

Оценка реакций периферической гемодинамики и структурных изменений в мышцах в процессе формирования костных межберцовых блоков

Т.И. Долганова, А.Ю. Чевардин, В.Д. Макушин, Д.В. Долганов

The assessment of the reactions of peripheral hemodynamics and that of structural changes in muscles during formation of bone tibiofibular blocks

T.I. Dolganova, A.Y. Chevardin, V.D. Makushin, D.V. Dolganov

Федеральное государственное учреждение науки

«Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова Росздрава», г. Курган
(директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

Проведена клинико-физиологическая оценка результатов лечения 40 пациентов с посттравматическими дефект-псевдоартрозами костей голени в возрасте от 7 до 64 лет. Замещение дефекта большеберцовой кости при помощи методики монолокального компрессионно-дистракционного остеосинтеза не вызывает выраженных патологических изменений со стороны мягких тканей голени, позволяет сохранить статико-динамическую нагрузку на конечность, не влияет на функцию смежных суставов, что сохраняет функциональные возможности мышц. Процесс лечения не вызывает развитие дистрофических изменений в мышцах. На этапе реабилитационного процесса наблюдается восстановление показателей динамометрии, превышающие исходный уровень на 40-50 %. Весь период лечения регистрируется выраженная компенсаторно-приспособительная реакция организма: увеличение артериального притока крови к оперированному сегменту с адекватным изменением венозного оттока.
Ключевые слова: функциональные исследования, дефект костей голени.

The clinical-and-physiological assessment of treatment results was performed in 40 patients at the age of 7–64 years with posttraumatic defect-pseudoarthroses of leg bones. Tibial defect filling using the technique of monolocal compression-distraction osteosynthesis doesn't lead to marked pathological changes of leg soft tissues, allows to maintain static-and-dynamic loading of limb, has no effect on the function of adjacent joints, thereby preserving the functional potentials of muscles. The process of treatment doesn't result in the development of dystrophic changes in muscles. At the stage of rehabilitative process the restoration of dynamometry indices 40-50% exceeds the initial level. The marked compensatory-and-adaptive reaction of organism is registered all over the period of treatment: increase of arterial blood inflow to the segment operated on at the same time with an adequate change of venous outflow.

Keywords: functional studies, defect of leg bones.

В настоящее время разработаны объективные критерии функционального состояния конечности у больных с дефектами костей голени. Выявлены закономерности динамики кровоснабжения и состояния мягких тканей голени в процессе замещения дефектов большеберцовой кости методом удлинения отломков на основе управляемого чрескостного остеосинтеза [3, 9, 10].

Проведена сравнительная характеристика функционального состояния конечности в зависимости от использованной методики (последовательный дистракционно-компрессионный и комбинированный компрессионно-дистракционный остеосинтез) и степени ликвидации костного де-

фекта [1, 4].

Однако мы не встретили работ, посвященных комплексной оценке функционального состояния конечности у пациентов при формировании межберцовых синостозов, что и явилось целью данной работы.

Цель исследования: оценить реакцию периферической гемодинамики и степень структурных изменений в мышцах оперированной конечности в процессе лечения больных с посттравматическими дефект-псевдоартрозами костей голени при формировании костных межберцовых блоков на уровне клиновидного регенерата большеберцовой кости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное исследование базируется на клинической оценке результатов лечения 40 пациентов с дефект-псевдоартрозами костей голени в возрасте от 7 до 64 лет (в среднем 27,3±1,06 г.).

Давность заболевания составляла от 1 до 6 лет. Дефекты сопровождались фиксированной угловой деформацией от 10° до 40°.

Причиной образования дефектов у пациен-

тов явились травматические повреждения большеберцовой кости. У всех больных рентгенологически определялся гиперпластический тип мозолеобразования со щелевидным межотломковым диастазом.

Больным выполнены реконструктивно-восстановительные операции на основе технологии чрескостного остеосинтеза по Илизарову с формированием межберцовых синостозов [6, 7].

