

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CIRÚRGICAS

O EFEITO DAS CÉLULAS-TRONCO NA CAPACIDADE FUNCIONAL DE
PACIENTES APÓS A SUTURA DO MANGUITO ROTADOR

CÍNTIA HELENA RITZEL

Orientador: **JOÃO LUIZ ELLERA GOMES**

Co-orientador: **MARCO AURÉLIO VAZ**

Porto Alegre

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CIRÚRGICAS

O EFEITO DAS CÉLULAS-TRONCO NA CAPACIDADE FUNCIONAL DE
PACIENTES APÓS A SUTURA DO MANGUITO ROTADOR

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas da Escola de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora.

CÍNTIA HELENA RITZEL

Orientador: **JOÃO LUIZ ELLERA GOMES**

Co-orientador: **MARCO AURÉLIO VAZ**

Porto Alegre

2012

**FICHA CATALOGRÁFICA, DESCRITA NO VERSO DA FOLHA DE ROSTO, NO
TERÇO INFERIOR**

CIP - Catalogação na Publicação

Ritzel, Cintia Helena

O EFEITO DAS CÉLULAS TRONCO NA CAPACIDADE FUNCIONAL
DE PACIENTES APÓS A SUTURA DO MANGUITO ROTADOR /
Cintia Helena Ritzel. -- 2012.

71 f.

Orientador: Joao Luiz Ellera Gomes.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-
Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas, Porto
Alegre, BR-RS, 2012.

1. Lesao do Manguito Rotador. 2. Celulas Tronco.
3. Tratamento Cirurgico do MR. 4. Reabilitacao. 5.
Avaliacao Funcional. I. Gomes, Joao Luiz Ellera,
orient. II. Título.

**DEDICO ESTE TRABALHO AO MEU MARIDO, À FAMÍLIA RITZEL E À FAMÍLIA
LEANDRO QUE COM MUITO AMOR E CARINHO, ESTIVERAM AO MEU LADO
EM TODOS OS MOMENTOS NESTA CONQUISTA,
APOIOANDO-ME E INCENTIVANDO-ME A CONTINUAR.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, de alguma maneira, estiveram comigo e contribuíram para a concretização deste sonho:

- Ao meu professor, amigo, incentivador e conselheiro Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz, por ter me acompanhado por longos anos, desde a minha primeira especialização, por ter me incentivado a continuar estudando depois do Mestrado e por manter as portas abertas do Lapex acreditando na minha carreira acadêmica e profissional. Agradeço por ter me guiado nessa trajetória, por ser um exemplo para mim e por estar sempre ao meu lado.
- À Marcia Knijer, minha querida amiga, companheira de estrada e colega da Ulbra, que me apoiou e me incentivou tanto para tomar a decisão de continuar me especializando e fazer o Doutorado.
- À amiga e colega Angela Muraro, pelo apoio e pelas ajudas incansáveis em muitos momentos deste trabalho.
- Aos colegas, Juliana Bertani, Ricardo Canquerini, Eduardo Ávila, Guilherme Caputo, Luís Ávila, Adriana Spíndola e Estela Maris Araripe pela ajuda em diferentes momentos deste trabalho.
- Aos amigos queridos Silvia Manfrin, Rafael Fortuna, Alessio Gallina, Taian Vieira, Siomara Silva, Thaís Necchi e Alessandra Francischelli, pelo apoio, pelas conversas e desabafos durante todo esse período.
- Aos médicos, residentes, enfermeiros (as), técnicos (as) de enfermagem e às secretárias do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, pela amizade, pelo apoio, pela presença, pelas ajudas e pelo empenho em conseguir indivíduos para a amostra.

- A todos os indivíduos participantes do estudo.
- Aos funcionários do PPGCC e da secretaria do LAPEX, pela amizade, atenção, auxílio e agradável convivência durante o programa de Doutorado.
- Aos membros da banca avaliadora.
- Um agradecimento especial ao Prof. Roberto Merletti que se tornou meu orientador estrangeiro e amigo, após eu ter feito o doutorado “sanduiche” (estágio do exterior) por 12 meses, na Itália.
- Aos meus colegas, amigos e à secretaria do Lisin – Itália, pela paciência e dedicação durante todo o tempo em que trabalhamos juntos.
- A todos os meus amigos brasileiros e italianos, à minha família brasileira e à italiana, pelo apoio, pela preocupação, pelo amor e pela ajuda e companheirismo nos momentos finais e mais difíceis.
- Em especial, ao meu orientador Prof. Dr. João Luiz Ellera Gomes, por ter acreditado em mim, pelas oportunidades, pela confiança e pelos ensinamentos que me motivaram a percorrer este caminho.

**“Não se impressiones com a dificuldade.
Convença-se de que a vitória é a construção do dia.
Não desista da paciência e não creia em realização sem esforço.
Nunca pense que uma meta não foi feita para você.
Mas sim nas virtudes que você precisa desenvolver para conseguir atingi-la.
E não esqueça jamais:
Viver é sonhar...
E se permitir imaginar algo além do que se está vivendo”.**

LISTA DE TABELAS (ARTIGO EM INGLÊS)

Table 1 – Characteristics of the population: sex, age, body mass and height (average \pm SD).....37

Table 2 – Percentage values for movement amplitude, muscle torque, and muscle imbalance in the comparison between operated and healthy shoulders. Values are presented as medians (minimum and maximum range).....38

LISTA DE TABELA (ARTIGO EM PORTUGUÊS)

Tabela 1 – Caracterização da amostra com sexo, idade, massa corporal e estatura (média ± DP).....54

Tabela 2 – Valores percentuais da amplitude de movimento, dos valores de torque muscular e do desequilíbrio muscular em relação ao lado saudável para cada grupo. Valores em mediana (mínimo; máximo).....55

LISTA DE ABREVIATURAS

Manguito Rotador	MR
Standard Desviation	SD
Rotação Externa/Rotação Interna	RE/RI
Rio Grande do Sul	RS
Rotator Cuff	RC
Kilograma	Kg
Centímetro	Cm
Grupo Controle	GC
Grupo Experimental	GE
Amplitude de Movimento	ADM
Contração Voluntária Máxima	CVM
Desvio Padrão	DP
Amostra (numero de sujeitos)	N
Escala analógica visual de dor	EAVD
Plasma Rico em Plaquetas	PRP
Membro Superior Direito	MSD
Membro Superior Esquerdo	MSE
Goniometria	GONI
Dinamometria	DINA
Flexão	FX
Extensão	EX
Abdução	ABD
Adução	ADU
Rotação Externa	RE
Rotação Interna	RI

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS (ARTIGO EM INGLÊS)	8
LISTA DE TABELA (ARTIGO EM PORTUGUÊS)	9
LISTA DE ABREVIATURAS.....	10
INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 ANATOMIA E BIOMECÂNICA DO MANGUITO ROTADOR	15
2.2 LESÃO DO MANGUITO ROTADOR	16
2.3 TRATAMENTO DA LESÃO DO MANGUITO ROTADOR	18
2.4 AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO OMBRO	19
REFERÊNCIAS.....	23
4 OBJETIVOS.....	29
4.1 OBJETIVO GERAL.....	29
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
STEM CELL TRANSPLANTATION IN ROTATOR CUFF REPAIR: INFLUENCE ON FUNCTIONAL RECOVERY	31
A ADIÇÃO DE CÉLULAS-TRONCO NA SUTURA DO MANGUITO ROTADOR INFLUENCIA A RECUPERAÇÃO FUNCIONAL?	47
APÊNDICES	64
APÊNDICE A	64
APÊNDICE B	66

INTRODUÇÃO

A dor no ombro é a segunda causa de atendimento na prática ortopédica, perdendo apenas para lombalgia. E, entre as causas de ombro doloroso, as lesões do manguito rotador (MR), incluindo a síndrome do impacto, são as mais frequentes (1,2).

As lesões do manguito rotador ocorrem por fatores degenerativos e micro traumáticos que acometem os tendões quase junto a sua inserção na cabeça umeral. Em indivíduos selecionados para tratamento cirúrgico, a tenorrafia, com ou sem acromioplastia, é tratamento de escolha. Muitos indivíduos, quando submetidos à cirurgia, já apresentam degeneração avançada nos tendões, os quais se encontram afilados e atróficos. E, por esse motivo, muitos tendões voltam a se romper mesmo após a sutura. Vários trabalhos demonstram, ou em ressonância nuclear ou ecografia, que a degeneração dos tendões continua mesmo após o tratamento cirúrgico. A qualidade do tendão no momento da sutura é um dos fatores principais para o sucesso do tratamento. No entanto, é um dos fatores que não se conseguiu modificar até agora (3,4,5).

O equilíbrio ou o desequilíbrio das estruturas musculoesqueléticas do ombro é um aspecto que precisa ser considerado nas instabilidades articulares e nas lesões do ombro. Nas lesões do manguito rotador, o maior desequilíbrio encontrado está relacionado com a sinergia entre os rotadores laterais e mediais. Os músculos rotadores laterais agem excentricamente durante a rotação medial para tentar evitar a translação excessiva da cabeça do úmero na cavidade glenoide (6).

A alteração da força aplicada nas articulações ou a diferença na força entre grupos musculares antagonistas levam ao aumento de sobrecarga articular,

principalmente no contato entre o úmero e o acrômio. Esse desequilíbrio muscular é considerado um fator predisponente à lesão no ombro (7 - 9).

O desequilíbrio muscular pode ser representado por uma alteração do torque entre grupos musculares antagonistas, ou seja, por uma alteração da relação muscular entre flexão e extensão, abdução e adução e rotação externa e interna. Instabilidade articular, processos inflamatórios, doenças degenerativas, cirurgias e outras alterações dolorosas, tanto podem levar ao desequilíbrio muscular como também podem ser resultantes de um desequilíbrio entre grupos musculares antagonistas.

Além da avaliação do desequilíbrio muscular da articulação ser importante, outro fator que pode interferir na presença de lesões músculo esqueléticas é disparidade da diferença das forças musculares entre os lados dominante e não dominante (7, 10, 11). Uma diferença nos valores de força muscular entre membros maior que 10% é considerada desequilíbrio entre o lado dominante e não dominante. Por essa razão, a avaliação da força muscular como recurso da dinamometria isocinética é largamente utilizada. Tem sido sugerido que as diferenças bilaterais de força e a relação dos torques máximos antagonista/agonista estão relacionadas com as exigências específicas de cada articulação e características de cada doença articular, sobrecarga nas estruturas ou processo degenerativo.

De fato, alguns estudos sugerem que a boa funcionalidade dinâmica dos músculos estabilizadores do ombro, principalmente o grupo muscular manguito rotador, pode ser determinante na prevenção e/ou na limitação da severidade de lesões dos tecidos musculares.

Nós últimos anos, o uso de células-tronco para o tratamento de doenças degenerativas está sendo muito pesquisado. Trabalhos têm sido realizados nas

áreas de cardiologia, neurologia, odontologia, etc. No entanto, existem poucas publicações na área ortopédica.

Tendo em vista essa dificuldade na capacidade de cicatrização e diferenciação do tecido em processo degenerativo, poder-se-ia supor que se as células-tronco fossem colocadas em um tecido conjuntivo como o tendão, estimulariam a sua reparação, como ocorre em outros tecidos.

Acredita-se, então, que a injeção de células-tronco no tendão doente seria um estímulo maior para a reparação desse tendão, criando um tecido conjuntivo sadio e resistente. Então, apresentaria uma capacidade maior de regeneração e recuperação de tal tecido, bem como das propriedades visco elásticas e da força muscular.

Gomes et al. (2012), demonstraram que a aplicação de células tronco na sutura do manguito rotador parece ser uma alternativa para manter o reparo mais rígido e diminuir o número de ocorrência de re-rupturas (12).

Assim sendo, o objetivo do presente trabalho é confrontar o índice de melhora dos valores de torque muscular e a avaliação do desequilíbrio muscular após a sutura do MR, com e sem adição de células-tronco.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ANATOMIA E BIOMECÂNICA DO MANGUITO ROTADOR

O manguito rotador é composto por quatro músculos: o subescapular, o supraespinhoso, o infraespinhoso e o redondo menor. Esse grupo muscular tem origem na escápula e inserção no úmero (13).

