

# ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ БИОМЕТАЛЛОВ (КАЛЬЦИЯ, МАГНИЯ, МЕДИ, ЖЕЛЕЗА, ЦИНКА) В СИСТЕМЕ «ПЛАЗМА-ЛИМФА» ПРИ ВИБРАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ И НА ЭТАПАХ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

*П. М. Возралик, Ю. В. Начаров*

*ГОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет Росздрава»  
(г. Новосибирск)*

Настоящая работа посвящена изучению изменений содержания биометаллов в системе «плазма – лимфа» в условиях вибрационных воздействий, в ранний и поздний восстановительный периоды и при коррекции эссенциальными фосфолипидами. Полученные нами данные позволяют говорить о системном характере нарушений обмена биометаллов и об активном участии лимфатической системы в ответных реакциях организма на вибрационное воздействие, формировании «метаболической платформы» нарушений гемо- и лимфоциркуляции. Полученные данные позволяют оценить вклад нарушений обмена биометаллов в патогенез вибрационной болезни и в понимание роли лимфатической системы в адаптивно-компенсаторных реакциях организма, направленных на поддержание гомеостаза. Терапевтические эффекты эссенциале Н максимально проявлялись в поздний восстановительный период.

*Ключевые слова:* виброопасное производство, патогенез вибрационной болезни

---

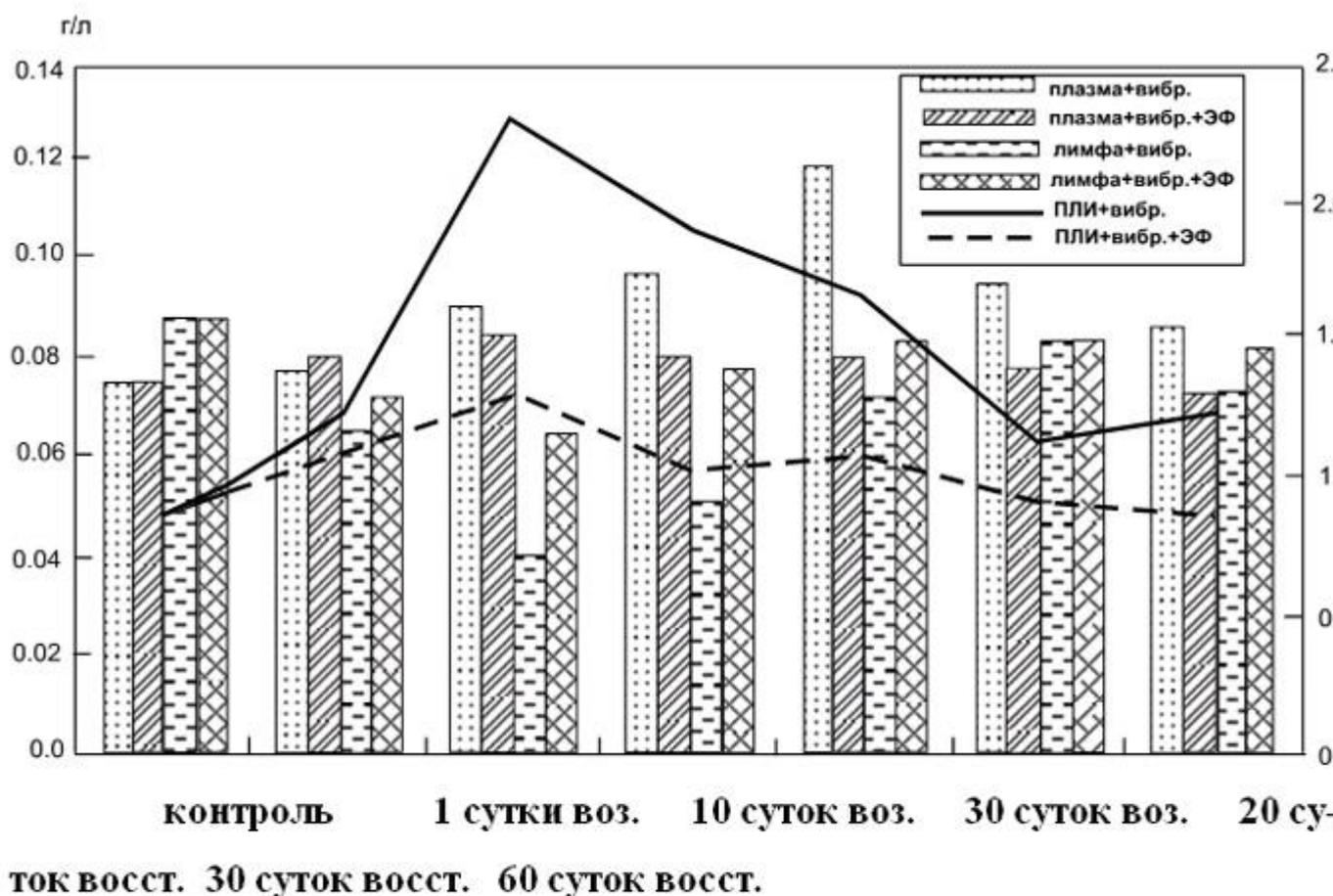
**Актуальность темы.** Несмотря на осуществляемые мероприятия санитарно-гигиенического, технического, оздоровительного плана, распространенность профессиональной патологии среди рабочих виброопасных производств по-прежнему значительна. В то же время имеется ограниченное количество исследований, посвященных обмену биометаллов при вибрационных воздействиях. Мало сведений и о роли лимфатической системы – важного звена гомеостаза – в регуляции компенсации нарушений обмена биометаллов под действием вибрации, а также о перераспределении биометаллов в системе «плазма – лимфа» [1–5].