Проводилась оценка функционального состояния конечности, включающая статическую нагрузку на конечность по Николаеву, комплексное обследование функционального состояния мышц методами тонометрии, динамометрии, ультразвукового сканирования. В качестве объекта исследования использована передняя и задняя группы мышц голени (*m. tibialis ant.*, *m. ext. digitorum long.*, *m. gastrocnemius lat.*, *m. soleus*) интактной и поврежденной конечностей. Анализировались следующие параметры: максимальный момент силы мышц сгибателей и разгибателей стопы; характеристики эхоплотности (L) по данным постпроцессорной компьютерной обработки эхосигнала. Сонограммы регистрирова-

лись при единой шкале настройки изображения. Дополнительно определялась толщина мышечного слоя с расчетом величины атрофии мышц относительно интактной конечности и их контрастность при проведении функциональной пробы (произвольное напряжение мышц).

Определялся показатель поперечной твердости мышц голени, который обусловлен их тонусом и самой структурой мышц. Исследование проводилось с помощью разработанного в РНЦ «ВТО» миотометра [12], выполненного на базе индикатора перемещения часового типа ИЧ-05.

Проводилась оценка магистрального кровотока в артериях и венах нижних конечностей методом ультразвуковой доплерографии (АН-ГИО-ПЛУС, Москва) с расчетом пульсаторного индекса (ПИ) и демпинг-фактора (ДФ). На ультразвуковом сканере фирмы «АЛОКА» с эхокамерой SSD-630 определялся внешний диаметр *a. poplitea* в систолу и максимальная линейная скорость кровотока.

Методом лазерной доплеровской флоуметрии (BLF21 фирмы Transonic Systems Inc., США) определялся капиллярный кровоток в коже стопы [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты комплексного обследования представлены в таблицах 1, 2, 3.

До лечения при графической регистрации доплерограмм на *aa. poplitea*, *tibialis post.*, *tibialis ant.* как на больной, так и на интактной конечности регистрировался нормальный трехкомпонентный сигнал, характерный для неизмененного магистрального типа кровотока [10]. Вазодилатации *a. poplitea* и увеличения притока крови к пораженному сегменту, по данным сонографии, не выявлено. Отмечено достоверное снижение средней линейной скорости кровотока на 30 % по *aa. tibialis post.*, *tibialis ant.*, при этом пульсаторный индекс (ПИ) и демпинг-фактор (ДФ) были в пределах нормы. Капиллярный кровоток, определяемый на дистальном сегменте – стопе, увеличен на 37 % относительно симметричного участка интактной конечности. Резервные возможности капиллярного русла сохранены. Индекс прироста капиллярного кровотока после трехминутной ишемической пробы составил 340-380 %. Такие изменения доплерограмм свидетельствуют об отсутствии нарушений проходимости магистрального русла поврежденной конечности и могут быть вследствие сниженных функциональных возможностей поврежденных мышц и опороспособности конечности (до $56,7 \pm 11,0$ %) [5, 11].

По данным УЗДГ вен, выявлено снижение дренажной функции вен дистального сегмента (табл. 2), гипотонус вен, замедление венозного оттока [2].

На поврежденной конечности мы наблюдаем

невыраженные изменения структуры мышц. До лечения показатель поперечной твердости мышц задней группы достоверно не отличается от значений интактной конечности, что свидетельствует об отсутствии повышенного мышечного напряжения и отека тканей. На 16-30 % увеличивается ультразвуковая плотность *m. digitorum long.*, *m. gastrocnemius*, *m. soleus* (табл. 3). Ограничение диапазона сократительной способности мышц сопровождалось появлением атрофии с уменьшением толщины брюшка мышц на 7-13 % и на 60 % показателей динамометрии сгибателей и разгибателей стопы и сохранением индекса мышц-антагонистов в норме.

В процессе лечения достоверный рост показателя линейной скорости кровотока отмечен по *a. tibialis post.* (58 %) и на 22 % по *a. tibialis ant.*, что указывает на сохранение резервных возможностей сосудистого русла у данной группы больных в процессе формирования межберцового синостоза. По данным сонографии, отмечается вазодилатация *a. poplitea* на 16 %. В результате расчетный артериальный приток крови, направляющийся к поврежденному сегменту, увеличивается на 31 %.

Усиленному притоку крови по *a. tibialis post.* (+58 %) соответствует и увеличение венозного оттока по *v. tibialis post.* (+67 %).

