

# Hidroxirolina

Artigo Original

## Efeitos do Alongamento sobre os Níveis de Hidroxirolina em Atiradores do Tiro de Guerra

Kelly Lúcia Gava Lorenzini Silva (CREF 002743-G/MG)  
Programa de Pós-graduação Strictu Sensu em Ciência da Motricidade Humana/UCB  
acaogava@superig.com.br

Raquel Almeida Pinto Coelho (CREF 002696-G/MG)  
Programa de Pós-graduação Strictu Sensu em Ciência da Motricidade Humana/UCB  
robertosimao@ig.com.br

João Carlos Bouzas Marins (CREF 003976-G/MG)  
Professor da Universidade Federal de Viçosa/MG  
Laboratório de Performance Humana – LAPEH  
jcbouzas@ufv.br

Estélio Henrique Martin Dantas (CREF 0001-G/RJ)  
Professor Titular de Pós-graduação Strictu Sensu em Ciência da Motricidade Humana/UCB  
Laboratório de Biociências da Motricidade Humana – LABIMH  
Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq – Nível IC  
estelio@cobrase.org.br

SILVA, K.L.G.L.; COELHO, R.A.P.; MARINS, J.C.B.; DANTAS, E.H.M. Efeitos do alongamento sobre os níveis de hidroxirolina em atiradores do tiro de guerra. *Fitness & Performance Journal*, v. 4, n. 6, p. 348 - 351, 2005

**Resumo** - Lesões do tecido conjuntivo podem acarretar um aumento nos níveis de excreção urinária de Hidroxirolina (HP). Este aminoácido derivado é um marcador bioquímico de ruptura do colágeno. O objetivo do presente estudo foi identificar os efeitos do alongamento sobre os níveis de hidroxirolina. A amostra foi constituída por 13 homens, com idade média de  $18,46 \pm 0,6$  anos, peso médio de  $67,07\text{kg} \pm 9,58$ , estatura média de  $178,12\text{cm} \pm 6,61$ , IMC médio de  $21,15 \pm 2,51$ , percentual de gordura médio de  $8,73\% \pm 4,15$  e flexibilidade média da articulação escápulo-umeral de  $124,08^\circ \pm 7,34$  para flexão horizontal,  $88,54^\circ \pm 17,39$  para extensão horizontal e da articulação coxo-femural de  $88,15^\circ \pm 12,49$  para flexão e  $25,38^\circ \pm 8,14$  para extensão. Foram realizadas duas coletas de urina, através do método Calorimétrico. Uma coleta ocorreu antes

do exercício e a outra 24h após a realização dos mesmos. O tratamento estatístico empregado foi a análise descritiva (média, desvio padrão, coeficiente de variação e variação percentual), teste de normalidade de Kolmogorov Smirnov e Teste t student independente, considerando um  $P < 0,05$ . Os resultados encontrados foram para o nível basal,  $\bar{x} = 20,69\text{mg/d} \pm S=12,76$  e para 24h,  $\bar{x} = 27,53\text{mg/d} \pm S=18,70$ . Estes resultados indicam que não existe diferença significativa entre as concentrações de HP basal e 24h. Conclui-se que exercícios de alongamento não são suficientemente intensos para provocar um quadro lesional músculo-esquelético.

**Palavras-chave:** Lesão, Tecido Conjuntivo, Colágeno, Hidroxirolina e Alongamento

(\*) O presente trabalho atende às “Normas de Realização de Pesquisa em Seres Humanos”, Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, de 10/10/96 (BRASIL, 1996), tendo os participantes assinado o Termo de Participação Livre e Consentida.

Endereço para Correspondência:

Av. Olívia de Castro Almeida, 95/04 Clélia Bernardes – Viçosa/MG CEP 36570-000

Data de recebimento: Junho 2005 / Data de aprovação: Julho 2005

Copyright© 2005 por Colégio Brasileiro de Atividade Física Saúde e Esporte.

