

Взаимосвязь уровня общей физической работоспособности и зрительного утомления у мужчин и женщин при выполнении прецизионных работ

В.В. Матюхин, главный научный сотрудник, д-р мед. наук, профессор

Е.Г. Ямпольская, старший научный сотрудник, канд. биол. наук

Э.Ф. Шардакова, ведущий научный сотрудник, канд. биол. наук

В.В. Елизарова, старший научный сотрудник, канд. биол. наук

ФБГНУ « Научно-исследовательский институт медицины труда», г. Москва

e-mail: mt-matuhin@mail.ru, vveliz2009@yandex.ru

Ключевые слова:

общая физическая работоспособность, зрительное утомление, прецизионные работы.

Исследованиями установлено, что у лиц, выполняющих прецизионные работы, зрительное утомление во время рабочей смены обусловлено не только зрительной нагрузкой, но и уровнем общей физической работоспособности. Установлено, что при низком уровне общей физической работоспособности изменения в зрительном анализаторе выражены в течение рабочей смены в большей степени у женщин, чем мужчин. Рекомендовано для поддержания работоспособности проводить в течение рабочего дня мероприятия по повышению уровня физической подготовленности.

На современном производстве резко увеличился контингент лиц, выполняющих трудовые операции с малыми объектами различения, что требует применения в работе оптических средств (лупы, микроскопа). Труд стал более легким в физическом отношении, но при этом увеличились его нервная напряженность, монотонность, гипокинезия (недостаточная двигательная активность) и время пребывания в вынужденной рабочей позе.

Исследования, проведенные рядом авторов, показывают, что в организме работающего человека под влиянием недостаточной двигательной активности, интегральным показателем которой является уровень общей физической работоспособности (ОФР), выявлены изменения, свидетельствующие о развитии зрительного напряжения в динамике смены [1, 2, 3]. Известно, что низкий уровень ОФР увеличивает физиологическую стоимость работы вследствие снижения резервных возможностей организма, что выступает причиной развития утомления и снижения работоспособности.

Основная цель работы — изучить развитие зрительного утомления в динамике смены у мужчин и женщин при выполнении прецизионных работ с учетом уровня их физической подготовленности. Исследования проводились на таких профессиональных группах, как врачи-цитологи, операторы-микроскописты, сборщики часов, огранщики, обдирщики алмазов и др. Анализ условий труда изученных групп показал, что при выполнении прецизионных работ основным неблагоприятным фактором труда выступают сенсорные нагрузки, обусловленные временем работы с оптическими приборами и временем сосредоточенного наблюдения, т.е. чем большую часть смены составляют сенсорные нагрузки, тем более напряженный труд. Следует отметить, что более 80% трудовых операций протекают под контролем зрения и в большинстве случаев сопровождаются ограничением двигательной активности из-за выполнения их в малоподвижной рабочей позе. Показатель двигательной активности выражается через уровень ОФР, который количественно характеризуется по-

Таблица 1

Распределение уровней ОФР у мужчин и женщин, выполняющих прецизионные работы, %

Показатель	Низкий уровень ($X - \sigma$)	Средний уровень ($X \pm \sigma$)	Высокий уровень ($X + \sigma$)
<i>Мужчины</i>			
МПК (мл/мин·кг)	< 32,0	33,0–42,0	> 42,0
PWC ₁₇₀ (кгм/мин·кг)	< 13,0	14,0–16,0	> 16,0
Доля обследованных, %	49,0	32,0	19,0
<i>Женщины</i>			
МПК (мл/мин·кг)	< 26,0	27,0–36,0	> 36,0
PWC ₁₇₀ (кгм/мин·кг)	< 11,0	12,0–14,0	> 14,0
Доля обследованных, %	52,0	36,0	12,0

казателями МПК¹ и PWC₁₇₀². На основе сигмальных отклонений определялись низкие, средние и высокие уровни ОФР у лиц 20 профессиональных групп, выполняющих прецизионные работы: у мужчин в возрасте 25–39 лет и женщин 25–35 лет (табл. 1). Для исследования зрительного анализатора в динамике рабочей смены был подобран комплекс методов, позволяющих оценить функциональное состояние зрительного анализатора.

С этой целью были выбраны методики, позволяющие достаточно полно охарактеризовать в производственных условиях состояние зрительного анализатора. Используемый комплекс методов включал: определение объема аккомодации, времени восприятия последовательного контраста (ВВПК³), критической частоты слияния световых мельканий (КЧССМ⁴).