**Цель исследования:** изучение изменений содержания биометаллов в системе «плазма – лимфа» в условиях вибрационных воздействий, в ранний и поздний восстановительный периоды, а также на фоне коррекции эссенциальными фосфолипидами.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В период воздействия и ранний восстановительный период (до 20-х суток восстановления) наблюдалось повышение плазменного пула кальция на 60 % выше

контрольного значения на фоне снижения его в лимфе. Избыток кальция, как известно, поддерживает активность ПОЛ. Системный характер повреждения клеточных мембран при вибрационной патологии, в том числе в гладкомышечных клетках артерий, может быть основой для повышения их контрактильности вследствие накопления в цитоплазме свободного кальция и приводит к развитию специфического для вибрационной болезни периферического ангиодистонического синдрома, влияя на сосудистый тонус, реологические свойства крови, микроциркуляцию, региональный кровоток [2, 3]. Увеличение содержания кальция в плазме крови сопровождалось уменьшением его содержания в лимфе: на 1-е сутки воздействия содержание кальция уменьшалось на 26 %, а на 10-е сутки – на 54 % по сравнению с контрольным значением. Начиная с 30-х суток воздействия и в период восстановления, наблюдалось постепенное увеличение содержания кальция в лимфе. На 60-е сутки восстановительного периода концентрация кальция в лимфе практически достигала контрольного значения, что может быть связано с компенсаторной реакцией лимфатической системы, выводящей избыток кальция из тканей [2].

У животных, получавших препарат эссенциале Н динамика содержания кальция в плазме крови и лимфе носила менее выраженный характер: в плазме крови на протяжении всего периода исследования она существенно не отличалась от контрольного значения; в лимфе же отличалась от контрольного значения лишь на 1-е и 10-е сутки воздействия соответственно на 18 и 26 %. При коррекции эссенциале Н значения ПЛИ кальция были выше контрольного значения на 1-е сутки воздействия на 30 %, на 10-е – на 50 %. К 60-м суткам восстановительного периода ПЛИ кальция снижался практически до контрольного значения, что свидетельствует о нормализации межсистемных соотношений кальция к концу восстановительного периода (рис. 1).