В процессе формирования межберцового костного блока мы регистрировали увеличение показателя поперечной твердости мышц только на 30 %. Показатели ультразвуковой плотности *m. digitorum long.*, *m. gastrocnemius*, *m. soleus* не

менялись, увеличивалась на 43 % ультразвуковая плотность (L) m. tibialis ant., т.к. имело место дополнительное повреждение в зоне площади ее прикрепления к большеберцовой кости. Индекс мышц-антагонистов увеличился до 2,9, что свидетельствовало о большей степени травматического повреждения мышц передней группы голени.

Через 1,5 месяца после снятия аппарата статическая нагрузка на конечность составила 86,5±3,9 %. Показатель поперечной твердости

мышц и ультразвуковой плотности достоверно не отличались от значений интактной конечности. Клинически это подтверждалось отсутствием отека тканей и увеличением силы мышц сгибателей и разгибателей стопы в 3 раза относительно значений в процессе лечения. Отмечается нормализация всех показателей УЗДГ артерий, сохраняется ускоренный венозный отток по v. poplitea. Функциональные пробы дистальной и проксимальной компрессии вен свидетельствуют о нормализации их тонуса.

Таблица 1

Ультразвуковая доплерография артерий нижней конечности у больных с дефектами костей голени при формировании межберцового синостаза (M±m; n – число наблюдений)

	a. poplitea	a. tibialis post.	a. tibialis ant.	Капиллярный кровоток
Интakтная конечность (n=25)				
ЛСК (см/сек)	6,6±0,30	8,6±0,50	8,2±1,00	2,41±0,10
ПИ	5,1±0,12	5,7±0,27	6,1±0,26	
ДФ		1,1±0,05	1,2±0,05	
До лечения (n=6)				
ЛСК (см/сек)	6,4±0,62	5,8±1,05* (67,4%)	5,9±0,98*(71,9%)	3,3±0,44* (137%)
ПИ	5,1±0,25	5,5±0,35	5,9±0,37	
ДФ		1,08±0,067	1,15±0,045	
В процессе лечения (n=15)				
ЛСК (см/сек)	6,9±0,43	9,2±0,81** (158,6%)	7,2±0,70	3,3±0,19
ПИ	4,1±0,19**	6,5±0,73	4,5±0,28**	
ДФ		1,65±0,18	1,18±0,07	
После снятия аппарата 1,5 мес (n=4)				
ЛСК (см/сек)	7,2±1,39	7,0±1,87	7,5±1,66	2,45±0,27
ПИ	5,1±0,31	5,2±0,39	5,2±0,51	
ДФ		1,0±0,10	1,0±0,07	

Примечание: * - показана достоверность различия $p \leq 0,05$ (в скобках – процент) относительно значений интактной конечности; ** - показана достоверность различия $p \leq 0,05$ (в скобках – процент) относительно значений больной конечности до лечения.

Таблица 2

Ультразвуковая доплерография вен нижних конечностей у больных с дефектом большеберцовой кости (M±m; n – число наблюдений, * - показана достоверность различия $p \leq 0,05$ относительно значений интактной конечности)

	Интakтная конечность (n=22)		Больная конечность до лечения (n=5)		Больная конечность в процессе лечения (n=13)		Больная конечность после снятия аппарата (n=4)	
	v. poplitea	v. tibialis post.	v. poplitea	v. tibialis post.	v. poplitea	v. tibialis post.	v. poplitea	v. tibialis post.
ЛСК (см/сек)	4,0±0,20	1,8±0,19	2,7±0,69	2,2±0,48	3,5±0,30	3,02±0,50*	9,1±1,03*	1,7±0,42
Дистальная компрессия:								
голени:								
Прирост ЛСК (%)	300,6±18,1		265,1±28,43		236,7±20,0		146,9±37,8	
Антеградный кровоток (сек)	1,11±0,026		1,24±0,111		1,12±0,035		1,17±0,065	
стопы:								
Прирост ЛСК (%)		505,4±37,47		301,4±41,76*		326,4±53,41*		413,0±78,26
Антеградный кровоток (сек)		0,86±0,037		0,57±0,119		0,95±0,078		1,51±0,35
Проксимальная компрессия:								
Прирост ЛСК (%)	144,3±13,2	300,3±26,4	111,5±29,6	111,6±46,4*	176,2±26,71	139,1±34,02*	121,2±49,2	432,3±108,24

