

## Анализ клеточного состава крови после воздействия низкочастотным ультразвуком в эксперименте

*Белорусский государственный медицинский университет, ЦНИЛ БГМУ*

Проведён анализ форменных элементов крови после воздействия ультразвуком частотой 60,80 и 100кГц на костную ткань челюсти кролика.

**Ключевые слова:** низкочастотный ультразвук, клетки крови, костная ткань

Ортодонтическое лечение у взрослых затруднено в связи с увеличением плотности компактной пластинки и губчатого вещества костной ткани, снижением ее пластичности, ослаблением обменных процессов. Разработано много различных методов инвазивного и неинвазивного воздействия на костную ткань с целью оптимизации ортодонтического лечения. Ни у кого не вызывает сомнения, что хорошего результата ортодонтического лечения у взрослых можно добиться только при комплексном подходе [1]. Ослабить костную ткань и сделать её более податливой к перемещению зубов можно воздействуя на костный матрикс и содержание в ней кальция и фосфора. Одним из путей решения данной проблемы является применение низкочастотного ультразвука. Он оказывает разностороннее биологическое действие: вызывает микромассаж клеточных структур, тепловой эффект, физико-химические изменения и др. Озвучивание низкочастотным ультразвуком повышает проницаемость клеточных мембран, улучшает проницаемость и введение лекарственных веществ [7,8].

Целью проведенного экспериментального исследования явился анализ клеточного состава крови у кроликов, подвергшихся озвучиванию низкочастотным ультразвуком частотой 60,80 и 100 кГц.

Материал и методы

Эксперимент проведен на 36 кроликах породы шиншилла одинакового веса и возраста. Кроликов разделили на десять групп. Одну контрольную-9 особей и девять опытных-по 3 особи в каждой. В первой, второй и третьей опытной группах проводили озвучивание костной ткани и слизистой альвеолярного отростка нижней челюсти в области центральных резцов ультразвуком частотой 60 кГц вычислением средней арифметической величины (M), стандартного отклонения (SD), критериев достоверности Стьюдента (t), вероятности достоверности сравниваемых величин (P). Различия рассматривались как достоверные при  $P < 0,05$  [2,5,6].

Результаты и обсуждение

Полученные данные экспериментальных исследований приведены в таблицах 1-3.

Таблица 1. Морфологические показатели периферической крови кроликов после воздействия низкочастотным ультразвуком частотой 60 кГц на костную ткань челюсти

Показатель	Контроль	Группа животных		
		Опыт I	Опыт II	Опыт III
		5 процедур	10 процедур	15 процедур
Эритроциты, $10^{12}/л$	$5,1 \pm 0,35$	$5,2 \pm 0,30$	$5,4 \pm 0,30$	$5,4 \pm 0,13$
N	9	3	3	3
Средний объем эритроцитов, $мкм^3$	$74,7 \pm 3,37$	$74,8 \pm 3,06$	$64,5 \pm 3,23 *$	$71,6 \pm 4,01$
N	9	3	3	3
Гемоглобин, г/л	$109,6 \pm 5,03$	$119,3 \pm 4,93$	$110,3 \pm 5,77$	$112,7 \pm 4,93$
N	9	3	3	3
Среднеклеточный гемоглобин, $мкм^3$	$21,4 \pm 0,74$	$22,0 \pm 0,45$	$20,4 \pm 0,06 *$	$22,2 \pm 1,06$
N	9	3	3	3
Среднеклеточная концентрация гемоглобина, г/л	$284,6 \pm 7,42$	$293,0 \pm 10,4$	$299,0 \pm 3,61 *$	$295,7 \pm 1,53 *$
N	9	3	3	3
Гематокрит, %	$38,1 \pm 2,37$	$38,7 \pm 1,15$	$37,0 \pm 1,61$	$38,3 \pm 1,76$
N	9	3	3	3
Лейкоциты, $10^9/л$	$8,4 \pm 0,85$	$10,6 \pm 1,31$	$11,8 \pm 0,12 *$	$9,6 \pm 2,46$
N	9	3	3	3
Тромбоциты, $10^9/л$	$259,7 \pm 32,76$	$316,3 \pm 89,51$	$330,3 \pm 38,99$	$244,3 \pm 105,5$
N	9	3	3	3
Тромбоциты $>12 мкм^2$ , %	$6,6 \pm 0,94$	$6,1 \pm 1,42$	$5,2 \pm 0,49$	$5,5 \pm 1,52$
N	9	3	3	3
Средний объем тромбоцитов, $мкм^3$	$6,1 \pm 0,42$	$6,1 \pm 0,21$	$5,8 \pm 0,06$	$5,8 \pm 0,35$
N	9	3	3	3

Примечание:

\*-статистически достоверные различия ( $p < 0,05$ ) при сравнении с группой «контроль».