O subescapular tem origem na fossa subescapular na parte ventral da escapula, passa na parte anterior da articulação do ombro e se insere no tubérculo menor do úmero. O supraespinhal se insere na fossa supraespinhal na parte dorsal da escápula acima da espinha e se insere na parte superior do tubérculo maior do úmero. O infraespinhal se insere na fossa infraespinhal, na região dorsal da escápula abaixo da espinha e vai até a parte média do tubérculo maior. O redondo menor tem origem na parte superior da borda lateral da escápula e insere-se na parte mais baixa do tubérculo maior (13).

Os tendões não se inserem em uma área discreta do osso, mas têm a inserção em uma grande área em conjunto formando o manguito rotador. A inserção do supra e do infraespinhoso está sobre uma área maior e, frequentemente, são inseparáveis do redondo menor (13). Nesse entrelaçamento dos tendões também pode ser considerada a porção longa do tendão do bíceps braquial como parte do manguito rotador, porque ele desliza entre o tendão do subescapular e do supraespinhal e suas fibras podem ser confundidas entre si.

Ocorre uma mistura dos tendões com a cápsula articular glenoumeral, já que eles se inserem no tubérculo menor e maior do úmero, sendo de grande importância na reabilitação das lesões do manguito rotador ou capsular (14).

A biomecânica do manguito rotador é complexa. Uma das funções mais importantes do manguito rotador é a rotação da cabeça do úmero em relação à escápula. Porém, o subescapular é um grande rotador interno e o supraespinhal, o infraespinhal e o redondo menor rodam externamente ao úmero. Todos atuam em torno de 45% na abdução do membro superior, o restante da abdução é responsabilidade do músculo deltoide (15).

A segunda função do MR é fornecer o balanço muscular adequado que permiti a coordenação precisa do movimento em diferentes direções. Assimetricamente o MR guia ou mantém a cabeça do úmero na glenoide durante os movimentos do ombro, resultando na estabilidade da articulação (13-15).

A terceira função maior dos rotadores é estabilizar o ombro comprimindo ou mantendo a cabeça do úmero na fossa glenóide. Essa compressão é necessária porque o tamanho da cabeça do úmero é relativamente grande comparada à fossa glenoide e, se não fosse a estabilização e compressão realizadas pelo MR não existiria estabilidade articular (13-15).

2.2 LESÃO DO MANGUITO ROTADOR

A lesão do manguito rotador é uma causa comum de dor e disfunção do ombro. A prevalência dessa lesão na população é em torno de 5% a 39%, porque aumenta com a idade (2).

Em 1934, Codman (13) investigara a lesão do manguito rotador, principalmente a ruptura do supraespinhoso e descreveu a lesão degenerativa do tendão do supraespinhoso.

A causa da lesão do MR ainda é muita controversa e muitos estudos estão sendo realizados nesse sentido, pelo fato de a doença ter amplo espectro desde

uma tendinite até a ruptura completa do tendão. A doença do MR, apesar de apresentar-se de forma clínica similar, é decorrente de causas, condições e mecanismos diversos. As causas incluem a síndrome do impacto do ombro, o envelhecimento normal, a avascularização do tendão, trauma e a compressão do espaço acromial (16).

Embora a lesão do MR seja frequentemente causada por múltiplos fatores, existem evidências de que a tendinopatia do MR está mais relacionada ao envelhecimento (17, 18, 19, 20). A doença pode preexistir por anos e permanecer assintomática até os 60 anos de idade (13). Nas análises microscópicas do tendão, são encontradas mudanças e degenerações devido à idade. As mudanças relacionadas com a idade incluem: diminuição da fibrocartilagem na inserção do manguito, diminuição da vascularização, diminuição da proliferação celular e interrupção do contato do tendão com o osso (18).

Existem evidências de que a degeneração do tendão seja normal com o envelhecimento, assim como ocorre com os demais tendões do organismo. O problema é que a degeneração leva à perda das propriedades dos tendões, perda da força de resistência tendínea e perda da força muscular. Esses fatores associados à sobrecarga no ombro, como o trabalho ou o esporte, leva à doença precoce e ruptura do tendão do MR (21).

2.3 TRATAMENTO DA LESÃO DO MANGUITO ROTADOR

O tratamento inicial da lesão do manguito rotador é conservador e de reabilitação, porém, nos casos de ruptura há a indicação cirúrgica de tenorrafia do MR. A cirurgia é o tratamento de escolha geralmente quando há presença de dor e fraqueza muscular progressiva (22-24).

As lesões do manguito rotador ocorrem por fatores degenerativos e micro traumáticos que acometem os tendões quase junto a sua inserção na cabeça umeral. Em pacientes selecionados para tratamento cirúrgico, a tenorrafia, com ou sem acromioplastia, é tratamento de escolha. Muitos pacientes, quando submetidos à cirurgia, já apresentam degeneração avançada nos tendões, os quais se encontram afilados e atróficos. E, por este motivo, muitos tendões voltam a se romper mesmo após a sutura (25).

Inúmeros trabalhos demonstram, ou em ressonância nuclear ou ecografia, que a degeneração dos tendões continua mesmo após o tratamento cirúrgico. A qualidade do tendão no momento da sutura é um dos fatores principais para o sucesso do tratamento. No entanto, é um dos fatores que não se conseguiu modificar até agora (26).

Nós últimos anos, o uso de células-tronco para o tratamento de doenças degenerativas está sendo muito pesquisado. Trabalhos têm sido realizados nas áreas de cardiologia, neurologia, odontologia, etc. No entanto, existem poucas publicações na área ortopédica.

As células-tronco são um tipo de célula que podem se diferenciar e constituir diferentes tecidos no organismo. Elas têm a capacidade especial de autorreplicação, ou seja, elas podem gerar cópias idênticas de si mesmas. Por causa destas duas capacidades, as células-tronco são objeto de intensas pesquisas hoje, pois poderão

funcionar como células substitutas em tecidos lesionados ou doentes. É relativamente recente a constatação de que, além da pele, do intestino e da medula óssea, outros tecidos e órgãos humanos — fígado, pâncreas, músculos esqueléticos (associados ao sistema locomotor), tecido adiposo e sistema nervoso — têm um estoque de células-tronco e uma capacidade limitada de regeneração após lesões (27).

Mais recente ainda é a idéia de que essas células-tronco ‘adultas’ são, não apenas multipotentes (capazes de gerar os tipos celulares que compõem o tecido ou órgão específico onde estão situadas), mas também pluripotentes (podem gerar células de outros órgãos e tecidos). Giuliana Ferrari, em 1998, fez o primeiro relato dessa propriedade das células-tronco adultas. Ela observou que células da medula óssea, geneticamente marcadas e injetadas em músculos (lesados quimicamente) de camundongos geneticamente imunodeficientes, mostraram-se capazes de se diferenciar em células musculares, reduzindo a lesão (28).

2.4 AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO OMBRO

A estabilidade do ombro exige um alinhamento articular adequado e equilíbrio muscular, tanto de força muscular aplicada como de atividade muscular. O recrutamento muscular ordenado e o nível de ativação muscular durante o movimento são fatores importantes na coordenação do movimento (29-32).

A mudança na ação dos músculos do ombro pode afetar o alinhamento e as forças envolvidas no movimento da articulação glenohumeral (9, 32-34). Labriola et al. (2005) demonstraram que uma diferença no vetor, resultante das forças geradas pelos músculos do ombro, pode contribuir para a instabilidade glenohumeral (10).

Um balanço muscular inapropriado decorre de um desequilíbrio de forças e de ativação (35). O desequilíbrio muscular pode conduzir ao estiramento das fibras musculares antagonistas, se a energia gerada pela contração do agonista for muito mais alta do que a unidade músculo-tendínea antagonista possa suportar. Esse desequilíbrio torna o indivíduo mais vulnerável à fraqueza e à fadiga muscular, e músculos fadigados ou fracos apresentam pouca habilidade em absorverem repetidos impactos e estresse. (36,37). A presença do desequilíbrio muscular leva a uma alteração da estabilidade articular e sobrecarga articular, resultando em aumento do risco de lesão (7,8,38,39).

A fraqueza do manguito rotador pode causar um desequilíbrio na ação muscular durante a rotação do ombro. Noffal et al. (2003) calcularam a relação funcional entre a força excêntrica dos rotadores laterais e a força concêntrica dos rotadores mediais de arremessadores e não arremessadores. Essa relação é importante porque representa a maneira como os músculos rotadores do ombro agem durante o movimento de arremesso. Os rotadores mediais agem concentricamente durante a fase de aceleração do arremesso, enquanto os laterais agem excêntrica durante a fase de desaceleração. Os arremessadores apresentaram maior torque concêntrico na rotação medial do que o torque excêntrico dos rotadores laterais (40). Campus et al. (2005) identificaram um desequilíbrio muscular entre os músculos do manguito rotador em jogadores de polo aquático e o relacionaram ao alto índice de lesão do ombro nesta população, principalmente a lesão do supraespinhoso (41).

Dvir (1995) sugere que durante a atividade isocinética, o torque muscular máximo pode ser utilizado para avaliar o desequilíbrio muscular, e o tempo para atingir o pico de torque máximo revela o recrutamento das unidades motoras dos

músculos envolvidos no movimento. Além de analisar os valores máximos de força muscular, por meio do tempo para atingir o pico de torque pode-se ter uma nova informação de coordenação de ação das forças dos grupos musculares antagonistas (7).

Na literatura é bem descrito que indivíduos saudáveis sedentários apresentam valores de pico de torque menores que praticantes de atividade física para os movimentos de ombro: flexão, extensão, abdução, adução, rotação externa e interna. Assim como as mulheres apresentam torque menor que os homens para todos os movimentos do ombro (33, 39, 42- 45).

Por outro lado, a avaliação da relação entre grupos musculares antagonistas, que é um indicativo de desequilíbrio muscular é evidenciada tanto em atletas que realizam treino específico, como em sedentário. Alguns autores referem que há modalidades esportivas que levam a um maior desequilíbrio muscular do ombro tornando a articulação mais vulnerável à lesão (42, 46 - 50). O que também foi encontrado em indivíduos sedentários, principalmente idosos (9, 42, 43, 51).

A avaliação isocinética de atletas de basquete em cadeiras de rodas e indivíduos saudáveis demonstrou que o pico de torque dos rotadores internos e externos dos atletas foi maior que o dos sedentários, mesmo quando corrigido pela massa corporal. As diferenças entre o membro dominante e não-dominante não foram significantes e a relação entre rotadores externos e internos (RE/RI) foi de 83% para os sedentários e 73% para os atletas (50), diferente do valor considerado normal de 63% ou relação 2:3 (RE/RI) (45). Porém, no estudo de Fernandes (1999) os movimentos de rotação foram avaliados em abdução de ombro, diferente de outros estudos que avaliaram os movimentos de rotação externa e interna com

adução de ombro cuja relação RE/RI foi entre 60% e 85% em indivíduos saudáveis não atletas (51). Assim como, demonstrado por DVIR (2002) (9).

Outra questão relevante é a comparação da avaliação isocinética do ombro entre o membro dominante e não dominante. A maioria dos trabalhos tem demonstrado valores de torque muscular maiores para o lado dominante, porém com maior desequilíbrio muscular (43, 50, 51). No estudo de Shklar e Dvir (1995), foram encontradas diferenças entre o membro dominante e não dominante para todos os movimentos de ombro e para ambos os sexos. As diferenças maiores nos valores de torque foram para os movimentos realizados excêntrica, de 6,5% a 8,3% para os valores de torque do lado dominante, e de 7,2% a 7,4% de diferença para os movimentos concêntricos (10). Sendo que até 10% de diferença os valores são considerados normais.

O possível papel desse desequilíbrio muscular e da fraqueza muscular no desenvolvimento de dores, tendinites, síndromes do impacto e subluxações anteriores tem sido sugerido por diversos autores, assim como, a presença de déficits no pós-operatório de ombro (47, 49).