Таблица 3

Структурные и функциональные характеристики мышц у больных с дефектами большеберцовой кости

Исследуемые мышцы	Интakтная конечность	Больная конечность		
		до лечения	в процессе лечения	после снятия аппарата (до 3 мес.)
m.tibialis ant.				
L (отн. ед)	23,9±3,84	23,0±0,82	33,3±1,59*	22,5±4,62
Контрактильность (%)	18,6±3,6	15,9±6,61	6,2±1,75*	20,7±5,17
Атрофия (%)	0	13,0±4,0*	13,0±3,2*	10,0±2,8*
m. digitorum long.				
L (отн.ед)	33,4±3,14	44,6±3,91*	40,7±1,89*	36,5±2,75
Контрактильность (%)	20,9±4,05	20,3±2,25	7,5±1,63*	22,0±2,31
Атрофия (%)	0	7,0±2,6*	14,0±2,83*	13,0±4,47*
m.gasrocnemius				
L (отн.ед)	34,2±3,09	41,6±2,55*	44,2±2,56*	29,6±2,09
Контрактильность (%)	25,6±4,8	29,2±4,44	14,8±2,73	21,13±1,19
Атрофия (%)	0	26,0±5,43*	12,0±4,66	11,0±5,87*
m.Solius				
L (отн.ед)	29,7±2,31	34,6±0,73*	32,9±0,68*	23,5±2,56
Контрактильность (%)	16,2±3,07	13,7±3,83	7,3±1,17	17,1±1,42
Атрофия (%)	0	8,0±2,7	8,0±3,58	8,0±3,76*
Поперечная твердость мышц (усл ед.)	145±9,22	145±14,2	189,2±2,97	131,6±14,2
Сила мышц разгибателей стопы (Н*М)	48,1±8,08	19,3±4,2	7,2±1,07	21,1±4,0
Сила мышц сгибателей стопы (Н*М)	97,9±15,9	39,5±7,3	20,9±4,2	58,9±3,28

Примечание: * - показана достоверность различия $p \leq 0,05$ (в скобках – процент) относительно значений интактной конечности.

Клинический пример.

Больной К., 17 лет, (история болезни № 45041) поступил в клинику Центра 24.02.04 г. с диагнозом: посттравматический дефект-псевдоартроз левой большеберцовой кости в нижней трети, варусная деформация 160°. Предъявлял жалобы на неопорность конечности, боли, при ходьбе пользовался двумя костылями (рис. 1).

При поступлении в клинику Центра у пациента К., статическая нагрузка на конечность

была в полном объеме и составила 100 %. Из-за длительного предшествовавшего лечения (9 месяцев) регистрировалось снижение тонуса мышц: показатель поперечной твердости был снижен в 1,7 раза. Сила мышц сгибателей и разгибателей стопы составили соответственно 41,5 Н*м и 13,1 Н*м (33,5 % и 61,5 % от значений интактной конечности), т.е. задняя группа мышц голени имела большие повреждения, чем передняя, что связано с механизмом травмы (повреждающий удар сзади).



Рис. 1. Больной К. и его рентгенограммы до лечения

По данным УЗДГ вен, выявлено достоверное снижение прироста показателей линейной скорости венозного оттока *v. tibialis posterior* после функциональных проб с проксимальной и дистальной компрессией в 3 раза, что интерпретируется как выраженный гипотонус вен и снижение дренажной функции дистального сегмента. По данным УЗДГ артерий, изменений магистрального кровотока не выявлено.

03.03.04 г. произведена операция: остеосинтез аппаратом Илизарова левой голени, остеотомия малоберцовой кости на вершине деформации.

Деформация устранена одномоментно, отломки малоберцовой кости приближены к вершине дефект-псевдоартроза одномоментно (рис. 2).