Из табл. 1 видно, что как среди мужчин, так и среди женщин наиболее высокий процент составляют лица с низким уровнем ОФР (49% у мужчин и 52% у женщин). Только 19% мужчин и 12% женщин имеют высокие значения ОФР. В исследованиях ряда авторов показано, что нет ни одной системы в организме человека, функция которой не изменилась бы под влиянием недостаточной двигательной активности [4, 5, 6]. Исходя из этого, можно предположить, что низкий уровень ОФР в сочетании с неблагоприятными факторами трудовой деятельности — в данном случае со зрительно-напряженной работой прецизионного характера — может стать причиной

развития перенапряжения организма в динамике смены, включая зрительный анализатор. Формирование зрительного напряжения в динамике смены проявляется в снижении объема аккомодации вследствие удаления ближайшей точки ясного видения и приближения дальнейшей точки ясного видения, а также в изменении временных характеристик органа зрения — ВВПК И КЧССМ.

В табл. 2 представлены показатели, характеризующие состояние зрительного анализатора. Видно, что на их изменение оказывают влияние не только характер зрительно-напряженной работы, но и уровень ОФР. В динамике смены как в группе мужчин, так и в группе женщин отмечается снижение объема абсолютной аккомодации⁵, независимо от уровня ОФР,

¹ Показатель МПК характеризует наибольшее количество кислорода, потребляемое человеком в течение 1 минуты, это критерий аэробной мощности. В настоящее время определение МПК широко используется для решения вопроса о профессиональной пригодности людей, оценки их физической подготовленности, а также для диагностики функционального состояния кардио-респираторной системы. Прямые методы определения МПК связаны с предельными физическими нагрузками и наличием относительно дорогой и сложной аппаратуры. Величину МПК можно рассчитать по формуле:

$$\text{МПК} = (1,7 \cdot \text{PWC}_{170} + 1240) / P,$$

где МПК — потребление кислорода на единицу массы тела (мл/мин · кг); PWC₁₇₀ — абсолютное значение физической работоспособности в кгм/мин; P — вес тела, кг (Ред.).

² PWC₁₇₀ (от англ. Physical Working Capacity — физическая работоспособность) — мощность мышечной работы при частоте сердечных сокращений равной 170 уд./мин (кгм/мин). Метод определения физической работоспособности PWC₁₇₀ основан на линейной зависимости между ЧСС и мощностью выполняемой работы. Чтобы сравнивать уровень физической работоспособности у людей различного возраста и пола и с различной массой тела, рассчитывают относительные величины PWC на 1 кг массы тела (кгм/мин · кг) (Ред.).

³ ВВПК — время восприятия последовательного контраста, с — минимальное время, в течение которого различаются сменяющиеся последовательно контрасты (Ред.).

⁴ КЧССМ — критическая частота слияния световых мельканий, Гц — пороговая частота, выше которой стационарный мелькающий свет не воспринимается как мелькающий (становится неотличимым от непрерывно включенного света) (Ред.).

⁵ Объем аккомодации (amplitude accommodation; син.: амплитуда аккомодации, сила аккомодации) — увеличение преломляющей силы оптической системы глаза при максимальном напряжении аккомодации по сравнению с минимальным, выраженное в диоптриях (Ред.).

Таблица 2

Показатели зрительного анализатора
в динамике смены в зависимости от уровня ОФР

Уровень ОФР	Время измерения	Объем аккомодации (диоптрии)	ВВПК (с)	КЧССМ (Гц)
<i>Мужчины 25–39 лет</i>				
Низкий уровень	Начало смены	5,78 ± 0,27	8,9 ± 0,36	42,4 ± 1,42
	Конец смены	4,90 ± 0,31	7,08 ± 0,34	36,3 ± 0,98
	<i>P</i> *	< 0,01	< 0,001	< 0,01
	% изменений	15,3	20,5	14,4
Средний уровень	Начало смены	6,40 ± 0,41	8,34 ± 0,33	40,8 ± 2,16
	Конец смены	5,85 ± 0,49	7,52 ± 0,41	37,3 ± 2,04
	<i>P</i>	> 0,05	> 0,05	> 0,05
	% изменений	8,6	9,9	8,6
Высокий уровень	Начало смены	6,60 ± 0,23	8,02 ± 0,29	41,0 ± 2,14
	Конец смены	6,20 ± 0,22	7,4 ± 0,45	39,1 ± 1,96
	<i>P</i>	> 0,05	> 0,05	> 0,05
	% изменений	6,1	7,8	4,7
<i>Женщины 25–35 лет</i>				
Низкий уровень	Начало смены	6,93 ± 0,37	9,0 ± 0,24	43,6 ± 2,14
	Конец смены	5,57 ± 0,31	6,6 ± 0,42	36,1 ± 1,63
	<i>P</i>	< 0,01	< 0,001	< 0,05
	% изменений	19,7	26,7	17,3
Средний уровень	Начало смены	6,77 ± 0,36	9,1 ± 0,29	39,9 ± 2,01
	Конец смены	5,90 ± 0,30	8,0 ± 0,31	36,0 ± 1,34
	<i>P</i>	> 0,05	< 0,05	> 0,05
	% изменений	12,9	12,1	9,8
Высокий уровень	Начало смены	6,67 ± 0,35	8,6 ± 0,31	41,5 ± 2,04
	Конец смены	5,98 ± 0,28	8,1 ± 0,18	39,6 ± 1,96
	<i>P</i>	> 0,05	> 0,05	> 0,05
	% изменений	10,4	5,9	4,6