N – количество животных

Таблица 2. Морфологические показатели периферической крови кроликов после воздействия низкочастотным ультразвуком частотой 80 кГц на костную ткань челюсти

Показатель	Контроль	Группа животных		
		Опыт I	Опыт II	Опыт III
		5 процедур	10 процедур	15 процедур
Эритроциты, $10^{12}/л$	$5,1 \pm 0,35$	$5,2 \pm 0,30$	$5,4 \pm 0,30$	$5,4 \pm 0,13$
N	9	3	3	3
Средний объем эритроцитов, $мкм^3$	$74,7 \pm 3,37$	$74,8 \pm 3,06$	$64,5 \pm 3,23 *$	$71,6 \pm 4,01$
N	9	3	3	3
Гемоглобин, г/л	$109,6 \pm 5,03$	$119,3 \pm 4,93$	$110,3 \pm 5,77$	$112,7 \pm 4,93$
N	9	3	3	3
Среднеклеточный гемоглобин, $мкм^3$	$21,4 \pm 0,74$	$22,0 \pm 0,45$	$20,4 \pm 0,06 *$	$22,2 \pm 1,06$
N	9	3	3	3
Среднеклеточная концентрация гемоглобина, г/л	$284,6 \pm 7,42$	$293,0 \pm 10,4$	$299,0 \pm 3,61 *$	$295,7 \pm 1,53 *$
N	9	3	3	3
Гематокрит, %	$38,1 \pm 2,37$	$38,7 \pm 1,15$	$37,0 \pm 1,61$	$38,3 \pm 1,76$
N	9	3	3	3
Лейкоциты, $10^9/л$	$8,4 \pm 0,85$	$10,6 \pm 1,31$	$11,8 \pm 0,12 *$	$9,6 \pm 2,46$
N	9	3	3	3
Тромбоциты, $10^9/л$	$259,7 \pm 32,76$	$316,3 \pm 89,51$	$330,3 \pm 38,99$	$244,3 \pm 105,5$
N	9	3	3	3
Тромбоциты $>12 мкм^2$ , %	$6,6 \pm 0,94$	$6,1 \pm 1,42$	$5,2 \pm 0,49$	$5,5 \pm 1,52$
N	9	3	3	3
Средний объем тромбоцитов, $мкм^3$	$6,1 \pm 0,42$	$6,1 \pm 0,21$	$5,8 \pm 0,06$	$5,8 \pm 0,35$
N	9	3	3	3

Примечание:

\*-статистически достоверные различия ( $p < 0,05$ ) при сравнении с группой «контроль».

N – количество животных

Таблица 3. Морфологические показатели периферической крови кроликов после воздействия низкочастотным ультразвуком частотой 100 кГц на костную ткань челюсти

Показатель	Группа животных			
	Контроль	Опыт VII	Опыт VI	Опыт IX
		5 процедур	10 процедур	15 процедур
Эритроциты. $10^{12}/л$	$5,1 \pm 0,35$	$5,3 \pm 0,43$	$5,3 \pm 0,07$	$5,1 \pm 0,21$
N	3	3	3	3
Средний объем эритроцитов, $мкм^3$	$74,7 \pm 3,37$	$72,7 \pm 2,37$	$72,9 \pm 2,31$	$72,4 \pm 2,47$
N	3	3	3	3
Гемоглобин. г/л	$109,6 \pm 5,03$	$115,0 \pm 8,19$	$114,7 \pm 1,53$	$108,3 \pm 5,13$
N	3	3	3	3
Среднеклеточный гемоглобин, $мкм^3$	$21,4 \pm 0,74$	$21,6 \pm 0,36$	$21,5 \pm 0,49$	$21,5 \pm 1,15$
N	3	3	3	3
Среднеклеточная концентрация гемоглобина, г/л	$284,6 \pm 7,42$	$297,3 \pm 13,87$	$295,3 \pm 3,51$	$296,3 \pm 7,51$
N	3	3	3	3
Гематокрит, %	$38,1 \pm 2,37$	$38,8 \pm 3,29$	$38,9 \pm 1,05$	$38,6 \pm 0,96$
N	3	3	3	3
Лейкоциты. $10^9/л$	$8,4 \pm 0,85$	$8,2 \pm 1,07$	$9,9 \pm 0,56$	$7,4 \pm 2,17$
N	3	3	3	3
Тромбоциты, $10^9/л$	$259,7 \pm 32,76$	$317,3 \pm 74,54$	$314,0 \pm 43,71$	$224,3 \pm 67,14$
N	3	3	3	3
Тромбоциты $>12 мкм^3$ , %	$6,6 \pm 0,94$	$5,8 \pm 1,37$	$5,3 \pm 1,78$	$5,6 \pm 1,28$
N	3	3	3	3
Средний объем тромбоцитов, $мкм^3$	$6,1 \pm 0,42$	$6,0 \pm 0,25$	$5,9 \pm 0,30$	$5,9 \pm 0,17$
N	3	3	3	3