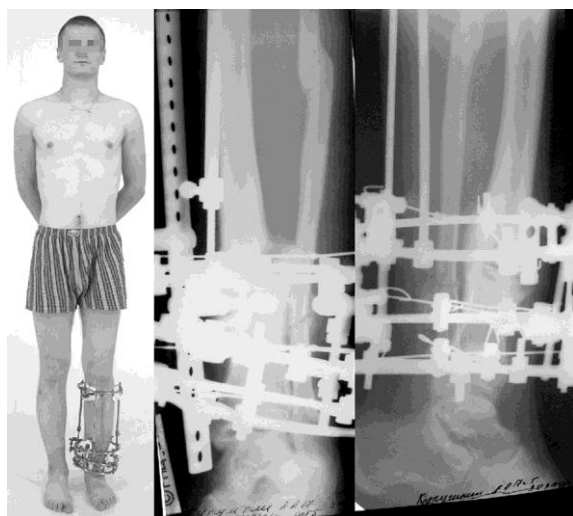


Рис. 2. Больной К. и его рентгенограммы в процессе лечения

Межберцовый синостоз сформирован за 37 дней. Фиксация – 104 дня. Сращение достигнуто.

В процессе лечения статическая нагрузка на конечность сохранялась на прежнем уровне – 100 %. Особенность компоновки аппарата позволила сохранить движения в голеностопном суставе и функцию мышц сгибателей и разгибателей стопы. Момент силы мышц для передней группы составил 5,09 Н·м, задней группы – 34,9 Н·м (рис. 4). По данным УЗИ (рис. 3), регистрировалась контрактильность мышц до 40 %, достоверно не отличаясь от значений интактной конечности.

Весь период лечебно-реабилитационного процесса на больной конечности наблюдалось усиление потока крови по *a. poplitea* на 15-20 % за счет эффекта вазодилатации и усиления линейной скорости кровотока по *a. poplitea*, *a. ti-*

bialis ant., *a. tibialis post.* в 1,3 раза.

Усиленному притоку соответствовало и усиление венозного оттока крови, что подтверждалось и результатами исследования УЗДГ вен, где регистрировалось увеличение линейной скорости (ЛСК) венозного оттока в 1,4 раза и прирост значений компрессионных проб. Такие изменения показателей периферической гемодинамики свидетельствуют о наличии четко выраженных компенсаторно-приспособительных реакциях оперированной конечности весь период лечения аппаратом Илизарова. Клинически не регистрировали признаков отека мягких тканей. Цвет кожных покровов обычный, все виды чувствительности были сохранены.

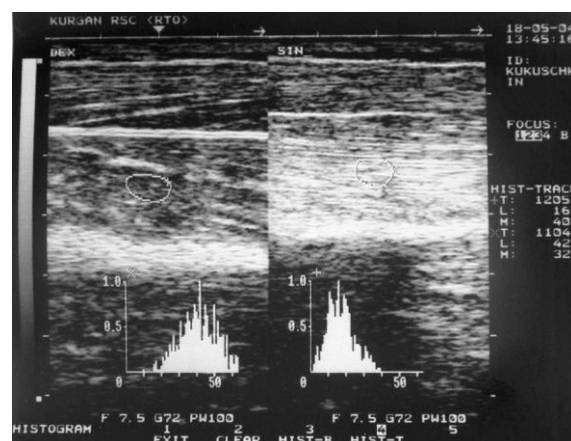


Рис. 3. Сонограммы *m. tibialis ant.*, *m. digitorum long.* На больной (sin) и интактной (dex) конечностях в процессе лечения

25.06.04 г. – аппарат демонтирован. После снятия аппарата пациент ходит с полной нагрузкой на конечность, в дополнительной иммобилизации не нуждается, движения в смежных суставах в полном объеме. Болевой синдром отсутствует, статическая нагрузка на конечность в полном объеме. Лечением доволен (рис. 5). При контрольном обследовании через 3 месяца статическая нагрузка в пределах 100 % сохраняется, амплитуда движений в голеностопном суставе в полном объеме. Прирост показателей динамометрии мышц относительно значений до лечения составил для задней группы мышц 45 %, для передней группы – 50 %. По данным УЗДГ артерий и вен, различия значений оперированной и интактной конечностей в пределах физиологической асимметрии.