Mattiolo-Rosa et al. (2008), ao realizarem uma avaliação isocinética de indivíduos com síndrome do impacto do ombro, encontraram um declínio bilateral (ombro com lesão e ombro sem lesão) no tempo para atingir o pico de torque dos rotadores internos, quando comparado ao tempo nos indivíduos saudáveis. Estes resultados tem relação com o déficit de produção de força neste grupo muscular estando relacionado a presença da síndrome do impacto do ombro. Esses resultados podem ser um indicativo inicial de lesão músculo esquelética do ombro em conjunto com a realização dos testes clínicos (38).

Outro estudo encontrou déficits significativos na relação rotadores externos/internos (RE/RI) durante teste isocinético com cinco repetições a 60°/s e 180°/s para o ombro envolvido e não envolvido de indivíduos com síndrome do impacto do ombro não operado comparados com indivíduos saudáveis (10, 19, 52). Os autores atribuem essa diferença à fraqueza dos rotadores internos que causam um desequilíbrio nos músculos responsáveis por manter a cabeça do úmero na glenoide.

As causas da alteração da ação dos músculos do manguito rotador ainda não são bem conhecidas. Não se sabe se a condição neuromuscular é a causa ou a consequência da síndrome do impacto e da instabilidade do ombro.

A literatura tem mostrado que indivíduos com ruptura do manguito rotador ou síndrome do impacto do ombro, frequentemente, têm lesão no membro contra lateral mesmo que assintomático (38, 19, 25, 53, 54).

A avaliação isocinética do desequilíbrio muscular do ombro é importante para uma adequada recuperação e reabilitação após uma lesão e após procedimentos cirúrgicos. É também relevante para a prevenção de futuras lesões e de instabilidade articular (34, 38, 49, 55, 56).

REFERÊNCIAS

1. Dominique L, Sanjum PS, Xuhui L, Hubert TK, Brian TF. J Shoulder Elbow Surg (2012) 21, 164-174.
2. Bahr KP. Rotator cuff disease. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2004; 15: 475–491.

3. Hoffmann A, Gross G. Tendon and ligament engineering: from cell biology to in vivo application. *Regen Med* 2006; 1: 563-74.
4. James R, Kesturu G, Balian G, Chhabra AB. Tendon: biology, biomechanics, repair, growth factors, and evolving treatment options. *J Hand Surg Am* 2008;33:102-12.
5. Jones CK, Savoie FH, 3rd. Arthroscopic repair of large and massive rotator cuff tears. *Arthroscopy* 2003; 19: 564-71.
6. Meister K. Injuries to the shoulder in the throwing athlete. Part one: Biomechanics/pathophysiology/classification of injury. *Am J Sports Med.* 2000 Mar-Apr; 28(2): 265-75.
7. Dvir Z. *Isokinetics - Muscle Testing, Interpretation and Clinical Applications.* Edinburgh CL, 1995.
8. Dvir Z. Grade 4 in manual muscle testing: the problem with submaximal strength assessment. *Clin Rehabil.* 1997 Feb; 11(1): 36-41.
9. Dvir Z. Clinical application of the DEC variables in assessing maximality of muscular effort: report of 34 patients. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002 Dec; 81(12): 921-8.
10. Shklar A, Dvir Z. Isokinetic strength relationships in shoulder muscles. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 1995 Oct; 10(7): 369-73.
11. Labriola JE, Lee TQ, Debski RE, McMahon PJ. Stability and instability of the glenohumeral joint: the role of shoulder muscles. *J Shoulder Elbow Surg.* 2005 Jan-Feb;14(1 Suppl S):32S-8S.
12. Gomes JLE, Canquerini RS, Silla MRL, Abreu MR, Pellanda R. Conventional rotator cuff repair complemented by the aid of mononuclear autologous stem cells. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012; 20: 373–377.
13. Codman EA. *The shoulder.* Boston: Thomas Todd; 1934.
14. Sher JS. Anatomy, biomechanics, and pathophysiology of rotator cuff disease. In: Iannotti JP, Williams GR, editors. *Disorders of the shoulder: diagnosis and management.* Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1999. p. 3–30.
15. Clark JM, Harryman DT II. Tendons, ligaments and capsule of the rotator cuff: gross and microscopic anatomy. *J Bone Joint Surg [Am]* 1992;74:713–25.
16. Colachis SCJ, Strohm BR. Effect of suprascapular and axillary nerve blocks and muscle force in upper extremity. *Arch Phys Med Rehabil.* 1971; 52:22.

17. Krishnan SG, Hawkins RJ. Rotator cuff and impingement lesions in adult and adolescent athletes. In: Delee JC, Drez D, Miller MD, editors. Orthopaedic sports medicine principles and practice. 2nd edition. Philadelphia: WB Saunders. 2003; 1065–95.
18. Riley GP, Harrall RL, Constant CR, Chard MD, Cawston TE, Hazleman BL. Tendon degeneration and chronic shoulder pain: changes in the collagen composition of the human rotator cuff tendons in rotator cuff tendinitis. *Ann Rheum Dis*. 1994; 53: 359-66.
19. Leroux JL, Thomas E, Bonnel F, Blotman F. Diagnostic value of clinical tests for shoulder impingement syndrome. *Rev Rhum Engl Ed*. 1995 Jun; 62(6): 423-8.
20. Yamaguchi K, Tetro AM, Blam O, Evanoff BA, Teefey SA, Middleton WD. Natural history of asymptomatic rotator cuff tears: a longitudinal analysis of asymptomatic tears detected sonographically. *J Shoulder Elbow Surg*. 2001 May-Jun; 10(3): 199-203.
21. Rockwood CA, Lyons RF. Shoulder impingement syndrome: diagnosis, radiographic evaluation, and treatment with a modified Neer acromioplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 1993; 75: 409–24.
22. Arroyo JS, Flatow EL. Management of rotator cuff disease. In: Iannotti JP, Williams GR, editors. Disorders of the shoulder: diagnosis and management. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1999. p. 31–56.
23. Kibler WB, McMullen J, Uhl T. Shoulder rehabilitation strategies, guidelines, and practice. *Orthop Clin North Am*. 2001; 32: 527–38.
24. Bennet WF. Arthroscopic repair of massive rotator cuff tears: a prospective cohort with 2 to 4 year follow up. *Arthroscopy*. 2003; 19: 380–90.
25. George MS, Khazzam M. Current concepts review: revision rotator cuff repair. *J Shoulder Elbow Surg*. 2012; (21): 431-440.
26. Downie BK and Miller BS. Treatment of rotator cuff tears in older individuals: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg*. 2012; 1-7.
27. Maffulli N, Longo UG, Loppini M, Berton A, Spiezia F, Denaro V. Tissue Engineering for Rotator Cuff Repair: An Evidence-Based Systematic Review. Hindawi Publishing Corporation. *Stem Cells International*. 2012; 1-14.

28. Ferrari G, Cusella De Angelis MG, Coletta M, Paolucci E, Stornaiuolo A, Cossu G, Mavilio F. Muscle regeneration by bone marrow-derived myogenic progenitors. *Science*. 1998; 279: 1528-1530.
29. Anders C, Bretschneider S, Bernsdorf A, Schneider W. Activation characteristics of shoulder muscles during maximal and submaximal efforts. *European Journal of Applied Physiology*. 2005; 93(5): 540-6.
30. Cools AM, Witvrouw EE, Declercq GA, Danneels LA, Cambier DC. Scapular muscle recruitment patterns: trapezius muscle latency with and without impingement symptoms. *Am J Sports Med*. 2003 Jul-Aug; 31(4): 542-9.
31. Minning S, Eliot CA, Uhl TL, Malone TR. EMG analysis of shoulder muscle fatigue during resisted isometric shoulder elevation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2007; 17(2): 153-9.
32. Veeger HEJ, van der Helm FCT. Shoulder function: The perfect compromise between mobility and stability. *Journal of Biomechanics*. 2007; 40(10): 2119-29.
33. David G, Magarey ME, Jones MA, Dvir Z, Turker KS, Sharpe M. EMG and strength correlates of selected shoulder muscles during rotations of the glenohumeral joint. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2000 Feb; 15(2): 95-102.
34. Illyes A, Kiss RM. Kinematic and muscle activity characteristics of multidirectional shoulder joint instability during elevation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2006 Jul; 14(7): 673-85.
35. Horstmann F, Kranenberg K. Reproducibility of isokinetic peak torque and angle at peak in the shoulder joint. *Int J Sports Med*. 1994; 15: 167-72.
36. Ciullo JV, Zarins B. Biomechanics of the musculotendinous unit: relation to athletic performance and injury. *Clin Sports Med*. 1983; 2(1): 71-86.
37. Garrett WE, Jr. Muscle strain injuries: clinical and basic aspects. *Med Sci Sports Exerc*. 1990 Aug; 22(4): 436-43.
38. Mattiello-Rosa SM, Camargo PR, Santos AA, Padua M, Reiff RB, Salvini TF. Abnormal isokinetic time-to-peak torque of the medial rotators of the shoulder in subjects with impingement syndrome. *J Shoulder Elbow Surg*. 2008 Jan-Feb; 17(1 Suppl): 54S-60S.
39. Mayer F, Horstmann T, Rocker K, Heitkamp HC, Dickhuth HH. Normal values of isokinetic maximum strength, the strength/velocity curve, and the angle at

- peak torque of all degrees of freedom in the shoulder. *Int J Sports Med.* 1994 Jan; 15 Suppl 1: S19-25.
40. Noffal GJ. Isokinetic eccentric-to-concentric strength ratios of the shoulder rotator muscles in throwers and nonthrowers. *Am J Sports Med.* 2003 Jul-Aug; 31(4): 537-41.
41. Campos TF, Petrone KCOP, Navega MT, Renner AF, Mattiello-Rosa SM. Study of the difference of eccentric and concentric peak torque in lateral and medial in water polo players' shoulder. *Braz J Phys Ther.* 2005; 9: 137 - 43.
42. Dvir Z, Steinfeld-Cohen Y, Peretz C. Identification of feigned shoulder flexion weakness in normal subjects. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002 Mar; 81(3): 187-93.
43. Ivey FM, Jr., Calhoun JH, Rusche K, Bierschenk J. Isokinetic testing of shoulder strength: normal values. *Arch Phys Med Rehabil.* 1985 Jun; 66(6): 384-6.
44. Mayer F, Horstmann T, Kranenberg U, Rucker K, Dickhuth HH. Reproducibility of isokinetic peak torque and angle at peak torque in the shoulder joint. *Int J Sports Med.* 1994 Jan; 15 Suppl 1: S26-31.
45. Murray MP, Gore DR, Gardner GM, Mollinger LA. Shoulder motion and muscle strength of normal men and women in two age groups. *Clin Orthop Relat Res.* 1985 Jan-Feb(192): 268-73.
46. Bjorklund M, Djupsjobacka M, Crenshaw AG. Acute muscle stretching and shoulder position sense. *Journal of Athletic Training.* 2006; 41(3): 270-4.
47. Cahalan TD, Johnson ME, Chao EY. Shoulder strength analysis using the Cybex II isokinetic dynamometer. *Clin Orthop Relat Res.* 1991 Oct(271): 249-57.
48. Cools AM, Geeroms E, Van den Berghe DF, Cambier DC, Witvrouw EE. Isokinetic scapular muscle performance in young elite gymnasts. *J Athl Train.* 2007 Oct-Dec; 42(4): 458-63.
49. Cools AM, Witvrouw EE, Mahieu NN, Danneels LA. Isokinetic Scapular Muscle Performance in Overhead Athletes With and Without Impingement Symptoms. *J Athl Train.* 2005 Jun; 40(2): 104-10.

