М. А. Шансков,канд. биол. наук,доц. каф. безопасности производств(Национальный минерально-сырьевойуниверситет «Горный», г. Санкт-Петербург, Россия)

Использование физиологических показателей в оценке тяжеститруда шахтера

Аннотация. В статье рассматриваются методические аспекты использования физиологических показателей в оценке тяжести труда шахтера. Показано значение сердечного ритма, насыщения крови кислородом в исследовании функционального состояния организма горняков. Рассмотрены гипоксемические состояния с применением модельных анаэробных и аэробных физических нагрузок.

Ключевые слова: гипоксемия, парциальное давление кислорода, сердечный ритм.

Summary. The article deals with the methodological aspects of the use of physiological indicators to assess the severity of the miners, shows the importance of heart rate, oxygen saturation in the study of the functional state of the miners. Considered hypoxemic state model using anaerobic and aerobic exercise.

Keywords: hypoxemia, oxygen partial pressure, heart rate.

Основными гигиеническими особенностями условий труда в шахтах являются: изоляция от дневной поверхности, неблагоприятный микроклимат (влажный нагревающий), измененный газовый состав воздуха, повышенное барометрическое давление и др. Мониторинг текущего функционального состояния должен выявлять негативные изменения в работе основных систем организма шахтера и служить основой для оптимизации шахтерского труда.

Анализ публикаций в отечественной литературе по медико-биологическим аспектам труда шахтеров за последние 10 лет показал следующее: 70% всех публикаций посвящены вопросам профессиональной патологии, 15% работ уделяют внимание физиологии труда, 10% — питанию и 5% — травматизму. Данное положение свидетельствует о том, что современные исследователи фактически констатируют существующее положение с состоянием здоровья горняков, а не работают на опережение исходя из изменившихся условий труда, технического оснащения и состояния здоровья молодежи. С 1985 г. на 2,5–4 кг снизился среднепопуляционный показатель

УДК612.766.1; 612.825.8

массы тела подростков 15 лет; на 1,5 см уменьшился рост и на 5–9 см — окружность грудной клетки. На 3–5 кг снизились и силовые возможности подростков (по показателям кистевой динамометрии). Все это требует новых подходов при рационализации трудовой деятельности горняков.

В настоящей статье мы хотели бы затронуть методические аспекты использования физиологических показателей в оценке тяжести труда шахтеров. На наш взгляд, применяемые в физиологии труда шахтера методики в современных условиях должны отвечать следующим требованиям:

1) минимальное количество используемых показателей и датчиков;

2) легкость установки и съема аппаратуры;

3) максимальная информативность поступающей информации;

4) наличие репрезентативных популяционных норм (модельных характеристик);

5) апробированные алгоритмы оценивания и представления результатов тестирования;

6) надежность, безопасность и технологичность в эксплуатации.

К числу физиологических показателей, обеспечивающих большую информативность для оценки состояния организма, можно отнести сердечный ритм и насыщение крови кислородом. Вариационный анализ сердечного ритма способен дать информацию об изменениях функционального состояния в динамике, выявлять патологические состояния, адаптационные резервы организма. Частота сердечных сокращений в процессе работы в условиях нагревающего климата может достигать 150–180 уд./мин, что является предельным для физиологии труда. Следует отметить, что на частоту и ритм сердечных сокращений могут влиять эмоции, информационные перегрузки, раздражение вестибулярного анализатора и т.д. Поэтому сердечный ритм не может полностью отражать влияние выполняемой работы на организм шахтера.

Двигательная деятельность может приводить к появлению гипоксемических состояний, причем как при интенсивных, так и при небольших по мощности физических нагрузках. При этом отмечается снижение парциального давления кислорода и повышение парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе, что может быть обусловлено задержками дыхания и поздно-респираторными реакциями. Парциальное давление кислорода при этом достигает 80–85 мм рт. ст. В обычных условиях снижение парциального давления кислорода практически не сказывается на насыщении крови кислородом благодаря S-образной форме кривой диссоциации гемоглобина. Однако комбинированное сочетание таких факторов, как повышенная температура, снижение pH (эффект Бора), увеличение парциального напряжения углекислого газа, будет приводить к сдвигу кривой диссоциации гемоглобина вправо. Снижение насыщения гемоглобина кислородом в артериальной крови при этом может достигать 80–85% против 97% в состоянии покоя. На рис. 1 показаны изменения на сыщения крови кислородом и парциального давления кислорода и углекислого газа в ходе выполнения модельной физической нагрузки анаэробного характера.