*Рис. 1. Динамика содержания кальция в плазме крови, лимфе и ПЛИ при вибрационных воздействиях, в ранний и поздний восстановительный периоды и на фоне коррекции*

Восполнение разрушенных структурных элементов мембраны эссенциальными фосфолипидами способствует восстановлению поврежденных мембранных структур, стабилизации мембран и кальциевых каналов и восстановлению нарушенного баланса кальция.

Увеличение содержания магния в плазме крови до 10-х суток воздействия в 2,4 раза в сочетании с увеличением содержания кальция до 20-х суток восстановительного периода отражает процессы мобилизации магния из тканей как кофактора многочисленных энзимных реакций, необходимых для активации энергетического и пластического обмена. Известно, что усиление процессов липидпероксидации с депрессией антиоксидантной системы (АОС) при вибрационной болезни сопровождаются системными поражениями мембран клеток и субклеточных структур, сдвигами нейрогормональной регуляции по типу ранней инволютивной перестройки, расстройствами микроциркуляции со снижением пластического и энергетического обеспечения органов и тканей, хронической гипоксией. Кроме того, изменение концентрации внеклеточного магния приводит к спазму сосудов, повышению их чувствительности к прессорным агентам [3].

Содержание магния в лимфе уменьшалось и на 10-е сутки периода воздействия составляло 50 % от контрольного значения, затем наблюдалось его постепенное увеличение (рис. 2).