## ABSTRACT

### The Stretching Effects on the Hidroxyproline Levels in Gunmen from the Army

This study aimed to identify the stretching effects on the hydroxyproline levels. The sample was composed by men with average age of  $18,46 \pm 0,6$ , average weight of  $67,07\text{kg} \pm 9,58$ , average height of  $178,12\text{cm} \pm 6,61$ , average body mass index of  $21,15 \pm 2,51$ , average body fat percentage of  $8,73\% \pm 4,15$  and average flexibility of the escapulo-umeral joint for horizontal flexion of  $124,08^\circ \pm 7,34$ ,  $88,54^\circ \pm 17,39$  for horizontal extension and,  $88,15^\circ \pm 12,49$  of the coxo-femural joint and  $25,38^\circ \pm 8,14$  for extension. Two urine samplings were collected using the colorimetric method. One sampling occurred before the exercise and the other 24h after them. The statistical treatments used were the descriptive analyses (mean, deviation mean, variable coefficient and percentage variable), Kolmogorov Smirnov normality test and student independent t Test, considering one  $P < 0,05$ . The found results were, for the basal level,  $\bar{x} = 20,69\text{mg/d} \pm S=12,76$ , and for 24h,  $\bar{x} = 27,53\text{mg/d} \pm S=18,70$ . These results indicate that there is no significant difference between the basal and 24h HP concentrations. The conclusion was that the stretching exercises are not intense enough to cause an skeletal muscle lesion.

Keywords: Lesion, Conjunctive Tissue, Collagen, Hydroxyproline, Stretching

## INTRODUÇÃO

O crescente envolvimento da população em programas de atividade física vem acompanhado do incremento no número de danos ao aparelho locomotor. Os riscos destas lesões são proporcionais aos níveis de intensidade e duração do treinamento, sendo os efeitos adversos mais comuns do exercício físico em atletas e não atletas, de todas as idades, as lesões músculo-esqueléticas (ACSM, 2003).

Essas lesões ocasionadas por exercícios têm importância significativa pela alta frequência com que ocorrem e pela incapacidade funcional que geram (HERNANDEZ & NAHAS, 1999), privando o indivíduo inúmeras vezes não só da prática desportiva regular a que está acostumado, como também de suas atividades cotidianas.

É importante elaborar e promover métodos seguros de treinamento tanto para o condicionamento físico relacionado à saúde, como para a melhora da performance específica. O treinamento da flexibilidade melhora o desempenho físico e possibilita a diminuição do risco de lesão músculo-esquelética (DANTAS, 2005); convém ressaltar que a melhor forma de empregá-lo, sem o risco de causar lesão, é uma questão que gera dúvidas. Dentre as situações que permeiam o contexto da intervenção profissional no uso das formas de trabalho da flexibilidade, está a incerteza com relação à prescrição da intensidade do esforço, no intuito de melhorar a amplitude músculo-articular (BAGRICHEVSKY, 2001).

Existem duas formas de treinamento da flexibilidade, o flexionamento e o alongamento (DANTAS, 2005). Segundo o mesmo autor, o flexionamento visa melhorar os níveis de flexibilidade, procurando atingir amplitudes de

## RESUMEN

### Efectos del Estiramiento en los Niveles de Hidroxiprolina en Practicantes de Tiro de Tiro al Blanco

Las lesiones del tejido conjuntivo pueden causar un aumento en los niveles de secreción urinaria de hidroxiprolina (HP). Este aminoácido resultante, es un indicador bioquímico del rompimiento del colágeno. El presente estudio tuvo como objetivo identificar los efectos del estiramiento en los niveles de hidroxiprolina. La muestra fue compuesta por 13 hombres, con una edad media de  $18,46 \pm 0,6$  años, peso medio de  $67,07 \pm 9,58$  kg., estatura media de  $178,12 \pm 6,61$  cm., IMC medio de  $21,15 \pm 2,51$ , porcentual medio de grasa de  $8,73\% \pm 4,15$  y flexibilidad media de la articulación escapulo-umeral de  $124,08^\circ \pm 7,34$  para flexión horizontal,  $88,54^\circ \pm 17,39$  para extensión horizontal y de la articulación pierna-femoral de  $88,15^\circ \pm 12,49$  para flexión y  $25,38^\circ \pm 8,14$  para extensión. Fueron colectadas dos muestras de orina a través del método Colorimétrico. Una colecta se efectuó antes del ejercicio y la otra se hizo 24 hrs. después de la realización del mismo. El procedimiento estadístico, fue efectuado por medio del análisis descriptivo (media, desviación típica, coeficiente de variación y variación porcentual), se aplicó el teste de normalidad de Kolmogorov Smirnov y el teste t de student independiente, estableciendo una  $P < 0,05$ . Los resultados encontrados fueron: para el nivel basal,  $\bar{x} = 20,69\text{mg/d} \pm S=12,76$  y para 24 hrs.,  $\bar{x} = 27,53\text{mg/d} \pm S=18,70$ . Los cuales apuntan que no existe una diferencia significativa entre las concentraciones de HP basal y las de 24 hrs. Concluyéndose que los ejercicios de estiramiento, no son suficientemente intensos como para ocasionar un cuadro de lesión músculo-esquelético.