50. Fernandes TBF, Shinzato GTS. Avaliação isocinética de rotadores externos e internos do ombro de atletas sobre cadeira de rodas e indivíduos sedentários - estudo comparativo. *Acta Fisiátrica*. 1999; 6(1): 40 - 4.
51. Gallagher MA, Zuckerman JD, Cuomo F, Ortiz J. The effect of age, speed, and arm dominance on shoulder function in untrained men. *J Shoulder Elbow Surg*. 1996 Jan-Feb; 5(1): 25-31.
52. Leroux JL, Codine P, Thomas E, Pocholle M, Mailhe D, Blotman F. Isokinetic evaluation of rotational strength in normal shoulders and shoulders with impingement syndrome. *Clin Orthop Relat Res*. 1994 Jul (304): 108-15.
53. Hebert LJ, Moffet H, McFadyen BJ, Dionne CE. Scapular behavior in shoulder impingement syndrome. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002 Jan; 83(1): 60-9.
54. Leroux JL, Hebert P, Mouilleron P, Thomas E, Bonnel F, Blotman F. Postoperative shoulder rotators strength in stages II and III impingement syndrome. *Clin Orthop Relat Res*. 1995 Nov (320): 46-54.
55. Gore DR, Murray MP, Sepic SB, Gardner GM. Shoulder-muscle strength and range of motion following surgical repair of full-thickness rotator-cuff tears. *J Bone Joint Surg Am*. 1986 Feb; 68(2): 266-72.
56. Hintermeister RA, Lange GW, Schultheis JM, Bey MJ, Hawkins RJ. Electromyographic activity and applied load during shoulder rehabilitation exercises using elastic resistance. *American Journal of Sports Medicine*. 1998; 26(2): 210-20.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Comparar os resultados funcionais do ombro de indivíduos submetidos à tenorrafia do manguito rotador, com e sem a adição de células-tronco da medula óssea, no tratamento da ruptura do manguito rotador.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

(1) Comparar o índice de melhora do torque muscular dos rotadores externos e internos do ombro, dos indivíduos submetidos à tenorrafia do manguito rotador, com e sem a adição de células-tronco da medula óssea.

(2) Comparar o índice de melhora do torque muscular dos abdutores e adutores do ombro, dos indivíduos submetidos à tenorrafia do manguito rotador, com e sem a adição de células-tronco da medula óssea.

(3) Comparar o índice de melhora do torque muscular dos flexores e extensores do ombro, dos indivíduos submetidos à tenorrafia do manguito rotador, com e sem a adição de células-tronco da medula óssea.

(4) Comparar o índice de melhora no desequilíbrio muscular dos indivíduos submetidos à tenorrafia do manguito rotador, com e sem a adição de células-tronco da medula óssea.

(5) Avaliar a dor e a amplitude de movimento (ADM) do ombro dos indivíduos submetidos à tenorrafia do manguito rotador, com e sem a adição de células-tronco da medula óssea.

(6) avaliar o índice de re-ruptura do manguito rotado do ombro no dos indivíduos submetidos à tenorrafia do manguito rotador, com e sem a adição de células-tronco da medula óssea.

STEM CELL TRANSPLANTATION IN ROTATOR CUFF REPAIR: INFLUENCE ON FUNCTIONAL RECOVERY

Cíntia Helena Ritzel¹, Marco Aurélio Vaz², João Luiz Ellera Gomes³

1 – Ph.D. Student, Graduate School of Medicine: Surgical Sciences, School of Medicine, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre - RS, Brazil.

2 – Ph.D., Professor, School of Physical Education, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Exercise Research Lab, Porto Alegre - RS, Brazil

3 – Ph.D., Professor, School of Medicine, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Orthopedics and Trauma Service, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre - RS, Brazil.

Corresponding author:

Cintia Helena Ritzel

Departamento de Cirurgia Ortopedica Traumatologica

Escola de Medicina

Universidade federal do Rio Grande do Sul

Ramiro Barcelos, 2400

90035-003 - Porto Alegre, RS, Brasil

Fone: +55 51 81947326 - 51 3308.5607 - 33598281 / Fax: 3308.5232

ciritzel@hotmail.com

Abstract

Rotator cuff tears occur mainly due to overload of the tendons, which leads to a progressive degenerative process and to rotator cuff tears. Surgical treatment is indicated in more advanced stages of the lesion. Retear affects approximately 35% of patients. The goal of the present study was to investigate the effect of stem cell transplantation in rotator cuff repairs in relation to patient functional recovery. Thirty patients with rotator cuff tear were divided into two groups and submitted to rotator cuff repair. In addition to the surgical procedure, the experimental group was submitted to transplantation of stem cells. One to two years post-op, both groups were submitted to evaluation of pain, amplitude of movement, retears, and isokinetic evaluation of flexion-extension movements, external and internal rotations, and abduction and adduction of the shoulder. The operated shoulder was compared to the healthy shoulder. Mann-Whitney test was used to evaluate the percentage improvement of the operated shoulder in relation to the healthy shoulder. SPSS (13.0) was used for statistical analyses; the level of significance was $p < 0.05$. The control and the experimental groups presented near-normal values for the variables analyzed in the comparison between shoulders. However, the experimental group showed better results than the control group. Functional recovery of patients submitted to repair with stem cell transplantation was different than that of controls: the incidence of re-tear was lower in the experimental group; also, the muscle torque and balance values were closer to the healthy shoulder values for the experimental group than the controls.

Keywords: rotator cuff, stem cells, functional evaluation

Introduction

Rotator cuff disease compromises the health status and functional independence of the elderly population (1). More advanced stages of the disease are treated surgically with rotator cuff repair (2); the goal of the procedure is to recover shoulder function (3).

Rotator cuff (RC) disease is one of the common causes of shoulder pain and loss of muscle strength (4). Rotator cuff tears occur due to degenerative factors and micro traumas that damage the tendons at the point of insertion onto the humeral head (4). Massive RC tears occur in association with tendon lesions; in these lesions there is muscle atrophy and deposition of fatty tissue (5). The lesion begins with an inflammatory process; after, with repetitive stress, tendinosis and rotator cuff tears may follow (6). Because it is a degenerative disease, the prevalence increases with age (1).

Surgical treatment is indicated in cases of advanced lesions with rotator cuff tear (1). Surgery is also indicated in cases of constant pain, muscle weakness, and especially progressive muscle weakness (4). Rotator cuff repair is the most common procedure (2).

Most patients submitted to surgery already present with advanced degeneration of the tendons, which are also atrophied. Due to the atrophy, there is re-tearing of tendons even after successful surgical procedure. Several studies have shown, by means of magnetic resonance imaging or ultrasound that the degeneration of the tendons remains after surgical treatment. The quality of the tendons at the moment of surgical repair is one of the main factors that determine the success of the treatment. However, up until the present moment it is also one of the factors that cannot be changed (2, 7, 8, 9).

The balance between skeletal muscle structures is one of the factors that need to be considered in shoulder lesions. In RC lesions the biggest imbalance is in the synergy between outer and inner rotations. The outer rotator muscles act eccentrically during internal rotation to avoid excessive translation of the humeral head in the glenoid cavity (10).

The stability of the shoulder depends on adequate alignment of the articulation, and on muscle balance between muscle activation and muscle strength applied to the bones. The timing of the temporal recruitment pattern and the level of muscle activation during movement are important factors for movement coordination (11 – 14).

Studies suggest that proper dynamic function of shoulder stabilization muscles, especially the rotator cuff, can be a determinant factor in the prevention and/or severity of the lesions to skeletal muscle tissue (15).

In the past few years there has been an increase in the use of stem cells in the treatment of degenerative diseases. There have been studies in the areas of cardiology, neurology, and dentistry for the treatment of different types of disease (16). However, there are few publications about the use of stem cells in orthopedics (16). We identified a single study that showed good results in the application of stem cells to rotator cuff repair (17).

Based on the replication and differentiation of stem cells, and based on the positive results of the study, it is possible that the use of stem cells on conjunctive tissue such as the tendon will stimulate its repair, as is the case of other tissues. Stem cell transplantation into damaged tendons may provide additional stimuli for tendon repair. It may help create healthy and resistant tissue with enhanced

regeneration and structural recovery abilities. It may also stimulate the recovery of viscoelastic properties and of muscle strength.

The goal of the present study was to evaluate the effect of stem cell transplantation on the recovery of shoulder functionality after rotator cuff tear repair. We evaluated muscle torque, muscle imbalance, pain, and movement amplitude.

Materials and Methods

The study included 30 patients with rotator cuff tear submitted to rotator cuff repair. Participants were selected by the orthopedic team at the Orthopedics and Trauma service of the teaching hospital at Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Hospital de Clinicas de Porto Alegre (17). Patients were divided into two groups with participants of both sexes and older than 50 years. Each group had 15 patients. The control group included patients submitted to rotator cuff repair without stem cell transplantation; the experimental group was submitted to repair with stem cell transplantation into the bone marrow.

After one year post-op, patients were contacted for functional evaluation. The evaluation included a questionnaire for identification of the patient, movement amplitude, pain, and isokinetic test (muscle torque and imbalance). In the final study, the control group included nine subjects and the experimental group included 12 subjects.

The isokinetic test was carried out using the following criteria for exclusion: (1) history of more than one surgery on shoulder articulation; (2) neurological, skeletal muscle, metabolic and heart alterations that would not allow for the participation in maximal voluntary contraction tests; (3) contraindication to participate

in stress tests; (4) arterial pressure higher than 240/120 mmHg; (5) angina and electrocardiogram alterations that indicate ischemia; and (6) presence of neurological, skeletal muscle, inflammatory, metabolic or active neoplasia. We also observed the Humac™ Norm System User's Guide (Humac™/Norm Testing & Rehabilitation System – User's Guide – model 770. Computer Sports Medicine, 2005) (18).

The present study was approved by the ethics committee of the Hospital de Clínicas de Porto Alegre (report number 08-493). All participants signed an informed consent form that assured patients of their rights according to resolution number 196/96 of the National Committee of Health; the form informed patients of all the procedures that would be carried out.

Isokinetic tests were carried out at the exercise lab (LAPEX) of the School of Physical Education at the Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Evaluation of muscle function was carried out using the isokinetic dynamometer *Biodex System 3 Pro* (Biodex Medical Systems, Shirley, New York) (18).

Patients were positioned in the dynamometer in a sitting position; they maintained shoulder abduction and full extension of the elbow to execute movements of extension, flexion, abduction, and adduction. Patients remained in the sitting position to perform internal and external rotation; however, in this case the elbow was maintained at a 90-degree angle flexion. Next, a warm-up and familiarization session was carried out. Patients performed 10 submaximal repetitions (50% of maximal voluntary contraction) for the following movements: flexion and extension, abduction and adduction, and external and internal rotation of the shoulder. The warm-up was carried out at an angle speed of 120°/s. After a two-minute rest, we carried out isokinetic and isometric muscle torque evaluations.

These tests consisted of three repetitions at a speed of 60°/s for isokinetic evaluation, and three repetitions at the angle of maximal strength for isometric evaluation. The procedure was carried out for each articulatory movement evaluated. Between each series there was a two minute rest to minimize the effects of fatigue. During the isokinetic tests we gave patients the same verbal stimulation to achieve maximal effort (19).

Peak torque for each group was used to evaluate relative improvement of torque. Muscle imbalance was calculated for each movement by the antagonist/agonist ratio for abduction/adduction, flexion/extension, and external/internal rotation. The torque and/or muscle imbalance values for the non-operated shoulder were used as the healthy control values (100%). Based on these values we calculated the relative improvement of the operated shoulder compared with the non-operated (healthy) shoulder.

After the evaluation, patients stretched and ice was applied to the shoulder articulation for 20 minutes. Ice was applied to prevent possible muscle discomfort due to non-habitual maximal effort.

Amplitude of shoulder articulation was obtained using a goniometer (Advanced Rehab TM (Systems, Inc.). We measured external and internal rotation, abduction, adduction, flexion and shoulder extension movements (20).

Patients were asked about pre- and post-op shoulder pain during early evaluation. Patients were given a ruler showing a 0 to 10 scale of pain; they were asked to report the pain levels they felt at that specific moment (21, 22, 23, 24).

Healing (cicatrizacion) and number of retears were controlled by clinical evaluation and using magnetic resonance imaging.

Statistical Analysis

Quantitative and population variables are presented as average (plus or minus standard deviation); t tests for independent samples were used for comparison between groups.

Other variables are presented as median and minimum and maximum values. Preliminary statistical analysis showed that the data were non-parametric. Therefore, we adopted the Mann-Whitney test to evaluate the percentage improvement for the operated shoulder in relation to the healthy shoulder in the comparison between groups.