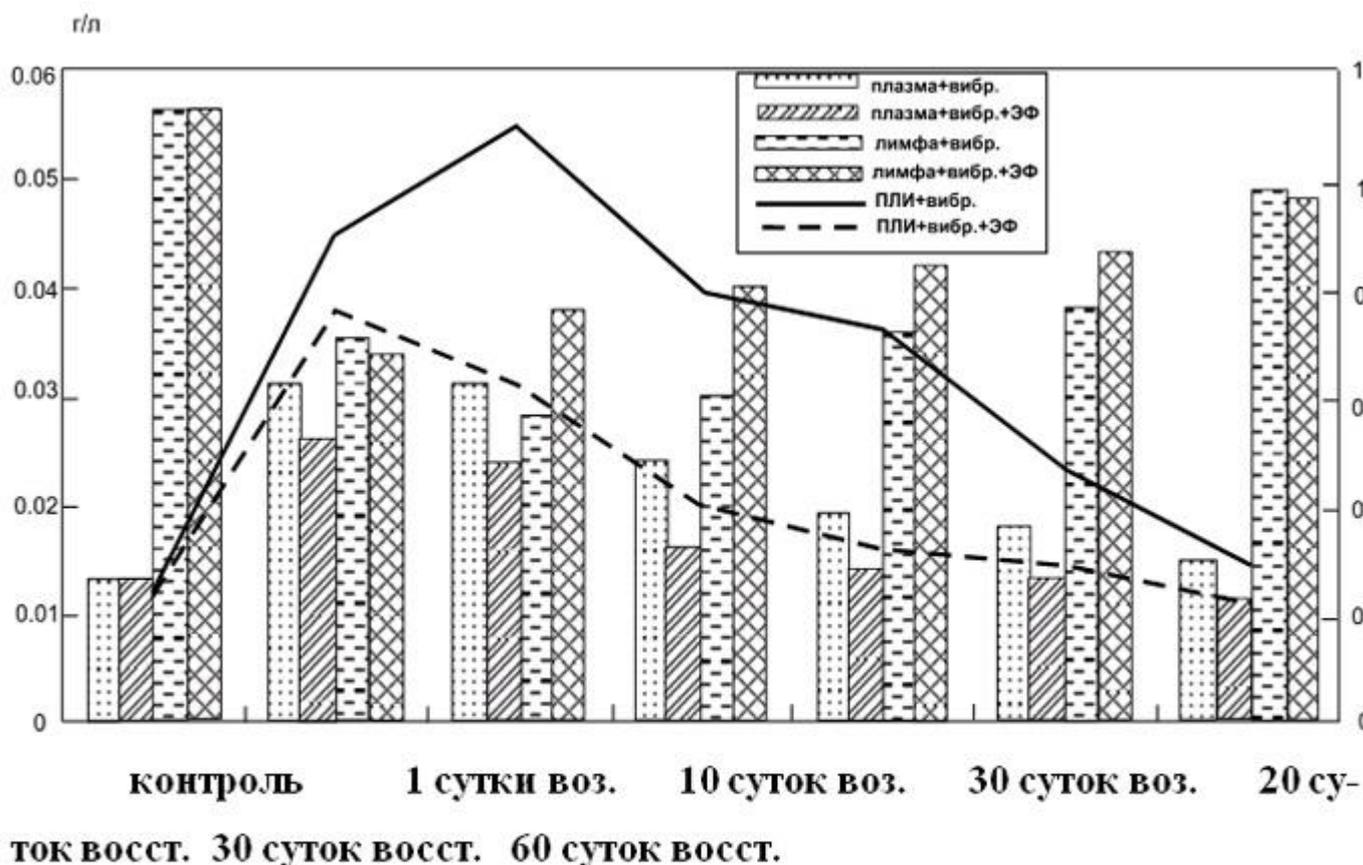


Рис. 2. Динамика содержания магния в плазме крови, лимфе и ПЛИ при вибрационных воздействиях, в ранний и поздний восстановительный период и на фоне коррекции

Значение ПЛИ магния увеличивалось и на 10-е сутки вибрационного воздействия превышало контрольное значение в 4,8 раза, далее наблюдалось его снижение к 30-м суткам восстановления в 2 раза выше контрольного значения.

Наблюдаемое снижение показателей гемолимфатических соотношений магния на 60-е сутки периода восстановления приобретает тенденцию к нормализации, тем самым подтверждая возможность депонирования магния в лимфатической системе для последующего его использования по мере необходимости («recycling») [2]. У животных, получавших препарат эссенциале Н, на протяжении всего периода исследования изменения содержания магния были существенно меньшими, чем у животных 1-й группы. В то же время концентрации магния в лимфе у животных, получавших препарат, были существенно выше таковых, чем у животных 1-й группы в течение всего периода исследования. На фоне коррекции значения ПЛИ магния на протяжении всего периода исследования были ниже таковых,

чем у животных 1-й группы. На 60-е сутки восстановительного периода ПЛИ магния практически достигал контрольного значения, что может свидетельствовать о нормализации межсистемных отношений магния между кровеносным и лимфатическим руслом.

Обнаруженное повышение содержания цинка в плазме крови на 1-е сутки вибрационного воздействия в 5,6 раза, вероятно, обусловлено поступлением этого биометалла из тканевого «депо» под действием глюкокортикоидов в ответ на вибрационный стресс, а так же как возможный вариант антиоксидантной защиты [2, 5, 6]. Начиная с 10-х суток воздействия вибрации и в течение всего восстановительного периода, содержание цинка в плазме крови постепенно уменьшалось, к 60-м суткам периода восстановления достигая контрольного значения. Увеличение содержания цинка в плазме крови сопровождалось уменьшением его содержания в лимфе. При этом наблюдалось увеличение значений ПЛИ цинка в течение всего периода воздействия вибрации, что можно объяснить как естественную реакцию на вибрационное повреждение, учитывая мощный репаративный эффект цинка. У животных, получавших препарат эссенциале Н, к 60-м суткам периода восстановления концентрации цинка в обеих средах достигали контрольных значений.

