

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артамонов Б. А. Размерная электрическая обработка металлов / Б. А. Артамонов, А. Л. Вишницкий, Ю. С. Волков, А. В. Глазков. – М.: Высш. школа, 1978.– 336 с.
2. Иоффе В. Ф. Автоматизированные электроэррозионные станки / В. Ф. Иоффе, М. В. Коренблум, В. А. Шавырин. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1984. – 227 с.
3. Особенности управления процессом электроэррозионной обработки / Полетаев В. А., Сорокин А. В. // Вестн. СГУПСа. – Новосибирск, 2005. – Вып. 11. – С. 56-62.
4. Altpeter F., Cors J., Kocher M., Longchamp R. EDM modeling for control // 12th International Symposium For Electromachining, 1998. – Р. 149-155.
5. Сыркин И. С. О выборе регулятора в системе управления электроэррозионным станком. Научные труды магистрантов и соискателей. – Кемерово: КузГТУ, 2005. – С. 69-74.

□ Авторы статьи:

Полетаев  
Вадим Алексеевич  
- докт.техн.наук, проф., зав. каф.  
информационных и автоматизиро-  
ванных производственных систем

Сыркин  
Илья Сергеевич  
- аспирант каф.. информационных и  
автоматизированных производст-  
венных систем

**УДК 616-001.3-02:611.853**

**В.Н. Дроботов, А.Н.Коротков**

## **ПОВРЕЖДАЮЩИЕ ФАКТОРЫ ПРИ ТРАВМИРОВАНИИ КОСТНЫХ ТКАНЕЙ ДИСКОВЫМИ ФРЕЗАМИ**

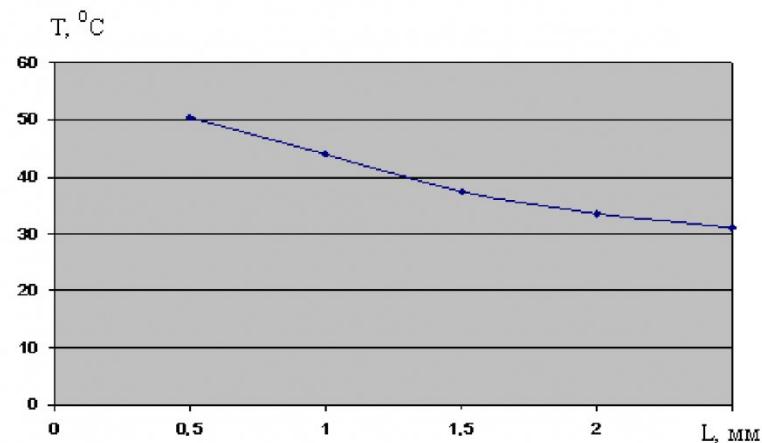
Особое место среди травм дистальных сегментов конечностей занимают тяжелые открытые сочетанные повреждения, которые, как правило, являются следствием нарушения техники безопасности при попадании кисти под циркулярную пилу, дисковую фрезу, спиральное сверло и другие движущиеся части станков. Такие повреждения характеризуются комплексными нарушениями анатомических образований и поэтому отличаются большой тяжестью.

Травму, полученную в результате воздействия на кисть врачающихся частей станков, характеризует наличие множественных рвано-лоскунтых ран, сопровождающихся скальпированием, скелетированием фаланг и пястных костей. При этом сосудисто-нервные пучки и сухожилия, попадая в механизм станка, наматываются на него, вытягиваются и оказываются поврежденными на значительном протяжении от краев кожной раны. В этих случаях сухожилия могут отрываться от места прикрепления к мышце, а

мощная тракция сосудисто-нервных пучков приводит к их разрыву и возникновению деструктивных изменений, значительно проксимальнее видимого уровня повреждения.[4,5]

При травме циркулярной пилой или дисковой фрезой возникают линейные раны различной глубины. Ширина раны, следовательно, и распространенность повреждения всех тканей, зависит от размера, ве-

личины развода зубьев фрезы и степени их износа. [1,3]. Кроме действия механического фактора дисковой фрезы на биологические ткани оказывают влияние и повышенная температура в месте контакта фрезы с тканями. Анализ литературы показывает, что сведения, посвященные изучению температурного повреждающего фактора на биологические ткани, практически отсутствуют.



*Рис.1. Динамика изменений температуры (T) в диафизарной части пястной кости при травмировании дисковой фрезой в зависимости от расстояния от зоны травмы (L)*

В этой связи представляется полезным изучить влияние температурного фактора при разрезании кости дисковыми фрезами и другими подобными инструментами.

