 2). Очевидно нагрузки на выносливость к локальной динамической работе средней интенсивности наиболее адекватны для детей и подростков, а при статической — для пожилых и старых испытуемых. По мнению Аршавского И. А. (1962) более длительному функционированию двигательного аппарата детей способствует недостаточное развитие мионевральных синапсов. Очевидно, преимущественное развитие качества выносливости на ранних этапах онтогенеза является наиболее целесообразным для более быстрого становления функциональных систем, связанных с движением, которое зависит от афферентных влияний с исполнительных органов (Анохин П. К., 1949).

Средние адекватные нагрузки, особенно статического характера, являются, по-видимому, тем оптимальным фоном, на котором высокая работоспособность может поддерживаться и на поздних этапах онтогенеза. Об этом говорит и факт небольшого снижения профессиональной работоспособности с возрастом (Витт И. К. и др., 1967; Эйнтер С., 1968; Давид А., 1968; Снок С., 1971 и др.). О возможностях двигательного аппарата старых животных свидетельствуют и опыты Фудель-Осиповой С. И. (1968), которая показала, что нервно-мышечный аппарат старых крыс практически так же неутомим, как и у молодых.

Определенные закономерности на каждом возрастном этапе выявлялись и по таким показателям, как время появления чувства усталости и сопротивляемость утомлению. Чувство усталости свидетельствовало о развившемся утомлении в основном у детей и представителей старших возрастных групп (свыше 60 лет). Сопротивляемость утомлению возрастала с 4-5 до 18—20-летнего возраста с дальнейшим снижением у более старших испытуемых при динамической работе; но при статических напряжениях выше всех она была у представителей пожилого и старческого возрастов (табл. 1, 2). Учитывая все показатели работоспособности, можно сказать, что статические напряжения средней величины являются наиболее

адекватными для представителей двух старших возрастных групп.

Особый интерес заслуживает показатель утомляемости, отражающий глубину утомления. В избранном нами режиме динамической работы он был наименьшим у детей и подростков, наибольшим — у испытуемых юношеского и старшего возрастов. Очевидно, этот показатель характеризует высокую работоспособность юношей, так как свидетельствует о возможности двигательного аппарата к хорошей мобилизации функциональных ресурсов. Наши данные противоречат выводу Лобсьен М. (1905) о том, что степень утомления при ежедневной работе тем больше, чем младше ребенок. Автор считает, что с возрастом повышается общая работоспособность, а вместе с тем падает степень утомления и растет сопротивляемость к нему. Известно, однако, что при утомлении наступает резкий дисбаланс между процессами истощения и восстановления (Фольборт Г. В., 1934, 1941, 1949), с возрастом же растет способность организма к мобилизации ресурсов, значит и несоответствие между расходом и восстановлением их при утомлении должно быть глубже, как и степень утомления, что и подтверждается нашими данными об изменении показателей работоспособности при утомлении лиц старше 18 лет.

Подобное несоответствие данных, полученных нами и Лобсьен, объясняется очевидно разным подходом к понятию утомляемость. Само свойство утомляемости характеризует, по-видимому, способность как двигательного аппарата, так и возбудимых тканей к развитию утомления, и определяется оно двумя показателями: скоростью развития утомления и глубиной истощения функциональных ресурсов. Можно говорить о быстром развитии утомления у детей при высоких нагрузках, то есть о быстрой их утомляемости в этих условиях, что очевидно и имел в виду Лобсьен. Наши же экспериментальные данные показали, что при средних нагрузках дети выполняют определенный объем работы за счет большей ее длительности и меньшей степени истощения функциональных ресурсов, то есть в этих условиях они менее утомляемы, чем взрослые. На неспособность детей к глубокой степени утомления при мышечной работе показывают экспериментальные данные Яковлева Н. Н. (1962), который выявил у них легкую затормаживаемость мобилизации внутренних ресурсов, особенно энергетических.

По мнению Кабанова А. Н. (1962) ребенок до 7-летнего возраста еще не умеет по-настоящему утомляться, ему доступны лишь начальные фазы утомления, которое прерывается наступающим торможением работающих нервных клеток, появле-

нием новых очагов возбуждения, новой доминанты; в последующие же годы способность нервных клеток коры больших полушарий к длительной и интенсивной работе продолжает увеличиваться. Повышается и возможность развития значительного утомления, отражающегося на работе двигательного аппарата и требующего значительного восстановительного периода.