Содержание меди в плазме крови при вибрационном воздействии уменьшалось, и на 30-е сутки было на 38 % ниже контрольного значения. К 60-м суткам периода восстановления оно было на 33 % ниже контрольного значения. Наблюдаемое уменьшение содержания меди в плазме крови может быть связано с нарушениями в системе микросомального окисления печени и усугубляет метаболические нарушения, гипоксию и ишемию тканей. Как известно, медь может в определенной степени влиять на интенсивность процессов ПОЛ через образование супероксиддисмутазы (СОД). Некоторые авторы приводят факты двукратного усиления процессов ПОЛ в митохондриях и микросомах печени крыс при одновременном снижении активности СОД, каталазы и глутатионпероксидазы на фоне купродефицита. Снижение содержания меди в плазме крови может быть также связано со снижением синтеза транспортных белков в печени на фоне вибрационно обусловленной гепатопатии [2, 5]. Увеличение содержания меди в лимфе до 10-х суток при одновременном уменьшении ее содержания в плазме крови сопровождалось резким снижением ПЛИ этого биометалла, что может свидетельствовать о компенсирующей роли лимфатической системы в поддержании системного баланса данного биометалла. У животных, получавших препарат эссенциале Н, содержание меди в плазме крови на 30-е сутки воздействия было ниже контрольного значения уже на 17 %. Концентрации меди в лимфе у животных, получавших препарат, были ниже таковых, а ПЛИ были существенно выше таковых, чем у животных 1-й группы, определенных в эти же временные интервалы.

Содержание железа в плазме крови уменьшалось при вибрационных воздействиях и было существенно ниже контрольного значения на 1-е и 10-е сутки. Это может быть связано с нарушением усвоения железа вследствие вибрационного поражения кишечника, что является проявлением полиорганной недостаточности, тем самым усугубляя возникающие обменно-трофические нарушения. Наблюдаемое увеличение содержания сывороточного железа на 30-е сутки периода воздействия может способствовать адекватному усилению функционирования системы микросомального окисления на фоне массивного выброса глюкокортикоидов в ответ на вибрационный стресс. По данным литературы, имеется определенная закономерность между содержанием железа и количеством цитохромов в печени. Последующее снижение содержания железа в плазме крови на 20-е и 30-е сутки периода восстановления, возможно, связано со снижением уровня транспортных и функциональных белков в печени [2, 7]. Уменьшение содержания железа в плазме крови сопровождалось резким увеличением его содержания в лимфе. ПЛИ железа на 1-е и 10-е сутки воздействия уменьшались и были на 90 % ниже контрольного значения. К 60-м суткам периода восстановления ПЛИ железа практически не отличался от контрольного значения, что может говорить о компенсирующей роли лимфатической системы в регуляции межсистемных отношений данного биометалла. У животных, получавших препарат эссенциале Н, концентрации железа в плазме крови на протяжении всего периода исследования были выше таковых, в лимфе – ниже таковых, чем у животных 1-й группы. К 60-м суткам восстановления ПЛИ достигал контрольного значения, что свидетельствует о нормализации отношений железа в системе «плазма-лимфа».

## **Выводы**

1. Воздействие вибрационного фактора приводит к увеличению в плазме крови содержания кальция, магния, цинка и уменьшению содержания меди, железа. В лимфе в период воздействия отмечается противоположный характер изменений содержания биометаллов, что свидетельствует о системных нарушениях обмена биометаллов.
2. Наблюдаемое в период восстановления снижение в плазме крови содержания кальция, магния и цинка сопровождалось увеличением их содержания в лимфе, что связано с их компенсаторным перераспределением в лимфатическое русло. Увеличение содержания меди и железа в плазме крови к концу периода восстановления, напротив, сопровождается снижением их лимфатического пула.
3. Применение препарата эссенциале Н в период воздействия вибрации значительно снижает выраженность изменений содержания биометаллов в плазме крови и лимфе по сравнению с таковой у животных, не получавших

данный препарат, что связано с протективными и коррегирующими эффектами эссенциальных фосфолипидов.