* *P* – достоверность различий между началом и концом смены.

причем в группе женщин эти изменения выражены более отчетливо и составляют 10,4–19,7% по сравнению с группой мужчин, у которых снижение объема аккомодации имеет место к концу смены.

Сравнительный анализ изменения объема аккомодации в зависимости от уровня ОФР показал, что наибольшие изменения были отмечены у лиц с низким уровнем физической подготовленности. У женщин эти изменения носили достоверный характер ($P \leq 0,05$) и были выражены более отчетливо (19,7%), чем у мужчин (15,3%). У лиц со средним и высоким уровнями ОФР отсутствует достоверное снижение объема аккомодации, соответственно, значитель-

но менее выражено изменение показателей к концу рабочего дня (8,6–6,1% у мужчин и 12,9–10,4% у женщин).

Низкий уровень ОФР оказывает влияние на изменение временных показателей зрительного анализатора. Так, выявлено достоверное ($P \leq 0,05$) снижение абсолютных значений ВВПК у женщин (на 26,7%) и у мужчин (на 20,5%), т.е. снижение составляло более 15%, что свидетельствует о развитии зрительного утомления к концу смены. При среднем и высоком уровнях ОФР снижение ВВПК составляет 12,1–5,9% у женщин и 9,9–7,8% у мужчин (табл. 2). Проведенные исследования показали также, что точная зрительная работа выступает причиной снижения лабильности⁶ зрительного анализатора, что подтверждается достоверными ($P \leq 0,001$) данными об изменении КЧССМ. В динамике смены при низкой ОФР снижение КЧССМ составляло 17,3% у женщин и 14,4% у мужчин. При средней и высокой ОФР снижение КЧССМ незначительно (8,6–9,8% при средней ОФР и 4,4–4,6% при высокой, соответственно, у мужчин и женщин — см. табл. 2). Множественный регрессионный анализ выявил вклад низкого уровня ОФР в изменение функционального состояния зрительного анализатора, который оказался примерно одинаковым для мужчин и женщин и составил 68,6–69,4% при коэффициенте корреляции 0,74–0,83, т.е. чем ниже уровень ОФР, тем более выражены изменения в зрительном анализаторе.

Полученные объективные данные, характеризующие функциональное состояние зрительного анализатора при выполнении прецизионных работ, отчетливо выявили взаимосвязь изменений в зрительном анализаторе и уровня ОФР: чем ниже уровень ОФР, тем больше глубина изменений, выявленных в зрительном анализаторе к концу смены. При этом следует отметить, что низкий уровень ОФР оказывает более неблагоприятное влияние на организм женщин, чем мужчин.

Проведенный анкетный опрос по выявлению жалоб на зрительный дискомфорт у лиц, выполняющих прецизионные работы, показал, что и по субъективным показателям на возникновение неприятных ощущений в зрительном анализаторе большое влияние оказывает низкий уровень физической подготовленности. Выявленный зрительный дискомфорт проявляется в таких ощущениях, как «покраснение глаз», «резь в глазах», «затуманивание и нечеткость зрения», «зрительное и общее

⁶ Лабильность (лат. *labilis* — скользящий, неустойчивый) — свойство нервных процессов (нервной системы), проявляющееся в способности проводить определенное количество нервных импульсов за единицу времени. Лабильность также характеризует скорость возникновения и прекращения нервного процесса.