Palabras clave: Lesión, Tejido Conjuntivo, Colágeno, Hidroxiprolina, Estiramiento

arcos de movimento articular superiores às originais; em contrapartida, exercícios de alongamento proporcionam manutenção nos níveis de flexibilidade, utilizando movimentos de amplitude normal com o mínimo de restrição física possível, não acarretando lesões nas estruturas músculo-conjuntivas.

A promoção de maiores níveis de flexibilidade ocorre pelo emprego sistematizado de estímulos que proporcionem aumento da extensibilidade do músculo e de outras estruturas, mantidas por um determinado tempo (BAGRICHEVSKY, 2001). A prescrição objetiva e efetiva do treinamento da flexibilidade requer uma mensuração prévia e uma avaliação precisa, fidedigna e válida (ARAÚJO, 2000). Os testes existentes para medir e avaliar a flexibilidade podem ser divididos em três grandes grupos: angulares, lineares e adimensionais. Os angulares são aqueles expressos em ângulos, sendo a medição dos ângulos chamada de goniometria. Os lineares se caracterizam por expressarem os resultados em escala de distância. Por último, os testes adimensionais, os quais interpretam os movimentos articulares, comparando-os com uma folha de gabarito (MARINS & GIANNICHI, 2003). A flexibilidade tende a ser específica para um dado movimento e para uma dada articulação, de modo que os procedimentos de teste devem levar esses aspectos em consideração (ARAÚJO, 2000).

Estudos demonstram haver relação entre lesão do aparelho locomotor e aumento na excreção urinária da hidroxiprolina (HP). Fox e cols (1991) afirmam que há uma correlação significativa entre danos nos tecidos conjuntivos e aumento de HP, principalmente no dia em que os indivíduos relatam

dor muscular de início tardio (DMIT). Brown e cols. (1997) verificaram em seus estudos que a geração de força elevada durante a contração muscular excêntrica pode afetar o metabolismo do colágeno, estruturas musculares e tendíneas do tecido conjuntivo. Nesse mesmo estudo, os autores observaram que a excreção de hidroxiprolina na urina aumentou após o exercício, chegando ao ápice no segundo dia, sugerindo um aumento da lesão no tecido conjuntivo, possivelmente ligado à resposta inflamatória local. A hidroxiprolina (HP) é um aminoácido presente em grande quantidade no colágeno (STRYER, 1992); na decomposição desta proteína formam-se peptídeos contendo HP, que em grande parte não sofrem hidrólise e são eliminados na urina (VERLAG, 1982). É possível verificar os níveis de HP na excreção urinária através de exames laboratoriais; assim, uma vez considerada como marcador bioquímico de lesão músculo-esquelética, o aumento dos seus níveis na urina indica catabolismo de colágeno do aparelho locomotor. Portanto, níveis não alterados de HP pós-exercícios sugerem a não ocorrência de microlesão.

Corroborando com o citado, Nascimento (2004) comparou exercícios de flexionamento dinâmico aquáticos e terrestres, verificando um aumento nos níveis de HP urinário após a realização destes, caracterizando a ocorrência de catabolismo do colágeno; não encontrou, porém, diferença significativa ao comparar os dois meios.

## OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi mensurar a variação nos níveis de hidroxiprolina excretados na urina de atiradores do Tiro de Guerra de Viçosa-MG, submetidos a exercícios de alongamento.