Примечание:

\*-статистически достоверные различия ( $p < 0,05$ ) при сравнении с группой «контроль».

Как видно из данных, представленных в таблице 1, содержание эритроцитов у кроликов контрольной и опытных групп не имеет статистически значимых отличий. Так, у контрольной группы данный показатель составил  $5,1 \pm 0,35 \cdot 10^{12}/л$ , а у опытных животных находился в пределах от  $5,2 \cdot 10^{12}/л$  до  $5,4 \cdot 10^{12}/л$ .

Средний объем эритроцитов у животных контрольной группы составил  $74,7 \pm 3,37$   $мкм^3$ , а у опытных животных первой и третьей групп находился в пределах от  $71,6$  до  $74,8$   $мкм^3$ , а у животных второй опытной группы составил  $64,5$   $мкм^3$ , что достоверно ниже чем у контроля ( $74,7 \pm 3,38$ ).

Статистически значимых отличий не имеет также параметр концентрация гемоглобина: у контрольной группы он составил  $109,6 \pm 5,03$  г/л, а у опытных от  $110,3$  до  $113,3$  г/л.

Среднеклеточный гемоглобин у кроликов опытной группы после 5 и 15 процедур ультразвука находился в пределах  $22,0$ - $22,2$   $мкм^3$ , что статистически достоверно не отличается от контроля. У кроликов же опытной группы после 10 физиопроцедур этот показатель составил  $20,4 \pm 0,06$   $мкм^3$ , что статистически достоверно отличается от контроля.

Аналогичная картина наблюдается и с параметром среднеклеточная концентрация гемоглобина. Так, у кроликов опытной группы после 5 процедур ультразвука он находился в пределах  $293$  г/л. У животных же, получивших 10 и 15 физиопроцедур, среднеклеточная концентрация гемоглобина составила  $299,0$  и  $295,7$  г/л., что достоверно выше чем у контроля ( $284,6 \pm 7,42$  г/л).

Содержание гематокрита у кроликов контрольной группы составило  $38,1 \pm 2,37$  %, а у опытных животных находилось в пределах от  $37,0$  % до  $38,7$  %, что также не имеет статистически значимых отличий.

Показатель белой крови – количество лейкоцитов тоже различен. Так, у контрольной группы этот показатель составил  $8,4 \pm 0,85 \cdot 10^9/л$ , а у животных первой и третьей опытных групп колебался в пределах от  $9,6 \cdot 10^9/л$  до  $10,6 \cdot 10^9/л$ , а у животных второй опытной группы составил  $11,8 \pm 0,12 \cdot 10^9/л$ , что достоверно выше чем у контроля ( $8,4 \pm 0,85 \cdot 10^9/л$ ).

Достоверных различий между количеством тромбоцитов у контрольной и опытных групп не выявлено. У контрольной группы среднее количество тромбоцитов

составило  $259,7 * 10^9/л$ , а у опытных животных находилось в пределах от  $244,3 * 10^9/л$  до  $330,3 * 10^9/л$ .

Из таблицы 1 также следует, что параметр большие тромбоциты имеет статистически значимые отличия. А именно: у кроликов второй опытной группы тромбоциты  $>12$  мкм<sup>3</sup> находились в количестве  $5,2 \pm 0,49$  %, у контрольной же группы данный показатель составил  $6,6 \pm 0,94$  %.

Средний объем тромбоцитов у животных контрольной группы составил  $6,1 \pm 0,42$  мкм<sup>3</sup>, а у опытных групп животных находился в пределах от  $5,8$  мкм<sup>3</sup> до  $6,1$  мкм<sup>3</sup>.