утомление». Выявлено, что чем ниже уровень ОФР, тем большее число опрошенных жалуются на зрительный дискомфорт, который возрастает к концу смены. У лиц с низким уровнем физической подготовленности к концу работы 72,4% и 73,55% опрошенных женщин и жаловались на зрительное и общее утомление (по сравнению с 9,8% и 9,2% в начале смены). В то же время у лиц с высоким уровнем ОФР только 33,6–38,4% опрошенных женщин жаловались на развитие зрительного и общего утомления в конце смены (в начале работы доля лиц, жалующихся на развитие утомления, составляла 6,2–7,3%). Обследованная группа мужчин предъявляла значительно меньше астенопических⁷ жалоб на различные симптомы зрительного утомления. Однако и в группе мужчин доля лиц, говорящих о зрительном и общем утомлении, была значительно выше при низком уровне ОФР и составляла в конце смены 58,4–52,8% по сравнению с 6,1–5,8% в начале смены. При высокой ОФР в конце смены 21,5–20,3% жаловались на развитие общего и зрительного утомления (в начале смены 4,2–3,8%).

Следовательно, для поддержания работоспособности на оптимальном уровне при выполнении прецизионных работ необходимо применять методы коррекции, способствующие повышению уровня ОФР. С этой целью для лиц, имеющих низкий уровень ОФР, был разработан специальный вид тренировок на велоэргометре, введенных в режим рабочего дня и выполняемых во время регламентированных перерывов. Общая продолжительность одного тренировочного занятия составляла 10–15 мин. Результатом проведения физических тренировок в течение рабочего дня стало повышение уровня общей физической подготовленности работающих и, соответственно, снижение зрительного утомления в динамике смены. Так, если до тренировки снижение объема аккомодации составляло 12% и ВВПК — 23,5%, то после тренировки объем аккомодации снижался в конце смены только на 4,0%, а снижение ВВПК достигало 12,0%. Также после тренировочных занятий снизилось число лиц, жалующихся на возникновение субъективных ощущений чувства усталости и зрительный дискомфорт.

Сравнительный анализ объективных и субъективных показателей у лиц, выполняющих прецизионные работы, показал, что развивающееся у них

в динамике смены зрительное и общее утомление обусловлено не только влиянием зрительно-напряженной работы, но и уровнем ОФР. При этом следует отметить, что при среднем и высоком уровнях ОФР в динамике смены отмечаются изменения физиологических функций, свидетельствующие о развитии рабочего напряжения, причем показатели изменения функционального состояния зрительного анализатора находятся в пределах физиологических норм. У лиц с низким уровнем ОФР показатели, характеризующие зрительное напряжение, превышают физиологические нормы, т.е. рабочее напряжение при низком уровне ОФР переходит в перенапряжение. На основании полученных данных разработаны стандартизованные показатели уровней физической работоспособности и величины физиологических показателей в динамике смены, которые следует считать нормой для мужчин и женщин при прецизионных работах [7].

Выводы

Проведенные исследования на профессиональных группах, выполняющих прецизионные работы, показали, что величина зрительной нагрузки, превышающая нормативные величины, становится причиной развития зрительного перенапряжения. Выявлена зависимость между уровнем ОФР и изменениями в зрительном анализаторе у мужчин и женщин. Оценка уровня ОФР показала, что при выполнении прецизионных работ 49% обследованных мужчин и 52% женщин имеют низкий уровень ОФР и только у 19% мужчин и 12% женщин выявлен высокий уровень ОФР. У лиц с низкой ОФР изменения в зрительном анализаторе выражены в гораздо большей степени, чем у лиц с хорошей физической тренированностью. Сравнительный анализ влияния низкого уровня ОФР на организм мужчин и женщин показал, что наиболее неблагоприятные изменения в зрительном анализаторе в динамике смены отмечались в организме женщин. Для предотвращения развития перенапряжения в зрительном анализаторе и поддержания работоспособности в динамике смены на оптимальном уровне необходимо проводить мероприятия, направленные на повышение уровня физической подготовленности как в течение рабочего дня, так и в центрах восстановления работоспособности в свободное от работы время.

⁷ Астенопия — зрительный дискомфорт или утомляемость, быстро наступающие во время зрительной работы. Особенно часто это чувство появляется во время работы глаз на близком расстоянии от предмета внимания. В настоящее время астенопия не рассматривается как заболевание. При своевременном выявлении его оценивают как расстройство, которое может предшествовать патологическому изменению зрения и даже привести к офтальмологическим заболеваниям (Ред.).