## METODOLOGIA

### Seleção de Sujeitos

O grupo de estudo foi constituído por 13 voluntários do Tiro de Guerra de Viçosa-MG, a partir de um total de 100 atiradores, com faixa etária de 18 à 20 anos, praticantes de atividade física regular.

### Coleta de Dados

Primeiramente foram realizadas em um só dia, no período das 06:00h às 09:00h, as medidas de peso corporal, circunferências, dobras cutâneas, altura e amplitude articular para caracterização do perfil da amostra. Uma semana após, os atiradores foram orientados a coletar a urina das 06:00h às 08:00h. No dia seguinte à coleta foi realizada a intervenção das 06:00h às 09:00h, com exercícios de alongamento para articulação de quadril e ombro. Após a intervenção foi coletada a urina 24h pós exercícios, das 06:00h às 08:00h.

O instrumento utilizado para medir o peso foi uma balança digital Filizola; para dobras cutâneas, utilizou-se o adipômetro Lange Skinfold Caliper, da Cambridge Scientific Industries; para altura, utilizou-se o estadiômetro metálico de Martin (graduado em centímetro e décimos de centímetro), de fabricação brasileira; para avaliar a amplitude angular foi utilizado o goniômetro de 14 polegadas, da marca Lafayette® Instruments; e para coleta de urina foram utilizados frascos de água mineral de 500ml devidamente esterilizados e preparados pelo

laboratório Hermes Pardini/MG, responsável pelos exames.

O protocolo utilizado para dobras cutâneas foi o de Jackson & Pollock (1978), de 3 dobras (tórax, abdômen e coxa), para a goniometria foi utilizado o protocolo LABIFIE (DANTAS e cols., 1997) e para HP, o Calorimétrico.

Os movimentos realizados foram flexão e extensão horizontal de ombro (FO e EO) e flexão e extensão do quadril (FQ e EQ), utilizando-se o estiramento misto como tipo de ação do alongamento. Os exercícios foram realizados em três séries de quatro insistências submáximas e uma permanência de quatro segundos no ponto máximo atingido. Os movimentos de insistência foram realizados lentamente e apenas no terço final do arco articular. As três séries do mesmo movimento foram realizadas seguidamente na mesma articulação, com um intervalo de cinco segundos de descanso entre as séries.

### Tratamento Estatístico

Inicialmente, visando caracterizar o perfil do grupo estudado, empregou-se a análise descritiva, através da média e desvio padrão. Com relação à hidroxiprolina foram utilizadas na análise descritiva as medidas de localização (média e mediana) e dispersão (desvio-padrão, erro-padrão e coeficiente de variação).

Como o teste de Kolmogorov-Smirnov confirmou distribuição normal da amostra, a abordagem paramétrica foi definida, optando-se pelo teste t de Student independente para verificar a ocorrência de diferenças significativas de hidroxiprolina. O nível de significância adotado foi de  $P < 0,05$ . Os testes utilizados pertencem ao programa SPSS 12.0 para Windows.

## RESULTADOS

As características antropométricas e perfil da flexibilidade de flexão de ombro, extensão de ombro, flexão de quadril e extensão de quadril dos atiradores avaliados estão descritas na Tabela 1.

Os valores observados para caracterização da amostra foram: altura  $\bar{x} = 178,12\text{cm} \pm 6,61$ , peso  $\bar{x} = 67,07\text{kg} \pm 9,58$ , IMC  $\bar{x} = 21,15 \pm 2,61$ , percentual de gordura  $\bar{x} = 8,73\% \pm 4,15$ , amplitude angular de flexão de ombro  $\bar{x} = 1240,08 \pm 7,34$ , amplitude angular de extensão de ombro  $\bar{x} = 880,54 \pm 17,39$ , amplitude articular de flexão de quadril  $\bar{x} = 880,15 \pm 12,49$  e amplitude articular de extensão de quadril  $\bar{x} = 25,380 \pm 8,14$ .

Apresentam-se na Tabela 2 os resultados obtidos após coleta da urina para aferição dos níveis de HP antes da prática do alongamento e vinte e quatro horas após a mesma prática. A mesma tabela apresenta o resultado de cada coleta em separado e depois compara os mesmos. Antes, porém, foi realizado o teste de Normalidade, no qual se observou o valor de  $z = 0,440$  para o pré-teste e de  $0,558$  para o pós-teste, sendo considerada normal a distribuição das amostras.