Данные, представленные в таблице 2 показывают, что содержание эритроцитов у кроликов контрольной и опытных групп не имеет статистически значимых отличий. Так, у контрольной группы данный показатель составил  $5,1 \pm 0,35 * 10^{12}/л$ , а у опытных животных находился в пределах от  $4,9 * 10^{12}/л$  до  $5,1 * 10^{12}/л$ .

Средний объем эритроцитов у животных контрольной группы составил  $74,7 \pm 3,37$  мкм<sup>3</sup>, а у опытных групп животных находился в пределах от  $75,1$  мкм<sup>3</sup> до  $73,7$  мкм<sup>3</sup>.

Статистически значимых отличий не имеет также параметр концентрация гемоглобина: у контрольной группы он составил  $109,6 \pm 5,03$  г/л, а у опытных от  $102,7$  до  $108,7$  г/л.

Среднеклеточный гемоглобин у кроликов опытных групп после 5,10 и 15 процедур ультразвука находился в пределах  $21,1-21,3$  мкм<sup>3</sup>, что статистически достоверно не отличается от контроля. Аналогичная картина наблюдается и с параметром среднеклеточная концентрация гемоглобина. Так, у кроликов опытных групп он находился в пределах  $281,3-289,3$  г/л., что достоверно не отличается от контроля ( $284,6 \pm 7,42$  г/л).

Содержание гематокрита у кроликов контрольной группы составило  $38,1 \pm 2,37$  %, а у опытных животных находилось в пределах от  $36,7$  % до  $37,7$  %, что также не имеет статистически значимых отличий.

Аналогичная картина наблюдается и с показателем состояния белой крови – количеством лейкоцитов. Так, у контрольной группы этот показатель составил  $8,4 \pm 0,85 * 10^9/л$ , а у опытных групп животных колебался в пределах от  $8,7 * 10^9/л$  до  $9,9 * 10^9/л$ .

Достоверные различия выявлены между показателями количества тромбоцитов у контрольной и опытных групп. У контрольной группы среднее количество тромбоцитов составило  $259,7 * 10^9/л$ , а у животных четвертой и шестой опытных групп находилось в пределах от  $214,0 * 10^9/л$  до  $228,7 * 10^9/л$ . У кроликов пятой опытной группы среднее количество тромбоцитов составило  $296,3 * 10^9/л$ , что достоверно отличается от контроля ( $259,7 \pm 32,76$  г/л).

Из таблицы 2 также следует, что параметр большие тромбоциты статистически значимых отличий не имеет. А именно: у опытных групп кроликов тромбоциты  $>12$  мкм<sup>3</sup> находились в пределах от  $6,1$  % до  $7,3$  %, у контрольной же группы данный показатель составил  $6,6 \pm 0,94$  %.

Средний объем тромбоцитов у животных контрольной группы составил  $6,1 \pm 0,42$  мкм<sup>3</sup>, а у опытных групп животных находился в пределах от  $6,0$  мкм<sup>3</sup> до  $6,4$  мкм<sup>3</sup>, что также не имеет статистически значимых отличий.

Показатели периферической крови, представленные в таблице 3 свидетельствуют о том, что содержание эритроцитов у кроликов контрольной и опытных групп не

имеет статистически значимых отличий. Так, у контрольной группы данный показатель составил  $5,1 \pm 0,35 \cdot 10^{12}/л$ , а у опытных животных находился в пределах от  $5,1 \cdot 10^{12}/л$  до  $5,3 \cdot 10^{12}/л$ .

Средний объем эритроцитов у животных контрольной группы составил  $74,7 \pm 3,37$  мкм<sup>3</sup>, а у опытных групп животных находился в пределах от  $72,4$  мкм<sup>3</sup> до  $72,9$  мкм<sup>3</sup>.

Статистически значимых отличий не имеет также параметр концентрация гемоглобина: у животных контрольной группы он составил  $109,6 \pm 5,03$  г/л, а у опытных животных от  $108,3$  до  $115,0$  г/л.

Среднеклеточный гемоглобин у кроликов опытной группы после 5,10 и 15 процедур ультразвука находился в пределах  $21,5-21,6$  мкм<sup>3</sup>, что статистически достоверно не отличается от контроля. Аналогичная картина наблюдается и с параметром среднеклеточная концентрация гемоглобина. Так, у кроликов опытных групп он находился в пределах  $295,3-297,3$  г/л., что достоверно не отличается от контроля ( $284,6 \pm 7,42$  г/л).