Для этого на кафедре ортопедии и военно-полевой хирургии КГМА совместно с кафедрой металорежущих станков и инструментов КузГТУ был сконструирован испытательный стенд на базе универсального бытового деревообрабатывающего станка УБДС – 1.

Для измерения температуры нагревания травмируемых тканей использовали термопары М – 838 («MASTECH», Южная Корея), располагаемые в тканях на различном расстоянии от места разрезания дисковой фрезой.

На данный станок было установлено устройство продольных перемещений с приспособлением для закрепления испытываемого образца. Устройство продольных перемещений представляло из себя механизм «винт – гайка». Гайка закреплялась на салазках устройства, а соединение электродвигателя с устройством продольных перемещений осуществлялось через кинематическую цепь: гайка – обгонная муфта – электродвигатель. Обгонная муфта предназначалась для отключения электродвигателя от устройства продольных перемещений при достижении им конечной точки. Крутящий момент передавался от электродвигателя на вал посредством клиноременной передачи. Частота вращения вала с фрезой составляла 3500 об/мин, а мощность электродвигателя была равна N=0,58 кВт.

В качестве инструмента использовалась фреза дисковая деревообрабатывающая с посадочным и наружным

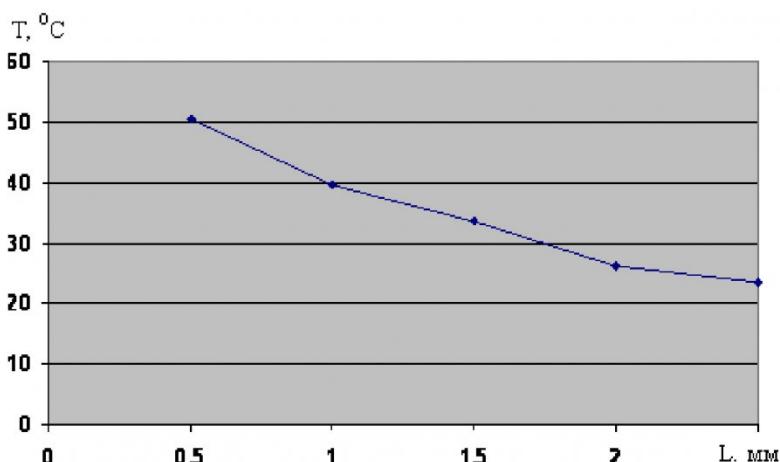


Рис.2. Динамика изменения температуры в метафизарной части пястной кости при травмировании дисковой фрезой в зависимости от места травмы

диаметрами соответственно  $d = 32\text{мм.}$ ,  $D = 180\text{ мм.}$  Зубья фрезы представляли собой напаянные твердосплавные пластинки с заточкой по заднему углу.

С помощью данной фрезы осуществлялось дозируемое разрезание пястных костей.

В результате исследований установлено, что при соприкосновении врачающейся фрезы с

костной тканью возникают, как и предполагалось, два повреждающих фактора - температурный и механический.

В табл.1 и на рис.1, представлены результаты измерения температуры в диафизарной части II и III пястных костей кисти человека. Видно, что температура от исходной  $23^{\circ}\text{C}$  повышается до  $31^{\circ}\text{C}$  на рас-

Таблица 1. Температура в диафизарной части пястных костей на различном удалении от зоны повреждения дисковой фрезой

№	ткань	расстояние до термопары L(мм)	диаметр кости, мм	Тисх., $^{\circ}\text{C}$	Ткон., $^{\circ}\text{C}$	разница колебаний температур	время экспозиции (сек)
1	диафиз	0,5	$10,0 \pm 1,0$	$23,5 \pm 1,5$	$50,5 \pm 4,5$	$27,0 \pm 4,0$	0,5
2	диафиз	1,0	$9,6 \pm 1,4$	$23,5 \pm 1,5$	$44,0 \pm 4,0^*$	$20,0 \pm 3,0$	0,5
3	диафиз	1,5	$10,5 \pm 1,5$	$23,5 \pm 1,5$	$37,5 \pm 3,5^*$	$13,0 \pm 4,0$	0,5
4	диафиз	2,0	$10,2 \pm 0,8$	$23,0 \pm 1,0$	$33,5 \pm 3,5^*$	$10,5 \pm 4,5$	0,5
5	диафиз	2,5	$10,5 \pm 1,5$	$23,5 \pm 1,5$	$31,0 \pm 1,0^*$	$7,5 \pm 1,5$	0,5