По нашим данным, у испытуемых пожилого и старческого возраста довольно высокий объем работы (в два раза выше, чем у детей) при оптимальных нагрузках поддерживается не только за счет большей продолжительности работы до утомления, но и, по-видимому, за счет более полного использования функциональных ресурсов. Эти приспособительные процессы способствуют длительному поддержанию функции двигательного аппарата на оптимальном для них уровне.

Показатель утомляемости у лиц зрелого возраста имел величину меньшую как по сравнению с юношами, так и со старшими испытуемыми. В этом возрасте приспособительные механизмы направлены, очевидно, на поддержание постоянного уровня показателей в течение почти всего периода работы, который имел меньшую продолжительность, чем у юношей. У последних самую высокую, по сравнению с другими испытуемыми, величину «среднего груза» можно объяснить, очевидно, самой высокой способностью к мобилизации ресурсов в относительно короткое время.

Результаты наших исследований показали также, что характер эргограмм имеет не только индивидуальные, как это было показано еще Моссо, но и возрастные различия. Эти отличия подтверждают в основном наши выводы об особенностях в развитии работоспособности на всех этапах онтогенеза. Так, например, наиболее выраженное снижение высоты миограмм при утомлении (отказе от работы) отмечалось у юношей, наименьшее — у детей и подростков и т. д. Эргограммы отдельных испытуемых сохраняли индивидуальный характер на протяжении всего периода исследований (4-5 месяцев).

Таким образом, отдельные показатели работоспособности, например, сила, выносливость и т. д., еще не характеризуют ее в целом. Наиболее точную оценку работоспособности можно получить только при анализе всех основных ее качеств, включая такие интегральные показатели, как объем и мощность динамической работы и импульс силы при статических напряжениях.

Выявленная неравномерность в развитии отдельных показателей работоспособности служит, очевидно, причиной того явления, что для каждой из возрастных групп имеются раз-

личия в их корреляционных взаимоотношениях. Общим для всех этапов онтогенеза, исследованных в нашей работе, является отсутствие взаимосвязи между максимальным грузом и количеством выполняемой до утомления динамической работы, а также статической выносливостью. Характерно также, что к 18—20 годам все более снижается зависимость между отдельными показателями работоспособности, полученными при статической и динамической работе. Очевидно в этом возрасте мышечные волокна достигают высокой специализации и обеспечивают самостоятельное развитие показателей при обоих видах работы.

При динамической работе наиболее выражены были следующие корреляции: в дошкольном возрасте с увеличением максимального груза резко снижалась выносливость ($r = -0,72$); в младшем школьном возрасте работа продолжалась тем дольше, чем позже возникало чувство усталости ($r = +0,75$); в подростковом, юношеском и зрелом — все корреляции между показателями были невысокими; в пожилом возрасте, как и у детей, с увеличением максимального и особенно «среднего» грузов снижалась выносливость ($r = -0,52$ и $-0,76$). При статических напряжениях совершенно отсутствовала зависимость между показателями работоспособности у подростков; у юношей в этих условиях отказ от работы зависел от появления чувства усталости ($r = +0,83$). В остальных группах степень зависимости между отдельными показателями была невысокой. Очевидно, можно говорить не о корреляции показателей работоспособности вообще, а лишь в применении к конкретному возрастному этапу.

Таким образом, регуляторные процессы в организме, направленные на поддержание оптимального для каждого возраста уровня работоспособности, осуществляются, очевидно, при помощи различных механизмов на каждом этапе онтогенеза. Эти механизмы включают в себя гетерохронное развитие с возрастом отдельных двигательных качеств, что и обеспечивает общее увеличение работоспособности с 4-5 до 18—20 лет в условиях нагрузок, близких к естественным, с последующим снижением вплоть до старческого возраста.

На основании наших данных можно утверждать, что механизмы, обеспечивающие работоспособность, а следовательно и развитие утомления, при адекватных нагрузках имеют свои особенности на каждом возрастном этапе.