4. Коррегирующие эффекты эсенциале Н на обмен биометаллов максимально проявлялись в поздний восстановительный период, приводя к нормализации нарушенных параметров обмена биометаллов, что связано с реконструктивным влиянием препарата, реализуемым вследствие оптимизации трансэндотелиального обмена, белоксинтетической и энергетической функций.

5. Увеличение значений ПЛИ кальция, магния, цинка в период воздействия свидетельствуют о преобладании плазматического пула данных биометаллов, а снижение при этом значений ПЛИ меди и железа отражает компенсаторное перераспределение данных биометаллов в лимфатическое русло. Однако в восстановительном периоде полного восстановления нарушенных межсистемных соотношений биометаллов не происходит, несмотря на устранение вибрации как этиологического фактора.

6. На фоне применения эсенциале Н отмечается восстановление значений ПЛИ изучаемых биометаллов, приводя к нормализации их межсистемных соотношений к концу периода восстановления.

7. Применение препарата эсенциале Н способствует нормализации возникающего при вибрационных нагрузках системного дисбаланса биометаллов, сохранению и восстановлению гомеостаза биометаллов, что связано с влиянием эссенциальных фосфолипидов на главные звенья патогенеза вибрационной патологии: метаболические нарушения, активацию перекисидации липидов, повреждение мембран, регенераторно-пластическую недостаточность. Полученные нами данные позволяют говорить о системном характере нарушений обмена биометаллов и об активном участии лимфатической системы в ответных реакциях организма на вибрационное воздействие, формировании «метаболической платформы», нарушений гемо- и лимфоциркуляции. Полученные данные позволяют оценить вклад нарушений обмена биометаллов в патогенез вибрационной болезни и в понимание роли лимфатической системы в адаптивно-компенсаторных реакциях организма, направленных на поддержание гомеостаза.

## **Список литературы**

1. *Вогралик П. М.* Лимфатическая система и органы иммуногенеза / П. М. Вогралик // Проблемы лимфологии и эндоэкологии : материалы Международного симпозиума 19–20 ноября 1998 года // Труды НИИКиЭЛ СО РАМН / Под ред. Ю. И. Бородина и В. Н. Горчакова. – Новосибирск, 1998. – Т. 7. – С. 306–310.
2. *Ефремов А. В.* Нарушение обмена электролитов и эссенциальных микроэлементов при синдроме длительного сдавления на фоне

- артериальной гипертензии / А. В. Ефремов и [др.]. – Новосибирск, 1998. – 123 с.
3. *Костюк И. Ф.* Роль внутриклеточного обмена кальция в реализации вазоспастических реакций при вибрационной болезни / И. Ф. Костюк, В. А. Капустник // Медицина труда и пром. Экология. – 2004. – № 7. – С. 14–18.
  4. *Несина И. А.* Состояние перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты в динамике программ восстановительного лечения у больных вибрационной болезнью / И. А. Несина, А. В. Ефремов, Л. А. Шпагина, А. П. Соломатин, Е. Л. Потеряева, Н. Ф. Рехтин, Е. Л. Рехтина // Вестник Межрегиональной ассоциации «Здравоохранение Сибири». – 2004. – № 1. – С. 51–53.
  5. *Karadag F.* Trace elements as a component of oxidative stress in COPD / F. Karadag [et al.] // *Respirology*. – 2004. – Vol. 9, N 1. – P. 33–37.
  6. *Molchanova E.* Zink and nitrate in the ground water and the incidence of type 1 diabetes in Finland for the Spat Study Griup / E. Molchanova [et al.] // *Diabetic Medicine*. – 2004. – 21. – Vol. 3. – P. 256–261.
  7. *Piasek M.* Low iron diet and parenteral cadmium exposure in pregnant rats : the effects of trace elements and fetal viability / M. Piasek [et al.] // *Biometals*. – 2004. – 17. – Vol. 1. – P. 1–14.