Содержание гематокрита у кроликов контрольной группы составило  $38,1 \pm 2,37$  %, а у опытных животных находилось в пределах от  $36,6$  % до  $38,9$  %, что также не имеет статистически значимых отличий.

Аналогичная картина наблюдается и с показателем состояния белой крови – количеством лейкоцитов. Так, у контрольной группы этот показатель составил  $8,4 \pm 0,85 \cdot 10^9/л$ , а у опытных групп животных колебался в пределах от  $7,4 \cdot 10^9/л$  до  $9,9 \cdot 10^9/л$ .

Достоверных различия не выявлены между показателями количества тромбоцитов у контрольной и опытных групп. У животных контрольной группы среднее количество тромбоцитов составило  $259,7 \cdot 10^9/л$ , а у животных опытных групп находилось в пределах от  $224,3 \cdot 10^9/л$  до  $317,3 \cdot 10^9/л$ .

Из таблицы 3 также следует, что параметр большие тромбоциты статистически значимых отличий не имеет. А именно: у опытных групп кроликов тромбоциты  $>12$  мкм<sup>3</sup> находились в пределах от  $5,3$  % до  $5,8$  %, у контрольной же группы животных данный показатель составил  $6,6 \pm 0,94$  %.

Средний объем тромбоцитов у животных контрольной группы составил  $6,1 \pm 0,42$  мкм<sup>3</sup>, а у опытных групп животных находился в пределах от  $5,9$  мкм<sup>3</sup> до  $6,0$  мкм<sup>3</sup>, что также не имеет статистически значимых отличий.

Анализ показателей периферической крови кроликов при воздействии низкочастотным ультразвуком частотой  $60,80$  и  $100$  кГц в таблицах 1,2 и 3 свидетельствует о том, что между этими данными нет значительных статистически достоверных отличий.

#### Выводы

1. Показатели периферической крови кроликов при воздействии низкочастотным ультразвуком частотой как  $60$  кГц, так  $80$  и  $100$  кГц не имеют значимых статистически достоверных отличий.

2. Увеличение количества процедур от пяти до пятнадцати не оказывает большого влияния на изменение показателей крови во всех опытных группах по сравнению с контролем.

3. Проведенные исследования показали, что при воздействии низкочастотным ультразвуком на костную ткань челюсти кролика существенных отклонений от

контроля со стороны морфологических показателей периферической крови не выявлено.

### Литература

1. Ивашенко, С. В. Изменение костной ткани после воздействия низкочастотным ультразвуком // Медицинский журнал. 2007. № 2. С. 46 – 48.
2. Клинико-диагностическое значение лабораторных показателей / Долгов В., Морозова В., Мартишевская Р., Мадрала А., Якубовский З., Кабата И., Калиновский Л., Щепаньская-Конкель М., Ангельский С. М.: «Лабинформ», «Центр», 1995. 224 с.
3. Лабораторные животные / И. П. Западнюк, В. И. Западнюк, Е. А. Захария, Б. В. Западнюк. Киев: Вища школа, 1983. 382 с.
4. Лабораторные методы исследования в клинике: справочник / Меньшиков В. В., Делекторская Л. Н., Золотницкая Р. П. и др.; под редакцией В. В. Меньшикова. М.: Медицина, 1987. 368 с.: ил.
5. Наумович, С. А. // Здравоохранение Беларуси. 1994. № 6. С. 12 – 15. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Изд. 3-е, испр. Минск, «Вышэйш. школа», 1973. 320с.:ил.
6. Трахтенберг Исаак Михайлович и др. Проблема нормы в токсикологии: (современные представления и методические подходы, основные параметры и константы) / И. М. Трахтенберг, Р. Е. Сова, В. О. Шефтель, Ф. А. Оникиенко; под ред. И. М. Трахтенберга. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Медицина, 1991.
7. Diagnostic ultrasound treatment increases the bone fracture-healing rate in an internally fixed rat femoral osteotomy model. Heybeli N; Yesildag A; Oyar O; Gulsoy UK; Tekinsoy MA; Mumcu EF Ultrasound Med 2002 Dec;21(12): p. 1357-63.
8. Low-intensity pulsed ultrasound accelerates bone maturation in distraction osteogenesis in rabbits.. Shimazaki A; Inui K; Azuma Y; Nishimura N; Yamano Y-J Bone Joint Surg Br 2000 Sep;82(7): p1077-82.