

Прогнозирование исходов переломов дистального метаэпифиза лучевой кости с помощью оценки критериев нестабильности

С.Н.Измалков¹, О.М.Семенкин^{1,2}, С.А.Нефедов³

¹Самарский государственный медицинский университет, кафедра травматологии, ортопедии и поликлинической хирургии Института последипломного образования (зав. кафедрой — проф. С.Н.Измалков);

²Областная клиническая больница им. М.И.Калинина, Самара (главный врач — Д.Н.Купцов);

³Самарский государственный университет, кафедра физики твердого тела и неравновесных систем (зав. кафедрой — проф. А.В.Покоев)

Цель исследования — создание эффективной системы диагностики и лечения пациентов с переломами дистального метаэпифиза лучевой кости для достижения максимально быстрого и полного восстановления функции поврежденной верхней конечности. Работа имеет клинично-рентгенологический характер и основана на изучении влияния 7 известных и 2 вновь предложенных критериев нестабильности перелома на клинично-рентгенометрические показатели кистевого сустава при неправильном сращении дистального метаэпифиза лучевой кости у 129 пациентов. Разработан диагностический алгоритм, который учитывает критерии нестабильности (в различной степени влияющие на клинично-рентгенометрические показатели кистевого сустава) и позволяет определить оптимальную тактику лечения пациентов данного профиля.

Ключевые слова: перелом лучевой кости, критерии нестабильности, клинично-рентгенометрические параметры

Forecasting of Outcomes of Distal Radius Meta-Epiphysis Fractures by Means of Instability Criteria Estimation

S.N.Izmalkov¹, O.M.Semenkin^{1,2}, S.A.Nefedov³

¹Samara State Medical University, Department of Traumatology, Orthopaedics and Outpatient Surgery, Institute of Postgraduate Education (Head of the Department — Prof. S.N.Izmalkov);

²Regional Clinical Hospital named after M.I.Kalinin, Samara (Chief Doctor — D.N.Kuptsov);

³Samara State University, Department of Solid-State Physics and Non-Equilibrium Systems (Head of the Department — Prof. A.V.Pokoev)

The purpose of the research is to create the effective system of diagnosis and treatment of patients with distal radius meta-epiphysis fractures to achieve as quick and complete recovery of functions of a damaged upper limb as possible. The research is of clinical and radiological character and is based on the study of the influence of 7 known and 2 newly suggested instability criteria of the fracture on clinical and X-ray parameters of the wrist with improperly fused distal radius meta-epiphysis fractures of 129 patients. There has been developed a diagnostic algorithm that takes into account the instability criteria (with varying degrees of influence on clinical and X-ray parameters of the wrist joint) and allows to determine the optimal treatment of patients of this profile.

Key words: distal radius fracture, instability criteria, clinical and X-ray parameters

Разнообразие типов переломов дистального метаэпифиза лучевой кости (ДМЛК), приведенных в раз-

личных классификациях, порой затрудняет выбор оптимальной тактики лечения, что может негативно повлиять на исходы [1, 2]. Учет описанных в литературе критериев нестабильности (КН) [3–6] позволяет более объективно оценивать характер перелома ДМЛК и прогнозировать возможный функциональный результат. Тем не менее в повседневной практике эти критерии часто остаются нераспознанными или их не учитывают при первичном обращении пострадавшего. В результате врач определяет неверную тактику лечения, заключающуюся в длитель-

Для корреспонденции:

Семенкин Олег Михайлович, кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и поликлинической хирургии Самарского государственного медицинского университета

Адрес: 443095, Самара, ул. Ташкентская, 159

Телефон: (846) 956-3522

E-mail: olegsemenkin@yandex.ru

Статья поступила 20.11.2013, принята к печати 20.02.2014

ной иммобилизации кистевого сустава в положении, далеком от физиологического. Кроме того, в доступной литературе не отражена диагностическая ценность каждого из известных критериев, не выявлены наиболее значимые из них. Не представлены научно обоснованные доказательства того, что игнорирование наиболее информативных КН перелома ДМЛК неизбежно приводит к неправильному сращению и неудовлетворительному исходу лечения.

Цель исследования — разработать, всесторонне обосновать и внедрить в повседневную практику оптимальный алгоритм лечения пострадавших с нестабильными переломами ДМЛК, а также повысить достоверность прогнозирования течения этого вида повреждений на основе изучения степени влияния каждого из известных КН на структурно-функциональное состояние кисти и кистевого сустава.

Пациенты и методы

Были проанализированы результаты комплексного обследования 129 пациентов (90 женщин и 39 мужчин) в возрасте от 15 до 75 лет, оперированных по поводу неправильно сросшихся переломов ДМЛК в период с апреля 2001 г. по ноябрь 2012 г. включительно. Средние сроки после травмы составили $13,20 \pm 2,21$ нед (от 4,8 до 96). Переломы типа «А» (по классификации АО/ASIF) встречались в 77 (59,7%) случаях, «В» — в 8 (6,2%) и «С» — в 44 (34,1%).

Из всех известных по данным специальной литературы КН мы сочли наиболее значимыми следующие семь:

1. размождение тыльного кортикального слоя (в области метафиза);
2. тыльное смещение суставной поверхности ДМЛК более 20° ;
3. первоначальное смещение фрагментов по длине на 1 см и более;
4. внутрисуставной характер перелома (типы «В» и «С»);
5. наличие сопутствующего перелома шиловидного отростка локтевой кости;
6. остаточное (после выполнения закрытой репозиции) укорочение лучевой кости на 5 мм и более;
7. внутрисуставное смещение отломков более 2 мм.

Кроме того, в процесс сравнительного анализа были включены 2 КН, ранее описанные нами [7], а именно:

8. наличие линии излома, составляющей 25° и более с перпендикулярной осью лучевой кости в переднезадней проекции;
9. отсутствие сопоставления после репозиции ладонной кортикальной пластинки проксимального и дистального фрагментов лучевой кости в сагиттальной проекции.

Для комплексной оценки структурно-функционального состояния кисти и кистевого сустава как отдельной единицы опорно-двигательной системы мы рассчитывали следующие 6 рентгенометрических и клинических показателей: лучелоктевой угол (ЛЛУ, $^\circ$); ладонную инклинацию (ЛИ, $^\circ$); лучелоктевой индекс (ЛЛИ, мм); лучевое смещение дистального фрагмента (ЛС, мм); общий объ-

ем движений в кистевом суставе (ООД, %) и силу захвата кисти (СЗК, %). Подсчитывали частоту встречаемости каждого из вышеперечисленных КН, а также оценивали степень их влияния на значения изучаемых клинико-рентгенометрических показателей (КРП) кисти и кистевого сустава.

С целью оценки влияния каждого из КН на КРП была применена методика проверки статистических гипотез. Для каждого из 9 КН были выбраны два массива данных: 1) значения КРП в отсутствие КН; 2) значения КРП при наличии КН.

Проверяли статистическую гипотезу «Среднее значение КРП одинаково как при отсутствии КН, так и при его наличии». В случае если гипотеза оказывалась состоятельной, считали, что влияние данного КН на данный КРП отсутствует. Если гипотезу отвергали, делали вывод о наличии влияния КН на КРП [8].

Всего было проведено 54 проверки гипотез (9 КН \times 6 КРП). Предполагали, что обе выборки нормализованы (по закону больших чисел), поскольку при генеральной совокупности в 129 испытаний численность каждой выборки (n_1 и n_2) оказалась больше 30. Принимали, что дисперсии каждой из двух генеральных совокупностей (54 пары дисперсий) неизвестны и неравны, поэтому учитывали выборочные дисперсии s_1 и s_2 , а расчет статистики для сравнения проводили в соответствии с выражением:

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{n_1 s_x^2 + n_2 s_y^2}{n_1 + n_2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

где множество X — значения признака в отсутствие критерия, множество Y — значения признака при наличии критерия. Поскольку конкурирующей гипотезой было неравенство средних значений X и Y , выбирали двустороннюю критическую область. Брали функцию $\theta(t, k) = 1 - \alpha = 0,95$ для распределения Стьюдента. Выбирали число степеней свободы 127 (129 обследований — 2), уровень значимости для проверки гипотезы выбирали $\alpha = 0,05 = 5\%$. Таким образом, критическая статистика оказалась равна $t_{кр} = 1,96$. При $|t| < t_{кр}$ делали вывод о состоятельности гипотезы — влияния критерия на признак нет, в противном случае гипотезу отвергали, что означало наличие влияния КН на величину КРП.

Результаты исследования и их обсуждение

Из всех рассматриваемых КН переломов ДМЛК наиболее часто (в 74,4% случаев) наблюдали КН № 9 — отсутствие сопоставления ладонной кортикальной пластинки проксимального и дистального отломков после выполнения закрытой ручной репозиции. Несмотря на выполненную первичную закрытую репозицию, именно этот признак наиболее часто встречали при неправильном сращении с укорочением лучевой кости (ЛЛИ = 5,23 мм), смещением отломков в сагиттальной плоскости (ЛС = 2,88 мм)

и уменьшением объема движений в кистевом суставе (ООД = 47,38%).

В 72,9% случаев обнаружили КН № 1 — разможнение тыльного кортикального слоя в области метафиза. Однако несмотря на высокую частоту его определения, по результатам подсчетов, значимого влияния ни на один КРП он не оказывал.

У 70,7% обследованных больных имел место КН № 2 — смещение ладонного наклона суставной поверхности более 20° в тыльную сторону, который оказывал значимое влияние на КРП «ладонная инклинация» (ЛИ = -12,65°).

У 59,4% пациентов диагностировали еще один описанный в литературе КН № 5 — перелом шиловидного отростка локтевой кости, который не вызвал значимого влияния ни на один КРП в данном исследовании.

Среди всех обследованных больных один из предложенных нами критериев нестабильности (КН № 8) — наличие линии излома, составляющей 25° и более с перпендикулярной осью лучевой кости в переднезадней проекции — был выявлен у 55 пострадавших (41,4%). При этом обнаружено значимое влияние этого КН на показатель смещения (ЛС = 4,63 мм).

В 39,9% случаев наблюдали КН № 4 — внутрисуставной перелом, который оказывал значимое влияние на величину лучелоктевого индекса (ЛЛИ = 5,43 мм) и величину смещения отломков во фронтальной плоскости, причем в отсутствие КН показатель ЛС был больше (2,98 мм), чем при его наличии (2,12 мм).

Два из КН, а именно КН № 3 и КН № 6, встречались с одинаковой частотой — в 32,3% случаев. Однако количество КРП, на которые они оказали влияние, варьировало. КН № 3 — первоначальное смещение фрагментов по длине на 1 см и более — значимо влиял на 5 из изучаемых КРП: ЛЛУ (8,07°), ЛЛИ (6,21 мм), ЛС (3,37 мм), ООД (43,72%) и СЗК (21,6%). Критерий нестабильности № 6 — остаточное укорочение лучевой кости более 5 мм (после закрытой репозиции) — оказывал влияние на 4 показателя: ЛЛУ (9,08°), ЛЛИ (6,88 мм), ЛС (3,83 мм) и ООД (44,31%).

На последнем месте по частоте встречаемости (28,6% случаев) оказался КН № 7 — внутрисуставное смещение отломков более 2 мм. Этот критерий оказывал значимое влияние на ЛЛИ (3,99 мм). На основе полученных результатов была сформирована таблица, демонстрирующая влияние каждого из КН на КРП (таблица).

В результате все КН были распределены нами на 3 группы: в 1-ю группу вошли критерии, оказывающие выраженное влияние на КРП (влияют на 3–5 показателей); во 2-ю группу — оказывающие умеренное влияние на КРП (влияют на 1–2 показателя); в 3-ю — слабо влияющие на КРП (влияют на 0 показателей).

Исходя из полученных данных, нами предложен следующий алгоритм лечения больных с переломами ДМЛК. Каждый из КН, входящих в 1-ю группу, соответствует 30 баллам, во 2-ю группу — 15 баллам и в 3-ю — 10 баллам. Любой из КН 1-й группы (30 баллов) позволяет выявить так называемые нерепонируемые переломы (при которых невозможно с помощью закрытой ручной репозиции и гипсовой лонгеты удержать отломки в правильном положении), требующие хирургической коррекции. Сочетание КН остальных групп, набравших в сумме 30 и более баллов, также свидетельствует о нестабильном характере перелома, при котором консервативное лечение не будет эффективным.