O valor observado na coleta basal foi de  $\bar{x} = 20,69\text{mg/dia} \pm 12,76$ , antes da interferência do alongamento; estes dados foram utilizados como referência para a análise do procedimento adotado. Já o resultado obtido vinte e quatro horas após foi de  $\bar{x} = 27,53\text{mg/dia} \pm 18,70$ . Porém, como o Coeficiente de Variação ultrapassou 20%, utilizou-se a mediana com o valor de 18 para o resultado pré-teste (basal) e de 22 para o pós-teste (24h). Mesmo assim, a variação percentual observada

foi de 22,22%.

Foi possível observar um aumento nos valores de HP num período de vinte quatro horas após a interferência do alongamento de 4mg/d.

Realizou-se o teste t de Student para comparação de amostras pareadas, o qual não constatou diferença estatisticamente significativa para  $p < 0,05$ , pois o p encontrado foi de 0,139.

TABELA 1  
CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS E  
PERFIL DE FLEXIBILIDADE

Parâmetro	Média	sd	V. Máx	V. Min.
Estatura (cm)	178,12	6,61	190,0	167,00
Peso (kg)	67,07	9,58	89,1	54,70
IMC	21,15	2,51	23,0	17,00
*% G	8,73	4,15	14,7	4,08
FO (graus)	124,08	7,34	140,0	113,00
EO (graus)	88,54	17,39	123,0	49,00
FQ (graus)	88,15	12,49	103,0	73,00
EQ (graus)	25,38	8,14	42,0	13,00

sd = desvio padrão; V. Máx = valor máximo; V. Min. = valor mínimo; FO = flexão de ombro / EO = extensão de ombro; FQ = flexão de quadril; EQ = extensão de quadril / \*Percentual de gordura segundo a técnica de três dobras cutâneas de Jackson & Pollock

TABELA 2  
RESULTADOS DO PRÉ-TESTE (BASAL) E PÓS-TESTE (24H)

	*Média	*Md	sd	$\epsilon$	CV%	K-S
BASAL	20,69	18	12,76	3,54	61,71	0,440
24H	27,53	22	18,70	5,18	67,92	0,558
B/24H( $\Delta$ )		4				

Md = Mediana; sd = desvio padrão;  $\epsilon$  = erro padrão; CV = Coeficiente de Variação;  $p < 0,05$ ; K-S = Kolmogorov-Smirnov / \*Medidas em mg/dia

## DISCUSSÃO

Esta investigação não verificou alteração significativa nos níveis de HP nos participantes submetidos ao alongamento. Os dados encontrados estão de acordo com os estudos de Virtanen e cols. (1993), os quais verificaram que exercícios concêntricos não acarretaram aumentos nos níveis de HP urinário, ao contrário dos exercícios excêntricos, que aumentam esses níveis. Observa-se assim que, dependendo do tipo de exercício aplicado, não ocorre elevação nos níveis urinários de hidroxiprolina, o que pode significar a não ocorrência de danos aos músculos esqueléticos.

Nascimento e cols. (2004), estudando um outro método de treinamento da flexibilidade mais intenso que o alongamento, o flexionamento dinâmico no meio líquido, encontraram diferença entre as concentrações de HP basal e 24 horas, havendo uma recuperação da concentração 48 horas após os exercícios.

A maioria dos escassos estudos que correlacionam hidroxiprolina a danos teciduais está relacionada a exercícios excêntricos, como o de Brown e cols. (1997), que investigaram o efeito de uma série desses exercícios sobre os índices indiretos de lesão do músculo esquelético e as marcas bioquímicas de quebra de colágeno na urina, com a hipótese de que ambos, músculo esquelético e tecido conjuntivo, sofreram danos. Murguia e cols. (1988), buscando verificar o efeito do mesmo tipo de exercício no tecido conjuntivo, encontraram níveis aumentados de HP, evidenciando a ocorrência das lesões.