Эти механизмы имеют свои возрастные особенности как при динамической, так и при статической работе. Например, полученные нами показатели выносливости и сопротивляемости утомлению свидетельствуют, что почти для всех испытуемых, кроме юношей, средние статические напряжения явля-

ются менее утомительными, чем динамическая работа в идентичных условиях. Предположение о разной организации двигательной активности при статической и динамической деятельности, которого придерживается также Зимкин Н. В. (1953), подтверждается и электромиографическими исследованиями Степанова А. С. и Бурлакова М. А. (1963). Так, ими было показано, что при выполнении статических напряжений с малыми грузами участвует меньшее количество двигательных единиц, и, что особенно важно, при этом участвуют в основном специализированные мышечные волокна. Наши данные указывают на почти полное отсутствие зависимости между показателями при статической и динамической работе у всех испытуемых, судя по низким значениям коэффициента корреляции. г.

Электромиографические данные также подтверждают предположение о различиях в механизмах развития утомления на каждом этапе онтогенеза. Так, Ташпулатов М. Т. (1967) показал, что при утомительной работе на велоэргографе школьников 13—15 лет наибольший пик амплитудной активности работающих мышц наблюдался не в конце работы, как у взрослых, а в ее начале. Высокую биоэлектрическую активность мышц при поддержании статического усилия, равного $\frac{1}{3}$ от максимального, наблюдал у детей и подростков Шабунин Р. А. (1969). Он объясняет этот факт одновременным вовлечением в возбуждение с начала работы многих нейромоторных единиц; такая же высокая биоэлектрическая активность отмечалась им на основных этапах онтогенеза в момент появления начальных признаков утомления. Савватеева С. С. (1967) наблюдала с самого начала работы на пальцевом эргографе возрастание амплитуды биопотенциалов в мышцах-антагонистах у школьников младших классов, в отличие от старших учащихся. Выраженные различия в характере и величине биопотенциалов скелетных мышц в состоянии как покоя, так и работы отмечали Зимкин Н. В., Нидерштрат Б. М. (1966); Латманизова Л. В. (1973) и др.

Восстановление работоспособности

Оценка характера восстановительного периода испытуемых показала волнообразное его протекание во всех возрастных группах, с наличием трех фаз: пониженной, исходной и повышенной работоспособности как после статической, так и динамической мышечной деятельности. Скорость восстановления работоспособности после динамической работы была самой высокой у детей 4-5 и 8-9 лет. Авторы, получившие идентичные результаты, по разному объясняют их. Так, Вол-

ков В. М. (1959) связывает быстрое восстановление работоспособности младших школьников с большой подвижностью их нервных процессов. По нашему мнению, более быстрое восстановление работоспособности у детей можно объяснить малой величиной нагрузки во время работы и особенностями морфологии и биохимии их мышечной ткани. Так, например, у детей наблюдается хорошая капилляризация мышц (Стрельняков И. Д., 1970); большая, чем у взрослых, степень повышения молочной кислоты в крови после стандартной работы (Яковлев И. Н. и др., 1970), что приводит к повышению интенсивности аэробного окисления; меньшая степень их утомления при работе, по материалам нашего исследования.

Замедление скорости восстановления работоспособности после динамической работы, отмечаемое уже в подростковом возрасте, продолжалось вплоть до старческого. Различной была и интенсивность отдельных фаз восстановительного периода. Например, в зрелом и пожилом возрасте практически отсутствовала фаза повышения работоспособности. У юношей же наиболее значительно, по сравнению с другими лицами, была выражена фаза ее снижения. В детских и подростковой группах наибольшее по сравнению с исходным количество работы при наименьшей степени утомления производилось на 5—7-й мин. отдыха; юношами и лицами зрелого возраста — на 8—11-й мин.; пожилыми и стариками — на 7—11-й мин. Указанные сроки восстановления можно очевидно считать оптимальными для локальной мышечной работы у исследованных возрастных групп.

После статических напряжений быстрее, чем в остальных группах, работоспособность восстанавливалась у пожилых и старых испытуемых. Этот факт так же, как и результаты изучения работоспособности, еще раз свидетельствует о большей адекватности средних статических напряжений на поздних этапах онтогенеза, чему, очевидно, способствует переход мышц на тонический тип функционирования (Аршавский И. А., 1967; Гинецинский А. Г., 1970). У детей же работоспособность восстанавливалась с такой же скоростью, как после динамической работы; у подростков и особенно юношей и лиц зрелого возраста — значительно медленней. У пожилых и старых испытуемых, в отличие от динамической работы, в этих условиях была хорошо выражена фаза повышенной работоспособности. Оптимальными интервалами после средних статических напряжений для детей и подростков можно считать 4—7 мин.; для юношей и лиц зрелого возраста — 5—9; для пожилых—4—10; для старых—3—7 мин. отдыха.

Таким образом, возрастные различия в ходе восстановительных процессов соответствуют отличиям в процессах утом-

ления на всех этапах онтогенеза. Например, высокой скорости восстановления работоспособности у детей после динамической работы, а у лиц старшего возраста — после статической — соответствует их низкая утомляемость во время работы.

В литературе имеются данные о том, что с увеличением нагрузки скорость восстановления вегетативных показателей у детей младшего школьного возраста снижается (Ромашов А. В., 1968; Боковец В. С., 1973). В отношении дошкольников данные о влиянии нагрузок различной величины на восстановительный период вообще отсутствуют. Нами исследована работоспособность и ее восстановление у детей 4-5 лет при работе с субмаксимальными грузами. Оказалось, что при работе с таким грузом резко снижалась выносливость и повышался показатель утомляемости у детей. Восстановительные процессы при таких условиях протекали с большей скоростью, чем при работе со средней нагрузкой, ярче была выражена фаза повышения работоспособности (+63%). Судя по низкой выносливости и высокой утомляемости, которая не является обычным явлением для детей при повседневной их деятельности, такие субмаксимальные нагрузки являются для них неадекватными. Однако подобные нагрузки ускоряют течение восстановительных процессов после локальной мышечной деятельности и, очевидно, не являются полным противопоказанием для их кратковременного применения. Так, Клинт Ф. и Ганс В. (1970) не нашли каких-либо патологических отклонений вегетативных функций у детей 4—6 лет во время и после субмаксимальных нагрузок на велоэргографе. Однако, этот вопрос нуждается в дополнительных исследованиях; он является одним из направлений нашей дальнейшей работы.

Определенный интерес представлял также вопрос о влиянии на работоспособность и ее восстановление у дошкольников регулярных физических нагрузок (занятий плаванием). С этой целью у детей 5-6 лет до и после занятий измерялись максимальная сила и статическая выносливость кисти по Розенблату В. В. (1961) и восстановление этих показателей в периоде отдыха. Оказалось, что занятия плаванием благоприятно влияют на работоспособность и ускоряют восстановительные процессы у всех испытуемых, причем в большей мере у девочек.

Очевидно двигательный аппарат детей 4—6-летнего возраста вполне подготовлен для выполнения физических нагрузок средней интенсивности, которые, в свою очередь, оказывают благоприятное влияние на его развитие.

Таким образом, в нашей работе систематизированы процессы развития утомления и восстановления работоспособности после локальной, адекватно дозированной мышечной дея-

тельности на всех основных этапах постнатального онтогенеза, начиная с дошкольного, вплоть до старческого возраста, показаны общие черты и возрастные особенности этих процессов, а также разработаны оптимальные эргометрические режимы для подобных исследований.

ВЫВОДЫ

1. Единый методический подход к выбору нагрузки, применявшийся нами при исследовании работоспособности на основных этапах онтогенеза человека (4-5; 8-9; 13-14; 18—20; 30—35; 60—74; 75—90 лет) с помощью эргографической методики, заключается в создании всем испытуемым оптимальных условий работы. Таким условиям соответствует динамическая работа с грузом в $\frac{1}{3}$ от «среднего» и темпом 50—60 движений в минуту и статическое напряжение в $\frac{1}{3}$ от максимального.

2. При локальной мышечной работе в таких оптимальных условиях, наивысшей работоспособностью, судя по ее интегральным показателям, обладают 18—20-летние испытуемые, наименьшей—дети 4-5 лет. После юношеского возраста работоспособность неуклонно снижается вплоть до старческого, оставаясь при этом выше, чем у дошкольников. Определенный для каждого возраста уровень работоспособности поддерживается за счет гетерохронного развития отдельных ее показателей (силы, выносливости, утомляемости и т. д.), что свидетельствует о выраженных различиях в механизмах, обеспечивающих работоспособность на каждом этапе онтогенеза.

3. Корреляционные взаимоотношения между отдельными показателями работоспособности имеют существенные различия на каждом возрастном этапе. Общей закономерностью является отсутствие во всех возрастных группах зависимости максимальной силы исследуемых мышц от объема выполняемой до утомления динамической работы и величины показателя выносливости к статическим усилиям.

4. Возрастные особенности развития утомления при локальной мышечной деятельности в использованном нами режиме заключаются в том, что: а) дети и подростки заканчивают работу при наименьшей степени утомления, испытуемые юношеского, пожилого и старческого возрастов — при наибольшей, среднее положение между ними занимают лица зрелого возраста; б) наибольшей выносливостью при динамической работе обладают подростки и дошкольники, при статической — подростки, лица пожилого и старческого возрастов; в) наибольшая сила исследуемых мышц, определяемая величиной максимального груза, отмечается у лиц зрелого возраста.

ста, наибольшая же величина «среднего груза» характерна для юношей.

5. Ощущение усталости во всех возрастных группах характеризует различную степень утомления: у детей 4-5 и 8-9-летнего возраста оно почти совпадает с отказом от работы как при статической, так и динамической мышечной деятельности; у юношей это совпадение наблюдается только при статической, а у лиц зрелого и пожилого возрастов — при динамической работе.

6. Эргограммы при статической и динамической работе имеют выраженные индивидуальные и возрастные различия. Индивидуальный характер всех эргограмм оставался постоянным в течение всего трехмесячного периода исследований.

7. Для всех испытуемых, кроме юношей, статические напряжения средней величины, судя по показателям выносливости и сопротивляемости утомлению, являются менее утомительными, чем идентичная динамическая работа, что указывает на существенные различия в механизмах развития утомления при этих режимах работы на всех этапах онтогенеза.

8. Показатели характера восстановительных процессов могут быть использованы для оценки утомительности работы и тяжести нагрузки во всех возрастных периодах. Общей закономерностью в развитии восстановительных процессов после адекватно дозированной мышечной деятельности на всех этапах онтогенеза является наличие фаз пониженной, исходной и повышенной работоспособности.

9. При динамической работе в указанных условиях наиболее высокая скорость восстановления работоспособности наблюдается у детей 4-5 и 8-9 лет, в дальнейшем происходит ее снижение вплоть до старческого возраста. При статических напряжениях самой высокой скоростью восстановления работоспособности обладают лица пожилого и старческого возраста, самой низкой — юноши и лица зрелого возраста.

10. У детей 4—6 лет регулярные средние по величине физические нагрузки (занятия плаванием) благоприятно влияют на работоспособность и ее восстановление, а кратковременные субмаксимальные нагрузки в условиях локальной мышечной деятельности вызывают резкое снижение выносливости и повышение утомляемости, но приводят к ускоренному восстановлению работоспособности после их применения.

11. Выявленные особенности развития утомления и восстановления работоспособности при локальной мышечной деятельности в оптимальных условиях могут быть учтены при разработке двигательных режимов в различные возрастные периоды.

**Работы по теме диссертации,
опубликованные в печати**

1. К характеристике метода эргографии при исследовании работоспособности детей дошкольного возраста. Сб.: Проблемы физического воспитания и физиологии спорта. Челябинск, 1972.

2. Утомление и восстановительные процессы после дозированной мышечной деятельности у людей пожилого и старческого возраста. «Физиологический журнал СССР», т. 59, № 7, 1973.

3. Использование показателя статической выносливости в оценке тренированности детей, занимающихся плаванием. Совместно с Мельниковым С. Р., Никишиным В. В., Громовой Н. И. «Теория и практика физической культуры», № 7, 1973.

4. Проявление особенностей организации двигательной активности при утомлении. Тезисы докладов симпозиума «Мозг и движение», Ереван, 1973.

5. Особенности утомления учащихся 2-х и 7-х классов при статической и динамической работе. Сб.: Актуальные проблемы возрастной физиологии. Свердловск, 1973.

6. Онтогенетические особенности реакции организма человека на дозированную мышечную работу. Тезисы докладов VII Уральской научной конференции физиологов, биохимиков и фармакологов с участием практических врачей. Ижевск, 1973.