$p < 0,05$  достоверность по критерию U – Вилкоксона – Манна – Уитни

Таблица 2. Изменение температуры в метафизарной части пястных костей на различном удалении от зоны повреждения дисковой фрезой

№	ткань	расстояние до термопары L(мм)	диаметр кости, мм	Тисх., $^{\circ}\text{C}$	Ткон., $^{\circ}\text{C}$	разница колебаний температур	время экспозиции (сек)
1	метафиз	0,5	$14,8 \pm 2,3$	$23,5 \pm 1,5$	$50,5 \pm 3,5$	$27,0 \pm 5,0$	0,5
2	метафиз	1,0	$10,5 \pm 2,5$	$24,0 \pm 2,0$	$39,5 \pm 1,5^*$	$16,0 \pm 2,0$	0,5
3	метафиз	1,5	$9,5 \pm 2,5$	$23,5 \pm 1,5$	$33,5 \pm 4,5^*$	$6,0 \pm 2,0$	0,5
4	метафиз	2,0	$13,2 \pm 1,2$	$24,5 \pm 1,5$	$26,0 \pm 1,0^*$	$1,0 \pm 1,0$	0,5
5	метафиз	2,5	$12,7 \pm 1,7$	$23 \pm 1,0$	$23,5 \pm 0,5^*$	$1,0 \pm 1,0$	0,5

\*  $p < 0,05$  достоверность по критерию U – Вилкоксона – Манна – Уитни

стоянии 2,5 мм и до 50,5°C на расстоянии 0,5 мм. Уровень повышения температуры, закономерно убывает по мере удаления от зоны повреждения.

В табл.2 и на рис.2 представлены данные изменения температуры в метафизарной части II и III пястных костей кисти человека. Здесь температура от исходной 23°C повышается до 23,5°C на расстоянии 2,5мм и от 24,5°C до 50,5°C на расстоянии 0,5 мм. Уровень повышения температуры во время травмы дисковой фрезой пропорционально убывает при увеличении расстояния от места разрезания.

Таким образом, имея в виду, что согласно данным [2], тем-

пература 45°C или несколько выше, не вызывая коагуляционный некроз ткани, создает условия гибельно действующие на кровь и кровеносные сосуды, то можно прийти к выводу, что это формирует основу для развития вторичного некроза.

В соответствии с полученными данными, такой вторичный остеонекроз имеет место в диафизарной и метафизарной частях кости, которые нагреваются до температуры 50,5°C ( $\pm 4,5^{\circ}$ ) в диафизарной части и 50,5°C ( $\pm 3,5^{\circ}$ ) в метафизарной части кости на расстоянии 0,5мм по обе стороны от движущейся фрезы. Повышение температуры в зоне повреждения можно объяснить сильным трением зубьев фрезы о ткани.

Рану конечности, нанесенную дисковой фрезой, можно отнести к комбинированному повреждению термическим компонентом и механическим фактором с малой кинетической энергией. В целом оба эти фактора создают условия для некроза кости и мягких тканей, а заживление такой раны без ПХО может протекать по типу вторичного натяжения через нагноение.

Полученные данные о температурном повреждающем механизме дисковой фрезы при разрезании кости позволяют более обоснованно принимать решения относительно травмированных тканей во время лечения .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азолов, В.В. Основные принципы и тактика оказания помощи больным с тяжелой травмой кисти / В.В. Азолов, И.К. Карева, Н.Л. Короткова // Вестн. хирургии им. И.И. Грекова. - 1990. - N8. - С. 6 - 8.
2. Арьев, Т.Я. Термические поражения / Т.Я. Арьев. - М. Медицина, 1966. - С.17.
3. Белоусов, А.Е. Микрохирургия в травматологии / А.Е. Белоусов, С.С. Ткаченко. - М. Медицина, 1988.- С. 65.
4. Анализ травм кисти врачающимися механизмами / В.Н. Дроботов, С.Ю. Бернс, Т.Н. Поткина и др. // Проблемы медицины и биологии: Сб. науч. работ. - Кемерово, 2001. - С. 57.
5. Инфекционные осложнения у больных с открытыми повреждениями кисти врачающимися механизмами /В.Н. Дроботов, С.Ю. Бернс, Т.Н. Поткина и др. // Проблемы медицины и биологии: Сб. науч. работ. - Кемерово, 2001.-С.59.

□ Авторы статьи:

Дроботов

Валерий Николаевич  
-канд. мед наук, доц. каф. травматологии, ортопедии, военно-полевой хирургии КГМА

Коротков

Александр Николаевич  
- докт. техн. наук, проф., зав. каф. металлорежущих станков и инструментов