The Chi - Square test was used to compare the number of re-ruptures between the groups.

Statistical analyses were carried out using SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 13.0. The level of significance adopted was $p < 0.05$.

Results

Table 1 shows the population results. Groups were homogenous; there were no significant differences in body mass, height and age.

Table 1 – Characteristics of the population: sex, age, body mass and height (average \pm SD).

Group	N	♂	♀	Age (years)	Body mass (kg)	Height (cm)
Experimental	12	8	4	58.5 \pm 7.3	72.1 \pm 12.1	160.5 \pm 8.3
Control	9	6	3	53.8 \pm 7.9	67.4 \pm 10.6	147.8 \pm 7.8

P	-	-	-	0.825	0.902	0.225
---	---	---	---	-------	-------	-------

♂ = males; ♀ = females; p = p value.

Analyses of pre- and post-op shoulder pain reports showed that both groups had similar results. Both the control and experimental groups reported improvement of pain after surgery. The experimental group reported pre-op pain levels of 8.75 ± 1.42 , and post-op levels of 0.67 ± 2.0 ; the control group reported pre-op levels of 8.2 ± 1.9 and post-op levels of 1.4 ± 2.9 . Therefore, both groups showed similar improvement in pain.

In general, the movement amplitude, muscle torque, and muscle imbalance increased for both groups when the operated shoulder values were compared to the healthy shoulder values (Table 2). However, the values of movement amplitude of flexion, abduction muscle torque, and abduction/adduction muscle imbalance showed a greater improvement for the experimental group than the control group (Table 2).

Five patients in the control group presented with re-tear after one year of surgery; one patient in the experimental group showed re-tear during the same period, no significant difference.

Table 2 – Percentage values for movement amplitude, muscle torque, and muscle imbalance in the comparison between operated and healthy shoulders. Values are presented as medians (minimum and maximum range).

Relative values	Experimental	Control	P
Abduction amplitude	70.7	62.5	0.247

	(52.8; 119.6)	(33.3; 225)	
Flexion amplitude	85.2	70.3	0.049*
	(66.7; 100)	(48.9; 260)	
External rotation amplitude	90.2	94.8	0.808
	(53.8; 216.7)	(50.8; 288)	
Isometric abduction torque	83.3	49.8	0.034*
	(37.6; 242.9)	(32.7; 93.7)	
Isokinetic abduction torque	87.4	45.8	0.049*
	(28; 163.2)	(21.4; 133.3)	
Isometric flexion torque	82.8	55.9	0.169
	(45.7; 188.9)	(27.3; 383.3)	
Isokinetic flexion torque	89.7	64.1	0.345
	(35.3; 258.8)	(41.4; 117.6)	
Isometric external rotation torque	88.2	51.9	0.277
	(37.5; 300)	(40; 150)	
Isokinetic external rotation torque	80.1	52.9	0.193
	(33.3; 128.6)	(25; 114.3)	
Muscle imbalance abduction/adduction	88.5	46.8	0.009*
	(28.1; 180.1)	(43.3; 59.3)	
Muscle imbalance flexion/extension	88.89	47.9	0.058
	(30.8; 173.4)	(20.6; 112.8)	
Muscle imbalance external/internal rotation	85	68.7	0.169
	(47.3; 262.5)	(38.8; 145.3)	

* p < 0.05

Discussion

Evaluation of retears after rotator cuff repair showed that 33.3% of patients submitted to surgery but no transplantation of stem cell presented with retears. Other studies have shown high failure rates in tendon repair of approximately 27.8% (25). The same authors carried out another study (26) that showed positive results for 11 of the 12 patients who were submitted to rotator cuff repair. However, in that study not all patients initially presented with total tear of the rotator cuff.

Retear in the experimental group (stem cell transplantation) was 6.6%. The incidence of re-tear was thus almost five times less in the experimental group than the control group. We also observed that the patients with the lowest indicators of improvement in the comparison with the healthy shoulder also showed the highest rates of retears. Similarly, Marcondes (27) evaluated the ratio between muscle strength and functionality in patients with shoulder impingement syndrome. The authors found a greater deficit of shoulder flexion and rotation strength associated with functional deficit.

Yet another study reported that suture failure after surgery occurred in 90% of cases. The authors reported that the rate may be reduced to 40% with the application of an extracellular matrix graft to the myotendinal junction; the graft is applied to improve cicatrisation of rotator cuff repair, decrease gap formation and improve load to failure. However, the study is still in the experimental stage (7).

There is evidence of improvement in strength and muscle balance after rotator cuff repair (28). In our study we found an improvement in muscle strength and muscle balance after rotator cuff repair combined with transplantation of stem cells,

especially in shoulder abduction and flexion. Randelli et al. (28) showed that application of platelet rich plasma in arthroscopic rotator cuff repair was associated with improvement in muscle strength for these same movements; they also showed improvement in functional scores for the experimental group in comparison to controls (28). The literature indicates that post-op muscle strength loss is of approximately 30% in the comparison between operated and healthy shoulder (29, 30).

Post-op pain was similar for both groups. Our results were similar to studies that showed improvement in pain and discomfort after rotator cuff repair, and that showed improvement in functional scores (3) and pain (31, 32, 33). Another study that also evaluated two groups submitted to rotator cuff repair and used platelet rich plasma reported better pain reduction in the platelet rich group in comparison to the control group (28, 34).

Movement amplitude was also associated with better improvement ratings in the stem cell group in comparison to the control group; the improvement, however, was only for the shoulder flexion movement. The improvement in shoulder movement amplitude after rotator cuff repair was approximately 51% (35); our results showed an improvement of 70% in the control group and 85% in the experimental group. Other studies have shown an improvement of 47% after surgery for the shoulder flexion movement (36, 37).

Conclusions

Functional recovery of patients submitted to rotator cuff repair with transplantation of stem cells was different than the control group with no stem cell transplantation. The stem cell group showed lower retear rates and better ratio of

muscle torque and muscle balance values in relation to the healthy shoulder, in comparison to the control group.

Acknowledgments

The present study was funded by CNPq and CAPES. We would like to thank the patients who were willing to participate in the study.

References

1. Downie BK and Miller BS. Treatment of rotator cuff tears in older individuals: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* (2012), 1-7.
2. George MS, Khazzam M. Current concepts review: revision rotator cuff repair. *J Shoulder Elbow Surg*. 2012; (21): 431-440.
3. Papadopoulos P, Karataglis D, Boutsiadis A, Fotiadou A, Christoforidis J, Christodoulou A. Functional outcome and structural integrity following mini-open repair of large and massive rotator cuff tears: A 3-5 year follow-up study. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011; (20): 131-137.
4. Bahr KP. Rotator cuff disease. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2004; 15: 475–491.
5. Laron D, Samagh SP, Liu X, Kim HT, Feeley BT. Muscle degeneration in rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg*. 2012; (21): 164-174.
6. Yamaguchi K, Tetro AM, Blam O, Evanoff BA, Teefey SA, Middleton WD. Natural history of asymptomatic rotator cuff tears: A longitudinal analysis of asymptomatic tears detected sonographically. *J Shoulder Elbow Surg*. 2000; 199-203.
7. Shea KP, Obopilwe E, Sperling JW, Iannotti JP. A biomechanical analysis of gap formation and failure mechanics of a xenograft-reinforced rotator cuff repair in a cadaveric model. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011, 1-8.
8. Gulotta LV, Nho SJ, Dodson CC, Adler RS, Altchek DW, MacGillivray JD. Prospective evaluation of arthroscopic rotator cuff repairs at 5 years: part I - Functional outcomes and radiographic healing rates. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011; (20), 934-940.

9. Baring TKA, Cashman PPM, Reilly P, Emery RJH, Amis AA. Rotator cuff repair failure in vivo: a radiostereometric measurement study. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011; (20): 1194-1199.
10. Meister K. Injuries to the shoulder in the throwing athlete. Part one: Biomechanics/pathophysiology/classification of injury. *Am J Sports Med.* 2000 Mar-Apr;28(2):265-75.
11. Anders C, Bretschneider S, Bernsdorf A, Schneider W. Activation characteristics of shoulder muscles during maximal and submaximal efforts. *European Journal of Applied Physiology.* 2005; 93(5): 540-6.
12. Cools AM, Witvrouw EE, Declercq GA, Danneels LA, Cambier DC. Scapular muscle recruitment patterns: trapezius muscle latency with and without impingement symptoms. *Am J Sports Med.* 2003 Jul-Aug;31(4):542-9.
13. Minning S, Eliot CA, Uhl TL, Malone TR. EMG analysis of shoulder muscle fatigue during resisted isometric shoulder elevation. *Journal of Electromyography and Kinesiology.* 2007; 17(2): 153-9.
14. Veeger HEJ, van der Helm FCT. Shoulder function: The perfect compromise between mobility and stability. *Journal of Biomechanics.* 2007; 40(10): 2119-29.
15. Mattiello-Rosa SM, Camargo PR, Santos AA, Padua M, Reiff RB, Salvini TF. Abnormal isokinetic time-to-peak torque of the medial rotators of the shoulder in subjects with impingement syndrome. *J Shoulder Elbow Surg.* 2008 Jan-Feb;17(1 Suppl): 54S-60S.
16. Maffulli N, Longo UG, Loppini M, Berton A, Spiezia F, Denaro V. Tissue Engineering for Rotator Cuff Repair: An Evidence-Based Systematic Review. Hindawi Publishing Corporation. *Stem Cells International.* 2012: 1-14.
17. Gomes JLE, Canquerini RS, Silla MRL, Abreu MR, Pellanda R. Conventional rotator cuff repair complemented by the aid of mononuclear autologous stem cells. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012; 20:373–377.
18. Humac®/Norm Testing & Rehabilitation System – User’s Guide – model 770. Computer Sports Medicine, 2005.
19. Fernandes TBF, Shinzato GTS. Avaliação isocinética de rotadores externos e internos do ombro de atletas sobre cadeira de rodas e indivíduos sedentários - estudo comparativo. *Acta Fisiátrica.* 1999; 6(1): 40 - 4.

20. Marques AP. Ângulos articulares dos membros inferiores. In: Manual de Goniometria. 2 ed. Manole, editor. São Paulo; 2003.
21. Franklin P, Li W, Drew J, Ayers D. Pain Relief and Functional Improvement after Total Knee Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*. 2008; 23 (2): 320.
22. Torritesi P e Vendrúsculo DMS. A dor na criança com câncer: modelos de avaliação. *Rev. latino-am. Enfermagem*. 1998; 6(4): 49-55.
23. Hirahara JT, Bliacheriene S, Yamaguchi ET, Rosa MCR, Cardoso MMSC. Post-Cesarean Section Analgesia with Low Spinal Morphine Doses and Systemic Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drug: Diclofenac Versus Ketoprofen. *Rev Bras Anesthesiol*; 2003; 53(6): 737-742.
24. Zacaron KAM, Dias JMD, Abreu NS, Dias RC. Physical Activity Levels, Pain and Swelling and Their Relationships with Knee Dysfunction in Elderly People with Osteoarthritis. *Rev. Bras. Fisioter*. 2003; 10(3): 279-284.
25. Checchia SL, Doneux PS, Volpe F, Cury RPL. Tratamento Cirurgico das lesões do manguito rotador. *Rev Bras Ortop*. 1994; (29): 11-12, Nov/Dez.
26. Checchia SL, Doneux PS, Miyazaki AN, Fregoneze M, Silva LA, Mussi SF, Faria AC, Ribeiro GFF. Lesões extensas do manguito rotador: avaliação dos resultados do reparo artroscópico. *Rev Bras Ortop*. 2003; 38(5), Maio.
27. Marcondes FB, Rosa SG, Vasconcelos RA, Basta A, Freitas DG, Fukuda TY. Força do manguito rotador em indivíduos com síndrome do impacto comparado ao lado assintomático. *Acta Ortop Bras*. 2011; 19(6): 333-7.
28. Randelli P, Arrigoni P, Ragone V, Aliprandi A, Cabitza P. Platelet rich plasma in arthroscopic rotator cuff repair: a prospective RCT study, 2-year follow-up. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2011; 20(4): 518–528.
29. Liu SH, Yang RS, al-Shaikh R, Lane JM. Collagen in tendon, ligament, and bone healing. A current review. *Clin Orthop Relat Res* 1995; (318): 265-78.
30. Maffulli N, Moller HD, Evans CH. Tendon healing: can it be optimised? *Br J Sports Med* 2002; 36: 315-6.
31. Galatz LM, Ball CM, Teefey SA, Middleton WD, Yamaguchi K. The outcome and repair integrity of completely arthroscopically repaired large and massive rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg (Am)*. 2004; 86-A: 219-24.
32. Burkhart SS. Arthroscopic treatment of massive rotator cuff tears. Clinical results and biomechanical rationale. *Clin Orthop Relat Res*. 1991: 45-56.