Вероятность вторичного смещения даже после хорошо выполненной репозиции остается высокой и составляет от 14,5 до 60% [9–11]. Н.Курю и соавт. (2008) сообщают о том, что при фиксации отломков спицами Киршнера потеря величин ЛЛУ и длины лучевой кости происходит в течение первых 45 дней, а уменьшение ЛИ — на протяжении 3 месяцев после перелома [12]. В этой связи чрезвычайно важно своевременно выявить признаки возможного смещения костных фрагментов.

В 1989 г. М.Lafontain и соавт. на примере 112 переломов описали критерии, обнаружение которых свидетельствовало о нестабильном характере перелома ДМЛК [3]. Это первичное тыльное смещение ладонного наклона суставной поверхности более 20°, разможнение тыль-

Таблица. Влияние критериев нестабильности на значения клинико-рентгенометрических показателей при переломах дистального метаэпифиза лучевой кости

| Критерий нестабильности | Клинико-рентгенометрические показатели | | | | | |
|---|--|-------|---------|--------|--------|--------|
| | ЛЛУ, ° | ЛИ, ° | ЛЛИ, мм | ЛС, мм | ООД, % | СЗК, % |
| 1. Разможнение метафиза (*) | – | – | – | – | – | – |
| 2. Тыльное смещение (**) | – | + | – | – | – | – |
| 3. Смещение на 1 см и более (***) | + | – | + | + | + | + |
| 4. Внутрисуставной перелом (**) | – | – | + | + | – | – |
| 5. Шиловидный отросток (*) | – | – | – | – | – | – |
| 6. Укорочение 5 мм и более (***) | + | – | + | + | + | – |
| 7. Внутрисуставное смещение более 2 мм (**) | – | – | + | – | – | – |
| 8. Линия излома 25° (**) | – | – | – | + | – | – |
| 9. Отсутствие контакта (***) | – | – | + | + | + | – |

Влияние КН на КРП: * — слабое; ** — умеренное; *** — выраженное

ного метафиза, внутрисуставной перелом, сопутствующий перелом локтевой кости, возраст пациентов старше 60 лет. При наличии 3 и более критериев перелом ДМЛК считали нестабильным с тенденцией к вторичному смещению отломков в случае консервативного лечения. D.Fernandez и J.Jupiter (1996) также описали критерии, по которым перелом ДМЛК следовало считать нестабильным, среди них — выраженное смещение отломков, разможнение метафизарной зоны, высокая энергия повреждения, наличие костного дефекта между отломками после репозиции [4]. И.О.Голубев и соавт. (2010) дополнили это список новым критерием — укорочение лучевой кости на 5 мм и более [5].

J.Kongsholm и C.Olerud (1989) сообщили о вторичном смещении отломков у половины всех пациентов через 10 дней после выполнения закрытой репозиции и о неправильном сращении отломков у 88% больных после оскольчатых переломов дистального отдела лучевой кости [13]. Это совпадает с данными А.А.Хромова и соавт. (2004), наблюдавшими в 86,4% случаев вторичное смещение отломков лучевой кости при переломах III–IV типов по классификации Frykman [14]. P.Maskenney и соавт. (2006) по результатам обследования 4000 пациентов с переломами ДМЛК пришли к заключению, что ведущими факторами, ухудшающими исход, являются тыльное разможнение, укорочение лучевой кости и увеличение возраста больных [15].

Е.Махни и соавт. (2010), изучая влияние разможнения тыльного метафиза на вторичное смещение, выяснили, что при наличии этого критерия смещение наступало в 62% случаев против 45% при переломах без разможнения ($p < 0,001$) и имело тенденцию к росту с увеличением возраста [6]. В нашем исследовании мы не отметили влияния КН № 1 на КРП. **А.Ladd (2008)** относит к признакам нестабильных переломов внутрисуставное смещение, разможнение костной ткани и ее низкую плотность [16].

В.Lawson и соавт. (2012) среди нескольких КН выделяли 2 независимых статистически значимых фактора, предрасполагающих к вторичному смещению отломков: возраст больных старше 65 лет и наличие внутрисуставного перелома (тип «С» по классификации АО/ASIF). В сочетании с этими факторами имели значение также разможнение тыльного кортикального слоя или наличие 3 и более фрагментов в дистальном отделе лучевой кости [17].

Исследования **М.Lutz и соавт. (2005)** показали, что увеличение глубины суставной поверхности лучевой кости в сагиттальной проекции за счет смещения отломков после внутрисуставных переломов ДМЛК («С2» и «С3» по классификации АО/ASIF) неблагоприятно влияет на функциональный исход, а именно на объем «сгибания–разгибания» в лучезапястном суставе [18]. В выполненном нами исследовании достоверно обосновано, что как КН № 4 (внутрисуставной перелом), так и КН № 7 (внутрисуставное смещение более 2 мм) оказывают влияние на соотношение длин лучевой и локтевой костей (ЛЛИ).

С.Kraemer и соавт. (2013) в ретроспективном исследовании выявили значимую потерю объема движений в

кистевом суставе и силы захватов кисти ($p = 0,001$) у пациентов с 200 переломами ДМЛК при наличии сопутствующего перелома шиловидного отростка локтевой кости [19].

В противовес этому, сравнение 2 групп больных с сочетанными переломами основания шиловидного отростка локтевой кости и ДМЛК, проведенное Y.Zenke и соавт. (2012), констатировало одинаково хорошие результаты как в группе, где выполняли внутреннюю фиксацию шиловидного отростка локтевой кости, так и в группе без его фиксации [20]. В нашем исследовании влияния КН № 5 ни на один из КРП отмечено не было.

Постменопаузальный остеопороз также рассматривается в литературе как КН [21]. К.Nesbitt и соавт. (2004) в качестве статистически значимого фактора для прогнозирования вторичного смещения после приемлемой первичной закрытой репозиции указывают возраст пациентов старше 58 лет [22]. При этом риск потери репозиции достигает 50%. Поскольку средний возраст пациентов в нашем исследовании составил 42,2 года, а 89,4% больных были в возрасте до 60 лет, мы сочли возможным не учитывать влияние остеопороза на развитие смещения отломков у наших пациентов.

Заключение

В обследуемой нами группе больных с неправильно сросшимися переломами ДМЛК наиболее часто выявляли такие критерии нестабильности, как:

- отсутствие сопоставления ладонной кортикальной пластинки проксимального и дистального отломков — 74,4%;
- отклонение ЛИ на 20° и более — 72,9%;
- разможнение тыльного кортикального слоя в метафизарной области — 70,7%;
- перелом шиловидного отростка локтевой кости — 59,4%.

В то же время выраженное влияние на ведущие КРП оказали следующие КН, составившие 1-ю группу:

- первоначальное смещение фрагментов по длине на 1 см и более;
- остаточное (после выполнения репозиции) укорочение лучевой кости более 5 мм;
- отсутствие сопоставления ладонной кортикальной пластинки проксимального и дистального отломков.

Таким образом, существующая концепция лечения больных с переломами ДМЛК предполагает выявление 3 любых из известных КН для обоснования показаний к хирургическому лечению. Результаты проведенного исследования позволили разделить КН на группы в зависимости от степени их влияния на КРП, что предполагает новый дифференцированный подход, а именно возможность в зависимости от наличия диагностированного КН (или набранного количества баллов) определить наиболее эффективный способ лечения. В целом полученные данные могут способствовать улучшению диагностики переломов ДМЛК, прогнозированию их течения и выбору оптимальной тактики лечения этих больных.