Exercícios excêntricos parecem ser os que mais causam danos musculares, estando assim mais associados à dor muscular de início tardio (DMIT). Segundo Fox e cols. (1991), a DMIT se manifesta de 24h a 48h após o término das sessões de exercícios, sendo mais pronunciada após ações excêntricas. Os mesmos autores acrescentam haver uma estreita relação entre o dia em que se relata dor mais intensa e picos nos níveis de HP, confirmando o que se supõe neste estudo, a hidroxiprolina pode ser considerada um marcador bioquímico de lesões nos tecidos conjuntivos.

## CONCLUSÃO

No presente estudo, a ausência de uma elevação significativa de HP 24 horas após um treinamento de alongamento reforça a idéia de que este tipo de atividade apresenta uma baixa intensidade, podendo ser realizada por um grupo populacional, sem risco de lesão.

Sugere-se o desenvolvimento de outros estudos que verifiquem a variação de HP após a realização de outras formas de treinamento de flexibilidade, no mesmo instante considerado neste estudo e em outros instantes menores e/ou maiores, assim como outros tipos de exercícios físicos, verificando, também, a relação desses exercícios com a percepção subjetiva de dor muscular, tanto em indivíduos sedentários, quanto nos ativos e atletas. Dessa forma, será possível ampliar o conhecimento atual sobre a relação entre atividade física e lesões no tecido conjuntivo.

## BIBLIOGRAFIA

- ACSM. Diretrizes do ACSM para os Testes de Esforço e sua Prescrição. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.
- ARAÚJO, C.G.S. Correlação entre diferentes métodos lineares e dimensionais de avaliação da mobilidade articular. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, v.8; n.2; p.25-32, março, 2000.
- BAGRICHEVSKY, M. Os efeitos dos exercícios de alongamento mediados pela propriocepção: discussão conceitual sobre processos adaptativos. Revista Unicastelo, Ano 4, n. 6, p. 54-61, 2001.
- BROWN, S.J.; CHILD, R.B.; DAY, S. & DONNELLY, A.E. Indexes of skeletal muscle damage and connective tissue breakdown following eccentric muscle contractions. Eur.J.Appl. Physiol, v.75; p.369-374, 1997.
- DANTAS, E.H.M. Flexibilidade: Alongamento e Flexionamento. Rio de Janeiro: Editora Shape, 2005.
- DANTAS, E.H.M.; CARVALHO, J.L.T.; FONSECA, R.M. O protocolo LABIFIE de goniometria. Revista Treinamento Desportivo, v.2; n.3; p.21-34; jul./dez., 1997.
- FOX, E.; BOWERS, R. & FOSS, M. Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991.
- HERNANDEZ, A.J. & NAHAS, R. M. O Exercício. In: GHORAYEB, N. & BARROS, T. São Paulo: Atheneu, 1999.
- JACKSON, A.S. & POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. Brit J Nutr, v.40; p.497-504, 1978.
- MARINS, J. C. B. & GIANNICH, R. S. Avaliação e Prescrição de Atividade Física: Guia Prático. Rio de Janeiro: Shape, 2003.
- MURGUIA, M.; VAILAS, A.; MANDELBAUM, B., NORTON, J.; HOGDON, J.; GOFORTH, H. & RIEDY, M. Elevated plasma hydroxyproline: a possible risk factor associated with connective tissue injuries during overuse. American Journal of Sports Medicine, v.16; p.660-6644, 1988.
- NASCIMENTO, V.; SILVA, K.L.G.L.; CAETANO, L.F.; MESQUITA, M.G.; NOGUEIRA, A.C.; LOPES, R.B. & DANTAS, E.H.M. Nível de lesão, avaliada pela hidroxiprolina, produzida pelo flexionamento dinâmico no meio líquido. Revista Mineira de Educação Física, V.12, n.2, p.596, 2004.
- NASCIMENTO, V. Níveis de Hidroxiprolina em adultos submetidos ao flexionamento dinâmico nos meios líquidos e terrestres. Dissertação de Mestrado em Ciência da Motricidade Humana. Universidade Castelo Branco. Rio de Janeiro, 2004.
- STRYER, Lubert. Bioquímica. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.
- VERLAG, G. T. Patobioquímica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1982.
- VIRTANEN, P.; VIITASALO, J.; VUORI, J.; VAANANEN, K. & TAKALA, T. Effect of concentric exercise on serum muscle and collagen markers. Journal of Applied Physiology, 75, 1272-1277. 1993.