Рис. 4. Исследование силы мышц сгибателей и разгибателей стопы больного К. на стенде, разработанном в РНЦ «ВТО»



Рис. 5. Больной К. и его рентгенограммы через 2 дня после снятия аппарата



ВЫВОД

Таким образом, замещение дефекта большеберцовой кости при помощи методики монолокального компрессионно-дистракционного остеосинтеза не вызывает выраженных патологических изменений со стороны мягких тканей голени, позволяет сохранить статико-динамическую нагрузку на конечность, не влияет на функцию смежных суставов, что сохраняет функциональные возможности мышц. Процесс лечения не вызывает разви-

тие дистрофических изменений в мышцах. На этапе реабилитационного процесса наблюдается восстановление показателей динамометрии, превышающие исходный уровень на 40-50 %. Весь период лечения регистрируется выраженная компенсаторно-приспособительная реакция организма: увеличение артериального притока крови к оперированному сегменту с адекватным изменением венозного оттока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долганов, Д. В. Оценка функционального состояния конечности на этапах лечения у больных при замещении дефектов большеберцовой кости методами удлинения отломков и межберцового синостозирования по Илизарову / Д. В. Долганов, К. Э. Пожарищенский, Т. И. Долганова // Клиника, диагностика и лечение травматолого-ортопедических больных. – Иркутск, 1990. – С. 59-62.
2. Долганова, Т. И. Количественные критерии компрессионных проб при ультразвуковой доплерографии вен / Т. И. Долганова // Современные методы диагностики : сб. статей V межрегион. науч.-практ. конф. - Барнаул, 2003. – С. 175-176.
3. Долганова, Т. И. Кровообращение и биомеханические свойства конечностей у больных с дефектами костей голени при лечении по методу Илизарова : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Т. И. Долганова; Ин-т физиологии СО РАМН. - Новосибирск, 1993. – 17 с.
4. Долганова, Т. И. Функциональные свойства опорно-двигательного аппарата в процессе лечения по Илизарову больных с дефектами костей голени / Т. И. Долганова, К. Э. Пожарищенский, Д. А. Долганов // Бюллетень Восточно-Сибирского научного Центра СО РАМН. - 1994. - Вып. 1-2. – С. 31-33.
5. Долганова, Т. И., Сравнительный анализ различных методик исследования периферической гемодинамики при посттравматических повреждениях тканей голени / Т. И. Долганова, Р. Н. Белобородов, Д. В. Долганов // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. - 2004. - № 2. – С. 41-47.
6. Заявка № 2003108160 РФ, МПК 7 А 61 В 17/56 Способ лечения диафизарного дефекта большеберцовой кости / Макушин В. Д., Борзунов Д. Ю., Чевардин А. Ю., РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова (РФ). – Заявл. 24.03.2003.
7. Заявка № 2003113912 РФ, МКИ 7 А 61 В 17/56 Аппарат для лечения ложных суставов большеберцовой кости / Чевардин А. Ю., Алатов Д. В.; РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова (РФ). - Заявл. 15.05.2003.
8. Оценка микроциркуляции при заболеваниях и травмах конечностей в процессе лечения по Илизарову / В. И. Шевцов, Т. И. Долганова, В. А. Щуров и др. // Методология флоуметрии. – М., 1999. – В 3 – С. 99-108.
9. Оценка функциональных результатов лечения методом чрескостного остеосинтеза больных с дефектами большеберцовой кости / Т. И. Долганова, К. Э. Пожарищенский, Л. М. Куфтырев, Д. В. Долганов // Гений ортопедии. – 2000. - № 3. – С. 58-62.
10. Функциональное состояние конечности у больных с дефектом костей голени после лечения по Илизарову / Т. И. Долганова, В. Д. Макушин, Д. В. Долганов, В. К. Камерин // Гений ортопед. - 1995. – № 2. – С. 10-14.
11. Шевцов, В. И. Дефекты костей нижней конечности / В. И. Шевцов, В. Д. Макушин, Л. М. Куфтырев. – Курган, 1996. – 502 с.
12. Щуров, В. А. Физиологические основы эффекта стимулирующего влияния растяжения тканей на рост и развитие при удлинении конечностей по Илизарову : автореф. дис. ... д-ра мед. наук / В. А. Щуров. – Пермь, 1993. – 32 с.

Рукопись поступила 15.09.04.