33. Neri BR, Chan KW, Kwon YW. Management of massive and irreparable rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009; (18): 808-818.
34. Ramos CH, Sallum JS, Sobania RL, Borges LG, Sola WCJ, Ribeiro YPL. Resultados do tratamento artroscópico das rupturas do manguito rotador. *Acta Ortopédica Brasileira.* 2010; 18(1): 15-18
35. Mishra A, Pavelko T. Treatment of chronic elbow tendinosis with buffered platelet-rich plasma. *Am J Sports Med.* 2006; 34: 1774-8.
36. Miyazaki AN, Fregoneze M, Doneux PS, Silva LA, Eduardo, Ortiz CMMPT, Checchia SL. Extensive rotator cuff injuries: an evaluation of arthroscopic repair outcomes. *Rev Bras Ortop.* 2009; 44(2): 148-52.
37. Huberty DP, Schoolfield JD, Brady PC, Vadala AP, Arrigoni P, Burkhart SS. Incidence and Treatment of Postoperative Stiffness Following Arthroscopic Rotator Cuff Repair. *Arthroscopy.* 2009; 25(8): 880-890.

A ADIÇÃO DE CÉLULAS-TRONCO NA SUTURA DO MANGUITO ROTADOR INFLUENCIA A RECUPERAÇÃO FUNCIONAL?

Cíntia Helena Ritzel¹, Marco Aurélio Vaz², João Luiz Ellera Gomes³

1 – Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre - RS, Brasil.

2 – Doutor e Professor da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Laboratório de Pesquisa do Exercício, Porto Alegre - RS, Brasil

3 – Doutor e Professor da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Serviço de Ortopedia e Traumatologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre - RS, Brasil.

Autor para correspondência:

Cíntia Helena Ritzel

Departamento de Cirurgia Ortopédica Traumatológica

Escola de Medicina

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Ramiro Barcelos, 2400

90035-003 - Porto Alegre, RS, Brasil

Fone: +55 51 81947326 - 51 3308.5607 - 33598281 / Fax: 3308.5232

ciritzel@hotmail.com

RESUMO

As lesões do manguito rotador (MR) do ombro ocorrem, por sobrecarga nos tendões, processo degenerativo progressivo e ruptura tendinosa. O tratamento cirúrgico com a sutura do tendão rompido é o tratamento de escolha, porém a chance de re-ruptura ocorre é de 35%. O objetivo deste trabalho foi investigar o efeito da adição de células-tronco na sutura do MR em relação à recuperação funcional dos indivíduos submetidos à cirurgia. Indivíduos (30) com ruptura do MR foram divididos em dois grupos cirúrgicos: o grupo controle (GC) foi submetido à tenorrafia do MR e o grupo experimental (GE) realizou a mesma cirurgia, porém com adição de células-tronco. Os grupos foram avaliados no pós-operatório de 1 a 2 anos quanto a dor, amplitude de movimento (ADM), índice de re-ruptura e avaliação isocinética dos movimentos de flexão-extensão, rotação externa e interna, abdução e adução do ombro. O lado operado foi comparado com o lado saudável. O teste de Mann-Whitney analisou a porcentagem de melhora do lado operado em relação ao lado saudável entre os grupos com o *software* SPSS (13.0), o nível de significância foi de $p < 0,05$. Ambos os grupos apresentaram valores próximos da normalidade quando comparado o lado operado com o lado saudável, porém o GE apresentou valores maiores. A recuperação funcional dos GE não foi semelhante ao GC. O GE apresentou menor índice de re-ruptura, e os valores de torque muscular e equilíbrio muscular ficaram mais próximos dos valores do lado contralateral saudável do que os valores do GC.

Palavras-chaves: manguito rotador, células-tronco, avaliação funcional

INTRODUCAO

A lesão degenerativa do manguito rotador, além de comprometer a saúde de adultos e idosos, causa debilidade funcional (1). Em uma fase mais avançada, as lesões são tratadas com procedimento cirúrgico de tenorrafia (2) com a finalidade de recuperar a funcionalidade do ombro (3).

A doença do manguito rotador (MR) é uma causa comum de dor e perda de força muscular no ombro (4). As lesões do manguito rotador ocorrem por fatores degenerativos e micro traumáticos que acometem os tendões quase junto a sua inserção na cabeça umeral (4). Associada à lesão tendinosa, ocorre atrofia muscular com deposição de tecido adiposo nas lesões massivas do MR (5). A lesão inicia com processo inflamatório e, com a sobrecarga constante, evolui para tendinose até a ruptura (6). Por ser uma doença degenerativa, a prevalência da doença aumenta com a idade (1).

Nas lesões avançadas, onde há a ruptura do MR, o tratamento cirúrgico é indicado (1). Da mesma forma, há indicação de cirurgia quando há a presença de dor constante, fraqueza muscular, especialmente a fraqueza muscular progressiva (4). No reparo operatório do tendão geralmente é realizada a tenorrafia (2).

Muitos indivíduos, quando submetidos à cirurgia, já apresentam degeneração avançada nos tendões, os quais se encontram atrofiados. Por esse motivo, muitos tendões voltam a se romper mesmo após a sutura. Inúmeros trabalhos demonstram, seja em ressonância nuclear magnética ou em ecografia, que a degeneração dos tendões continua mesmo após o tratamento cirúrgico. A qualidade do tendão no momento da sutura é um dos fatores principais para o sucesso do tratamento. No entanto, é um dos fatores que não se consegue modificar até o presente momento (2, 7, 8,9).

O equilíbrio das estruturas musculoesqueléticas do ombro é um aspecto que precisa ser considerado nas lesões do ombro. Nas lesões do MR, o maior desequilíbrio encontrado está relacionado com a sinergia entre os rotadores externos e internos. Os músculos rotadores externos agem excentricamente durante a rotação interna para tentar evitar a translação excessiva da cabeça do úmero na cavidade glenoide (10).

A estabilidade do ombro exige um alinhamento articular adequado e equilíbrio muscular, tanto na ativação muscular quanto na força muscular aplicada pelos músculos aos ossos. O recrutamento muscular ordenado e o nível de ativação muscular durante o movimento são fatores importantes na coordenação do movimento (11-14).

De fato, estudos sugerem que a boa funcionalidade dinâmica dos músculos estabilizadores do ombro, principalmente o MR, pode ser determinante na prevenção e/ou na limitação da severidade de lesões dos tecidos musculoesqueléticos (15).

Nós últimos anos, o uso de células-tronco para o tratamento de doenças degenerativas vem aumentando. Trabalhos têm sido realizados nas áreas de cardiologia, neurologia, odontologia, para o tratamento de diferentes tipos de doenças (16). No entanto, existem poucas publicações na área ortopédica (16), mas foi encontrado um trabalho com a utilização de células-tronco na tenorrafia do MR que mostrou bons resultados (17).

Tendo em vista a capacidade de replicação e diferenciação das células-tronco, e baseado nos resultados positivos desses estudos, pode-se supor que células-tronco colocadas em um tecido conjuntivo como o tendão estimulam a sua reparação, como ocorre em outros tecidos. A injeção de células-tronco no tendão doente parece ser um estímulo adicional a sua reparação, criando um tecido

conjuntivo sadio e resistente, o qual apresentaria não só uma capacidade maior de regeneração e recuperação estrutural, como também a recuperação das propriedades viscoelásticas e da força muscular.

Assim sendo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do uso de células-tronco, após a tenorrafia nas rupturas do MR, na recuperação funcional do ombro, por meio da avaliação do torque muscular, do desequilíbrio muscular, da dor e da ADM.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi composto por indivíduos (30) com ruptura de MR submetidos à tenorrafia, com e sem a adição de células-tronco da medula óssea. Os sujeitos foram selecionados de forma intencional pela equipe ortopédica do serviço de Ortopedia e Traumatologia do Hospital da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Onde 15 indivíduos com lesão do MR foram incluídos no grupo experimental (GE) e 15 indivíduos que apresentavam a mesma lesão e já haviam sido operados com a mesma técnica cirúrgica foram selecionados para o grupo controle (GC). Os indivíduos eram de ambos os sexos, com idade acima de 50 anos. O grupo controle (GC) tinha realizado a tenorrafia do MR sem adição de células-tronco e o grupo experimental (GE) foi submetido à tenorrafia do MR com adição de células-tronco.

O procedimento cirúrgico foi descrito por Gomes et al (2012), onde o GC realizou a sutura do MR tradicional e o GE realizou a sutura com adição de células tronco autólogas retiradas do osso ilíaco e processadas durante o procedimento cirúrgico. Na prega cirúrgica, após a sutura, eram adicionadas as células tronco (17).

Após um ano de pós-operatório, os indivíduos foram chamados para a realização da avaliação funcional composta por um questionário de identificação, avaliação da ADM, avaliação da dor e teste isocinético (torque muscular e desequilíbrio muscular). Na realização do trabalho, depois da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, o GC foi composto por 9 sujeitos e o GE por 12 sujeitos.

Para realização do teste isocinético, os seguintes critérios de exclusão foram observados: (1) história prévia de mais de uma cirurgia na articulação do ombro; (2) alterações neurológicas, musculoesqueléticas, metabólicas e cardiológicas que impossibilitassem a execução de testes de contração voluntária máxima; (3) contra-indicação médica para a participação em testes de esforço máximo; (4) níveis de pressão arterial acima de 240/120 mmHg; (5) angina e alterações eletrocardiográficas sugestivas de isquemia; (6) presença de qualquer doença neurológica, musculoesquelética, inflamatória, metabólica ou doenças neoplásicas ativas. Foram também respeitadas as recomendações do Humac® Norm System User's Guide (Humac®/Norm Testing & Rehabilitation System – User's Guide – model 770. Computer Sports Medicine, 2005) (18).

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (Parecer n.º. 08-493). Os participantes assinaram termo de consentimento livre esclarecido assegurando seus direitos, de acordo com a resolução N.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, e receberam todas as informações sobre os procedimentos que seriam efetuados.

Os dados referentes às avaliações isocinéticas foram coletados no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Para avaliação da função muscular foi

utilizado o dinamômetro isocinético *Biodex System 3 Pro* (Biodex Medical Systems, Shirley, New York) (18).

Os indivíduos foram acomodados no dinamômetro em posição sentada, mantendo adução do ombro com extensão completa de cotovelo para a realização dos movimentos de extensão, flexão, abdução e adução. Na posição sentada também foi realizado o movimento de rotação externa e interna, porém com a manutenção do cotovelo em 90 graus de flexão. Em seguida, foi realizada uma sessão de aquecimento e familiarização, com uma série de 10 repetições submáximas de 50% da CVM (contração voluntária máxima) dos seguintes movimentos: flexão e extensão, abdução e adução, rotação externa e interna do ombro. O aquecimento foi realizado na velocidade angular de 120°/s. Após 2 minutos de repouso, foram realizadas as avaliações de torque muscular isocinético e isométrico, que consistiram de uma série de 3 repetições na velocidade de 60°/s para a avaliação isocinética, e 3 repetições no ângulo de maior produção de força para a avaliação isométrica. Esse procedimento foi realizado para cada movimento articular avaliado. Entre cada série se observou um intervalo de 2 minutos para minimizar possíveis efeitos da fadiga. Durante a realização dos testes isocinéticos, foi fornecido o mesmo estímulo verbal a todos os participantes para obtenção de esforço máximo (19).