Обращает на себя внимание тот факт, что при небольших изменениях парциальных давлений кислорода и углекислого газа отмечается выраженное снижение насыщения крови кислородом. Возможно, это проявление эффекта Бора вследствие появления в крови испытуемых молочной кислоты при интенсивной нагрузке. Кстати, аналогичные результаты были получены в классическом исследовании L. B. Rowell et al. [3] при выполнении испытуемыми интенсивной трехминутной нагрузки на тредбане. Причем в отличие от наших исследований, в которых насыщение крови определялось оксигемометром (бескровно), данные американских исследователей получены при катетеризации брюшной аорты. В таких условиях повышается вероятность возникновения кислородного голодания мозга, что представляет опасность для выполнения основных трудовых процессов, их точности, своевременности принятия решений. Повышенное барометрическое давление даже в глубоких шахтах не способно компенсировать эти сдвиги кислородных режимов организма шахтера.

На рис. 2 показаны результаты исследования энерготрат (ЭТ), альвеолярного воздуха и частоты сердечных сокращений (ЧСС) при выполнении испытуемыми длительной физической нагрузки аэробного характера.

Характер физиологических сдвигов по ЧСС и ЭТ весьма близок к сдвигам, полученным в процессе труда шахтера. Что касается изменений соста

Рис. 1. Изменения насыщения крови кислородом (HBO_2),парциального давления кислорода (PaO_2) и углекислого газа ($PaCO_2$)в альвеолярном воздухе у человека под влиянием физической нагрузки (n = 10) ва альвеолярного воздуха, то и при данной умеренной нагрузке они достаточно выражены.

В исследованиях ученых из Казахстана [1] в условиях терапевтического отделения было обследовано 62 больных с хроническим бронхитом от воздействия угольно-породной пыли. Были выявлены три группы в зависимости от степени гипоксемии: 1-я группа — 15 больных с нормальным напряжением кислорода в крови (PaO_2 более 80 мм рт. ст.); 2-ю группу составили 28 больных с умеренной гипоксемией (60–79 мм рт. ст.); 3-я группа — 19 больных с резким снижением PaO_2 (ниже 60 мм рт. ст.). Следовательно, хронические пылевые заболевания легких в настоящее время являются одной из больших медицинских и социально значимых проблем.

Анализ литературных данных показывает, что при контакте пылевой частицы с мембраной фагоцита существенно повышается уровень потребления кислорода клеткой. И практически весь дополнительно поглощенный кислород не используется ни на энергетические, ни на пластические потребности клетки. Как считают Д. В. Фоменко с соавторами [2], достоверный рост количества эритроцитов и соответственно гемоглобина в крови — попытка организма справиться с недостаточностью кислорода. Запыленная легочная ткань, будучи не в состоянии захватить необходимое количество кислорода, пытается компенсировать его недостаток увеличением числа эритроцитов, транспортирующих кислород.

Таким образом, спектр методических проблем, лежащих в сфере физиологии труда шахтеров, требует своевременного и адекватного решения.

Рис. 2. Изменения энерготрат (ЭТ), парциального давления кислорода (PaO_2)и углекислого газа ($PaCO_2$) в альвеолярном воздухе и частоты сердечныхсокращений (ЧСС) у человека под влиянием физической нагрузки (n = 12)

Литература

1. Аманбекова А. У. Изучение взаимоотношений показателей гемодинамики и степени оксигенации у больных с хроническим пылевым бронхитом / А. У. Аманбекова, Ж. Ш. Ешмагамбетова, С. М. Бекпосынова // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2005. № 8 (46). С. 91–93

2. Фоменко Д. В. Медико-биологические исследования профессиональной патологии органов дыхания у шахтеров / Д. В. Фоменко, К. Г. Громов, П. В. Золоева, Н. Н. Михайлова // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2007. № 25. С. 67–71.

3. Rowell L. B. Saturation of arterial blood with oxygen during maximal exercise / L. B. Rowell, H. L. Taylor, Y. Wang and W. S. Carlson // J. Appl. Physiol. 1964. March 1. 19 : 284–286.