Литература

1. Wolf S.W. Avoiding complications of distal radius fracture fixation // Annual Meeting of American Academy of Orthopaedic Surgeons: Proceedings. Chicago, 2006. P.184–185.
2. Schnependahl J., Windolf J., Kaufmann R. Distal radius fractures: current concepts // J Hand Surg Am. 2012. V.37 (8). P.1718–1725.
3. Lafontaine M., Hardy D., Delince P.H. Stability assessment of distal radius fractures // Injury. 1989. V.20 (4). P.208–210.
4. Fernandez D.L., Jupiter J.B. Fractures of the distal radius. A practical approach to management. Berlin–Heidelberg–New York: Springer, 1996. P.114–117.
5. Голубев И.О., Максимов А.А., Ширяева Г.Н. и др. Ошибки и осложнения консервативного лечения переломов дистального метаэпифиза лучевой кости // Матер. 3-го Всерос. съезда кистевых хирургов, 2-го Междунар. конгресса «Современные технологии диагностики, лечения и реабилитации при повреждениях и заболеваниях верхней конечности»: Тезисы докладов. М., 2010. С.36–37.
6. Makhni E.C., Taghnia A., Ewald T. et al. Comminution of the dorsal metaphysis and its effects on the radiographic outcomes of distal radius fractures // J Hand Surg Eur Vol. 2010. V.35 (8). P.652–658.
7. Измалков С.Н., Семенкин О.М. Заявка на изобретение № 2013106012 от 12.02.2013 «Способ диагностики нестабильных переломов дистального метаэпифиза лучевой кости».
8. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов. М.: Юнити-Дана, 2002. 543 с.
9. Castaing J. Les fractures récentes de l'extrémité inférieure du radius chez l'adulte // Rev Chir Orthop. 1964. V.50. P.581–696.
10. Judet J., Judet R., Caracostas. Le traitement des fractures de l'extrémité inférieure du radius // Mém Acad Chir. 1958. V.84. P.103–1041.
11. Farah N., Nassar L., Farah Z., Schuind F. Secondary displacement of distal radius fractures treated by bridging external fixation // J Hand Surg Eur Vol. 2013. V.6. P.1–7.
12. Kurup H.V., Mandalia V.M., Shaju K.A. et al. Late collapse of distal radius fractures after K-wire removal: is it significant? // J Orthop Traumatol. 2008. V.9. P.69–72.
13. Kongsholm J., Olerud C. Plaster cast versus external fixation for unstable intraarticular Colles` fractures // Clin Orthop Relat Res. 1989. V.241. P.57–65.
14. Хромов А.А., Обухов И.Э., Черняев С.Н., Кравченко И.Н. Применение стержневых аппаратов внешней фиксации при лечении больных с переломами дистального метаэпифиза лучевой кости // Матер. Междунар. конгресса «Современные технологии в травматологии и ортопедии: ошибки и осложнения — профилактика, лечение»: Тезисы докладов. М., 2004. С.184–185.
15. Mackenney P.J., McQueen M.M., Elton R. Prediction of instability in distal radius fractures // J Bone Joint Surg Am. 2006. V.88 (9). P.1944–1951.
16. Ladd A.L. Internal fixation: is this the new gold standard? // Annual Meeting of American Academy of Orthopaedic Surgeons: Proceedings. San Francisco, 2008. P.216–218.
17. Lawson B., Makhni M., Kuo P. et al. Predictors of secondary displacement in operatively and non-operatively managed distal radius fractures // Annual Meeting of American Academy of Orthopaedic Surgeons: Proceedings. San Francisco, 2012. 119. P.780–781.
18. Lutz M., Rudisch A., Kralinger F. et al. Sagittal wrist motion of carpal bones following intraarticular fractures of the distal radius // J Hand Surg Br. 2005. V.30 (3). P.282–287.
19. Kraemer S., Meyer H., O`Loughlin P.F. et al. The incidence of ulnocarpal complaints after distal radial fracture in relation to the fracture of the ulnar styloid // J Hand Surg Eur Vol. 2013. V.38 (7). P.710–717.
20. Zenke Y., Sakai A., Oshige T. et al. Treatment with or without internal fixation for ulnar styloid base fractures accompanied by distal radius fractures fixed with volar locking plate // J Hand Surg Eur Vol. 2012. V.17. P.181–190.
21. Fitzpatrick S.K., Casemyr N.E., Zurakowsky D. et al. The effect of osteoporosis on outcomes of operatively treated distal radius fractures // J Hand Surg Am. 2012. V.37 (10). P.2027–2034.
22. Nesbitt K.S., Failla J.M., Les C. Assessment of instability factors in adult distal radius fractures // J Hand Surg Am. 2004. V.29 (6). P.1128–1138.

Информация об авторах:

Измалков Сергей Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и поликлинической хирургии Самарского государственного медицинского университета
Адрес: 443099, Самара, ул. Чапаевская, 89
Телефон: (846) 333-7144
E-mail: izmalkov@mail.ru

Нефедов Сергей Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики твердого тела и неравновесных систем Самарского государственного университета
Адрес: 443011, Самара, ул. Академика Павлова, 1
Телефон: (846) 334-5436
E-mail: nef2705@yandex.ru