O valor do pico de torque para cada grupo muscular foi utilizado para as análises relativas de melhora do torque. Os desequilíbrios musculares foram calculados, para cada movimento, pela divisão do valor do pico de torque do antagonista pelo agonista, como: abdução/adução, flexão/extensão e rotação externa/rotação interna. Os valores de torque e/ou desequilíbrio muscular do lado não operado foram considerados como valores saudáveis (controle) e foi dado o

valor de 100%. A partir disso, foi calculado o valor relativo da melhora do lado operado comparado com o lado não operado.

Ao término da realização do protocolo de avaliação, foram realizados alongamentos e foi aplicada uma compressa de gelo na articulação do ombro durante 20 minutos, com o objetivo de prevenir possíveis desconfortos musculares devido ao esforço máximo não habitual.

As amplitudes de movimento da articulação (ADM) do ombro foram obtidas pelo uso de um goniômetro da marca Advanced Rehab® (Systems, Inc). Foram mensuradas as ações articulares de rotação externa, rotação interna, abdução, adução, flexão e extensão de ombro (20).

Os indivíduos foram questionados em relação à dor no ombro, no pré e pós operatório, na avaliação inicial. Foi apresentada aos indivíduos uma régua representando a escala analógica visual de dor (0-10) para que eles indicassem, na régua, o valor da dor que estavam sentindo naquele momento (21, 22, 23,24).

A cicatrização e o número de re-rupturas foram controlados pela avaliação clínica médica e pela análise da ressonância magnética.

Análise Estatística

As variáveis quantitativas de caracterização da amostra foram apresentadas como média e desvio padrão e comparadas entre os grupos por meio do Test-t para amostras independentes.

As demais variáveis quantitativas foram descritas através de mediana e valores mínimos e máximos. A análise estatística preliminar revelou que os dados eram não-paramétricos e, por esse motivo, adotou-se o teste de Mann-Whitney para

analisar a porcentagem de melhora do lado operado em relação ao lado saudável na comparação entre os grupos.

O teste Qui – Quadrado foi utilizado para comparar o numero de re-rupturas entre os grupos.

Para análise estatística foi utilizado o *software* SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) versão 13.0, e o nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

RESULTADOS

A Tabela 1 descreve os dados de caracterização da amostra, em que os grupos se apresentaram homogêneos, sem diferença significativa para massa corporal, estatura e idade.

Tabela 1 – Caracterização da amostra com sexo, idade, massa corporal e estatura (média \pm DP).

Grupo	N	♂	♀	Idade (anos)	Massa corporal (kg)	Estatura (cm)
GE	12	8	4	58,5 \pm 7,3	72,1 \pm 12,1	160,5 \pm 8,3
GC	9	6	3	53,8 \pm 7,9	67,4 \pm 10,6	147,8 \pm 7,8
P	-	-	-	0,825	0,902	0,225

♂ = indivíduos do sexo masculino; ♀ = indivíduos do sexo feminino; GE = grupo experimental; GC = grupo controle; P = valor de p.

Ao ser analisada a dor no ombro entre os períodos pré- e pós-operatório, os grupos apresentaram resultados semelhantes, e ambos demonstraram melhora da dor após a cirurgia. O GE apresentou níveis de dor no pré-operatório de $8,75 \pm 1,42$ e

no pós-operatório de $0,67 \pm 2,0$, enquanto no GC, os valores de dor no pré-operatório foram de $8,2 \pm 1,9$ e no pós-operatório $1,4 \pm 2,9$, demonstrando melhora da dor em ambos os grupos de forma semelhante.

De forma geral, os valores de amplitude de movimento (ADM) e torque muscular e desequilíbrio muscular foram mais próximos da normalidade no ombro operado em ambos os grupos, quando comparado com o lado saudável (Tabela 2). Porém, para as variáveis ADM de flexão, torque muscular de abdução e desequilíbrio muscular de abdução/adução, a melhora foi maior no GE, conforme descrito na Tabela 2.

As análises da cicatrização e das re-rupturas demonstraram que 5 sujeitos do GC apresentaram re-ruptura após 1 ano de cirurgia e 1 sujeito do GE apresentou re-ruptura no mesmo período, sem diferença significativa.

Tabela 2 – Valores percentuais da amplitude de movimento, dos valores de torque muscular e do desequilíbrio muscular em relação ao lado saudável para cada grupo. Valores em mediana (mínimo; máximo).

Valores relativos	GE	GC	P
ADM abdução	70,7 (52,8; 119,6)	62,5 (33,3; 225)	0,247
ADM flexão	85,2 (66,7; 100)	70,3 (48,9; 260)	0,049*
ADM rotação externa	90,2 (53,8; 216,7)	94,8 (50,8; 288)	0,808
Torque de abdução isométrico	83,3 (37,6; 242,9)	49,8 (32,7; 93,7)	0,034*
Torque de abdução isocinético	87,4 (28; 163,2)	45,8 (21,4; 133,3)	0,049*
Torque de flexão isométrico	82,8 (45,7; 188,9)	55,9 (27,3; 383,3)	0,169
Torque de flexão isocinético	89,7 (35,3; 258,8)	64,1 (41,4; 117,6)	0,345

Torque de rotação externa isométrico	88,2 (37,5; 300)	51,9 (40; 150)	0,277
Torque de rotação externa isocinético	80,1 (33,3; 128,6)	52,9 (25; 114,3)	0,193
Desequilíbrio muscular abdução/adução	88,5 (28,1; 180,1)	46,8 (43,3; 59,3)	0,009*
Desequilíbrio muscular flexão/extensão	88,89 (30,8; 173,4)	47,9 (20,6; 112,8)	0,058
Desequilíbrio muscular rotação externa/rotação interna	85 (47,3; 262,5)	68,7 (38,8; 145,3)	0,169

* indica $p < 0,05$

DISCUSSÃO

Na avaliação das re-rupturas após a tenorrafia do MR, constatou-se que 33,3% dos indivíduos submetidos à cirurgia sem células-tronco sofreram re-ruptura. Outros trabalhos já demonstraram o alto índice de falha no reparo do tendão, com valores em torno de 27,8% de resultados insatisfatórios (25). Já em outro trabalho (26), foram encontrados bons resultados em 11 pacientes de 12 que realizaram a tenorrafia, porém nem todos os pacientes apresentavam ruptura completa do MR.

O índice de re-ruptura no grupo com adição de células-tronco foi de 6,6%, um valor quase cinco vezes menor do que o valor do GC. Observou-se também que o grupo que teve menor índice de melhora nos parâmetros avaliados em relação ao lado saudável também apresentou maior número de re-rupturas. Apesar de ambos os grupos apresentarem valores mais próximo da normalidade no ombro operado, quando comparado com o lado saudável. No estudo de Marcondes (27), que avaliou a relação entre índice de força muscular e funcionalidade em indivíduos com síndrome do impacto do ombro, também foi encontrada maior deficiência na força de

flexão e rotação externa do ombro e relação com déficit funcional, assim como no presente estudo.

Outro estudo (7) relatou que a falha na sutura após a cirurgia ocorre em 90% dos casos. Entretanto, os autores relatam que essa taxa é possível de ser reduzida para 40% com o uso da aplicação de uma matriz extracelular na região miotendínea, a qual estimularia a cicatrização e a rigidez do tendão. Porém, tal estudo ainda está em fase experimental laboratorial (7).

Existem evidências de melhora na capacidade de produção de força e melhora no equilíbrio muscular após a reconstrução do MR (28). No presente trabalho verificou-se melhora da força muscular e melhora do equilíbrio muscular principalmente nos movimentos que envolvem abdução e flexão de ombro, tanto no GC como no GE, porém é mais evidente no GE. No estudo de Randelli et al. (28), os autores utilizaram a aplicação de plasma rico em plaquetas (PRP) no tendão, e também observaram melhora da força muscular para os mesmos movimentos e nos escores funcionais no grupo experimental quando comparado ao grupo que não utilizou o PRP (28). A literatura descreve que ocorre perda de força muscular no pós-operatório em torno 30% quando comparado ao lado não operado no P.O. a curto prazo e que a longo prazo é possível recuperá-lo, porém mantém ainda um déficit funcional (29,30).

A dor no pós-operatório se comportou da mesma forma em ambos os grupos. Os resultados obtidos neste trabalho são semelhantes aos de outros estudos que, já demonstraram que após a cirurgia de reconstrução do MR, ocorre melhora da dor e do desconforto no ombro operado, assim como melhora nos escores funcionais (3) e na dor (31, 32, 33). Em outro estudo onde também foram avaliados dois grupos com reconstrução do MR utilizando o plasma rico em

plaquetas (PRP), foi encontrada maior diminuição da dor no grupo com aplicação do PRP do que no grupo controle (28, 34).

A ADM também apresentou maior índice de melhora no grupo com células-tronco, porém apenas para o movimento de flexão de ombro estando relacionado com o movimento de melhor índice de recuperação. A melhora da ADM de flexão do ombro após a cirurgia de reconstrução do MR foi demonstrada na literatura como sendo em torno de 51% (35), enquanto os resultados deste trabalho revelaram uma melhora de 70% no GC e 85% de melhora no GE. Em outro estudo foi demonstrada uma melhora de 47% após a cirurgia para o movimento de flexão do ombro (36,37).

CONCLUSÃO

A recuperação funcional dos sujeitos submetidos à tenorrafia do manguito rotador com aplicação de células-tronco não foi semelhante à dos sujeitos que realizaram a cirurgia sem a adição das células-tronco. O grupo com adição de células-tronco parece apresentar menor índice de re-ruptura, e os valores de torque muscular e de equilíbrio muscular ficaram mais próximos dos valores do lado contralateral saudável do que os valores do grupo controle.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o financiamento do CNPQ e da CAPES, e aos indivíduos que se dispuseram em participar deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Downie BK and Miller BS. Treatment of rotator cuff tears in older individuals: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* (2012), 1-7.
2. George MS, Khazzam M. Current concepts review: revision rotator cuff repair. *J Shoulder Elbow Surg*. 2012; (21): 431-440.
3. Papadopoulos P, Karataglis D, Boutsiadis A, Fotiadou A, Christoforidis J, Christodoulou A. Functional outcome and structural integrity following mini-open repair of large and massive rotator cuff tears: A 3-5 year follow-up study. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011; (20): 131-137.
4. Bahr KP. Rotator cuff disease. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2004; 15: 475–491.
5. Laron D, Samagh SP, Liu X, Kim HT, Feeley BT. Muscle degeneration in rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg*. 2012; (21): 164-174.
6. Yamaguchi K, Tetro AM, Blam O, Evanoff BA, Teefey SA, Middleton WD. Natural history of asymptomatic rotator cuff tears: A longitudinal analysis of asymptomatic tears detected sonographically. *J Shoulder Elbow Surg*. 2000; 199-203.
7. Shea KP, Obopilwe E, Sperling JW, Iannotti JP. A biomechanical analysis of gap formation and failure mechanics of a xenograft-reinforced rotator cuff repair in a cadaveric model. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011, 1-8.
8. Gulotta LV, Nho SJ, Dodson CC, Adler RS, Altchek DW, MacGillivray JD. Prospective evaluation of arthroscopic rotator cuff repairs at 5 years: part I - Functional outcomes and radiographic healing rates. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011; (20), 934-940.
9. Baring TKA, Cashman PPM, Reilly P, Emery RJH, Amis AA. Rotator cuff repair failure in vivo: a radiostereometric measurement study. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011; (20): 1194-1199.
10. Meister K. Injuries to the shoulder in the throwing athlete. Part one: Biomechanics/pathophysiology/classification of injury. *Am J Sports Med*. 2000 Mar-Apr;28(2):265-75.
11. Anders C, Bretschneider S, Bernsdorf A, Schneider W. Activation characteristics of shoulder muscles during maximal and submaximal efforts. *European Journal of Applied Physiology*. 2005; 93(5): 540-6.