Литература

1. Абольян Л.В. Значение уровня общей физической работоспособности в развитии утомления работников в условиях профессиональной гипокинезии // Гигиена труда и профзаболеваний. 1982. № 10. С. 14–18.
2. Ямпольская Е.Г., Шардакова Э.Ф., Елизарова В.В. Изучение взаимосвязи ОФР и показателей заболеваемости // Психофизиологические аспекты трудовой деятельности. — Тверь, 2007. — С. 43–49.
3. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 302 «Об утверждении государственной программы РФ «Развитие физической культуры и спорта».
4. Матюхин В.В., Бухтияров И.В., Юшкова О.И. Роль физиологии труда в сохранении работоспособности и здоровья у работников различных видов трудовой деятельности // Медицина труда и промышленная экология. 2013. № 6. С. 19–24.
5. Миронов А.И., Гадакчан К.А., Жилова Н.А. Физиолого-гигиеническая оценка труда и здоровья лиц зрительно-напряженного труда // Мат. X Всеросс. съезда гигиенистов и сан. врачей. Т. 2. — М., 2007. — С. 1180–1182.
6. Корнюшина Т.А. Охрана здоровья работников, занятых зрительно-напряженными видами труда // Сб. мат. VI Всеросс. конгр. «Проф. и здоровье». — М., 2007. — С. 103–104.
7. Методические рекомендации по оценке физиологических норм напряжения организма с учетом гендерных различий при различных видах трудовой деятельности (умственной, зрительно-напряженной, физической) / Утв. 26.02.2015.

References

1. Abolian L.V. The value of the level of General physical capacity in the development of fatigue of workers in the context of professional hypokinesia. *Zh. Gigena truda i profzabolevaniya*. [J. occupational Hygiene and Industrial medicine]. 1982, I. 10, pp. 14–18. (in Russian)
2. Yampolskaya G.E., Shardakova E.F., Elizarova V.V. Study of the relationship of the OFR and morbidity. *Sb. nauch. trudov «Psihofiziologicheskie aspektyi trudovoy deyatel'nosti»* [In proc. scientific. works "Psychophysiol. aspects of the labor activity"]. Tver, 2007, pp. 43–49. (in Russian)
3. *The RF Government decree dated 15.04.2014 No. 302 «Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmyi RF «Razvitie fizicheskoy kulturyi i sporta»* [About approval of the state program of the Russian Federation "Development of physical culture and sport"]
4. Matuhin V.V., Bukhtiyarov I.V., Yushkova O.I. The Role of the physiology of labor in co-storage performance and health among workers of different types of work. *Zh. Meditsina truda i prom. ekologiya* [J. occupational Medicine and Industrial ecology] 2013, I. 6, pp. 19–24. (in Russian)
5. Mironov A.I., Gadakchan K.A., Gilova N.A. Physiological and hygienic assessment of the safety and health of persons visually-intense work. *Mat. X Vseross. s'ezda gigenistov i san. vrachey*. [Mat. X All-Russian. Congress of hygienists and San. doctors]. Moscow, 2007, V. 2, pp. 1180–1182 (in Russian)
6. Korniyushina T.A. Health care workers hand-strained types of labour. *Sb. mat. Y1 Vseross. kongr. «Prof. i zdorove»*. [In proc. Mat. Y1 Of The Russian.congruence. "Prof. and health.». Moscow, 2007, pp. 103–104. (in Russian)
7. Guidelines for the assessment of physiological norms of stress the body with regard to gender differences in different types of labor activities (mental, visually-intense, physical). *Utverzhdeniyi na Mezhhvedomst. Nauchnom Sovete* [Approved at Megadams. Scientific Council] No. 45 G. 26.02.2015.

Correlation between General Physical Working Capacity and High-Precision Operations' Visual Fatigue among Men and Women

V.V. Matyukhin, Chief Researcher, Doctor of Medicine, Professor, FSBSI «Research Institute of Occupational Health»
E.G. Yampolskaya, Senior Researcher, Ph.D. in Biology, FSBSI «Research Institute of Occupational Health»
E.F. Shardakova, Leading Researcher, Ph.D. in Biology, FSBSI «Research Institute of Occupational Health»
V.V. Elizarova, Senior Researcher, Ph.D. in Biology, FSBSI «Research Institute of Occupational Health»

Researches prove that precision operations staff demonstrates visual fatigue during the shift depending not only on visual load, but on the level of general physical capacity. It is established that given the low level of physical capacity women show greater visual analyzer changes than men during the shift. On-shift activities to increase the physical training level are necessary to maintain work capacity.

Keywords: general physical working capacity, visual fatigue, high-precision operations.