12. Cools AM, Witvrouw EE, Declercq GA, Danneels LA, Cambier DC. Scapular muscle recruitment patterns: trapezius muscle latency with and without impingement symptoms. *Am J Sports Med.* 2003 Jul-Aug; 31(4): 542-9.
13. Minning S, Eliot CA, Uhl TL, Malone TR. EMG analysis of shoulder muscle fatigue during resisted isometric shoulder elevation. *Journal of Electromyography and Kinesiology.* 2007; 17(2): 153-9.
14. Veeger HEJ, van der Helm FCT. Shoulder function: The perfect compromise between mobility and stability. *Journal of Biomechanics.* 2007; 40(10): 2119-29.
15. Mattiello-Rosa SM, Camargo PR, Santos AA, Padua M, Reiff RB, Salvini TF. Abnormal isokinetic time-to-peak torque of the medial rotators of the shoulder in subjects with impingement syndrome. *J Shoulder Elbow Surg.* 2008 Jan-Feb; 17(1 Suppl): 54S-60S.
16. Maffulli N, Longo UG, Loppini M, Berton A, Spiezia F, Denaro V. Tissue Engineering for Rotator Cuff Repair: An Evidence-Based Systematic Review. Hindawi Publishing Corporation. *Stem Cells International.* 2012: 1-14.
17. Gomes JLE, Canquerini RS, Silla MRL, Abreu MR, Pellanda R. Conventional rotator cuff repair complemented by the aid of mononuclear autologous stem cells. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012; 20: 373–377.
18. Humac®/Norm Testing & Rehabilitation System – User’s Guide – model 770. Computer Sports Medicine, 2005.
19. Fernandes TBF, Shinzato GTS. Avaliação isocinética de rotadores externos e internos do ombro de atletas sobre cadeira de rodas e indivíduos sedentários - estudo comparativo. *Acta Fisiátrica.* 1999; 6(1): 40 - 4.
20. Marques AP. Ângulos articulares dos membros inferiores. In: *Manual de Goniometria.* 2 ed. Manole, editor. São Paulo; 2003.
21. Franklin P, Li W, Drew J, Ayers D. Pain Relief and Functional Improvement after Total Knee Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty.* 2008; 23 (2): 320.
22. Torritesi P, Vendrúsculo DMS. A dor na criança com câncer: modelos de avaliação. *Rev. latino-am. Enfermagem.* 1998; 6(4): 49-55.
23. Hirahara JT, Bliacheriene S, Yamaguchi ET, Rosa MCR e Cardoso MMSC. Post-Cesarean Section Analgesia with Low Spinal Morphine Doses and

- Systemic Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drug: Diclofenac Versus Ketoprofen. *Rev Bras Anesthesiol*; 2003; 53(6): 737-742.
24. Zacaro KAM, Dias JMD, Abreu NS e Dias RC. Physical Activity Levels, Pain and Swelling and Their Relationships with Knee Dysfunction in Elderly People with Osteoarthritis. *Rev. Bras. Fisioter.* 2003; 10(3): 279-284.
25. Checchia SL, Doneux PS, Volpe F, Cury RPL. Tratamento Cirurgico das lesoes do manguito rotador. *Rev Bras Ortop.* 1994; (29): 11-12, Nov/Dez.
26. Checchia SL, Doneux PS, Miyazaki AN, Fregoneze M, Silva LA, Mussi SF, Faria AC, Ribeiro GFF. Lesões extensas do manguito rotador: avaliação dos resultados do reparo artroscópico. *Rev Bras Ortop.* 2003; 38(5), Maio.
27. Marcondes FB, Rosa SG, Vasconcelos RA, Basta A, Freitas DG, Fukuda TY. Força do manguito rotador em indivíduos com síndrome do impacto comparado ao lado assintomático. *Acta Ortop Bras.* 2011; 19(6): 333-7.
28. Randelli P, Arrigoni P, Ragone V, Aliprandi A, Cabitza P. Platelet rich plasma in arthroscopic rotator cuff repair: a prospective RCT study, 2-year follow-up. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* 2011; 20(4): 518–528.
29. Liu SH, Yang RS, al-Shaikh R, Lane JM. Collagen in tendon, ligament, and bone healing. A current review. *Clin Orthop Relat Res* 1995; (318): 265-78.
30. Maffulli N, Moller HD, Evans CH. Tendon healing: can it be optimised? *Br J Sports Med* 2002; 36: 315-6.
31. Galatz LM, Ball CM, Teefey SA, Middleton WD, Yamaguchi K. The outcome and repair integrity of completely arthroscopically repaired large and massive rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg (Am).* 2004; 86-A: 219-24.
32. Burkhart SS. Arthroscopic treatment of massive rotator cuff tears. Clinical results and biomechanical rationale. *Clin Orthop Relat Res.* 1991:45-56.
33. Neri BR, Chan KW, Kwon YW. Management of massive and irreparable rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009; (18): 808-818.
34. Ramos CH, Sallum JS, Sobania RL, Borges LG, Sola WCJ; Ribeiro YPL. Resultados do tratamento artroscópico das rupturas do manguito rotador. *Acta Ortopédica Brasileira.* 2010; 18(1): 15-18
35. Mishra A, Pavelko T. Treatment of chronic elbow tendinosis with buffered platelet-rich plasma. *Am J Sports Med.* 2006; 34: 1774-8.

36. Miyazaki AN, Fregoneze M, Doneux PS, Silva LA, Eduardo, Ortiz CMMPT, Checchia SL. Extensive rotator cuff injuries: an evaluation of arthroscopic repair outcomes. *Rev Bras Ortop.* 2009; 44(2): 148-52.
37. Huberty DP, Schoolfield JD, Brady PC, Vadala AP, Arrigoni P, Burkhart SS. Incidence and Treatment of Postoperative Stiffness Following Arthroscopic Rotator Cuff Repair. *Arthroscopy.* 2009; 25(8): 880-890.

APÊNDICES

APÊNDICE A

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE MEDICINA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA: CIÊNCIAS CIRÚRGICAS

LABORATÓRIO DE PESQUISA DO EXERCÍCIO

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Título do Projeto: COMPARAÇÃO DA AVALIAÇÃO FUNCIONAL ISOCINÉTICA ENTRE OS INDIVÍDUOS COM LESÃO DO MANGUITO ROTADOR SUBMETIDOS À SUTURA COM E SEM ADIÇÃO DE CÉLULAS-TRONCO

Objetivos: Comparar os resultados funcionais de torque muscular do ombro de indivíduos submetidos à tenorrafia do manguito rotador, com e sem a adição de células-tronco da medula óssea, no tratamento da ruptura do manguito rotador.

Investigadores: **Cíntia Helena Ritzel e João Luiz Ellera Gomes**

Procedimentos: O(a) senhor(a) que realizou cirurgia de sutura do manguito rotador está sendo convidado a participar deste estudo.

O protocolo de investigação a que o(a) senhor(a) será submetido consiste em uma avaliação da força muscular dos ombros.

A força muscular será avaliada por meio de um aparelho denominado dinamômetro isocinético Biodex, modelo System 3, ou seja, um aparelho que permite a realização de um exercício por meio de uma velocidade fixa e de amplitudes de movimentos previamente determinadas.

Duração do teste: Aproximadamente 2 horas.

Riscos e benefícios: Há possibilidade de ocorrer desconforto muscular devido ao teste de esforço máximo realizado. Esse desconforto deverá desaparecer em 24 a 48 horas após o teste, sem causar qualquer tipo de problema muscular.

Apesar de não haver um benefício direto pelo seu envolvimento neste estudo, o(a) senhor(a) nos ajudará a melhor compreender a recuperação da força muscular do ombro após a realização da cirurgia de sutura do manguito rotador.

Após a realização dos testes o(a) senhor(a) receberá orientações e atendimento fisioterapêutico, e também receberá um relatório com os resultados das avaliações.

Confidencialidade: Os dados referentes ao (à) senhor (a) serão sigilosos e privados, no entanto o (a) senhor (a) que você poderá solicitar informações durante todas as fases da pesquisa, inclusive após a sua publicação da mesma. Fica esclarecido que o(a) senhor(a), poderá desistir de sua participação a qualquer momento, bastando para isso, informar sua decisão de desistência da maneira mais conveniente. Por outro lado, a sua participação também pode ser interrompida por parte dos pesquisadores, em função de alguma alteração no seu quadro clínico conforme os fatores de risco mencionados anteriormente.

Ressaltamos também que, por ser uma participação voluntária e sem interesse financeiro, não haverá remuneração. Portanto, qualquer quantia gasta no deslocamento até o local da pesquisa será de responsabilidade do(a) senhor(a).

Eu, _____, pelo presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, declaro que autorizo a minha participação nesta pesquisa, pois fui informado (a), de forma clara e detalhada, livre de qualquer forma de constrangimento e coerção, dos objetivos, da justificativa, dos procedimentos a que serei submetido, dos riscos, desconfortos e benefícios.

Declaro também, que recebi cópia do presente Termo de Consentimento.

Quaisquer dúvidas relativas à pesquisa poderão ser esclarecidas pela pesquisadora Cíntia Helena Ritzel, fone 51 81947326.

assinatura do indivíduo

data

assinatura do pesquisador

APÊNDICE B**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CIRÚRGICAS****FICHA DE AVALIAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DO INDIVÍDUO****Dados de identificação:**Nome:

Data da avaliação:

Telefone para contato:

Endereço:

Idade:

Sexo:

Peso:

Altura:

Médico:

Diagnóstico médico:

RX:

RNM:

Ombro acometido: () Direito () Esquerdo

Data da cirurgia:

Técnica: () Tenorrafia com adição células-tronco

() Tenorrafia sem adição das células-tronco

Dor atual:

Realizou fisioterapia após a cirurgia? sim não

Realiza algum tipo de atividade física? sim não

Qual?

Possui algum problema de saúde? sim não

Qual(is)?

2. AVALIAÇÃO DA DOR:

PRÉ OP	
PÓS OP IMEDIATO	
PÓS OP 1 ANO	
ATUAL	

3. ADM									
MSD					MSE				
GONI		DINA			GONI		DINA		
ativa	passiva	ativa	passiva		ativa	passiva	ativa	passiva	
EX					EX				
FX					FX				
ADU					ADU				
ABDU					ABDU				
RE					RE				
RI					RI				

4. Protocolo no BIODEX :

5. PROTOCOLO MS_ : Flexão e Extensão de Ombro

MS_				
TxV ex: (TxV30)	Velocidade	FX	EX	EAVD
	Aquecimento (2)			
	teste			
	Obs:			

MS_				
TxA ex: (TxAex60)	Ângulo	FX	EX	EAVD
	Obs:			

6. PROTOCOLO MS_ : Abdução e Adução de Ombro

MS_				
TxV ex: (TxV30)	Velocidade	ABD	AD	EAVD
	Aquecimento (1)			
	60 (3)			
	r60 (3)			
	Obs:			

MS_				
TxA ex: (TxAex60)	Ângulo	ABD	AD	EAVD

	Obs:			

7. PROTOCOLO MS_ : Rotação Externa e Rotação Interna de Ombro

MS_				
	Velocidade	RE	RI	EAVD
TxV ex: (TxV30)	Aquecimento (1) teste			
	Obs:			

MS_				
	Ângulo	RE	RI	EAVD
TxA ex: (TxAex60)				
	Obs:			

Observações:

8. PROTOCOLO MS_ : Flexão e Extensão de Ombro

MS_				
TxV ex: (TxV30)	Velocidade	FX	EX	EAVD
	Aquecimento (2)			
	teste			
Obs:				

MS_				
TxA ex: (TxAex60)	Ângulo	FX	EX	EAVD
Obs:				

9. PROTOCOLO MS_ : Abdução e Adução de Ombro

MS_				
TxV ex: (TxV30)	Velocidade	ABD	AD	EAVD
	Aquecimento (1)			
	teste			
Obs:				

MS_				
TxA ex: (TxAex60)	Ângulo	ABD	AD	EAVD
Obs:				

10. PROTOCOLO MS_ :Rotação Externa e Rotação Interna de Ombro

MS_				
TxV ex: (TxV30)	Velocidade	RE	RI	EAVD
	Aquecimento (1)			
	Teste			
Obs:				

MS_				
TxA ex: (TxAex60)	Ângulo	RE	RI	EAVD
Obs:				

Observações: