

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA  
MESTRADO ACADÊMICO**

**ASSOCIAÇÃO DO POLIMORFISMO DA TITINA E COLÁGENO NOS  
SALTOS VERTICAIS AGACHADO E COM CONTRAMOVIMENTO EM  
ATLETAS DA SUPERLIGA FEMININA**

**LUCENIR MARTINS DE MELO**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. MÁRIO NORBERTO SEVILIO DE OLIVEIRA JUNIOR**

**SÃO LUÍS  
2019**

**LUCENIR MARTINS DE MELO**

**ASSOCIAÇÃO DO POLIMORFISMO DA TITINA E COLÁGENO NOS  
SALTOS VERTICAIS AGACHADO E COM CONTRAMOVIMENTO EM  
ATLETAS DA SUPERLIGA FEMININA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Maranhão, para Defesa e obtenção do Título de Mestre em Educação Física.

Área de Concentração: Biodinâmica do Movimento Humano.

Linha de Pesquisa: Atividade Física relacionada a Saúde Humana.

Orientador: Prof. Dr. Mário Norberto Sevilio de Oliveira Junior.

São Luís  
2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

MARTINS DE MELO, LUCENIR.

ASSOCIAÇÃO DO POLIMORFISMO DA TITINA E COLÁGENO NOS  
SALTOS VERTICAIS AGACHADO E COM CONTRAMOVIMENTO EM ATLETAS  
DA SUPERLIGA FEMININA / LUCENIR MARTINS DE MELO. - 2019.

93 p.

Coorientador(a): Christiano Eduardo Veneroso.

Orientador(a): MÁRIO NORBERTO SEVILIO DE OLIVEIRA  
JUNIOR.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em  
Educação Física/ccbs, Universidade Federal do Maranhão,  
SÃO LUIS, 2019.

1. Alelo. 2. Colágeno. 3. Genótipo. 4.  
Polimorfismo. 5. Voleibol. I. SEVILIO DE OLIVEIRA  
JUNIOR, MÁRIO NORBERTO. II. Veneroso, Christiano Eduardo.  
III. Título.

**LUCENIR MARTINS DE MELO**

**ASSOCIAÇÃO DO POLIMORFISMO DA TITINA E COLÁGENO NOS  
SALTOS VERTICAIS AGACHADO E COM CONTRAMOVIMENTO EM  
ATLETAS DA SUPERLIGA FEMININA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Maranhão, para Defesa para a obtenção do Título de Mestre em Educação Física.

A Banca Examinadora de Defesa da Dissertação de Mestrado apresentada em sessão pública, considerou o candidato aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

---

Prof. Dr. Mário Norberto Sevilio de Oliveira Júnior (Orientador)  
Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. Christiano Eduardo Veneroso (Co-Orientador)  
Universidade Federal do Maranhão

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Flávia Castelo Branco Vidal (examinador externo)  
Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. Almir Vieira Dibai Filho (examinador interno)  
Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. Carlos Amorim (examinador interno)  
Universidade Federal do Maranhão

São Luís  
2019

Dedico esse trabalho a meu querido esposo Edvan Martins dos Santos (*in memoriam*).

Foi por você que cheguei a São Luís e tive acesso a este programa de estudo.

Obrigada por ter me apoiado em todas as fases de preparação e seleção.

Apesar de ter partido no meio do curso, sei que não gostaria que eu desistisse.

Sinto sua presença todos os dias. Essa conquista é dedicada a você.

(Saudades Eternas!)

Muito obrigada, "Peramore".

## **AGRADECIMENTOS**

### **À Deus**

Elevo os meus olhos para os montes; de onde me vem o socorro? O meu socorro vem do Senhor, que fez os céus e a terra. (Salmos 121; 1-2).

### **À Universidade**

Por possibilitar meu sonho!!! Obrigada UFMA.

### **Ao Prof. Dr. Mário Norberto Sevilio de Oliveira Júnior**

Meu querido orientador Professor Doutor que me escolheu para ser sua orientanda. Aprendi que sempre é possível fazer melhor independente do tempo e da idade. Aprendi a estudar e a valorizar pequenas conquistas no dia a dia. Aprendi amar ainda mais a Educação Física e tudo que a envolve, aprendi que limites acabam sendo impostos por nós mesmos.

### **Aos professores**

Prof. Dr. Christiano Eduardo Veneroso; Prof. Dr. Christian Emmanuel Torres Cabido; Prof. Dr. Emerson Silami Garcia, por toda paciência e disponibilidade em responder meus questionamentos (que não foram poucos).

### **Ao Genes**

O melhor e mais completo grupo de estudos da UFMA, onde vivi grandes experiências e aprendizados incontáveis. Vou levar pra sempre os grandes ensinamentos passados por grandes mestres.

### **À Família Melo**

Gabriela (mãe), Célio, Saulo, Rosenir (irmãos), que mesmo longe sempre acreditaram em mim e sempre com palavras de conforto e incentivo.

### **Ao amigo Franck Ronyelle De Sousa Lima**

Na dificuldade que descobri que você existia. Obrigada amigo. O que seria de mim nesta longa e dolorosa caminhada sem você? Que você tenha em dobro tudo que me ofereceu e me dedicou. Tenho orgulho de ser sua amiga.

### **Ao amigo Antônio Woodson Maciel**

Obrigada por segurar minha mão e caminhar comigo mesmo quando as coisas não estavam bem pra você. Foram muitas as risadas, inúmeros planos e longas horas de estudo.

### **A amiga Joseana Brasil**

Grande companheira nas descobertas que o mestrado nos ofereceu. Obrigada por toda paciência comigo.

### **1ª Turma do Mestrado PPGEF**

Pela inspiração e incentivo.

### **2ª Turma do Mestrado PPGEF**

Aos amigos de turma pelos momentos de descontração e risadas e toda contribuição ao longo destes 2 anos de curso. Com certeza nosso encontro não foi por acaso...

### **A meu esposo Edvan Martins dos Santos (in memorian):**

Por sempre entender quando eu abria mão de um passeio para estudar... Obrigada.

## RESUMO

**Objetivo:** Determinar e associar os polimorfismos da titina e do colágeno com o desempenho nos saltos verticais em atletas profissionais da superliga feminina no Brasil. **Material e Métodos:** Foram avaliadas 144 atletas profissionais da superliga temporada 2017/2018, e 80 não atletas. Todas foram genotipadas para o polimorfismo do gene COL1A1 do colágeno (rs 1800012) tipo I (GG; GT; TT), e do gene *TTN* (rs 10497520) da titina (CC; CT; TT). Foram coletados material genético através do esfregaço bucal e coletado de saltos verticais agachado e com contramovimento. Para verificação da normalidade das variáveis contínuas foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov. Foi utilizado o Z score para a padronização dos dados que não seguiam a curva da normalidade. As variáveis contínuas foram representadas por média e desvio padrão. As variáveis categóricas foram representadas por frequência absoluta (n) e percentual (%). O teste de General Linear Model (GLM) univariado foi utilizado para a comparação dos dados contínuos entre os grupos. O teste do Qui Quadrado de Pearson ( $\chi^2$ )/teste de Fisher foram utilizados para comparação das variáveis categóricas. O nível de significância a ser considerado foi de  $\alpha \leq 0.05$ . **Resultados:** Avaliado a frequência de titina no grupo atleta encontramos 11% da amostra com o alelo TT, 50.7% com o alelo CT e 38.4% com o alelo CC, enquanto que no colágeno encontramos no grupo atleta 77.3% desta amostra com o alelo GG, 17% com o alelo GT e 5.3% possuem o alelo TT. Com relação ao SV agachado e com contramovimento o grupo de atletas apresentou diferença significativa com relação as não atletas. Ambos os grupos apresentaram maior desempenho no SV com contramovimento com relação ao SV agachado. Para o genótipo COL1A1 o grupo de atletas e não atletas o SV com contramovimento foi superior tanto no grupo GG quanto no grupo GT, mas não apresentou diferença significativa no desempenho em relação aos saltos e grupos avaliados. Em todos os genótipos da titina as atletas apresentaram desempenho superior nos SV com relação as não atletas e não apresentaram diferença no desempenho em relação aos saltos ou grupos avaliados. Com relação as posições que jogam tanto o COL1A1 quanto TTN não apresentaram diferença significativa relacionadas as diferentes posições do jogo. **Discussão:** Os resultados demonstraram que não houve influência significativamente comprovada dos genótipos no desempenho dos saltos agachados e com contramovimento nos grupos avaliados, todavia os resultados demonstraram uma tendência de indivíduos que apresentam o alelo G do gene COL1A1 a apresentar um menor desempenho nos saltos em relação a indivíduos que apresentam o alelo T deste gene. Além disso, para o gene *TTN* em indivíduos que apresenta o alelo C tendenciam a desempenhar melhor os saltos agachado e contramovimento em relação a indivíduos que apresentam o gene T. **Conclusão:** O grupo de atletas apresenta diferença nos SV agachado e com contramovimento com relação ao grupo de não atletas, e ao observar o desempenho dos saltos entre os genótipos, a diferença ocorreu entre os alelos TT e GT / TT e GG ( $p < 0,001$ ) no grupo atleta.

**Palavras-chave:** Polimorfismo. Colágeno. Alelo. Voleibol. Genótipo.

## ABSTRACT

**Objective:** To determine and correlate Titin and Collagen polymorphisms with vertical jump performance in professional female superleague athletes in Brazil.

**Material and Methods:** One hundred and forty-four professional athletes from the 2017/2018 super league season and 80 non-athletes were evaluated. All were genotyped for the polymorphism of the collagen (rs 1800012) type I gene (GG; GT; TT), and the titin TTN (rs 10497520) gene (CC; CT; TT). Genetic material was collected through the oral smear and collected from crouching and countermoving vertical jumps. To verify the normality of continuous variables, the Kolmogorov-Smirnov test was used. The Z score was used to standardize data that did not follow the normality curve. Continuous variables were represented by mean and standard deviation. Categorical variables were represented by absolute frequency (n) and percentage (%). The univariate General Linear Model (GLM) test was used to compare continuous data between groups. Pearson's chi-square test ( $X^2$ ) / Fisher's test were used to compare categorical variables. The level of significance to be considered was  $\alpha \leq 0.05$ .

**Results:** Evaluated the titin frequency in the athlete group we found 11% of the sample with TT allele, 50.7% with CT allele and 38.4% with CC allele, while in collagen we found 77.3% of this sample with GG allele, 17% with the GT allele and 5.3% have the TT allele. Regarding the crouching SV and countermovement, the group of athletes presented significant difference in relation to non-athletes. Both groups showed higher performance in countermovemental VS than in the squat SV. For the COL1A1 genotype, the group of athletes and non-athletes, the counter-moving SV was superior in both GG and GT groups, but did not present significant difference in performance in relation to the jumps and groups evaluated. In all titin genotypes the athletes presented superior performance in the VS compared to the non-athletes and showed no difference in the performance in relation to the jumps or groups evaluated. Regarding the positions that play both COL1A1 and TTN showed no significant difference related to the different positions of the game.

**Discussion:** The results showed that there was no significantly proven influence of genotypes on the performance of squat and countermoving jumps in the evaluated groups, however the results showed a tendency of individuals presenting the COL1A1 G allele to show a lower jumps performance in relation to individuals with the T allele of this gene. In addition, for the TTN gene in individuals with the C allele, they tend to perform squat and countermovement jumps better than individuals who have the T gene.

**Conclusion:** The group of athletes presents difference in the crouching and counter-moving VS compared to the group of non-athletes, and when observing the performance of the jumps between the genotypes, the difference occurred between the TT and GT / TT and GG alleles ( $p < 0.001$ ) in the group. athlete group.

**Keywords:** Polymorphism. Collagen. Allele. Volleyball. Genotype.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Toque.....	22
Figura 2	- Manchete.....	23
Figura 3	- (A) saque por baixo; (B) saque por cima.....	23
Figura 4	- Ataque/cortada.....	24
Figura 5	- (A) Bloqueio ofensivo; (B) Bloqueio defensivo .....	24
Figura 6	- Componentes da estrutura muscular .....	32
Figura 7	- Aumento da prática do saque em suspensão ao longo dos anos .....	35
Figura 8	- Aumento do levantamento em suspensão ao longo dos anos ....	36
Figura 9	- Estrutura típica da molécula de colágeno .....	41
Figura 10	- Representação da estrutura química dos três aminoácidos que, quando entrelaçados no arranjo helicoidal, formam uma molécula tripla, denominada de Tropocolágeno.....	42
Figura 11	- Localização da titina no sarcômero.....	46
Figura 12	- Desenho do estudo .....	51
Figura 13	- Delineamento do estudo .....	52
Figura 14	- Sequência de ações no salto agachado.....	56
Figura 15	- Sequência de ações no salto com contramovimento .....	57
Figura 16	- Desempenho do salto agachado entre os grupos.....	59
Figura 17	- Desempenho do salto com contramovimento entre os grupos....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados descritivos gerais da amostra .....	59
Tabela 2 - Avaliação do desempenho dos saltos e características demográficas dentre os grupos de acordo com a distribuição dos genótipos do colágeno .....	60
Tabela 3 - Avaliação do desempenho dos saltos e características demográficas dentre os grupos de acordo com a distribuição dos genótipos da titina .....	61
Tabela 4 - Associação dos alelos da titina com a posição das atletas .....	62
Tabela 5 - Associação dos alelos do colágeno com a posição das atletas.....	63
Tabela 6 - Comparação dos genótipos do colágeno entre os grupos .....	64
Tabela 7 - Comparação dos genótipos da titina entre os grupos .....	65
Tabela 8 - Frequências dos alelos da titina entre os grupos .....	66
Tabela 9 - Associação das frequências entre os alelos de colágeno e titina no grupo atleta.....	66
Tabela 10 - Frequências da 1ª sequência de alelos do colágeno entre os grupos .....	67
Tabela 11 - Frequências da 2ª sequência de alelos do colágeno entre os grupos .....	67
Tabela 12 - Associação dos alelos do colágeno entre os grupos.....	67
Tabela 13 - Frequências da associação do CT e CC do colágeno entre os grupos .....	68

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Titina x posição dos atletas .....	63
Gráfico 2 - Colágeno vs posição dos atletas.....	64
Gráfico 3 - Avaliação do colágeno entre os grupos .....	65
Gráfico 4 - Avaliação da titina entre os grupos .....	66

## LISTA DE SIGLAS

ACM	Associação Cristã de Moços
ACTN3	$\alpha$ – actina 3
AF	Aptidão Física
CAE	Ciclo Alongamento - Encurtamento
CBV	Confederação Brasileira de Voleibol
CEP	Comitê de Ética em Pesquisas
CG	Centro de Gravidade
CMJ	<i>Counter Movement Jump</i>
COL1A1	Colágeno Tipo I de Cadeia $\alpha$ 1
COLIA1	Colágeno I $\alpha$ 1
COLIA2	Colágeno I $\alpha$ 2
CT	Heterozigoto
DMO	Densidade Mineral Óssea
DNA	Ácido Desoxirribonucléico
E	Glutamato
ECA	Enzima Conversora de Angiotensina
FIVB	Federação Internacional de Voleibol
GLM	General Linear Model
Gly	Glicina
IG	IMUNOGLOBULINA
K	Lisina
LCA	Ligamento Cruzado Anterior
MDa	Megadalton
MEC	Matriz Extracelular
MMII	MEMBROS INFERIORES
MMP-1	Metaloproteinase-1
NOS3	Óxido Nítrico Sintase 3
P	Prolina
Pro	Prolina
RER	Retículo Endoplasmático Rugoso
SJ	<i>Squat Jump</i>

SNPs	Polimorfismos de Nucleotídeo Único
SV	Salto Vertical
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TGF-Beta	<i>Transforming Growth Factor Beta</i>
TIMP-1	Metallopeptidase inhibitor 1
TTN	TITINA
UCP2	Proteína Desacopladora 2
UCP3	Proteína Desacopladora 3
UFMA	Universidade Federal do Maranhão
V	Valina

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>20</b>
2.1	OBJETIVO GERAL	20
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
<b>3</b>	<b>HIPÓTESES</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>22</b>
4.1	VOLEIBOL	22
4.1.1	Aspectos gerais do voleibol	22
4.1.2	Aspectos físicos e táticos do voleibol	25
4.2	SALTO VERTICAL	29
4.2.1	Salto vertical agachado (Squat Jump – SJ)	30
4.2.2	Salto vertical com Contramovimento ( <i>Counter Moviment Jump – CMJ</i> )	31
4.2.3	Salto vertical no voleibol	33
4.3	O PERFIL GENÉTICO NO ESPORTE	36
4.4	COLÁGENO	39
4.5	TITINA	44
4.6	ASSOCIAÇÃO DO POLIMORFISMO DO COLÁGENO E DA TITINA COM O DESEMPENHO ESPORTIVO	48
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>50</b>
5.1	ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA	50
5.2	DELINEAMENTO DO ESTUDO	50
5.3	TIPO DE ESTUDO	51
5.4	LOCAL DA PESQUISA	51
5.5	AMOSTRA DA PESQUISA	51
5.6	PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS	53
5.6.1	Caracterização da amostra	53
5.6.1.1	Determinação da biometria corporal	53
5.6.1.2	Genotipagem dos atletas	53
5.6.1.2.1	Extração de DNA	53
5.6.1.2.2	Genotipagem de alta densidade	54

<b>5.6.1.3</b>	<b>Determinação do salto vertical</b>	<b>55</b>
<b>5.7</b>	<b>TRATAMENTO ESTATÍSTICO</b>	<b>58</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>59</b>
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>69</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>73</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>74</b>
	<b>ANEXO</b>	<b>87</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Voleibol teve origem nos Estados Unidos da América em 1895, na cidade de Holyoke, Massachusetts, com o nome de Minonette. Seu idealizador foi o diretor de Educação Física da Associação Cristã de Moços (ACM) local, William George Morgan (Super Liga, 2018). O surgimento do esporte ocorreu diante da necessidade de motivação dos associados - os exercícios calistênicos não eram suficientemente apazíveis - da faixa etária compreendida entre 40 e 50 anos - conhecidos como "homens de negócios". Também foi considerado a improvisação de uma atividade mais suave, que fosse desenvolvida na forma de um jogo de quadra, porém sem o contato físico do Basquetebol (Marchi Júnior, 2001).

Como prática esportiva é de grande alcance e aceitação por parte da população brasileira, considerado como o segundo esporte nacional, perdendo apenas para o futebol na preferência nacional (Super Liga, 2018).

Desta forma o voleibol brasileiro está configurado como uma das maiores potências da modalidade no mundo, e nas últimas décadas foram 4 finais olímpicas no masculino com duas medalhas de prata e duas de ouro, e no feminino foram 3 finais olímpicas, sendo um bronze e duas medalhas de ouro, além de diversas conquistas em ligas e campeonatos mundiais. Corroborando com (Brunoro, 1987; Lerbach, Lima, 1998; Bizzocchi, 2000; Valporto, 2007; Vlastuin, Almeida, Marchi Júnior, 2008). Queiroga (2007, p. 15) ressalta que: "Por fim, a melhoria das condições de treino e jogo, os resultados desportivos, o profissionalismo e ainda a formação de uma escola brasileira de voleibol tem feito do Brasil um país em excelência neste desporto".

O reflexo de tais conquistas pode ser observado no crescimento da principal competição de vôleibol no Brasil: a Superliga. Realizada em 3 divisões, é representada por 12 equipes masculina e 12 feminina na série A, seguida da série B com 8 equipes masculina e 8 feminina e ainda a série C que teve na última edição 7 equipes masculina e 12 feminina (Federation Internationale de Volleyball, 2019).

No cenário internacional no ranking “top 30” a seleção principal do Brasil ocupa o 1º lugar com a equipe masculina somando 315 pontos e a 4ª colocação com a equipe feminina somando 200 pontos e, com relação aos clubes em mundiais a equipe masculina de Belo Horizonte - MG, SADA CRUZEIRO ocupa o 2º lugar no ranking somando 3 medalhas de ouro, 1 de prata e 1 de bronze enquanto que no feminino a equipe da cidade de Osasco - SP, OSASCO AUDAX, ocupa a 3ª colocação com 1 medalha de ouro, 2 pratas e 1 bronze (Federation Internationale de Volleyball, 2019).

Para alcançar tantos resultados significativos a busca da perfeição esportiva e de movimentos específicos para o desempenho da modalidade estão sempre sendo estudados e pesquisados, e assim, ações como o Salto Vertical (SV), que faz parte das ações motoras do Vôleibol, ocupa lugar de destaque nos treinos e na preparação específica de atletas neste esporte.

O salto vertical é objeto de estudo em muitos trabalhos e o desempenho, a contribuição para o risco de lesões em membros inferiores (MMII), sua execução em diferentes condições, quantidade e tipos de saltos em jogadoras de vôleibol e ainda o ciclo alongamento - encurtamento (CAE), são temas frequentes quando se trata deste assunto (Silva e colaboradores, 2005; Furtado, Melo, Garcia, 2006; Hespanhol e colaboradores, 2007; Sattler e colaboradores, 2012; Carvalho e colaboradores, 2018). Outros estudos visam

relacionar o perfil antropométrico, desempenho em saltos, ou até mesmo programas de treinamento de diversas capacidades físicas com melhores resultados esportivos no voleibol (Hespanhol e colaboradores, 2007; Mourão, Gonçalves, 2008).

Dentre as alternativas para respostas eficazes para treinamentos e performance atlética está a genética esportiva que juntamente com o ambiente (que envolve o descanso, alimentação e oportunidades) tem impacto importante sobre as variáveis fisiológicas e, conseqüentemente, no desempenho físico de cada indivíduo, já que diferenças no genótipo e no treinamento contribuem para as diferenças observadas em relação ao sucesso esportivo (Dionísio, 2014).

Estudos mostram que a genética tem sido utilizada para auxiliar no esporte tanto para otimizar os resultados, como no auxílio de diagnósticos de doenças e deficiências em atletas (Artioli e colaboradores, 2007).

Polimorfismos de genes que codificam algumas proteínas como a  $\alpha$  – actina 3 (ACTN3), localizado no cromossomo 12, posição 1747, éxon 16 (Tucker e colaboradores, 2013; Broos e colaboradores, 2016; Magi e colaboradores, 2016; Papadimitriou e colaboradores, 2016), e a Enzima Conversora de Angiotensina (ECA) estão associadas ao desempenho físico em atletas de diversos esportes (Coelho e colaboradores, 2018; Houweling e colaboradores, 2018; Santos, 2018; Zaccagni e colaboradores, 2019; Koku e colaboradores, 2019; Ben-Zaken e colaboradores, 2019). Entretanto, poucos estudos foram realizados visando identificar o perfil genético do voleibol (Ruiz e colaboradores, 2011). Essa identificação pode levar treinadores e comissões técnicas a preparação de planos de treinamentos individualizados aumentando

o potencial de desempenho físico e prevenindo lesões em atletas de alto rendimento.

Seguindo o caminho de proteínas como o ACTN3 e ECA, o Colágeno e a Titina (TTN) despertam interesse em várias áreas de estudo, como por exemplo em cosméticos e na contração muscular respectivamente, e no esporte não tem sido diferente.

O colágeno desempenha papel estrutural importante na maioria dos tecidos e órgãos. É um exemplo claro do relacionamento da estrutura proteica e a função biológica, pois fornece resistência e elasticidade nas estruturas anatômicas na qual está presente (Silva, Penna, 2012).

A titina também conhecida como conectina, é uma proteína elástica específica do músculo que se estende da linha Z até a linha M em meio sarcômero, com uma massa molecular de 3-4 megadalton (MDa); portanto, é a maior proteína conhecida até o momento. A titina desenvolve força passiva de maneira não-linear e altamente dependente de isoformas quando esticada por força externa. A força passiva da titina é o resultado de uma extensão do seu elemento de mola na região da banda em I. A titina também desempenha um papel importante como arcabouço molecular para a formação de filamentos espessos e presumivelmente finos durante a miofibrilogênese (Fukuda e colaboradores, 2008).

Para Hessel e Nishikawa (2017), a titina é um provável candidato para armazenamento de energia durante o alongamento muscular ativo, contribuindo para o armazenamento de energia durante contrações excêntricas. Posthumus e colaboradores (2009) apoiam a hipótese de que fatores genéticos ligados ao colágeno tipo I de cadeia  $\alpha 1$  (COL1A1) estão associados aos riscos de ruptura de ligamento cruzado anterior (LCA).

É com interesse em investigar o colágeno e a titina e suas possíveis colaborações no salto vertical de jogadoras profissionais da superliga feminina que este estudo se justifica.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Determinar e Correlacionar os polimorfismos da Titina e do Colágeno com o desempenho nos saltos verticais em atletas profissionais da superliga feminina do Brasil.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Identificar a frequência do polimorfismo Titina e Colágeno em atletas da superliga feminina no Brasil;
- b) Verificar o desempenho dos saltos agachado e com contramovimento em atletas da superliga feminina do Brasil;
- c) Verificar as diferenças entre os desempenhos nos saltos agachado e contramovimento dos diferentes genótipos da Titina e do Colágeno em atletas da superliga feminina do Brasil;

### **3 HIPÓTESES**

H0 – Não há diferenças no desempenho nos saltos verticais para os diferentes genótipos da Titina e do Colágeno em atletas da superliga feminina do Brasil;

H1 – Há pelo menos uma diferença no desempenho nos saltos verticais para os diferentes genótipos da Titina e do Colágeno em atletas da superliga feminina do Brasil.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 VOLEIBOL

#### 4.1.1 Aspectos gerais do voleibol

Uma partida do voleibol de alto rendimento possui duração de 1 hora e 30 minutos a 2 horas (Chiappa, 2001), durante a prática dessa modalidade suas ações são desempenhadas pelos fundamentos (Almeida, 2010). Os fundamentos efetuados durante o jogo de voleibol são compostos pelo, levantamento (toque) (figura 1), passe/defesa (manchete) (figura 2), saque (figuras 3a e 3b), ataque/cortada (figura 4), bloqueio (figuras 5a e 5b) (Costa e colaboradores, 2011).



Figura 1 - Toque  
Fonte: Almeida (2010)

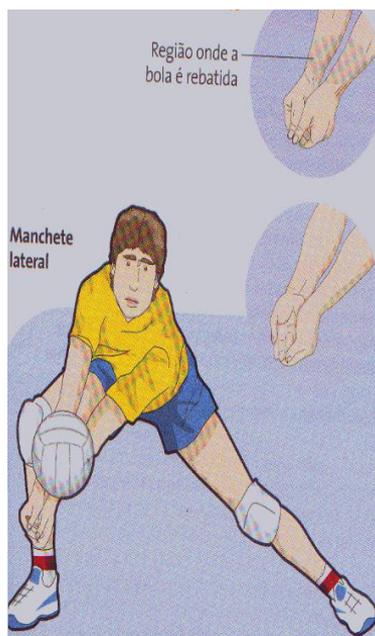


Figura 2 - Manchete  
Fonte: Almeida (2010)

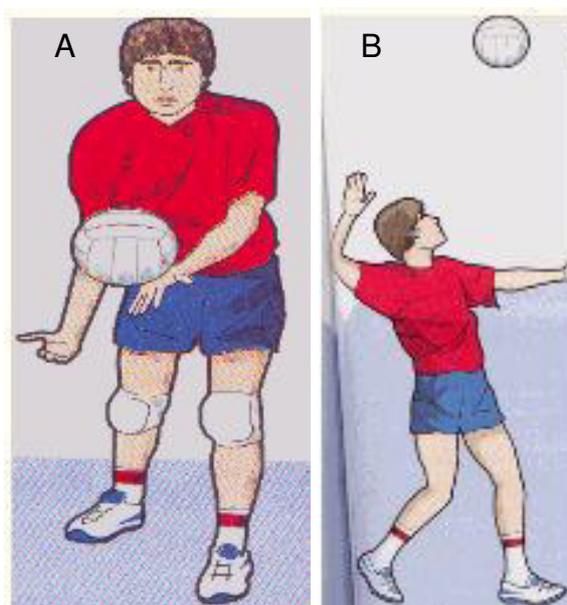


Figura 3 - (A) saque por baixo; (B) saque por cima  
Fonte: Almeida (2010)



Figura 4 - Ataque/cortada  
Fonte: Almeida (2010)

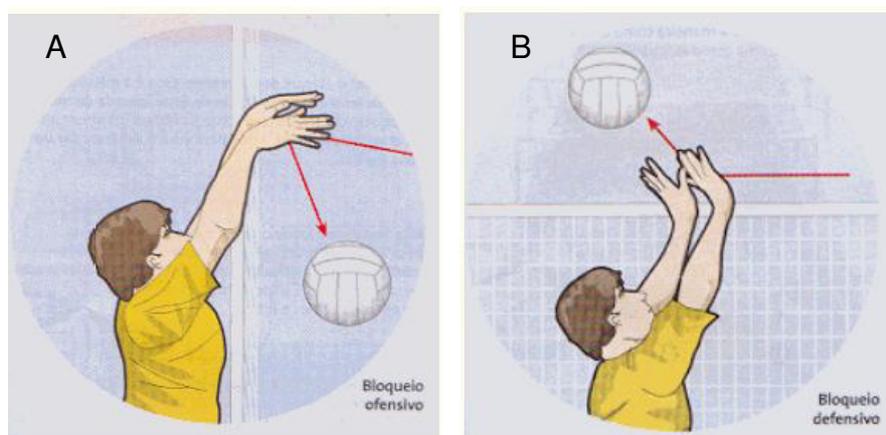


Figura 5 - (A) Bloqueio ofensivo; (B) Bloqueio defensivo  
Fonte: Almeida (2010)

Para chegar ao nível atual o caminho percorrido pela Confederação Brasileira de Voleibol passou por grandes transformações, lideranças e atitudes que tornaram o Brasil destaque e potência mundial na modalidade. Para tanto a Confederação Brasileira de Voleibol (CBV), reestruturou suas atividades com base na gestão profissional, com ênfase nos negócios. A partir de 1997, a entidade formalizou a profissionalização de sua gestão, adotando um modelo

empresarial, fundamentando sua estrutura em unidades de negócios. Muitas foram as mudanças feitas pela CBV, aliando ideias de marketing esportivo e melhorando a imagem do Voleibol tanto dentro como fora do País, e um bom exemplo é a superliga nacional. E com esta popularização vieram novos professores, novos técnicos e treinadores e muitos praticantes tornando a prática mais desafiadora e trazendo a necessidade de novos conhecimentos e estudos sobre o esporte (Maroni e colaboradores, 2010).

A partir do início da década de oitenta, a Confederação Internacional de Voleibol (FIVB) se fortaleceu, passando a ter mais de cento e cinquenta nações filiadas, criando inúmeras competições internacionais, transformando o voleibol em um dos esportes mais praticados em todo o mundo (Mezzaroba, Pires, 2011) e “A TV é hoje o veículo mais importante para o patrocinador do esporte, e os cálculos por aparição são muito vantajosos” (Bizzocchi, 2004, p. 10).

#### **4.1.2 Aspectos físicos e táticos do voleibol**

A preparação física, assim como nas demais modalidades esportivas, exerce papel fundamental no voleibol, visando o desenvolvimento das capacidades que permitem criar condições favoráveis ao domínio das ações de jogo e à realização de uma atitude competitiva mais eficaz (Lombardi e colaboradores, 2011). Com intenção de elaborar uma modalidade com menor esforço físico, o voleibol foi idealizado e introduzido na sociedade rapidamente (Bojikian, 2003), conseqüentemente sofreu mudanças cognitivas nas regras e na dinâmica do jogo destacando os aspectos físicos (Bompa, 2005), e tendo em vista que todos os jogadores passam pela zona de ataque (exceto o líbero),

torna-se necessário que estes conquistem planos cada vez mais elevados (Oliveira, Nogueira, 2008).

Com a necessidade de desenvolvimento de diferentes qualidades físicas específicas nas variadas modalidades esportivas, no caso do voleibol o jogador deve apresentar, fundamentalmente, potência e velocidade (de reação e deslocamento) (Bojikian, 2003; Ribeiro, 2004), já outros estudos mostram a importância dos aspectos de flexibilidade, velocidade e explosão como indicadores para o bom desempenho na modalidade (Lombardi e colaboradores 2011). A potência de membros inferiores, parece estar entre as que mais se destacam por fazer parte do movimento do SV presente na maioria das ações do jogo (Furtado e colaboradores, 2006).

Para Elliot e Mester (2000) a flexibilidade pode ser definida como amplitude de movimento possível em uma ou várias articulações. É desenvolvida pelo alongamento dos tecidos moles em torno de uma articulação. Muitos treinadores e cientistas do esporte acreditam que o exercício para obter flexibilidade melhora a técnica específica e aumenta a potência do movimento. Para Bompa (2002) flexibilidade é a gama de movimentos sobre uma articulação. É a capacidade de executar movimentos com grande amplitude, e é significativa em treinamento. É afetada pela forma, tipo e estrutura de uma articulação e um pré-requisito para desempenhar habilidades com alta amplitude e facilitar ao atleta executar movimentos rápidos. O sucesso do desempenho de tais movimentos depende da amplitude de tais articulações, ou amplitude do movimento, a qual tem de ser mais alta que aquela requerida pelo movimento.

A potência muscular dos membros inferiores do voleibolista é importante para o desempenho do salto (Häkkinen, 1989) porque a impulsão se torna mais

rápida e a altura do salto fica com maior elevação (Tricoli, 1994). A melhora da potência é fundamental para a cortada no voleibol (Smith, Roberts, Watson, 1992), embora as ações de bloqueio (Chiappa, 2001), saque em suspensão e outras necessitam da potência, é uma ação neuromuscular predominante em todo jogo de voleibol (Teixeira, Gomes, 1998). Potência é o desempenho de trabalho expressado por unidade de tempo (Bompa, 2002).

Sobre a velocidade, para Hall (2000) é a mudança na posição em relação ao tempo e potência segundo Barbanti (2002), é aquela força que vem expressa por uma ação de contração a mais rápida possível, como se fosse uma 'explosão', para transferir a sobrecarga a ser vencida, a maior velocidade possível, partindo de uma situação de imobilidade do segmento propulsivo.

Fuster, Jerez e Ortega (1998), discutem a relação de desempenho no salto a partir de variáveis antropométricas. Segundo estes autores, as mulheres alcançam em média 66% do desempenho dos homens em testes de salto vertical, sendo esta diferença justificada pelo maior comprimento de tronco destes, o que poderia interferir na geração e na transferência de momentos entre as articulações envolvidas no gesto.

Outro interessante estudo, conduzido no sentido de entender quais variáveis apresentam maior significado na mecânica do salto vertical, sugere que a amplitude articular do quadril, normalmente maior nas mulheres que nos homens, poderia não beneficiá-las na execução do salto, contrariando a ideia de que a flexibilidade seja sempre positiva na prática desportiva (Lee e colaboradores, 2016). Por sua vez, Komi e Bosco (1978) sugerem que, apesar dos homens poderem suportar maiores níveis de stress mecânico por parte da musculatura extensora de membros inferiores, as mulheres poderiam ser mais

eficientes no armazenamento e na utilização de energia elástica em atividades que envolvessem saltos.

Os Jogos Esportivos Coletivos, desde 1930, são estudados nas Ciências do Esporte e pelas próprias comissões técnicas por meio de instrumentos de análise de jogo para maior compreensão da lógica de suas ações (Matias, Greco 2009). A expressão “análise do Jogo” é utilizada na literatura para englobar diferentes fases do processo de avaliação tática e sua interpretação (Garganta, 2001). No processo de treinamento e competição muitos testes de laboratório e de campo sempre estiveram disponíveis para avaliação física dos atletas, já a tomada de decisão tática, via execução de uma habilidade motora, sempre foi avaliada pelos treinadores por meio da utilização de critérios subjetivos (Dias Neto, 2007).

A proposta de Monge (2003) define os seguintes momentos do jogo:

- a) K0: toda movimentação que realiza a equipe em posse do saque;
- b) K1: a recepção do saque em conjunto com o levantamento e a defesa (ataque);
- c) K2: toda a sequência com início na defesa do ataque adversário, após K1, seguida pelo levantamento e o ataque (contra-ataque);
- d) K3: após uma equipe ter efetuado a recepção do saque e o ataque no complexo K1, ela estará no complexo K3 se estiver novamente com a posse da bola, por meio da defesa do ataque adversário, que permitirá então o levantamento e o ataque; após uma equipe ter efetuado o saque e o ataque no complexo K2, ela estará no complexo K3 se estiver novamente com a posse da bola, por meio da defesa do ataque adversário, que permitirá então o levantamento e o ataque;

- e) K4: toda sequência realizada no instante da recuperação do ataque que foi bloqueado pelo adversário (cobertura de ataque).

Ugrinowitsch e Uehara (2006), ao abordarem a evolução tática do voleibol, expõem que os Jogos Olímpicos são marcos de transformações na modalidade. As novidades são fruto da competição masculina, em seguida as equipes femininas buscam a implantação destas alterações táticas em seus planos de jogo (Rizola, 2003; Ugrinowitsch, Uehara, 2006). Sobre a tática individual, esta remete à ação de um jogador, que, por meio da aplicação de uma técnica, visa atingir um determinado objetivo, que pode ter como exemplo o saque, que busca o ponto direto em sua execução (Matias, Greco, 2009), ou ainda o levantador e suas ações em suspensão, dando mais velocidade ao levantamento. Mesmo com recepções e defesas deficitárias, acontece levantamentos rápidos e precisos, bem como um número maior de atacantes mobilizados na distribuição de jogo (Matias, Lima, Greco, 2006a). Mesquita e Graça (2002) informaram que o conhecimento estratégico e tático do levantador que pode acarretar uma melhor distribuição das jogadas durante a partida. No voleibol atual existe uma ênfase na construção das jogadas de velocidade com o intuito de não dar tempo dos bloqueadores chegarem com eficácia durante os ataques de ponta, de meio e atrás da linha dos 3 metros (Matias, Greco, 2009).

## **4.2 SALTO VERTICAL**

Vários estudos têm examinado inúmeros fatores que contribuem para a performance dos saltos verticais, tais como a produção de força muscular,

técnica de salto, mobilidade articular e medidas antropométricas (Davis e colaboradores, 2003).

#### **4.2.1 Salto vertical agachado (Squat Jump – SJ)**

A primeira técnica de salto vertical foi chamada de “Squat Jump” (SJ) ou salto agachado, partindo da posição de meio-agachamento. O executante assume uma posição estática de flexão dos joelhos à 90º, mãos na cintura, os pés paralelos com um afastamento confortável, não é permitido um novo abaixamento do centro de gravidade (CG), sendo o movimento apenas ascendente. Assim realizado, a energia potencial elástica acumulada é perdida na forma de calor, devido a manutenção da posição estática assumida, e o salto é realizado somente com a capacidade dos grupos musculares esqueléticos de gerar força sem a utilização do CAE (Komi, Bosco, 1978; Goubel, 1997).

O Squat Jump (SJ) permite, por meio da altura saltada no teste mensurar a manifestação da força explosiva dos membros inferiores (Bosco, 1994; Badillo, Ayestarán, 2002). Arruda e Hespanhol (2008) explicam que vários ajustes são focalizados nas propriedades do teste de SJ visando adequações metodológicas ligadas ao procedimento do teste com relação ao número de tentativas (2 a 5 tentativas), na forma de execução do teste, na duração da posição estática do teste e no tempo de intervalo entre as tentativas. Bosco (1992, 1994) apontam 3 tentativas como o ideal para medir a altura máxima do salto, enquanto Kellis e colaboradores (1999) indicam 2 tentativas quando o conjunto de vários testes for realizados na mesma sessão.

Naganoa, Gerritsena e Fukashiro (2000) utilizam 5 e de 5 a 7 tentativas respectivamente.

Com relação à forma de execução do teste as variações estão relacionados a angulação da articulação dos joelho, tronco, quadril e tornozelo como por exemplo flexão de joelho a 120° (Gehri e colaboradores, 1998) e flexão a 75° (Driss e colaboradores, 2001). A duração da posição estática do agachamento no teste SJ é uma importante propriedade a ser identificada, pois corresponde em evitar a contribuição do componente elástico, por que quanto maior o tempo nesta posição estática na posição meio agachamento menor será a participação deste componente e maior a dependência do componente contrátil (Herzog, Leonard, 2000).

#### **4.2.2 Salto vertical com Contramovimento (*Counter Moviment Jump – CMJ*)**

A segunda técnica de salto vertical é chamada de CMJ, ou salto com contra movimento, é permitido ao executante realizar a fase excêntrica e concêntrica do movimento, a transição da fase descendente para a ascendente deve ser feita o mais rápido possível, desta forma o CAE pode ser utilizado produzindo uma maior geração de força, uma maior elevação do CG, com uma maior eficiência mecânica (menor gasto energético) (Komi, Bosco, 1978; Goubel, 1997).

O CAE é um mecanismo fisiológico que tem como função aumentar a eficiência mecânica do movimento. Ele está baseado no acúmulo de energia potencial elástica durante as ações musculares excêntricas, a qual é liberada na fase concêntrica subsequente na forma de energia cinética. É o mecanismo

que explica a utilização da energia elástica e está baseado no fato de o músculo realizar ativamente uma ação, sendo parte da energia armazenada nos componentes elásticos e reutilizada na próxima ação muscular, o qual propicia uma maior potência quando a ação muscular excêntrica é imediatamente seguida por uma ação muscular concêntrica (Rosa e colaboradores, 2016).

Na elaboração de seu modelo do CAE, Hill (1950) estabeleceu três elementos constitutivos básicos: contráteis, elásticos em série e elásticos em paralelo, como mostra a figura 6 (Ugrinowitsch, Barbanti, 1998).

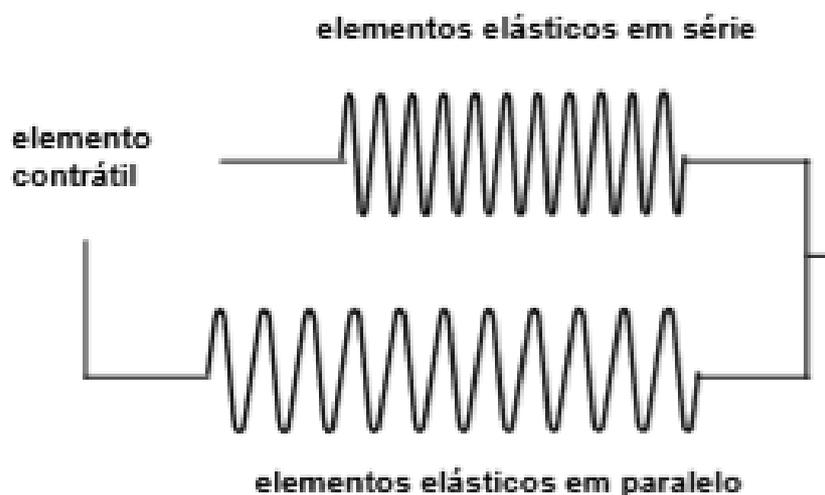


Figura 6 - Componentes da estrutura muscular  
Fonte: Adaptado de Hill (1950) por Ugrinowitsch e Barbanti (1998)

O salto vertical com contramovimento (CMJ) é um teste utilizado para avaliar a manifestação da força explosiva relativa da perna, consiste em um salto que emprega o ciclo de alongamento-encurtamento, tendo por investigação a utilização da energia elástica. A altura do salto no CMJ pode ser um pouco maior que SJ devido ao efeito elástico do salto, onde a interação entre os elementos contráteis e elásticos da musculatura permite que haja,

durante a fase de flexão das articulações, armazenamento de energia potencial elástica (Rodrigues, Marins, 2011).

A padronização deste salto descrita por Komi e Bosco (1978) para o CMJ é utilizada por vários autores por sua confiabilidade testada (Hoffman, Kang, 2002).

#### **4.2.3 Salto vertical no voleibol**

O voleibol notoriamente tem se destacado como um dos esportes que mais evoluiu no Brasil nos últimos anos. Isto se deu devido a uma gama de fatores que compreendem desde alterações nas regras até planificação desenvolvida no processo de treinamento (Barriel, Fontoura, Foppa, 2004). Com esta evolução veio a necessidade de tornar o esporte mais atrativo e competitivo, e não diferente de outras modalidades, o atleta voleibolista está submetido a movimentos repetitivos durante um jogo, como por exemplo o SV que interfere diretamente no desempenho dos jogadores ao longo de uma partida (Hespanhol e colaboradores, 2007). No caso do voleibol, a “performance” no salto vertical está diretamente relacionada ao rendimento esportivo dos jogadores (Ugrinowitsch e colaboradores, 2000).

A capacidade do sistema neuromuscular de produzir energia usando os membros inferiores é fundamental para o desempenho em inúmeras ações no jogo de vôlei que envolve atividades de salto: ataque, bloqueio, saque em suspensão e levantamento com salto (Kitamura e colaboradores, 2017). Os SV são ações motoras frequentes durante uma partida exercendo importante papel em jogadas de ataque, defesa e contra ataque, sendo determinante para o sucesso de uma equipe (Brazo-Sayavera e colaboradores, 2017). Na fase de

impulsão do bloqueio, da cortada, do saque e levantamento em suspensão, o jogador pratica contração concêntrica, com ação articular de extensão do quadril, do joelho, da coluna vertebral e flexão plantar (Coleman e colaboradores, 1993; Carnaval, 2000).

Treinadores e preparadores físicos utilizam o teste de salto vertical para: a) determinar a capacidade física de um atleta; b) para medir o resultado de um programa de formação; c) como uma medida funcional de preparação de um atleta para retornar ao esporte após uma lesão. Para realização deste teste utiliza-se "Bosco Teste" onde está inserido o CMJ ou salto vertical com contramovimento e o SJ ou salto vertical sem contramovimento (Rodrigues, Marins, 2011). "Bosco Teste" é um método introduzido por Bosco e Komi (1979) que consiste em medir a capacidade de realizar com os pés juntos, a partir da posição de pé, com um ângulo de aproximadamente 90° do joelho, numa plataforma ligada a um sistema eletrônico. Este instrumento mede o tempo de voo utilizado pelos sujeitos durante o salto e, portanto, permite, automaticamente, obter o impulso vertical do centro de gravidade e o trabalho mecânico realizado. Os saltos são feitas com ou sem cargas crescentes (Bosco, 1987).

Alguns autores, na intenção de explorar a importância do salto vertical no voleibol quantificaram os SV durante um set, jogo e temporada de voleibol para ilustrar o quanto esta ação está presente na modalidade (Iglesias, 1994; Esper e colaboradores, 2003; Barriel, Fontoura, Foppa, 2004). Barriel, Fontoura e Foppa (2004) avaliaram os SV realizados por atletas de voleibol durante a Superliga de 2002/2003, e identificou que, ao total, foram realizados 13621 SV, com uma média 117,42 SV por set e 469,69 por partida. Iglesias (1994) constatou que 60% das ações de um jogo são constituídos de saltos.

Fuster, Jerez e Ortega (1998), por exemplo, discutem a relação de desempenho no salto a partir de variáveis antropométricas. Segundo estes autores, as mulheres alcançam em média 66% do desempenho dos homens em testes de salto vertical, sendo esta diferença justificada pelo maior comprimento de tronco destes, o que poderia interferir na geração e na transferência de movimentos entre as articulações envolvidas no gesto.

Marques Júnior (2013) descreve que a partir dos anos 80 as equipes do voleibol mundial começaram utilizar o saque como o primeiro ataque, dando ênfase na execução do saque em suspensão (denominado no Brasil de “Viagem ao Fundo do Mar”). Outros autores registraram em seus estudos o crescimento do saque com salto já entre os anos de 1992 a 2002 demonstrando a importância do SV (figura 7) (Matsudo, Matsudo, 1994; Ugrinowitsch e colaboradores, 2000; Martin e colaboradores, 2004).

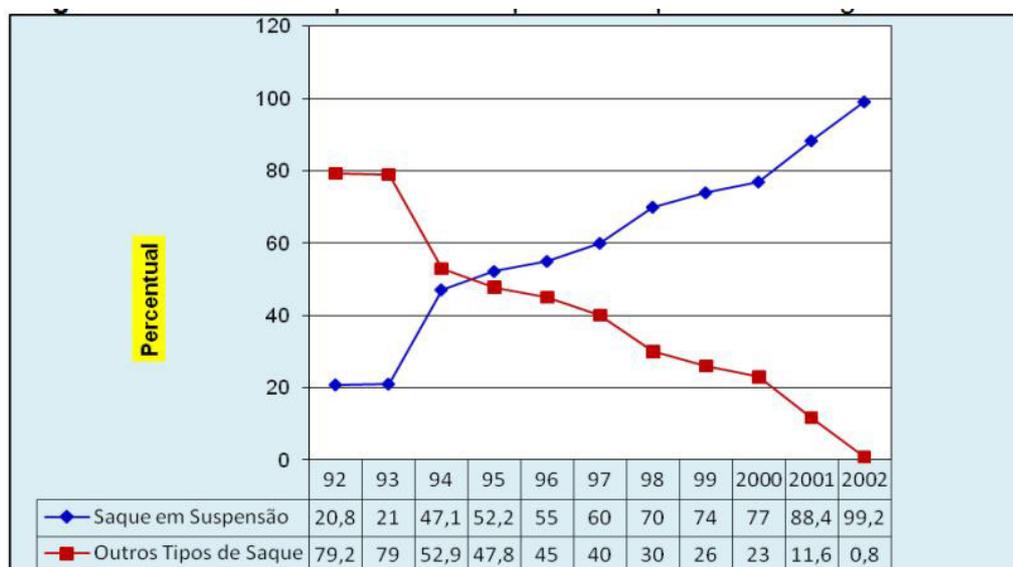


Figura 7 - Aumento da prática do saque em suspensão ao longo dos anos  
Fonte: Adaptado por Marques Júnior (2013)

A seleção masculina do Japão na Olimpíada de 1972 iniciou os levantamentos de velocidade onde foi campeã. Foi neste momento que o jogo

de voleibol começou a ficar mais rápido, ou seja, os levantadores passaram levantar em suspensão, e em uma excursão a antiga União Soviética em 1982 a “geração de prata” (nome dado a equipe masculina do Brasil que ficou em segundo lugar na final olímpica contra Estados Unidos) apresentou bolas de velocidade até para os jogadores que iam atacar atrás da linha dos 3 metros (Araújo, 1994).

O aumento das distribuições de velocidade é apresentado na figura 8 (Bizzocchi, 2004; Delgado, Pérez, 2008; Martin e Valle, 2011).

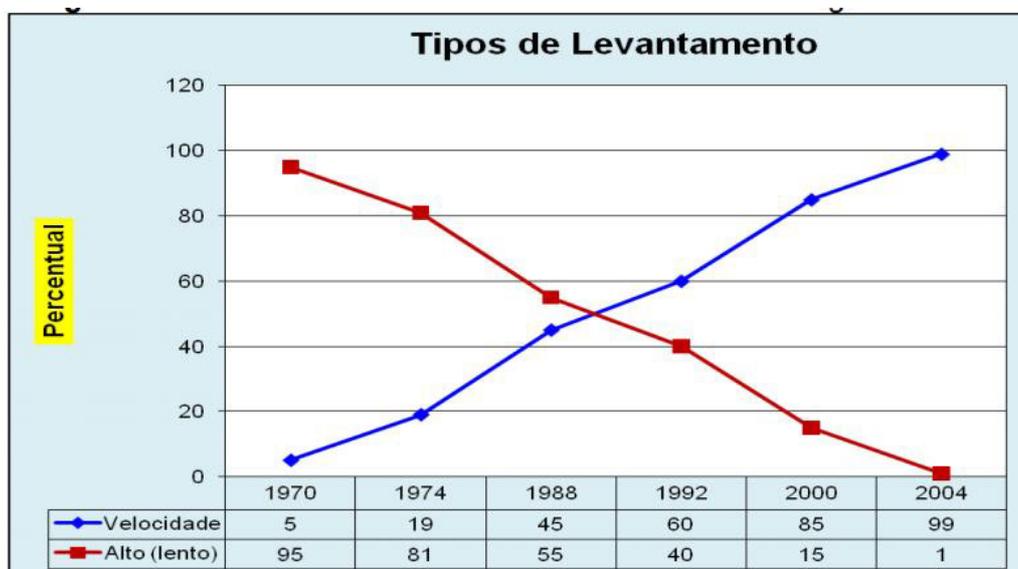


Figura 8 - Aumento do levantamento em suspensão ao longo dos anos  
Fonte: Adaptado por Marques Júnior (2013)

### 4.3 O PERFIL GENÉTICO NO ESPORTE

Para Adam (2001), a busca constante no esporte de alto rendimento para a melhora no desempenho tem buscado várias estratégias como programas de treinamento cada vez mais controlados e recursos ergogênicos. Além disso, em determinadas modalidades esportivas, tecnologias modernas

são empregadas no desenvolvimento de calçados, roupas e equipamentos esportivos.

O recente avanço da biologia molecular, que tem como marco o completo sequenciamento do genoma humano em 2001 (Venter e colaboradores, 2001), aliado aos seus promissores resultados na prevenção, na detecção e no tratamento de uma série de doenças, tem aberto a possibilidade de sua utilização no meio esportivo buscando uma melhora no rendimento. No esporte de alto rendimento a biologia molecular pode ter papel importante na pré-seleção e na seleção de talentos esportivos, na manipulação genética visando ao aumento ou à diminuição da produção de determinadas substâncias pelo organismo, na prescrição do treinamento e na recuperação de lesões (Bueno Júnior, Pereira, 2010).

Para Dias (2011), cerca de 66% da variação no status do atleta é explicada por fatores genéticos. A variação restante é devida a outros fatores, como treinamento, nutrição, equipamento, motivação, sono e epigenética. A busca por variantes genéticas que contribuem para o sucesso no esporte tem sido um desafio, devido ao envolvimento de vários genes que contribuem de forma menor.

Para Dias e colaboradores (2007) fatores ambientais, por si sós, se mostraram, ao longo do tempo, insuficientes para caracterizar um fenótipo de status em performance física humana. A partir dessa constatação surgiu o interesse por um terceiro fator determinante desse complexo fenótipo para a aptidão física (AF), isto é, a predisposição genética que, se não o mais importante, tem grandes implicações na caracterização do indivíduo como um atleta de destaque. Entretanto, é importante ressaltar que múltiplos fatores biológicos e ambientais são determinantes da performance e que a análise de

um único gene, isoladamente, não necessariamente determina o fenótipo de um atleta. O genoma humano partilha aproximadamente 30 mil genes. Teoricamente, os genes determinantes das características estruturais e funcionais intrínsecas da nossa espécie deveriam apresentar exatamente o mesmo código genético, o que deixa de ser verdade a partir do momento em que temos conhecimento das pequenas variações na sequência de bases do ácido desoxirribonucléico (DNA), descritas como polimorfismos ou variantes genéticas. Tal diversidade genética em interação com condições ambientais específicas determina um fenótipo, o que explica muitas das variações observadas na performance física humana. Que fique claro que a caracterização de um fenótipo não é produto de um único gene exclusivamente. A primeira evidência da influência da genética na performance física humana veio de estudos comparando a resposta de variáveis fisiológicas ao treinamento físico entre gêmeos e indivíduos sem parentesco. Como exemplo, 60-80% das variações na massa muscular esquelética e mais de 50% das variações da massa do ventrículo esquerdo são explicadas por fatores genéticos.

Polimorfismos que aumentam o desempenho são exemplos de variações genéticas naturais que afetam o resultado de desafios esportivos. Mais estudos mostram que uma distribuição diferente de frequências alélicas de polimorfismos de nucleotídeo único (SNPs) em vários genes, como a ECA I / D (rs1799752, rs4340, rs13447447 e rs4646994), ACTN3 R577X (rs1815739), óxido nítrico sintase 3 (NOS3) Glu298Asp (rs1799983), NOS3-786 T / C (rs2070744), proteína desacopladora 2 (UCP2) Ala55Val (rs660339) e proteína desacopladora 3 (UCP3) 55T / C (rs1800849), aumentou as habilidades atléticas, ou seja, ACE I, Os alelos NOS3 298Glu, UCP2 55Ala e UCP3-55T

estão correlacionados com um alto desempenho aeróbico, sugerindo uma seleção de esportes naturais (Myerson e colaboradores, 1999; Schrauwen e colaboradores, 1999; Rankinen e colaboradores, 2000; Nazarov e colaboradores, 2001; Yang e colaboradores, 2003; Clarkson e colaboradores, 2005; Fang e colaboradores, 2005; Rance e colaboradores, 2007; Gomez-Gallego e colaboradores, 2009).

Estudos em humanos da variação da sequência do gene CK-MM mostraram uma associação significativa entre polimorfismos nesse gene, aumento da resistência cardiorrespiratória conforme indexado pelo consumo máximo de oxigênio após 20 semanas de treinamento, desempenho máximo e menor declínio na geração de força. Em particular, o polimorfismo A / G na região 3 'não traduzida de CK-MM contribui para respostas individuais da economia de corrida ao treinamento de resistência (Maffulli e colaboradores, 2013).

#### **4.4 COLÁGENO**

O colágeno é uma proteína de origem animal com características funcionais, cuja função no organismo é contribuir com a integridade estrutural dos tecidos em que está presente. É encontrado nos tecidos conjuntivos do corpo, tais como os ossos, tendões, cartilagens, veias, pele, dentes, bem como nos músculos e na camada córnea dos olhos. O colágeno contribui com a integridade estrutural da matriz extracelular e ajuda a fixar células na matriz. Fornece resistência e elasticidade nas estruturas anatômicas na qual está presente (Silva, Penna, 2012).

Vários tipos de colágeno foram descritos no nível genético; Há mais de 40 genes de colágeno no genoma humano, que se combinam para formar até 28 tipos de colágeno. Estes são designados com algarismos romanos I a XXVIII, seguindo a ordem da sua descoberta (Bella, Hulmes, 2017).

A molécula básica de colágeno contém três cadeias polipeptídicas, cada uma constituída em mais de 1000 aminoácidos. Os aminoácidos são organizados em uma sequência que permite a formação da tripla-hélice. O aminoácido glicina (Gly) possui o menor grupo radical e sua repetição ocorre a cada três posições na sequência das cadeias da hélice. Aproximadamente, 35% são posições de não-glicinas presentes na repetição de unidades Gly-X-Y. A posição X é exclusivamente ocupada pelo aminoácido prolina (Pro) e a posição Y, predominantemente, ocupada pela 4-hidroxiprolina (figura 9). A molécula também contém um aminoácido não-usual chamado hidroxilisina, importante na formação da estrutura. Tanto a hidroxiprolina quanto a hidroxilisina alinham e estabilizam a tripla hélice. Por sua natureza alicíclica, elas formam ligações de hidrogênio que resulta na limitação da rotação da hélice. Esse trio de aminoácidos, entrelaçados uns nos outros, formam uma estrutura semelhante a uma trança de forma helicoidal, formando uma cadeia extremamente resistente, sua melhor característica (Campos, 2008).

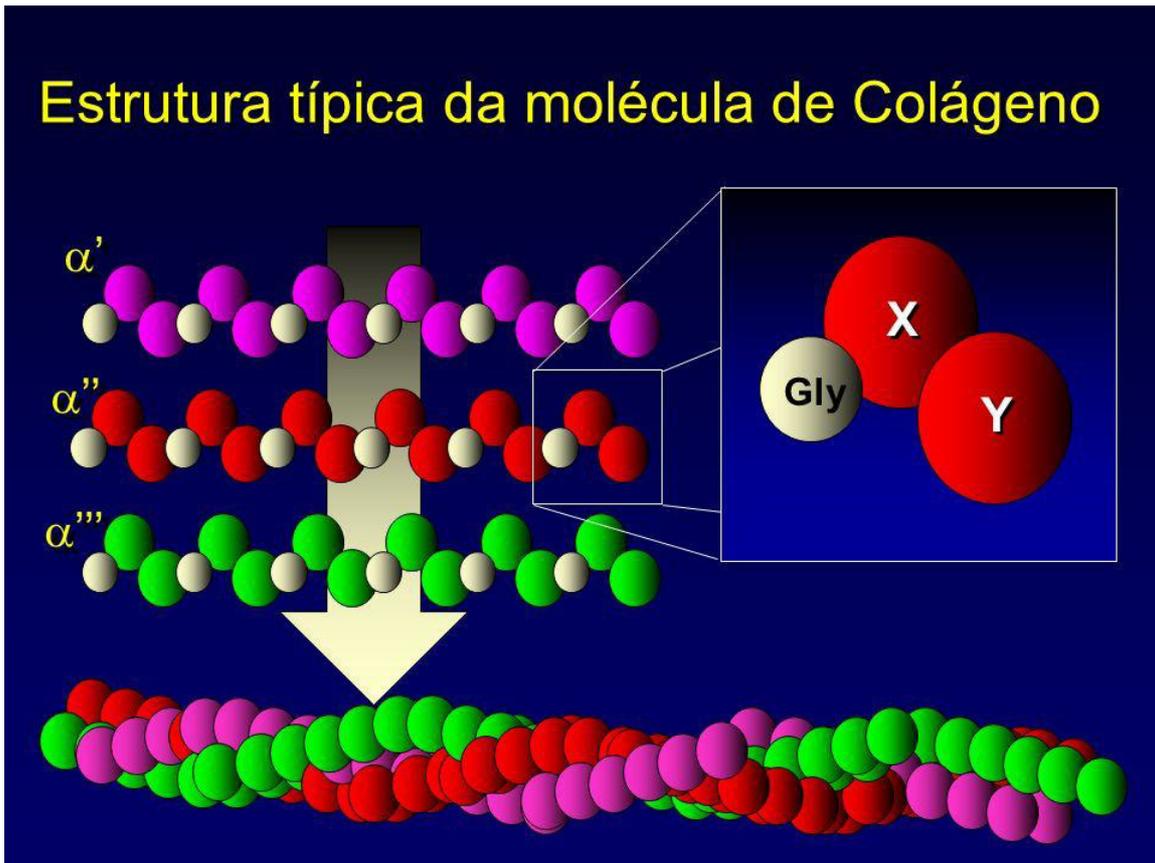


Figura 9 - Estrutura típica da molécula de colágeno  
 Fonte: Silva (2014)

O processo de síntese do colágeno inicia-se com a transcrição dos genes e posterior tradução dos RNA mensageiros pelos ribossomos (organelas responsáveis pela fabricação das cadeias polipeptídicas) do retículo endoplasmático rugoso (RER). No lúmen do RER, encontra-se o procolágeno que sofre sucessivos processos de hidroxilação e glicosilação em seus aminoácidos lisina e prolina, formando a tripla hélice. A tripla hélice é enviada para o Complexo de Golgi (organela responsável pela produção de vesículas secretoras) sendo posteriormente secretada para a matriz extracelular (MEC). Ao serem secretadas para o espaço extracelular, as moléculas de Tropocolágeno (figura 10) reúnem-se em polímeros de ordem maior como as fibrilas de colágeno. Essas fibrilas frequentemente agregam-se em feixes com vários micrômetros, denominadas fibras de colágeno (Campos, 2008).

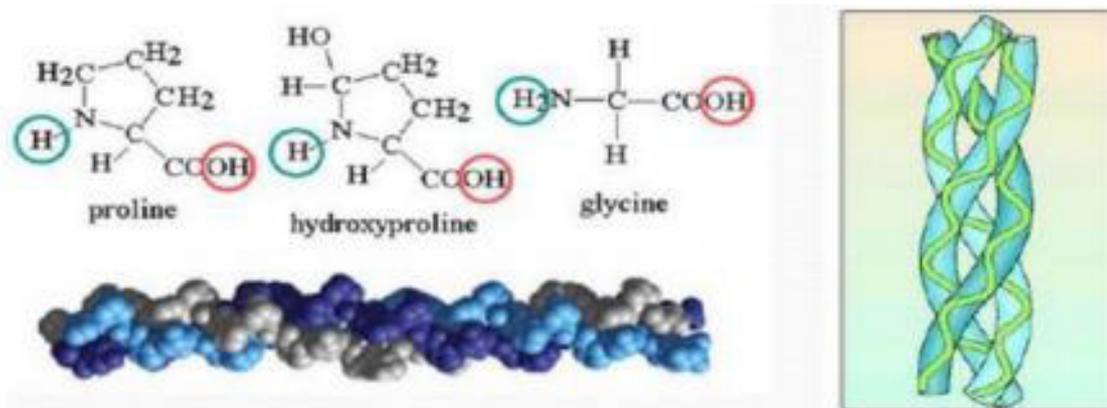


Figura 10 - Representação da estrutura química dos três aminoácidos que, quando entrelaçados no arranjo helicoidal, formam uma molécula tripla, denominada de Tropocolágeno

Fonte: Franzen, Santos e Zancanaro (2013)

O colágeno tipo I, é o mais abundante no corpo humano, classificado como fibrilar e tem papel estrutural de suporte mecânico e estabilidade dimensional (Bella, Hulms, 2017). É um dos principais constituintes da matriz óssea e formam feixes paralelos fortes de fibras nos tendões e ligamentos. Os dois principais genes que regulam a produção de colágeno são o colágeno  $\alpha 1$  (COLIA1) e o colágeno  $\alpha 2$  (COLIA2). Os genes COLIA1 e COLIA2 codificam os polipeptídios colágeno  $\alpha 1$  e colágeno  $\alpha 2$ , respectivamente, que se associam na proporção de 2: 1 para formar colágeno tipo I. O gene COLIA1 está localizado no cromossomo 17q21.33 e contém um polimorfismo na região do íntron 1 (rs1800012), um local de ligação previsto para o fator de transcrição Sp1 (Maffulli e colaboradores, 2013).

O colágeno tipo I é o principal componente estrutural da MEC, responsável pela manutenção da estrutura da derme (Jung e colaboradores, 2007). É primeiramente sintetizado pelos fibroblastos como um precursor solúvel, procolágeno tipo I, o qual é secretado pelos fibroblastos e sofre ação

proteolítica para formar as fibras insolúveis de colágeno. O *Transforming Growth Factor Beta* (TGF-Beta) – fator de transformação do crescimento beta), proteína que controla a proliferação, diferenciação celular e outras funções na maioria das células, é responsável pela transformação de procolágeno em fibra de colágeno. É sabido que o TGF-Beta estimula a síntese de colágeno, tipo I e tem sido demonstrado que o TGF-Beta diminui a expressão das metaloproteinase-1 (A metaloproteinase-1 (MMP-1) de matriz, também conhecida como colagenase intersticial e colagenase de fibroblastos) decompõe os colágenos intersticiais, tipos I, II e III, e aumenta a expressão do metallopeptidase inibitor 1 (TIMP-1). TGF é expresso em pele humana normal, em queratinócitos e fibroblastos (Shin e colaboradores, 2006).

Estudos relacionados ao colágeno associam o polimorfismo genético do COL1A1 a predisposição de ruptura de LCA, à queda da densidade mineral óssea (DMO), ao aumento do acúmulo de colágeno em lesões fibróticas entre outros e ainda existem vários estudos que relatam a associação de doenças degenerativas musculoesqueléticas com o polimorfismo COL1A1 rs1800012 (Ficek e colaboradores, 2013; Stepień-Słodkowska e colaboradores, 2016; Bella e Hulms, 2017; Zhong e colaboradores, 2017; Wang e colaboradores, 2017b).

O estudo genético do colágeno também está associado ao desempenho esportivo. Para Ficek e colaboradores (2013) existe uma possível ligação do COL1A1 com lesões musculoesquelética em tecidos moles no esporte profissional e o polimorfismo do sítio de ligação spn 1 (rs 1800012) tem sido associado ao risco de lesões de LCA (ligamento cruzado anterior) em jogadores profissionais de futebol. Para Stepień-Słodkowska e colaboradores (2016), o genótipo COL1A1 sp 1 TT sugere um efeito protetor contra ruptura de

LCA em esquiadores amadores e a possível combinação de polimorfismo deste gene como marcador de risco de lesões.

Sobre o voleibol, até o momento não foram encontrados estudos relacionando o desempenho esportivo com o colágeno, mas em relação a lesões de LCA, vários estudos retratam o salto vertical, presente na maioria das ações do jogo de vôlei, como um possível provocador de lesões em LCA e partes moles do musculoesqueleto associando o genótipo COL1A1 como polimorfismo do sp rs 1800012 (Zahradnik e colaboradores, 2017; Devetag e colaboradores, 2018).

#### **4.5 TITINA**

Em 1954, foi descrita pela primeira vez a existência de um filamento elástico, denominado por Sjöstrand como filamentos intermediários. E já em 1981 Maruyama e colaboradores (1981) já relatavam a titina (conectina) como uma proteína elástica responsável pela elasticidade e continuidade mecânica das miofibrilas do músculo estriado.

A titina é o terceiro miofilamento do sarcômero e é provável que desempenhe papéis importantes no músculo, dos quais a função de mola molecular é melhor compreendida. A região extensível da banda I da titina possui uma estrutura modular: três elementos distintos estão presentes e constituem elementos de mola ligados em série. Segmentos de imunoglobulina em tandem (Ig) e PEVK [rica em prolina (P), glutamato (E), valina (V) e lisina (K)] são encontrados nos músculos esqueléticos e cardíacos. O chamado elemento N2B é o terceiro elemento de mola e é específico para o músculo cardíaco (Granzier, Labeit, 2007).

Uma importante propriedade da titina é sua capacidade de prover miofibrilas inativas (relaxadas) com elasticidade, ou seja, desenvolver tensão passiva, que se refere à força mecânica exercida pelo sarcômero contra o alongamento, em contraste à força ativa produzida pela interação actina/miosina. Outra propriedade é a de posicionar o filamento de miosina no centro do sarcômero (Rubini, Gomes, 2004).

O trabalho recente de Udaka e colaboradores (2008) demonstraram que a titina é reduzida preferencialmente após o desuso em longo prazo, em comparação com outras proteínas importantes do sarcômero, resultando na desorganização da estrutura sarcomérica ordenada. Descobriu-se que mudanças ultraestruturais acentuadas ocorrem no sarcômero após um longo período de desuso em ambas as direções, longitudinal e lateralmente; isto é, o encurtamento do filamento espesso e fino e a expansão do espaçamento de rede deprimem sinergicamente o desempenho contrátil do músculo.

Também conhecida como conectina, a titina elástica foi descoberta na década de 1970 por Maruyama e Wang e refinou a compreensão da estrutura e função muscular. A titina é uma proteína elástica específica do músculo que se estende da linha Z até a linha M em meio sarcômero, com uma massa molecular de 3-4 megadalton (MDa); portanto, é a maior proteína conhecida até o momento. A titina desenvolve força passiva de maneira não-linear e altamente dependente de isoformas quando esticada por força externa. A força passiva da titina é o resultado de uma extensão do seu elemento de mola na região da banda em I. A titina também desempenha um papel importante como arcabouço molecular para a formação de filamentos espessos e presumivelmente finos durante a miofibrilogênese (Fukuda e colaboradores, 2008).

É uma grande proteína estruturante que ocorre no músculo cardíaco e esquelético humano (Akinrinade, Koskenvuo, Alastalo, 2015). É um filamento elástico que ajuda a manter a estabilidade dos demais filamentos entre as linhas “Z” durante a contração (McArdle, Katch, Katch, 2016). É um fator importante para montagem do sarcômero e serve como uma mola molecular adaptável que determina a distensibilidade do miofilamento (Kruger, Kotter, 2016).

Esta proteína é encontrada nos polos do sarcômero, ancoradas à Linha Z e se estendendo através das Bandas I e A até a linha-M (Kapoor e colaboradores, 2016) (figura 11). Atua na orientação de proteínas miofibrilares durante a formação dos sarcômeros e fornece um sítio de ligação para uma infinidade de proteínas miofibrilares, mantendo a integridade estrutural do sarcômero e permitindo a elasticidades do mesmo (Rankinen e colaboradores, 2003). Portanto, é provável que essa proteína desempenhe um papel fundamental na arquitetura do músculo esquelético, possivelmente afetando o arranjo serial dos sarcômeros e, portanto, o comprimento dos fascículos musculares (Stebbing e colaboradores, 2018).

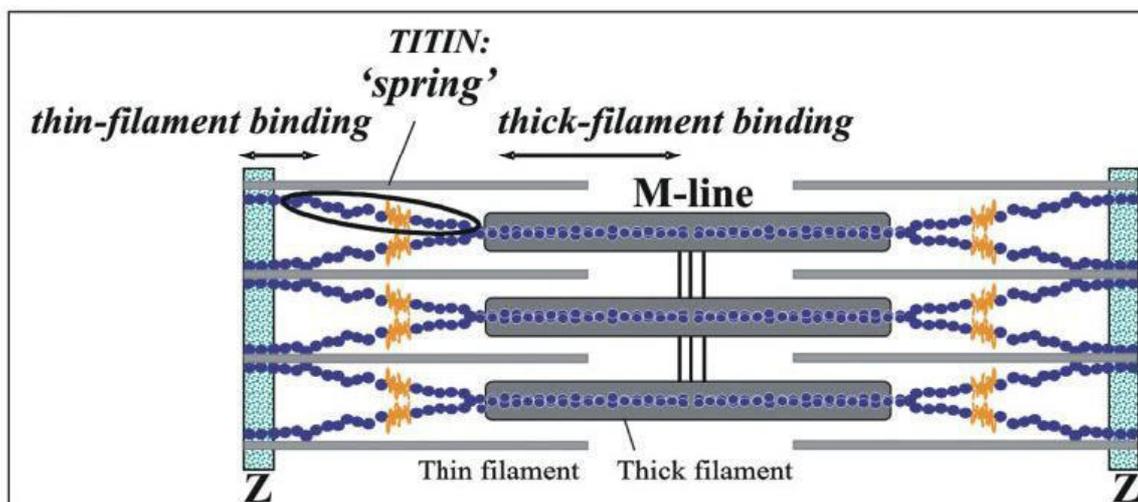


Figura 11 - Localização da titina no sarcômero.  
Fonte: Granzier e Labeit (2007)

O gene que codifica a titina (*TTN* rs10497520) apresenta uma região codificante que apresenta 363 exons, que codificam 38.138 resíduos de aminoácidos (Rankinen e colaboradores, 2003). O *TTN* apresenta várias regiões para splicing alternativo, promovendo diferentes isoformas. Ao todo, sete isoformas variadas de titina formam o músculo estriado humano, cada uma com diferentes tamanhos e capacidade de elasticidade (Stebbing e colaboradores, 2018).

Diversas variantes da titina estão relacionados com variadas patologias como cardiomiopatias congênitas (Herman e colaboradores, 2012; Spaendonck-Zwarts e colaboradores, 2014; Roberts e colaboradores, 2015) e esclerose lateral amiotrófica (Watanabe e colaboradores, 2016), todavia, alguns estudos apontam para sua relação com o desempenho físico (Pruna e colaboradores, 2013; Stebbings e colaboradores, 2018; Li e colaboradores, 2019).

Herzog (2014) descreve sobre o papel da titina na contração excêntrica e define as contrações musculares excêntricas como contrações em que um músculo ativo é alongado. Seu estudo define que enquanto actina e miosina desempenham o seu papel habitual e interagem através de pontes cruzadas (Huxley, 1957), a titina atua como uma mola que liga cálcio na ativação e liga-se a actina em ligação de ponte cruzada (Herzog, 2014).

## 4.6 ASSOCIAÇÃO DO POLIMORFISMO DO COLÁGENO E DA TITINA COM O DESEMPENHO ESPORTIVO

Fukuda e colaboradores (2001) sugerem que a titina atua como um regulador do mecanismo de Frank-Starling no músculo cardíaco, e as diferentes isoformas de titina cardíaca expressas pelo gene *TTN*, de acordo com suas substanciais diferenças de elasticidade, podem explicar os aumentos no volume de ejeção e conseqüentemente, do  $VO_{2max}$  em indivíduos sedentários após a aplicação de um programa de treinamento de endurance.

Em um estudo realizado por Stebbings e colaboradores (2018) onde foram avaliados 137 homens saudáveis praticantes de atividades recreacionais e 141 maratonistas treinados, foi observado que o comprimento dos fascículos do músculo vasto lateral, e a relação entre comprimento dos fascículos e o comprimento do músculo vasto lateral, é menor em indivíduos que apresentam o genótipo heterozigoto (CT) em relação à indivíduos homozigotos dominantes (CC) ( $6,4 \pm 0,9$  vs.  $7,3 \pm 1,6$  cm para o comprimento do fascículo e  $0,16 \pm 0,03$  vs.  $0,18 \pm 0,05$  para a relação entre comprimento dos fascículos pelo comprimento do músculo vasto lateral) nos indivíduos que realizam atividades recreacionais.

Nos maratonistas treinados, os tempos médios de conclusão de maratona para indivíduos com o genótipo CT eram inferiores aos indivíduos que apresentam o genótipo CC ( $2h26m25s \pm 0h06m12s$  vs.  $02h28m53s \pm 00h05m50s$ ). Os autores apontam que o menor comprimento dos fascículos do músculo vasto lateral requer menor gasto de energia para uma dada força, sendo que os resultados superiores dos indivíduos que apresentam o alelo T

sejam em decorrência de uma melhor eficiência devido ao comprimento dos fascículos (Stebbins e colaboradores, 2018).

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA**

O projeto de pesquisa foi submetido à avaliação do Comitê de Ética em Pesquisas (CEP) envolvendo seres humanos da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) para atender as determinações contidas na Resolução nº466/12. Foi emitido parecer nº 2.710.602 aprovando a realização da pesquisa.

Os sujeitos da pesquisa foram esclarecidos quanto sua finalidade, riscos e benefícios, sendo posteriormente convidadas a participar. Aquelas que aceitaram em voluntariar-se, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (ANEXO A). Este procedimento é adotado para garantir que as informações sejam confidenciais, utilizadas apenas com finalidade científica. Com objetivo de informar e da cobertura aos sujeitos participantes dessa pesquisa. Garantir que o pesquisador estará resguardado quanto aos aspectos éticos.

### **5.2 DELINEAMENTO DO ESTUDO**

O estudo foi realizado em duas etapas, onde a primeira foi composta pela caracterização da amostra através das medidas de massa corporal, estatura, idade, coleta do material genético e medidas dos saltos verticais. A segunda etapa ocorreu com a análise do material genético em laboratório para a identificação do polimorfismo da titina e colágeno de cada uma das envolvidas no estudo (figura 12).

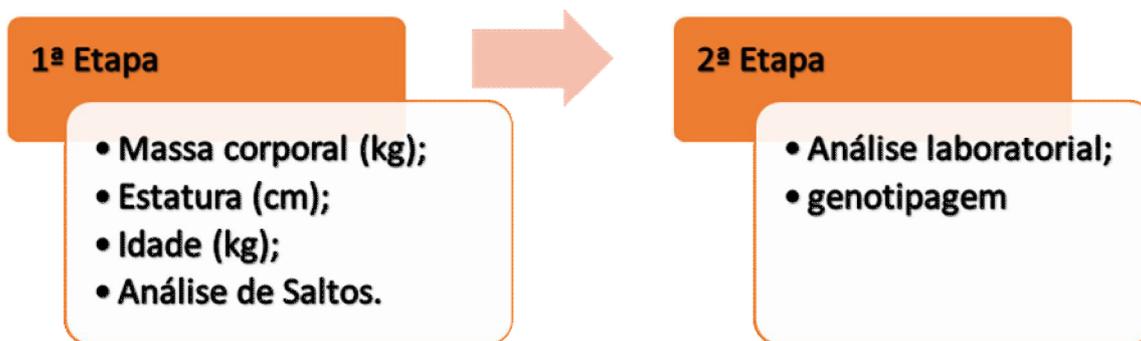


Figura 12 - Desenho do estudo

### 5.3 TIPO DE ESTUDO

Trata-se de um estudo Transversal, do tipo descritivo analítico, com uma abordagem quantitativa, sendo capaz de observar os fatos ou fenômenos em todos os seus aspectos, sem necessariamente interferir nos mesmos (Gil, 2005).

### 5.4 LOCAL DA PESQUISA

O procedimento foi realizado nas atletas nos clubes participantes da superliga temporada da Superliga 2017/2018 no eixo Rio, São Paulo e Minas e em mulheres não atletas voluntárias sem prática esportiva

### 5.5 AMOSTRA DA PESQUISA

Foram envolvidas no estudo 144 atletas profissionais do voleibol feminino brasileiro participantes da Superliga na temporada 2017/2018

devidamente inscritas e com frequência regular aos treinamentos com vínculo com as equipes participantes da competição e com no mínimo 1 (um) ano de treinamento regular, e 80 não atletas do sexo feminino com idades entre 18 e 33 anos sem prática de atividade física no mínimo a 6 (seis) meses como grupo controle.

Das 144 atletas que iniciaram o estudo houve perda amostral de 59 (cinquenta e nove) com um ou mais saltos invalidados, dos 85 saltos válidos, 7 (sete) não apresentaram material genético suficiente para rodagem do polimorfismo COL1A1 e 10 (dez) não apresentaram material genético suficiente para rodagem do polimorfismo TNN. Das 80 não atletas que iniciaram o estudo 1 (uma) teve um ou mais saltos invalidado e dos 79 saltos válidos 14 (quatorze) não apresentaram material genético suficiente para rodagem do polimorfismo COL1A1 e 15 (quinze) não apresentaram material genético suficiente para rodagem do polimorfismo TNN (figura 13).

Ambos os grupos atenderam aos critérios de inclusão tendo sido genotipadas para os genes Col1A1 e TTN, e apresentaram desempenho nos saltos agachado e com contramovimento analisados, além de concordarem com o estudo através da assinatura do TCLE (ANEXO A).

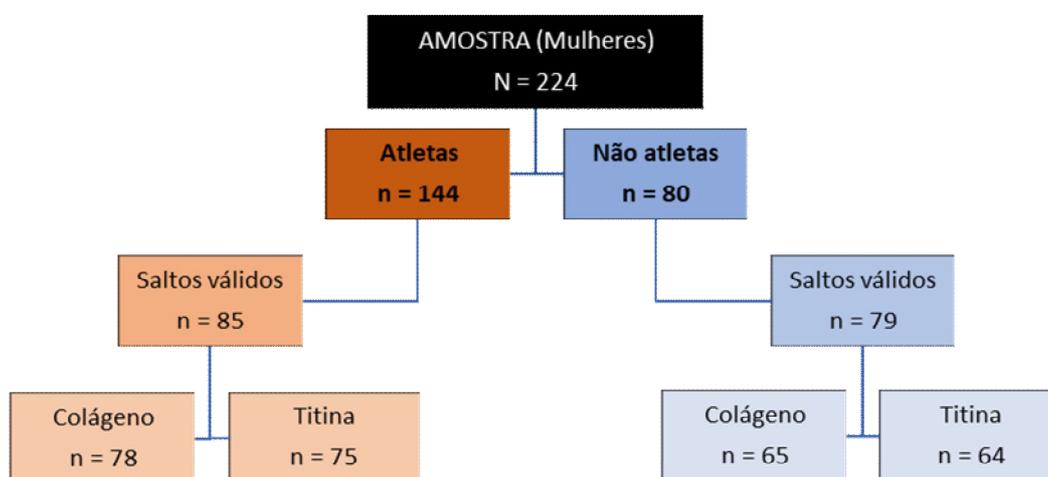


Figura 13 - Delineamento do estudo

## **5.6 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS**

### **5.6.1 Caracterização da amostra**

A amostra do estudo foi composta por 144 atletas e 80 não atletas que passaram pelos testes que consistiu na avaliação dos componentes: composição corporal, genotipagem e análise do desempenho em saltos verticais agachados e com contramovimento das atletas e não atletas.

#### **5.6.1.1 Determinação da biometria corporal**

Para a determinação da biometria corporal os voluntários foram submetidos à avaliação da massa corporal e estatura. Uma balança digital (Welmy® W200A, Santa Barbara D'Oeste, SP, Brasil) com precisão de 0,05 quilogramas, com estadiômetro de precisão de 0,5 centímetros acoplado, calibrada previamente, foi utilizada para as medidas da estatura (centímetro) e da massa corporal (quilograma), onde os voluntários estavam descalços e com o mínimo de roupas possível.

#### **5.6.1.2 Genotipagem dos atletas**

##### **5.6.1.2.1 Extração de DNA**

As amostras de DNA das atletas e não atletas foram obtidas de amostras salivares coletadas em tubos Falcon® contendo TNE, composto

orgânico que contém contendo 10 mM Tris (pH 8,0), 0.5% SDS, 5 mM EDTA e proteinase K (20 mg/mL) e permite a estabilidade do Ph, deixando-o constante, evitando assim a ação das DNases, conservando a amostra para a extração. Para a extração de DNA genômico, as células bucais tiveram todo seu conteúdo retirados do tubo de coleta, e transferidos para um tubo de 2ml, centrifugado na centrífuga modelo 5418R (Eppendorf®, Hamburgo, Alemanha), a 14000 rpm por 1 min, e todo seu sobrenadante retirados, deixando apenas o pellet de células. Foi adicionado ao pellet resultante 100microL da solução de análise em cada amostra, vortexou-se e foram incubadas por 3min no thermomixer a 95°C. Após esse período, a amostra foi resfriada em temperatura ambiente por 30 segundos, para então ser adicionado 100microL da solução estabilizadora. A concentração do DNA foi avaliada a 260 nm e a relação de leituras a 260 nm e a 280 nm para estimar a pureza do DNA, estabelecendo-se o valor de 1,8 como referência mínima.

#### **5.6.1.2.2 Genotipagem de alta densidade**

Para a genotipagem das amostras foi realizada a técnica de PCR – REAL TIME, utilizando o aparelho StepOne™ Real-Time PCR System 48 wells (Applied Biosystems™) utilizando o kit comercial gtxpress mix para pcr, da applied biosystem (botar referencia), com protocolos adaptados do fabricante. Foi possível a realização da genotipagem de 47 amostras por procedimento, pois o aparelho possui disponibilidade para placa de 48 poços, sendo 47 poços para as amostras e um poço para controle negativo.

Inicialmente foi realizada a preparação do mix de reagentes para 47 amostras de DNA mais um controle negativo e 02 unidades para segurança,

misturando em um microtubo de 1,5 mililitros um volume total de 250 microlitros do reagente TaqMan™ GTXpress™ Master Mix (Applied Biosystems™), manuseado no escuro, 25 microlitros da sonda rs1815739 e 125 microlitros de água ultrapura. Após esta fase foram distribuídos 8 microlitros do mix por poço e 2 microlitros da amostra, exceto no controle negativo, onde não deveria haver DNA. Então a placa era selada, e realizada a centrifugação.

Todo experimento foi realizado no software do aparelho, de acordo com protocolo específico do TaqMan™ GTXpress™ Master Mix (Applied Biosystems™), com Holding 95°C por 20 segundos; 40 ciclos de desnaturação a 95°C por 3 segundos e 1 ciclo de anelamento a 60°C por 20 segundos para ser iniciado o protocolo de termociclagem, no modo standard, por aproximadamente 40 minutos, para que somente após esse intervalo de tempo, ser possível o acesso aos resultados.

A genotipagem necessita de 200ng de DNA e os dados de desempenho retornam valores de call frequency e Reproducibility maiores que 99%. Todas etapas de manuseio do DNA e genotipagem foram realizadas no Banco de Tumores da UFMA.

### **5.6.1.3 Determinação do salto vertical**

Foi utilizado o tapete de contato da marca Jump System Pro de Nova Odessa/SP com medidas de 1000 x 600 x 8 mm, 3,0 kg que transmite dados através de Conversor Serial/UBS Interno, alimentado através de cabo USB com software.

As não atletas foram submetidas a familiarização dos saltos na véspera da coleta oficial sendo repassada a técnica correta com orientação para

vestimentas e calçados adequados para a realização da coleta de dados oficial no dia seguinte. As atletas já possuíam a técnica para a realização do salto sendo necessário somente uma explicação verbal em alguns casos.

Foram realizados dois saltos verticais com agachamento sem auxílio dos braços com intervalo de 10 segundos entre os dois saltos e descanso de 30 segundos para realização dos dois saltos verticais com contramovimento sem auxílio dos braços.

No Squat Jump (salto vertical com agachamento) o executante coloca-se sobre a plataforma (Ergojump), com as mãos na cintura e o tronco ereto, partindo de uma posição de semi flexão dos joelhos aproximadamente  $90^\circ$  e executa um salto vertical partindo desta posição estática. Dessa maneira, os músculos extensores dos membros inferiores encontram-se em ação estática antes da ação concêntrica. O fato de o executante colocar as mãos nos quadris, visa atenuar a ação dos braços durante o salto. Kurokawa e colaboradores (2001), num estudo concluíram que a incapacidade para executar este tipo de técnica, elimina um mecanismo mais eficiente para gerar mais energia, que é o armazenamento de energia elástica durante a flexão dos pés (figura 14).

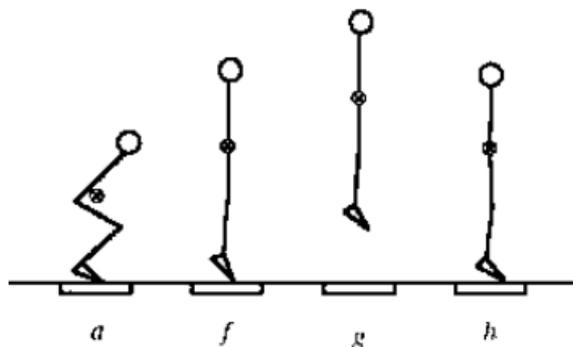


Figura 14 - Sequência de ações no salto agachado  
Fonte: Linthorne (2001)

Na posição “a” o saltador inicia-se estacionado, semi-agachado e, vigorosamente, estende os joelhos e quadris, saltando verticalmente sobre a superfície do solo (Linthorne, 2001). Não é permitida nenhuma realização de movimento descendente.

O Counter movement Jump (salto vertical com contramovimento) é um salto de fácil execução e caracterizado por uma ação excêntrica seguida de uma concêntrica. O saltador inicia-se na posição a (figura 15), em pé, faz um movimento descendente preliminar pela flexão de joelhos, quadris e tornozelos e, imediatamente, estende-os verticalmente até saltar sobre a superfície do solo. (Linthorne, 2001).

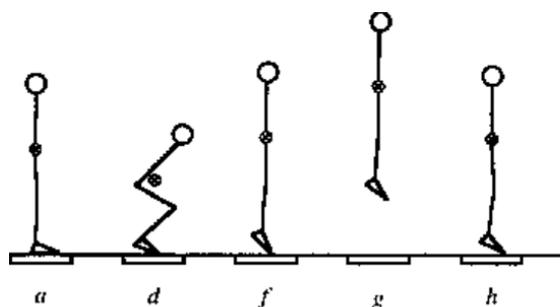


Figura 15 Sequência de ações no salto com contramovimento  
Fonte: Linthorne (2001)

Para realização deste teste seguiu-se os balizamentos descritos por Komi e Bosco no CMJ, o sujeito fica em pé com o tronco ereto e joelhos em extensão a 180°. Realiza-se o salto vertical com o contramovimento. A flexão do joelho acontece aproximadamente no ângulo de 120°, em seguida o executante faz a extensão do joelho, procurando impulsionar o corpo para o alto e na vertical, durante essa ação o tronco deve continuar sem movimento

para evitar influência nos resultados. Os joelhos devem permanecer em extensão durante a fase de voo e aterrissagem (Braz e colaboradores, 2010).

Essa combinação de contrações caracteriza o ciclo de alongamento encurtamento de longa duração (acima de 250 ms), com grande deslocamento angular das articulações do quadril, joelho e tornozelo (Schmidtbleicher, 1992).

## **5.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO**

A análise estatística foi realizada no programa SPSS (versão 24.0 para Windows). Para verificação da normalidade das variáveis contínuas foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov. Foi utilizado o Z score para a padronização dos dados que não seguiam a curva da normalidade. As variáveis contínuas foram representadas por média e desvio padrão. As variáveis categóricas foram representadas por frequência absoluta (n) e percentual (%). O teste de General Linear Model (GLM) univariado foi utilizado para a comparação dos dados contínuos entre os grupos. O teste do Qui Quadrado de Pearson ( $X^2$ )/ teste de Fisher foram utilizados para comparação das variáveis categóricas. O nível de significância a ser considerado foi de  $\alpha \leq 0.05$ .

## 6 RESULTADOS

Tabela 1 - Dados descritivos gerais da amostra

	n	Mínimo	Máximo	Média	DP	
<b>Atleta</b>	Altura (cm)	82	1,64	1,97	1,81	0,07
	Idade (anos)	82	18,00	40,00	26,39	4,78
	Peso (kg)	74	50,00	98,00	74,46	8,34
	Salto agachado	82	21,43	62,80	32,30	6,80
	Salto contra movimento	82	25,16	67,50	35,76	7,49
	IMC(kg/m <sup>2</sup> )	74	18,11	29,40	22,59	2,03
	n	Mínimo	Máximo	Média	DP	
<b>Não atleta</b>	Altura (cm)	68	1,50	1,75	1,61	0,06
	Idade (anos)	68	17,00	38,00	21,91	4,71
	Peso (kg)	68	37,90	84,40	57,80	9,95
	Salto agachado	68	11,00	31,22	18,61	4,07
	Salto contra movimento	68	12,30	37,36	21,03	4,37
	IMC(kg/m <sup>2</sup> )	68	15,57	30,85	22,34	3,24

Nota: Dados apresentados em média, DP, mínimo e máximo

### Salto vertical agachado

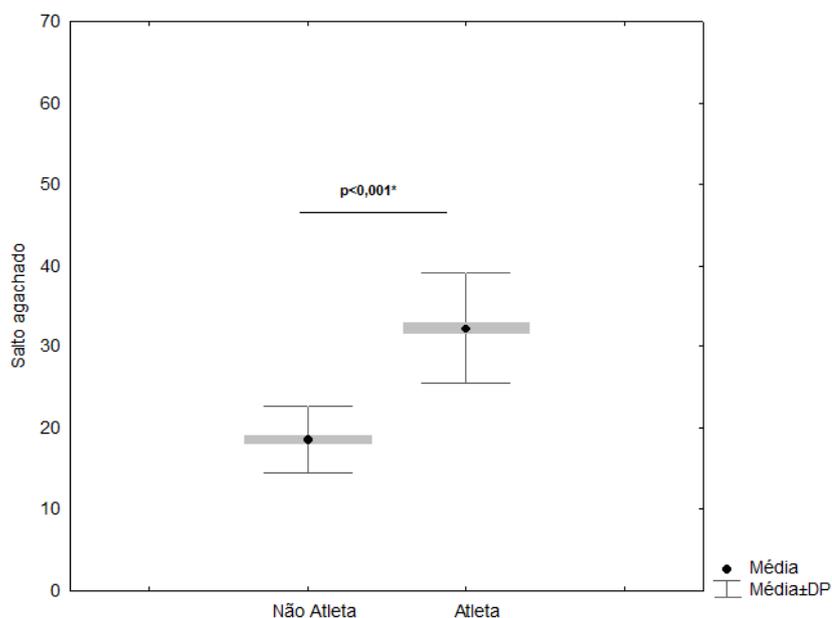


Figura 16 - Desempenho do salto agachado entre os grupos

### Salto vertical com contramovimento

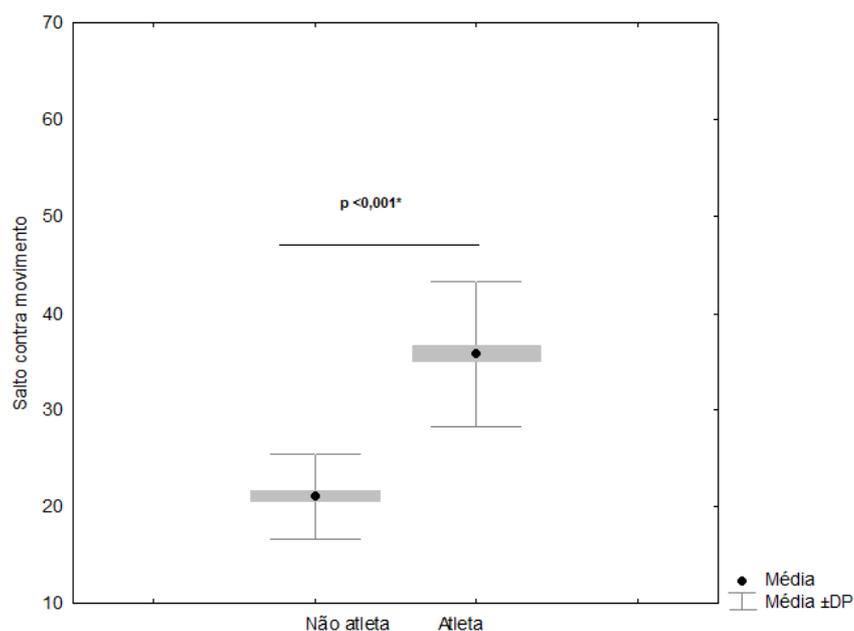


Figura 17 - Desempenho do salto com contramovimento entre os grupos

Tabela 2 - Avaliação do desempenho dos saltos e características demográficas dentre os grupos de acordo com a distribuição dos genótipos do colágeno

(continua)

	Não atletas			Atletas				
	Media $\pm$ DP	n	p	Media $\pm$ DP	n	p		
<b>Idade (anos)</b>	GG	21,95 $\pm$ 4,80	55	0,92	GG	26,00 $\pm$ 4,60	58	0,84
	GT	22,09 $\pm$ 4,90	11		GT	26,85 $\pm$ 6,33	13	
			66		TT	26,50 $\pm$ 4,12	4	
<b>Peso (kg)</b>	GG	58,30 $\pm$ 10,00	55	0,09	GG	74,52 $\pm$ 8,73	54	0,89
	GT	52,95 $\pm$ 5,52	11		GT	75,54 $\pm$ 7,62	13	
					TT	77,00 $\pm$ 0,01	1	
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	GG	22,40 $\pm$ 3,25	55	0,36	GG	22,40 $\pm$ 1,86	54	0,42
	GT	21,45 $\pm$ 2,20	11		GT	23,23 $\pm$ 2,88	13	
					TT	22,99 $\pm$ 0,01	1	

Tabela 2 - Avaliação do desempenho dos saltos e características demográficas dentre os grupos de acordo com a distribuição dos genótipos do colágeno

(conclusão)

	Não atletas				Atletas			
<b>Salto agachado</b>	GG	18,50±4,07	55	0,35	GG	30,89±5,70	58	<0,001*
	GT	19,74±4,26	11		GT	32,02±5,20	13	
					TT	48,10±10,17	4	
<b>Salto contra movimento</b>	GG	20,80±4,42	55	0,29	GG	34,56±6,87	58	
	GT	22,35±4,43	11		GT	35,47±5,50	13	
					TT	50,07±13,00	4	

Nota: Dados apresentados em média e DP; GLM univariado,  $p < 0,005$  /\*Diferença estatística entre GG e TT ( $p < 0,001$ ). /\*Diferença estatística entre GT e TT ( $p < 0,001$ ).

Na tabela 2, a avaliação do colágeno entre os grupos não apresenta diferença estatística nas características demográficas em cada grupo. E ao observar o desempenho dos saltos entre os genótipos, a diferença ocorreu entre os alelos TT e GT / TT e GG ( $p < 0,001$ ) no grupo atleta.

Tabela 3 - Avaliação do desempenho dos saltos e características demográficas dentre os grupos de acordo com a distribuição dos genótipos da titina

(continua)

	Não atletas				Atletas			
	Alelos	Media ± DP	n	p		Media ± DP	n	p
<b>Idade (anos)</b>	CC	21,36±4,20	28	0,21	CC	26,54±5,60	28	0,29
	CT	23,20±5,85	26		CT	26,90±4,25	37	
	TT	20,55±2,62	11		TT	24,00±2,80	8	
<b>Peso (Kg)</b>	CC	55,60±4,80	28	0,31	CC	73,90±7,75	24	0,69
	CT	59,42±9,35	26		CT	75,74±8,10	35	
	TT	59,62±9,65	11		TT	74,30±12,60	7	
<b>IMC (Kg/m<sup>2</sup>)</b>	CC	21,50±3,70	28	0,15	CC	22,2, ±2,25	24	0,58
	CT	23,20±3,20	26		CT	22,80±1,70	35	
	TT	22,75±1,80	11		TT	22,60±3,60	7	

Tabela 3 - Avaliação do desempenho dos saltos e características demográficas dentre os grupos de acordo com a distribuição dos genótipos da titina

(conclusão)

	Não atletas				Atletas			
	Alelos	Media ± DP	n	p	Media ± DP	n	p	
<b>Salto agachado</b>	CC	18,62±3,80	28	0,99	CC	33,40±6,55	28	0,34
	CT	18,70±4,40	26		CT	30,90±5,70	37	
	TT	18,75±4,50	11		TT	32,80±12,82	8	
<b>Salto contra movimento</b>	CC	21,00±3,85	28	0,91	CC	36,83±7,10	28	0,57
	CT	21,43±5,10	26		CT	34,75±6,75	37	
	TT	20,97±4,00	11		TT	35,90±6,75	8	

Nota: Dados apresentados em média e DP; GLM univariado,  $p < 0,005^*$

Analisada a titina entre os grupos não houve diferença estatística nas características demográficas nos grupo. No desempenho dos saltos entre os genótipos, observamos que não foram encontradas diferenças estatísticas.

Tabela 4 - Associação dos alelos da titina com a posição das atletas

		Titina			Total	p	
		CC	CT	TT			
Posição	<b>Central</b>	n	7	10	3	20	0,74
		%	25,0%	27,0%	37,5%		
	<b>Levantadora</b>	n	4	7	1	12	
		%	14,3%	18,9%	12,5%	16,4%	
	<b>Líbero</b>	n	6	2	1	9	
		%	21,4%	5,4%	12,5%	12,3%	
	<b>Oposta</b>	n	4	4	1	9	
		%	14,3%	10,8%	12,5%	12,3%	
	<b>Ponteira</b>	n	7	14	2	23	
		%	25,0%	37,8%	25,0%	31,5%	
Total	n	28	37	8	73		
	%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%		

Nota: Teste de Fisher,  $p < 0,05^*$  Não foi encontrado associação da posição dos atletas com os alelos da titina

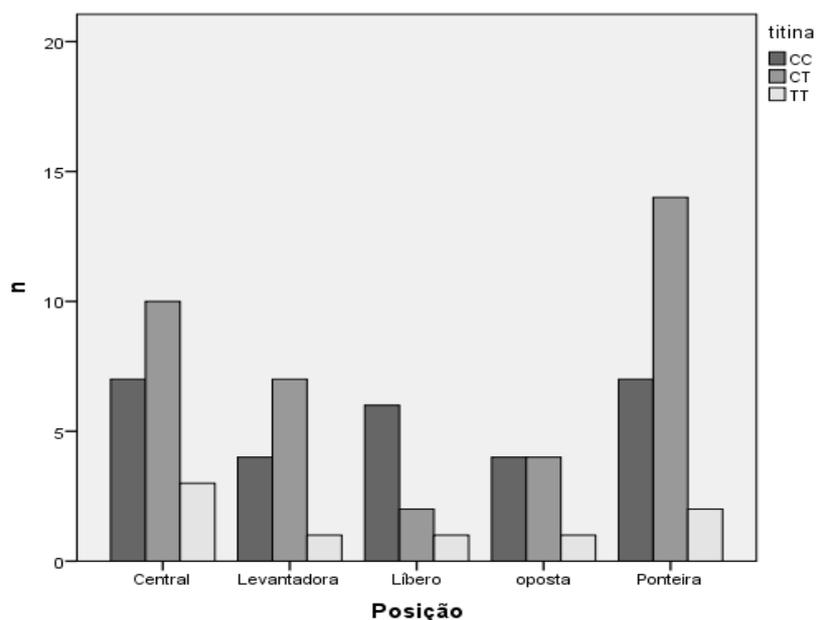


Gráfico 1 - Titina x posição dos atletas

Tabela 5 - Associação dos alelos do colágeno com a posição das atletas

		Colágeno			Total	p
		GG	GT	TT		
Posição	<b>Central</b>	n	16	3	1	0,30
		%	27,6%	23,1%	25,0%	
	<b>Levantadora</b>	n	8	5	0	13
		%	13,8%	38,5%	0,0%	17,3%
	<b>Líbero</b>	n	6	3	1	10
		%	10,3%	23,1%	25,0%	13,3%
	<b>Oposta</b>	n	9	1	0	10
		%	15,5%	7,7%	0,0%	13,3%
	<b>Ponteira</b>	n	19	1	2	22
		%	32,8%	7,7%	50,0%	29,3%
Total	n	58	13	4	75	
	%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Nota: Teste de Fisher,  $p < 0,005^*$

Na comparação entre as posições das atletas com os genótipos do colágeno, não houve diferença estatisticamente significativa.

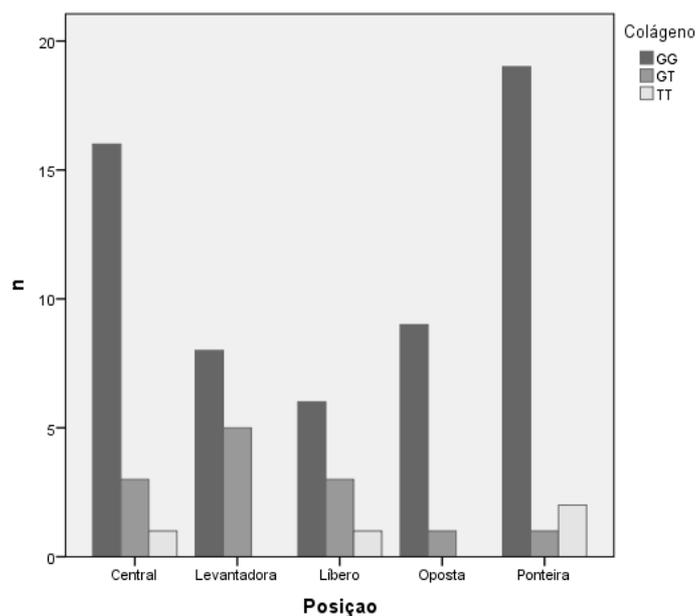


Gráfico 2 - Colágeno vs posição dos atletas

Tabela 6 - Comparação dos genótipos do colágeno entre os grupos

		Não Atletas	Atletas	Total	p	
Colágeno	GG	N	55	58	113	0,15
		%	83,3%	77,3%	80,1%	
	GT	N	11	13	24	
		%	16,7%	17,3%	17,0%	
	TT	N	0	4	4	
		%	0,0%	5,3%	2,8%	
Total	N	66	75	141		
	%	100,0%	100,0%	100,0%		

Nota: Teste de Fisher,  $p < 0,05^*$

Comparação dos alelos de Colágeno entre os grupos de atleta e Não Atletas, não apresentou diferença na frequência entre os grupos.

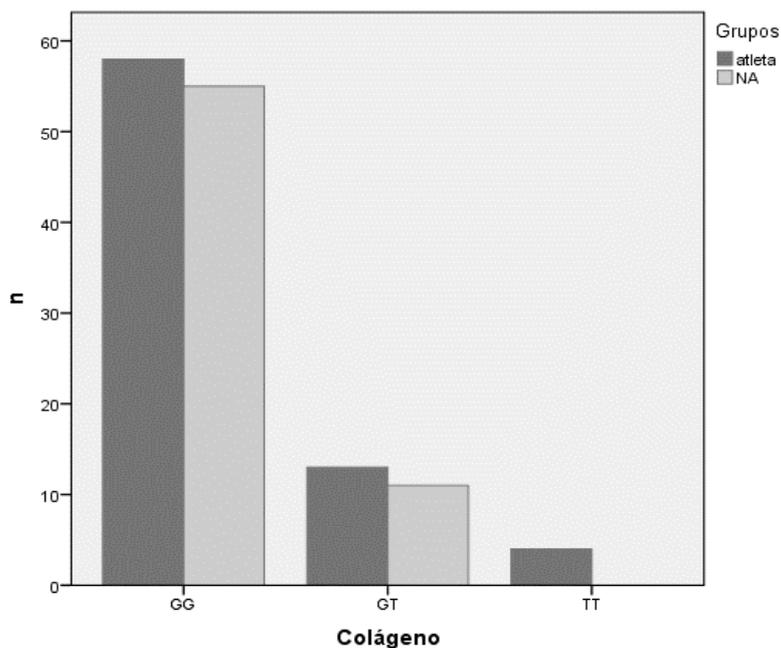


Gráfico 3 - Avaliação do colágeno entre os grupos

Tabela 7 - Comparação dos genótipos da titina entre os grupos

		%	Não atletas	Atletas	Total	p
<b>Titina</b>	CC	n	28	28	56	0,38
		%	43,1%	38,4%	40,6%	
	CT	n	26	37	63	
		%	40,0%	50,7%	45,7%	
	TT	n	11	8	19	
		%	16,9%	11,0%	13,8%	
<b>Total</b>	n	65	73	138		
	%	100,0%	100,0%	100,0%		

Nota: Teste do Qui Quadrado,  $p < 0,05^*$

Comparação das frequências dos alelos da titina entre os grupos não apresentou diferença estatisticamente significativa.

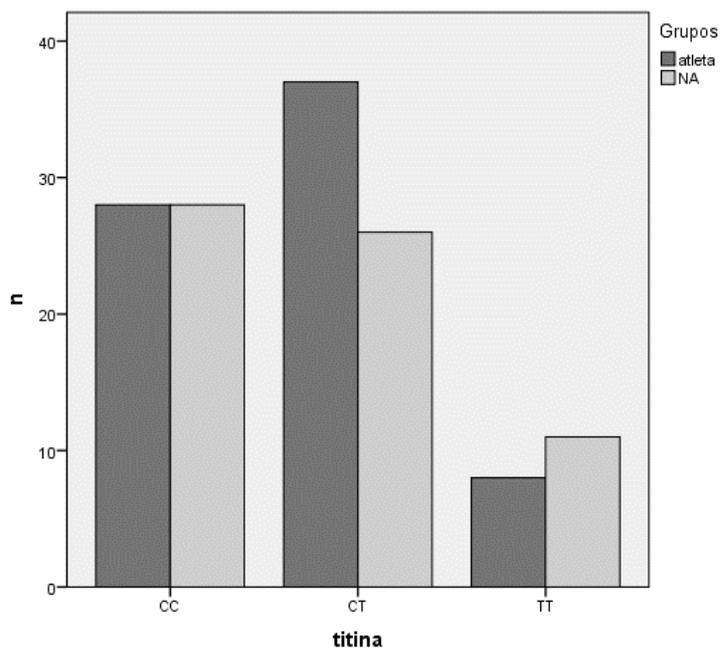


Gráfico 4 - Avaliação da titina entre os grupos

Tabela 8 - Frequências dos alelos da titina entre os grupos

Grupos		Sequência de alelos		Total	p
		C	T		
Atleta	N	28	37	65	0,34
	N%	50,0%	58,7%	54,6%	
NA	n	28	26	54	
	N%	50,0%	41,3%	45,4%	
Total	n	56	63	119	
	N %	100,0%	100,0%	100,0%	

**Teste de Fisher,  $p < 0,005^*$**

Tabela 9 - Associação das frequências entre os alelos de colágeno e titina no grupo atleta

			Genótipos da titina			Total	p
			CC	CT	TT		
Genótipos do colágeno	GG	Count	21	28	6	55	0,90
		% within titina	77,8%	75,7%	75,0%	76,4%	
	GT	Count	5	7	1	13	
		% within titina	18,5%	18,9%	12,5%	18,1%	
	TT	Count	1	2	1	4	
		% within titina	3,7%	5,4%	12,5%	5,6%	
Total	Count	27	37	8	72		
	% within titina	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %		

Nota: Teste exato de Fisher,  $p < 0,05$

Não houve associação entre os genótipos do colágeno e titina no grupo atleta.

Tabela 10 - Frequências da 1ª sequência de alelos do colágeno entre os grupos

Grupos		1ª sequência de alelos do colágeno		Total	p
		G	T		
Atleta	n	71	4	75	0,07
	% n	51,8%	100,0%	53,2%	
NA	n	66	0	66	
	% n	48,2%	0,0%	46,8%	
Total	n	137	4	141	
	% n	100,0%	100,0%	100,0%	

Nota: Teste Exato de Fisher  $p < 0,05$

Tabela 11 - Frequências da 2ª sequência de alelos do colágeno entre os grupos

Grupos		2ª sequência de alelos		Total	p
		G	T		
Atleta	n	58	17	75	0,37
	% n	51,3%	60,7%	53,2%	
NA	n	55	11	66	
	% n	48,7%	39,3%	46,8%	
Total	n	113	28	141	
	% n	100,0%	100,0%	100,0%	

Nota: Teste do Qui Quadrado  $p < 0,05$

Tabela 12 - Associação dos alelos do colágeno entre os grupos

		Grupo		Total	p
		Atleta	NA		
					0,56
LELOSCOUT	C	N	64	53	117
		% n	85,3%	80,3%	83,0%
	T	N	8	11	19
		% n	10,7%	16,7%	13,5%
Total	N	75	66	141	
	% n	100,0%	100,0%	100,0%	

Teste do Qui Quadrado  $p < 0,05^*$

Tabela 13 - Frequências da associação do CT e CC do colágeno entre os grupos

		Grupo			P
				Total	
		Atleta	NA		0,23
<b>CT</b>	n	38	40	78	
	% n	50,7%	60,6%	55,3%	
	n	37	26	63	
	% n	49,3%	39,4%	44,7%	
<b>Total</b>	n	75	66	141	
	% n	100,0%	100,0%	100,0%	

		Grupo			P
				Total	
		Atleta	NA		0,55
<b>CC</b>	n	48	39	87	
	% n	64,0%	59,1%	61,7%	
	n	27	27	54	
	% n	36,0%	40,9%	38,3%	
<b>Total</b>	n	75	66	141	
	% n	100,0%	100,0%	100,0%	

Nota: Teste do Qui Quadrado  $p < 0,05^*$

## 7 DISCUSSÃO

O principal objetivo do presente estudo foi investigar a associação entre os genótipos dos genes COL1A1 rs 1800012 e *TTN* rs10497520, responsáveis pela expressão das proteínas colágeno e titina, com o desempenho nos saltos agachado e com contramovimento em atletas profissionais da superliga no Brasil e em indivíduos não atletas. Este estudo foi o primeiro a investigar a influência desses genes no salto vertical nessa população.

Os resultados deste estudo demonstram que a avaliação do colágeno entre os grupos não apresenta diferença estatística nas características demográficas em cada grupo, mas ao observar o desempenho dos saltos entre os genótipos, a diferença ocorreu entre os alelos TT e GT / TT e GG ( $p < 0,001$ ) no grupo atleta. É possível notar que as atletas que apresentam o alelo G do gene COL1A1 a apresentar um menor desempenho nos saltos em relação a indivíduos que apresentam o alelo T deste gene. Além disso, para o gene *TTN* em indivíduos que apresenta o alelo C desempenham melhor os saltos agachado e contramovimento em relação a indivíduos que apresentam o gene T.

Em um estudo realizado por Stebbings e colaboradores (2018), onde foram avaliados 137 homens saudáveis praticantes de atividades recreacionais e 141 maratonistas treinados, foi observado que o comprimento dos fascículos do músculo vasto lateral, e a relação entre comprimento dos fascículos e o comprimento do músculo vasto lateral, é menor em indivíduos que apresentam o genótipo heterozigoto (CT) em relação à indivíduos homozigotos dominantes (CC) ( $6,4 \pm 0,9$  vs.  $7,3 \pm 1,6$  cm para o comprimento do fascículo e  $0,16 \pm 0,03$

vs.  $0,18 \pm 0,05$  para a relação entre comprimento dos fascículos pelo comprimento do músculo vasto lateral) nos indivíduos que realizam atividades recreacionais. Nos maratonistas treinados, os tempos médios de conclusão de maratona para indivíduos com o genótipo CT eram inferiores aos indivíduos que apresentam o genótipo CC ( $2h26m25s \pm 0h06m12s$  vs.  $02h28m53s \pm 00h05m50s$ ). Os autores apontam que o menor comprimento dos fascículos do músculo vasto lateral requer menor gasto de energia para uma dada força, sendo que os resultados superiores dos indivíduos que apresentam o alelo T sejam em decorrência de uma melhor eficiência devido ao comprimento dos fascículos.

Na amostra deste estudo as atletas apresentaram a média de saltos agachado e contramovimento de  $32,30 \pm 6,80$  e  $35,80 \pm 7,50$  cm, respectivamente. Resultados inferiores foram encontrados por Sattler e colaboradores (2015) em estudo realizado com 140 jogadoras de elite da primeira divisão do voleibol da Eslovênia, onde o desempenho no salto agachado e com contramovimento foram  $28,0 \pm 4,8$  e  $31,7 \pm 5,2$  cm, respectivamente. Da mesma forma em estudo realizado por Brazo-Sayavera e colaboradores (2017) com 10 atletas de uma equipe de elite Espanhola, foram encontrados resultados para os saltos agachado e contramovimento de  $27,20 \pm 2,68$  e  $28,84 \pm 3,86$  cm respectivamente. Já Marques e colaboradores (2008) encontraram resultados semelhantes aos deste estudo em trabalho realizado na primeira divisão da liga Espanhola no salto com contramovimento com desempenho de  $35,56 \pm 6,28$  em 15 atletas. Estudos como de Kitamura e colaboradores (2017) relatam que não houve diferença significativa atletas profissionais e sub 21, mesmo os jogadores sub 21 saltaram mais do que os

jogadores do profissional tanto no CMJ quanto no CMJ (3% e 6%, em média, respectivamente).

Grande número dos estudos que investigam o genótipo COL1A1(rs1800012) o relacionam com rupturas de tecidos moles como tendões e ligamentos (Pruna e colaboradores, 2013; Maffulli e colaboradores, 2013; Wang e colaboradores, 2017a). Este estudo buscou relacioná-lo com desempenho de SV e não foi verificada uma diferença significativa entre o desempenho e os diferentes genótipos deste gene. No entanto foi encontrada uma tendência de indivíduos que apresentam o alelo G do gene COL1A1 a apresentar um menor desempenho nos saltos em relação a indivíduos que apresentam o alelo T deste gene. Na literatura o alelo T parece estar relacionado com efeito protetor dos tecidos moles (Mann e colaboradores, 2001; Maffulli e colaboradores, 2013; Wang e colaboradores, 2017a). O mecanismo que explica essa diferença propõe que a alteração do alelo T pelo alelo G no sítio intrônico de ligação Sp1 aumenta a afinidade do fator de transcrição Sp1 resultando no aumento da expressão do gene COL1A1, e com isso no aumento da produção de uma proteína de colágeno tipo I mais fraca, devido a alteração da proporção de 2:1 para 3:0 das cadeias peptídicas  $\alpha 1$  e  $\alpha 2$  respectivamente (Mann e colaboradores, 2001; Maffulli e colaboradores, 2013).

Ainda sobre o possível efeito protetor do gene COL1A1, outros estudos mostraram que o polimorfismo funcional do sítio de ligação Sp1 está possivelmente associado a problemas variados como doenças do disco lombar e até incontinência urinária de esforço. A substituição de G para T dentro do sítio intrônico de ligação de Sp1 aumenta a afinidade pelo fator de transcrição

Sp1, aumentando a expressão do gene COL1A1 produzindo um colágeno tipo I mais fraco, consistindo de três  $\alpha 1$  e uma  $\alpha 2$ , e não duas cadeias  $\alpha 1$  e uma  $\alpha 2$  (Silva, Pena, 2012). Ficek e colaboradores (2013) relataram que o genótipo COL1A1 Sp1 TT estava associado a um risco substancialmente reduzido de rupturas do ligamento cruzado e rupturas de luxação do ombro.

Este estudo tem a intenção de contribuir de forma positiva para a prescrição de treinamento individual baseado no Polimorfismo da titina e do colágeno, porém apresentam limitações a respeito da coleta tanto do material genético quanto a coleta dos saltos SJ e CMJ que foram realizadas parcialmente na presença do pesquisador e devido a logística de deslocamento e calendário de competições das equipes parte da coleta foi realizada pela comissão técnica das equipes.

## 8 CONCLUSÃO

Neste estudo realizado com atletas profissionais da superliga de voleibol feminino não foram encontradas correlações estatisticamente significantes entre os polimorfismos da Titina e do Colágeno com o desempenho nos saltos verticais.

Avaliado a frequência de titina no grupo atleta encontramos 11% da amostra com o alelo TT, 50.7% com o alelo CT e 38.4% com o alelo CC, enquanto que no colágeno encontramos no grupo atleta 77.3% desta amostra com o alelo GG, 17% com o alelo GT e 5.3% possuem o alelo TT.

Os resultados deste estudo demonstram que a avaliação do colágeno entre os grupos não apresenta diferença estatística nas características demográficas em cada grupo, mas ao observar o desempenho dos saltos entre os genótipos, a diferença ocorreu entre os alelos TT e GT / TT e GG ( $p < 0,001$ ) no grupo atleta.

Foi possível concluir que as atletas apresentam baixa proporção do genótipo TT do polimorfismo tanto do Colágeno (COL1A1) quanto da Titina (*TTN*), e com relação ao desempenho do SV agachado e com contramovimento avaliados os indivíduos que apresentam o alelo G do gene COL1A1 demonstram uma tendência a apresentar em menor desempenho nos saltos em relação a indivíduos que apresentam o alelo T deste gene. Com relação ao gene *TTN*, os indivíduos que apresentam o alelo C tendenciam a desempenhar melhor os saltos agachado e contramovimento em relação a indivíduos que apresentam o gene T.

## REFERÊNCIAS

- Adam, D. Gene therapy may be up to speed for cheats at 2008 Olympics. *Nature*. Vol. 414. p. 569-560. 2001.
- Akinrinade, O.; Koskenvuo, J.W.; Alastalo, T.P. Prevalence of titin truncating variants in general population. *Plos One*. Vol. 10. Núm. 12. p. e.0145284. 2015.
- Almeida, U.B. Apostila de voleibol. 2010. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/39781431/apostila-de-voleibol>. Acesso em: 10 maio 2019.
- Araújo, J. Voleibol moderno: sistema defensivo. Rio de Janeiro. GPS. 1994.
- Arruda, M.; Hespanhol, J.E. Fisiologia do voleibol. São Paulo. Phorte. 2008.
- Artioli, G.G.; Hirata, R.D.C.; Lancha Junior, A.H. Terapia gênica, doping genético e esporte: fundamentação e implicações para o futuro. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 13. Núm. 5. p. 349-354. 2007.
- Badillo, J.J.G.; Ayestarán, E.G. Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: aplicación al alto rendimiento. 3. ed. [S.l.]. Inde. 2002.
- Barbanti, V. J. Manifestações da força motora no esporte de rendimento. In: Barbanti, A.; Amadio, A.C.; Bento, J.O.; Marques, A.T. Esporte e atividade física. São Paulo. Manole. 2002.
- Bella, J.; Hulmes, D.J.S. Fibrillar collagens. In: Parry, D.A.D.; Squire, J.M. Fibrous proteins: structures and mechanisms. New York. Springer Nature. 2017. p. 457-490 (Subcellular Biochemistry. Vol. 82).
- Ben-Zaken, S.; Meckel, Y.; Nemet, D.; Kassem, E.; Eliakim, A. Genetic basis for the dominance of israeli long-distance runners of ethiopian origin. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2019.
- Berriel, G.P.; Fontoura, A.; Foppa, G. Avaliação quantitativa de saltos verticais em atletas de voleibol masculino na Superliga 2002/2003. *Lecturas Educación Física y Deportes*. v. 10. Núm. 73. 2004.
- Bizzocchi, C. O voleibol de alto nível. 2ª edição. Barueri. Manole. 2004.
- Bizzocchi, C. O voleibol de alto nível. São Paulo. Fazenda Arte Editorial. 2000.
- Bojikian, J.C.M. Ensinando voleibol. São Paulo. Phorte Editora. 2003.
- Bompa, T.O. Periodização: teoria e metodologia do treinamento. São Paulo. Phorte. 2002.
- Bompa, T.O. Treinando atletas de desporto coletivo. São Paulo. Phorte. 2005.

Bosco, C. La valoración de la fuerza con el test de Bosco. Badalona: Paidotribo, 1994.

Bosco, C. Valoraciones funcionales de la fuerza dinámica, de la fuerza explosiva y de la potencia anaeróbica aláctica con los test de Bosco. *Apunts Sports Medicine*. Vol. 24. Núm. 93. p. 151-156. 1987.

Bosco, C.; Komi, P.V. Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 41. Núm. 4. p. 275-284. 1979.

Bosco, C.; Luhtanen, P. *Fisiologia e viomeccanica applicata al calcio*. Roma: Società Stampa Sportiva, 1992.

Braz, T.V.; Pennati, E.S.; Spigolon, L.M.P.; Vieira, N.A.; Pellegrinoti, I.L.; Borin, J.P. Comparison between different methods of measurement countermovement vertical jump. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*. Vol. 18. Núm. 2. p. 43-49. 2010.

Brazo-Sayavera, L.J.; Nikolaidis, P.T.; Camacho-Cardenosa, A.; Camacho-Cardenosa, M.; Timón, R.; Olivares, P.R. Acute effects of block jumps in female volleyball players: the role of performance level. *Sports*. Vol. 5. Núm. 2. p. 30. 2017.

Broos S.; Malisoux L.; Theisen D.; van Thienen R.; Ramaekers M.; Jamart C.; Deldicque L.; Thomis M.; Francaux M. Evidence for ACTN3 as a Speed Gene in Isolated Human Muscle Fibers. *Plos One*. Vol. 11. Núm. 3. p. 1-11. 2016.

Brunoro, J.C. Voleibol: a palavra é sua. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*. Vol. 1. Núm. 1. p. 49-52. 1987.

Bueno Júnior, C.R.; Pereira, M. G. Biologia molecular como ferramenta no esporte de alto rendimento: possibilidades e perspectivas *Revista Brasileira de Ciência do Esporte*. Vol. 31. Núm. 3. p. 231-249. 2010.

Campos, DM. Produção e caracterização de colágeno tipo I e de compósitos hidroxiapatita-colágeno para regeneração óssea. M.Sc. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2008.

Carnaval, P.E. *Medidas e avaliações em ciências do esporte*. 3. ed. Rio de Janeiro. Sprint. 2000.

Carvalho, P.J.A.; Carvalho, L.A.S.; Killian, L.F.; Pellegrinotti, I.L. Desempenho de atletas de voleibol no salto vertical: correlação entre parâmetros antropométricos e neuromusculares. *Arquivos em Movimento*. Vol. 14. Núm. 2. p. 5-21. 2018.

Chiappa, R. *Fisioterapia nas lesões do voleibol*. São Paulo. Robe. 2001.

Clarkson, P.M.; Devaney, J.M.; Gordish-Dressman, H.; Thompson, P.D.; Hubal, M.J.; Urso, M.; Price, T.B.; Angelopoulos, T.J.; Gordon, P.M.; Moyna, N.M.; Pescatello, L.S.; Visich, P.S.; Zoeller, R.F.; Seip, R.L.; Hoffman, E.P. ACTN3

genotype is associated with increases in muscle strength in response to resistance training in women. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 99. p. 154-163. 2005.

Coelho, D.B.; Pimenta, E.M.; Rosse, I.C.; de Castro, B.M.; Becker, L.K.; Oliveira, E.C.; Carvalho, M.R.S.; Garcia, E.S. Evidence for a Role of ACTN3 R577X Polymorphism in Football Player's Career Progression. *International Journal of Sports Medicine*. Vol. 39. Núm. 14. p. 1088-1093. 2018.

Coleman, S.; Benham, A.; Northcott, S. A three-dimensional cinema-tographical analysis of the volleyball spike. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 11. Núm. 4. p. 295-302. 1993.

Costa, G.; Mesquita, I.; Greco, P.; Ferreira, N.; Moraes, J. Relação saque, recepção e ataque no voleibol juvenil masculino. *Motriz*. Vol. 17. Num. 1. p. 11-8. 2011.

Davis, D.S.; Briscoe, D.A.; Markowski, C.T.; Saville, S.E.; Taylor, C.J. Physical characteristics that predict vertical jump performance in recreational male athletes. *Physical Therapy in Sport*. Vol. 4. Núm. 4. p. 167-174. 2003.

Delgado, G.; Pérez, A. Estudio del comportamiento de la forma de juego en el voleibol masculino de primer nivel a partir de los Juegos Olímpicos de Tokio 1964. *Lecturas: Educación Física y Deportes*. Ano 13. Num. 126. p. 1-7. 2008.

Devetag, F.; MaZZilli, M.; BeniS, R.; La Torre, A.; Bonato, M. Anterior cruciate ligament injury profile in italian Serie a1-a2 women's volleyball league. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. Vol. 58. Núm. 1/2. p. 92-97. 2018.

Dias Neto, J. M. A importância dos indicadores estatísticos para a obtenção da vitória no Campeonato Mundial de Basquetebol adulto masculino 2006. *Fitness & Performance Journal*. Vol. 6. Núm. 1. p. 57-61. 2007.

Dias, R.G. Genética, performance física humana e doping genético: o senso comum versus a realidade científica. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 17. Núm. 1. p. 62-70. 2011.

Dias, R.G.; Pereira, A.C.; Negrão, C.E.; Krieger, J.E. Polimorfismos genéticos determinantes da performance física em atletas de elite. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 13. Núm. 3. p. 209-216. 2007.

Dionísio, T.J. Polimorfismos genéticos e desempenho físico em jogadores de futebol das categorias de base do São Paulo Futebol Clube. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2014.

Driss, T.; Vandewalle, H.; Quievre, J.; Miller, C.; Monod, H. Effects of external loading on power output in a squat jump on a force platform: a comparison between strength and power athletes and sedentary individuals. *Journal of Sports Sciences*. Vol. p. 99-105. 2001.

Elliott, B.; Mester, J. Treinamento no esporte: aplicando ciência no esporte. Guarulhos: Phorte, 2000.

Esper, A. Cantidad y tipos de saltos que realizan las jugadoras de voleibol en un partido. *Lecturas Educación Física y Deportes*. Vol. 8. Núm. 58. 2003.

Fang, Q.C.; Jia, W.P.; Yang, M.; Bao, Y.Q.; Chen, L.; Zhang, R.; Xiang, K.S. Effect of polymorphism of uncoupling protein 3 gene 55 (OT) on the resting energy expenditure, total body fat, and regional body fat in Chinese. *Zhonghua Yi Xue Yi Chuan Xue Za Zhi*. Vol. 22. Núm. 5. p. 485-488. 2005.

Federation Internationale de Volleyball. Official Volleyball Rules 2017-2020: Approved by the 35th FIVB Congress 2016. Korea. FIV. 2019.

Ficek, K.; Ciężczyk, P.; Kaczmarczyk, M.; Maciejewska-Karłowska, A.; Sawczuk, M.; Cholewinski, J. Gene variants within the COL1A1 gene are associated with reduced anterior cruciate ligament injury in professional soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*. Vol. 16. Núm. 5. p. 396-400. 2013.

Ficek, K.; Cieszczyk, P.; Kaczmarczyk, M.; Maciejewska-Karłowska, A.; Sawczuk, M.; Cholewinski, J.; Leonska-Duniec, A.; Stepien-Słodkowska, M.; Zarebska, A.; Stepto, N.K.; Bishop, D.J.; Eynon, N. Gene variants within the COL1A1 gene are associated with reduced anterior cruciate ligament injury in professional soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*. Vol. 16. Núm. 5. p. 396-400. 2013.

Franzen, J.M.; Santos, J.M.S.R.; Zancanaro, V. Collagen: a new approach to aesthetic. *Ries*. Vol. 2. Núm. 2. p. 49-61. 2013.

Fukuda, N.; Granzier, H.L.; Ishiwata, S.; Kurihara, S. Physiological functions of the giant elastic protein titin in mammalian striated muscle. *The Journal of Physiological Sciences*. Vol. 58. Núm. 3. p. 151-159. 2008.

Fukuda, N.; Sasaki, D.; Ishiwata, S.; Kurihara, S. Length dependence of tension generation in rat skinned cardiac muscle role of titin in the Frank-Starling mechanism of the heart. *Circulation*. Vol. 104. Núm. 14. p. 1639-1645. 2001.

Furtado, G.S.; Melo, R.R.O.; Garcia, M.A.C. Desempenho de atletas de voleibol do sexo feminino em saltos verticais. *Arquivos em Movimento*. Vol. 2. Núm. 2. p. 3-20. 2006.

Fuster, V.; Jerez, A.; Ortega, A. Anthropometry and strength relationship: male-female differences. *Anthropologischer Anzeiger*. Vol. 56. Núm. 1. p. 49-56. 1998.

Garganta, J.A. Análise da performance nos jogos desportivos. Revisão acerca da análise do jogo. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*. Vol. 1. Núm. 57. p. 57-64. 2001.

Gehri, D.J.; Ricard, M.D.; Kleiner, D.M.; Kirkendall, D.T. A comparison of plyometric training technique for improving vertical jump ability and energy production. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 12. p. 85-89. 1998.

- Gil, A. C. Metodologia do ensino superior. 4. ed. São Paulo. Atlas. 2005. v. 1.
- Gomez-Gallego, F.; Ruiz, J.R.; Buxens, A.; Artieda, M.; Arteta, D.; Santiago, C.; Rodríguez-Romo, G.; Lao, J.I.; Lucia, A. The 786 T/C polymorphism of the NOS3 gene is associated with elite performance in power sports. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 107. Núm. 5. p. 565-569. 2009.
- Goubel, F. Series elastic behavior during the stretchshortening cycle. *Journal of Applied Biomechanics*. Vol. 3. Núm. 4. p. 439-443. 1997.
- Granzier, H.; Labeit, S.M.D. Structure–function relations of the giant elastic protein titin in striated and smooth muscle cells. *Muscle Nerve*. Vol. 36. Núm. 6. p. 740-755. 2007.
- Häkkinen, K. Maximal force explosive strength and speed in female volleyball and basketball players. *Journal of Human Movement Studies*. Vol. 16. Núm. 6. p. 291-304. 1989.
- Hall, S.J. Biomecânica básica. 3. ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. 2000.
- Herman, D.S.; Lam, L.; Taylor, M.R.; Wang, L.; Teekakirikul, P.; Christodoulou, D.; Truncations of titin causing dilated cardiomyopathy. *The New England Journal of Medicine*. Vol. 7. p. 619-628. 2012.
- Herzog, W. The role of titin in eccentric muscle contraction. *The Journal of Experimental Biology*. Vol. 217. p. 2825-2833. 2014.
- Herzog, W.; Leonard, T.R. The dependence of force production in mammalian skeletal muscle following stretch-shortening and shortening-stretch cycles. *Journal of Biomechanics*. Vol. 33. Núm. 2. p. 531-542. 2000.
- Hespanhol, J.E.; Silva Neto, L.G.; Arruda, M.; Dini, C.A. Avaliação da resistência de força explosiva em voleibolistas através de testes de saltos verticais. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. vol. 13. Núm. 3. p. 181-184. 2007.
- Hespanhol, J.E.; Silva Neto, L.G.; Arruda, M.; Dini, C.A. Avaliação da resistência de força explosiva em voleibolistas através de testes de saltos verticais. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 13. Núm. 3. 2007.
- Hessel, A.L.; Nishikawa, K.C. Effects of a titin mutation on negative work during stretch-shortening cycles in skeletal muscles. *The Journal of Experimental Biology*. Vol. 15. Núm. 22. p. 4177-4185. 2017.
- Hessel, A.L.; Nishikawa, K.C. Effects of a titin mutation on negative work during stretch–shortening cycles in skeletal muscles. *The Journal of Experimental Biology*. Vol. 220. p. 4177-4185. 2017.
- Hill, A.V. The series elastic components of muscle. 10 *Proceedings of the Royal Society Biology*. Vol. 137. p. 273. 1950.

Hoffman, J.R.; Kang, J. Evaluation of a new anaerobic power testing system. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 16. Núm. 1. p. 142-148. 2002.

Houweling, P.J.; Papadimitriou, I.D.; Seto, J.T.; Pérez, L.M.; Coso, J.D.; North, K.N.; Lucia, A.; Eynon, N. Is evolutionary loss our gain? The role of ACTN3 p.Arg577Ter (R577X) genotype in athletic performance, ageing, and disease. *Human Mutation*. Vol. 39. Núm. 12. p. 1774-1787. 2018.

Huxley, H.E. The double array of filaments in cross-striated muscle. *The Journal of Biophysical and Biochemical Cytology*. Vol. 3. Núm. 5. p. 631-648. 1957.

Iglesias F. Análisis del esfuerzo em el voleibol. *Stadium*. Vol. 168. Núm. 28. p. 17-23. 1994

Jung, Y.O.; Min, S.Y.; Cho, M.L.; Park, M.J.; Jeon, J.Y.; Lee, J.S.; Oh, H.J.; Kang, C.M.; Park, H.S.; Park, K.S.; Cho, S.G.; Park, S.H.; Kim, H.Y. CD8alpha+ dendritic cells enhance the antigen-specific CD4+ T cell response and accelerate development of collagen-induced arthritis. *Immunology Letters*. Vol. 111. Núm. 2. p. 76-83. 2007.

Kapoor, A.; Bakshy, K.; Xu, L.; Nandakumar, P.; Lee, D.; Boerwinkle, E.; Grove, M.L.; Arking, D.E.; Chakravartia, A. Rare coding TTN variants are associated with electrocardiographic QT interval in the general population. *Scientific Reports*. Vol. 6. p. 28356. 2016.

Kellis SE, Tsitskaris GK, Nikopoulou MD, Mousikou KC. The evaluation of jumping ability of male and female basketball players according to their chronological age and major leagues. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 13. Núm. 1. p. 40-46. 1999.

Kitamura, K.; Pereira, L.A.; Kobal, R.; Abad, C.C.C.; Finotti, R.; Nakamura, F.Y.; Loturco, I. Loaded and unloaded jump performance of top-level volleyball players from different age categories. *Biology of Sport*. Vol. 34. Núm. 3. p. 273-278. 2017.

Kitamura, K.; Pereira, L.A.; Kobal, R.; Abad, C.C.C.; Finotti, R.; Nakamura, F.Y.; Loturco, I. Loaded and unloaded jump performance of top-level volleyball players from different age categories. *Biology of Sport*. Vol. 34. Núm. 3. 2017.

Koku, F.E.; Karamızrak, S.O.; Çiftçi, A.S.; Taşlıdere, H.; Durmaz, B.; Çoğulu, O. The relationship between ACTN3 R577X gene polymorphism and physical performance in amateur soccer players and sedentary individuals. *Biology of Sports*. Vol. 36. Núm. 1. p. 9-16. 2019.

Komi, P.V.; Bosco, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men. *Medicine and Science in Sports*. Vol. 10. Núm. 4. p. 261-265. 1978.

Kruger, M.; Kotter, S. Titin, a central mediator for hypertrophic signaling, exercise-induced mechanosignaling and skeletal muscle remodeling. *Frontiers in Physiology*. Vol. 7. p. 76. 2016.

Kurokawa, S.; Fukunaga, T.; Fukashiro, S. Behavior of fascicles and tendinous structures of human gastrocnemius during vertical jumping. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 90. Núm. 4. p. 1349-1358. 2001.

Lee, F.X.; Houweling, P.J.; North, K.N.; Quinlan, K.G. How does  $\alpha$ -actinin-3 deficiency alter muscle function? Mechanistic insights into ACTN3, the gene for speed'. *Biochimica et Biophysica Acta*. Vol. 1863. Núm. 4. p. 686-693. 2016.

Lerbach, M.A.; Lima, W. O. Formação das seleções básicas no voleibol brasileiro. Brasília, DF. Publicações Indesp. 1998. (Série Ciências do Esporte).

Li, S.; Liang, M.; Gao, D.; Su, Q.; Laher, I. Changes in titin and collagen modulate effects of aerobic and resistance exercise on diabetic cardiac function. *Journal of Cardiovascular Translational Research*. Vol. 12. p. 404-414. 2019.

Linthorne, N.P. Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *School of Exercise and Sport Science*. Vol. 69. Núm. 11. p. 1198-1204. 2001.

Lombardi, G.; Vieira, N.S.; Detanico, D. Effect of two types of power training in the vertical jump performance in volleyball players. *Brazilian Journal of Biomotricity*. Vol. 5. Núm. 4. p. 230-238. 2011.

Maffulli, N.; Margiotti, K.; Longo, U.G.; Loppini, M.; Fazio, M. V.; Denaro, V. The genetics of sports injuries and athletic performance. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*. Vol. 3. Núm. 3. p. 173-180. 2013.

Magi, A.; Unt, E.; Prans, E.; Raus, L.; Eha, J.; Veraksits, A.; Kingo, K.; Koks, S. The association analysis between ace and actn3 genes polymorphisms and endurance capacity in young cross-country skiers: longitudinal study. *Journal of Sports Science & Medicine*. Vol. 15. Núm. 2. p. 287-94. 2016.

Mann, V.; Hobson, E.E.; Li, B.; Stewart, T.L.; Grant, S.F.; Robins, S.P.; Aspden, R.M.; Ralston, S.H. A COL1A1 Sp1 binding site polymorphism predisposes to osteoporotic fracture by affecting bone density and quality. *The Journal of Clinical Investigation*. Vol. 107. Núm. 7. p. 899-907. 2001.

Marchi Júnior, W. "Sacando" o voleibol: do amadorismo a espetacularização da modalidade no brasil (1970-2000). Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. Campina. 2001.

Maroni, F.C.; Mendes, D.R.; Bastos, F.C. Gestão do voleibol no Brasil: o caso das equipes participantes da Superliga 2007-2008. *Revista Brasileira de Educação Física do Esporte*. Vol. 24. Núm. 2. p. 239-248. 2010.

Marques Júnior, N.K. Evidências científicas sobre os fundamentos do voleibol: importância desse conteúdo para prescrever o treino. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. Vol. 7. Núm. 37. p. 78-97. 2013.

Marques, M.C.; Tillaar, R.; Vescovi, J.D.; Gonzalez-Badillo, J.J. Changes in strength and power performance in elite senior female professional volleyball players during the in-season: a case study. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 22. Núm. 4. p. 1147-1155. 2008.

Martin, J.; Valle, M. Aspectos técnico-tácticos de la colocación y el ataque en función del género en el voleibol de alto rendimiento. *Lecturas: Educación Física y Deportes*. Ano. 15. Num. 147. p. 1-17. 2011.

Martín, J.; Valle, M. del. Aspectos técnico-tácticos de la colocación y el ataque en función del género en el voleibol de alto rendimiento. *Revista Digital*. Vol. 15. Núm. 147. p. 1-17. 2010.

Martin, R.J.F.; Dore, E.; Twisk, J.; van Praagh, E.; Hautier, C.A.; Bedu, M. Longitudinal changes of maximal short-term peak power in girls and boys during growth. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 36. Núm. 3. p. 498-503. 2004.

Maruyama, K.; Kimura, S.; Ohashi, K.; Kuwano, Y. Connectin, an Elastic Protein of Muscle Identification of "Titin" with Connectin. *Journal of Biochemistry*. Vol. 89. Núm. 3. p. 701-709. 1981.

Matias, C.J.A.S.; Greco, P.J. Análise de jogo nos jogos esportivos coletivos: a exemplo do voleibol. *Pensar a Prática*. Vol. 12. Núm. 3. p. 1-16. 2009.

Matias, C.J.A.S.; Lima, C.O.; Greco, P.J. A evolução do sistema defensivo no voleibol: análise da seleção brasileira em duas finais Olímpicas - 1984 e 2004. *Brasilian Journal of Physical Education and Sport*. Vol. 20, Núm. 5. p. 484-484. 2006a.

Matsudo, S.; Matsudo, V. Self-assessment and physician assessment of sexual maturation in Brazilian boys and girls: concordance and reproducibility. *American Journal of Human Biology*. Vol. 6. Núm. 4. p. 451-455. 1994.

McArdle, W.D; Katch, F. I.; Katch, V.L. *Fisiologia do exercício: Nutrição, energia e desempenho humano*. 8. ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan., 2016.

Mesquita, I.; Graça, A. O conhecimento estratégico de um distribuidor de alto nível. *Treinamento Desportivo*. Vol. 17. p. 15-20. 2002.

Mezzaroba, C.; Pires, G.L. Breve panorama histórico do voleibol: do seu surgimento à espetacularização esportiva. *Atividade Física, Lazer & Qualidade de Vida: Revista de Educação Física*. Vol. 2. Núm. 2. p. 3-19. 2011.

Monge, A.M. Propuesta estructural del desarrollo del juego en Voleibol. In: Mesquita, I.; Moutinho, C. A. S. S.; Faria, R. (Eds.). *Investigação em voleibol: estudos ibéricos*. Porto: FCDEF-UP. 2003. p. 142-149.

Mourão, P.J.M.; Gonçalves, F.J.M. A utilização dos membros superiores nos saltos verticais: estudo comparativo entre um salto sem contramovimento sem a utilização dos membros superiores e um salto sem contramovimento com a utilização dos membros superiores. *Motricidade*. Vol. 4. Núm. 4. p. 23-28. 2008.

Myerson, S.; Hemingway, H.; Budget, R.; Martin, J.; Humphries, S.; Montgomery, H. Human angiotensin I-converting enzyme gene and endurance performance. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 87. Núm. 4. p. 1313-1316. 1999.

Naganoa, A.; Gerritsena, K.G.M.; Fukashiro, S. A sensitivity analysis of the calculation of mechanical output through inverse dynamics: a computer simulation study. *Journal of Biomechanics*. Vol. 33. Núm. 10. p. 1313-1318. 2000.

Nazarov, I.B.; Woods, D.R.; Montgomery, H.E.; Shneider, O.V.; Kazakov, V.I.; Tomilin, N.V.; Rogozkin, V.A. The angiotensin-converting enzyme I/D polymorphism in Russian athlete. *European Journal of Human Genetics*. Vol. 9. Núm. 10. p. 797-801. 2001.

Oliveira, A.L.; Nogueira, N. Influência do stretching global activo na flexibilidade da cadeia posterior e no salto vertical no voleibol. *Revista Portuguesa de Fisioterapia no Desporto*. Vol. 2. Num. 2. p. 7-17. 2008.

Papadimitriou, I.D.; Lucia, A.; Pitsiladis, Y.P.; Pushkarev, V.P.; Dyatlov, D.A.; Orekhov E.F.; Artioli, G.G.; Guilherme, J.P.; Lancha-Junior, A.H.; Ginevičienė, V.; Cieszczyk, P.; Maciejewska-Karłowska, A.; Sawczuk, M.; Muniesa, C.A.; Kouvatsi, A.; Massidda, M.; Calò, C.M. Garton, F.; Houweling, P.J.; Wang, G.; Austin, K.; Druzhevskaya, A.M.; Astratenkova, I.V.; Ahmetov, I.I.; Bishop, D.J.; North, K.N.; Eynon, N. ACTN3 R577X and ACE I/D gene variants influence performance in elite sprinters: a multi-cohort study. *BMC Genomics*. Vol. 17. Núm. 285. 2016.

Posthumus, M.; September, A.V.; Keegan, M.; O'Cuinneagain, D.; Van der Merwe, W.; Schweltnus, M.P.; Collins, M. Genetic risk factors for anterior cruciate ligament ruptures: COL1A1 gene variant. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 43. Núm. 5. p. 352-356. 2009.

Pruna, R.; Artells, R.; Ribas, J.; Montoro, B.; Cos, F.; Muñoz, C.; Rodas, G.; Maffulli, N. Single nucleotide polymorphisms associated with non-contact soft tissue injuries in elite professional soccer players: influence on degree of injury and recovery time. *BMC Musculoskeletal Disorders*. Vol. 14. Núm. 221. 2013.

Queiroga, M.A. Em busca da excelência. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*. Vol. 7. Núm. 1. p. 15-15. 2007.

Rance, K.A.; Johnstone, A.M.; Murison, S.; Duncan, J.S.; Wood, S.G.; Speakman, J.R. Plasma leptin levels are related to body composition, sex, insulin levels and the A55V polymorphism of the UCP2 gene. *International Journal of Obesity*. Vol. 31. Núm. 8. p. 1311-1318. 2007.

Rankinen, T.; Perusse, L.; Gagnon, J.; Chagnon, Y.C.; Leon, A.C.; Skinner, J.S.; Wilmore, J.H.; Rao, D.C.; Bouchard, C. Angiotensin-converting enzyme ID polymorphism and fitness phenotype in the HERITAGE Family Study. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 88. Núm. 3. p. 1029-1035. 2000.

Rankinen, T.; Rice, T.; Boudreau, A.; Leon, A.S.; Skinner, J.S.; Wilmore, J.H.; Rao, D.C.; Bouchard, C. Titin is a candidate gene for stroke volume response to endurance training: the HERITAGE Family Study. *Physiological Genomics*. Vol. 15. Núm. 1. p. 27-33. 2003.

Ribeiro, J.L.S. *Conhecendo o voleibol*. Rio de Janeiro. Editora Sprint. 2004.

Rizola, A.N. Uma proposta de preparação para equipes jovens de voleibol feminino. Dissertação (Mestrado). Universidade de Campinas. Campinas. 2003.

Roberts, A.M.; Ware, J.S.; Herman, D.S.; Schafer, S.; Baksi, J.; Bick, A.G. Integrated allelic, transcriptional, and phenomic dissection of the cardiac effects of titin truncations in health and disease. *Science Translational Medicine*. Vol. 14. Núm. 7. 2015.

Rodrigues, M.E.; Marins, J.C.B. Counter movement e squat jump: análise metodológica e dados normativos em atletas. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*. Vol. 19. Núm. 4. p. 108-119. 2011.

Rosa, H.B.; Oliveira, V.S.L.; Santos, L.S.; Prusch, S.K.; Barbosa, I.M.; Lemos, L.F.C. Use stretch-shortening cycle in leaps handball athletes and female bodybuilders. *Revista de Educação Física*. Vol. 85. Núm. 6. p.274-281. 2016.

Rubini, E.C.; Gomes, P.S.C. A titina e suas implicações na elasticidade muscular. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*. Vol. 3. Núm. 1. 2004.

Ruiz, J.R.; Fernández del Valle, M.; Verde, Z.; Díez-Veja, I.; Santiago, C.; Yvert, T.; Rodríguez-Romo, G.; Gómez-Gallego, F.; Molina, J.J.; Lucia, A. ACTN3 R577X polymorphism does not influence explosive leg muscle power in elite volleyball players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. Vol. 21. Núm. 6. p. 34-42. 2011.

Santos, A.F. Frequência do polimorfismo do ACTN3 associada ao salto vertical em atletas da superliga feminina de voleibol. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Maranhão. São Luís. 2018.

Sattler, T.; Hadžić, V.; Dervišević, E.; Markovic, G. Vertical jump performance of professional male and female volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 29. Núm. 6. p. 1486-1493. 2015.

Sattler, T.; Sekulic, D.; Hadzic, V.; Uljevic, O.; Dervisevic, E. Vertical jumping tests in volleyball: reliability, validity, and playing-position specifics. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 26. Núm. 6. p. 1532-1538. 2012.

Schmidtbleicher D. Training for power event. In: Komi, P.V. *Strength and power in sport*. London. Blackwell Scientific. 1992. p. 381-395.

Schrauwen, P.; Troost, F.J.; Xia, J.; Ravussin, E.; Saris, W.H. Skeletal muscle UCP2 and UCP3 expression in trained and untrained male subjects. *International Association for the Study of Obesity*. Vol. 23. p. 966-972. 1999.

Shin, H.J.; Lee, C.H.; Cho, I.H.; Kim, Y-J.; Lee, Y-J.; Kim, I.A.; Park, K-D.; Yui, N.; Shin, J-W. Electrospun PLGA nanofiber scaffolds for articular cartilage reconstruction: mechanical stability, degradation and cellular responses under mechanical stimulation in vitro. *Journal of Biomaterials Science*. Vol. 17. Núm. 1-2. p. 103-119. 2006.

Silva, D.A. Regulação da Angiogênese pelo Remodelamento da MEC. Belo Horizonte. 2014. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/353029/>. Acesso em: 10 maio 2019.

Silva, K.R.; Magalhães, J.; Garcia, M.A.C. Desempenho do salto vertical sob diferentes condições de execução. *Arquivos em Movimento*. Vol. 1. Num. 1. p. 17-24. 2005.

Silva, T.F.; Penna, A.L.B. Colágeno: características químicas e propriedades funcionais. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. Vol. 71. Núm. 3. p. 530-539. 2012.

Smith, D.J.; Roberts, D.; Watson, B. Physical, physiological and performance differences between Canadian national team and Universidad volleyball players. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 10. p. 131-138. 1992.

Spaendonck-Zwarts, K.Y.; Posafalvi, A.; Van Den Berg, M.P.; Hilfiker-Kleiner, D.; Bollen, I.A.; Sliwa, K. Titin gene mutations are common in families with both peripartum cardiomyopathy and dilated cardio-myopathy. *European Heart Journal*. Vol. 35. Núm. 32. p. 2165-2173. 2014.

Stebbing, G.K.; Williams, A.G.; Herbert, A.J.; Lockey, S.J.; Heffernan, S.M.; Erskine, R.M. Morse, C.I.; Day, S.H. TTN genotype is associated with fascicle length and marathon running performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. Vol. 28. Núm. 2. p. 400-406. 2018.

Stępień-Słodkowska, M.; Ficek, K.; Kaczmarczyk, M.; Maciejewska, A.; Sawczuk, M.; Eider, J.; Sygit, M.; Leońska-Duniec, A.; Ziętek, P.; Sygit, K.; Cieszczyk, P. Influence of biological factors on injuries occurrence in the Polish population. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. Vol. 23. Núm. 2. p. 315-318. 2016.

Stępień-Słodkowska, M.; Ficek, K.; Ziętek, P.; Kaczmarczyk, M.; Łubkowska, W.; Szark-Eckardt, M.; Cieszczyk, P. Whether the combination of COL1A1 gene polymorphisms may be a marker of the risk of injury? *Journal of Sport Rehabilitation*. Vol. 26. Núm. 3. 2016.

Super Liga. História & campeões. Belo Horizonte. 2018. Disponível em: <http://superliga.cbv.com.br/historia-campeoes>. Acesso em: 10 maio 2019.

Teixeira, M.; Gomes, A.C. Aspectos da preparação física no voleibol de alto rendimento. *Revista Treinamento Desportivo*. Vol. 3. Núm. 2. p. 105-111. 1998.

Tricoli, V.A.A. Análise da potência muscular nos músculos extensores do joelho em jogadores de basquetebol e voleibol do sexo masculino. Dissertação (Mestrado). Escola de Educação Física. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1994.

Tucker, R.; Santos-Concejero, J.; Collins, M. The genetic basis for elite running performance. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 47. Núm. 9. p. 545-549. 2013.

Udaka, J.; Ohmori, S.; Terui, T.; Ohtsuki, I.; Ishiwata, S.; Kurihara, S.; Fukuda, N. Disuse-induced preferential loss of the giant protein titin depresses muscle performance via abnormal sarcomeric organization. *The Journal of General Physiology*. Vol. 131. Núm. 1. p. 33-41. 2008.

Ugrinowitsch, C.; Barbanti, V.J. O ciclo de alongamento e encurtamento e a "performance" no salto vertical. *Revista Paulista de Educação Física*. Vol. 12. Núm. 1. p. 85-94. 1998.

Ugrinowitsch, C.; Barbanti, V.J.; Gonçalves, A.; Peres, B.A. Capacidade dos testes isocinéticos em prever a performance no salto vertical em jogadores de voleibol. *Revista Paulista de Educação Física*. Vol. 14. Núm. 2. p. 172-173. 2000.

Ugrinowitsch, C.; Barbanti, V.J.; Gonçalves, A.; Peres, B.A. Capacidade dos testes isocinéticos em prever a "performance" no salto vertical em jogadores de voleibol. *Revista Paulista de Educação Física*. Vol. 14. Núm. 2. p. 172-183. 2000.

Ugrinowitsch, C.; Uehara, P. Modalidades esportivas coletivas: o voleibol. In: Rose, J.D. (Ed.). *Modalidades esportivas coletivas*. Rio de Janeiro. Editora Guanabara. 2006. p. 166-179.

Valporto, O. *Vôlei no Brasil: uma história de grandes manchetes*. Rio de Janeiro. Casa da Palavra. 2007.

Venter, J.C.; Adams, M.D.; Myers, E.W.; Li, P.W.; Mural, R.J.; Sutton, G.G. The Sequence of the human genome. *Science*. Vol. 291. Núm. 5507. p. 1304-2001. 2001.

Vlastuin, J.; Almeida, B.S.; Marchi Júnior, W. O marketing esportivo na gestão do voleibol brasileiro: fragmentos teóricos referentes ao processo de espetacularização da modalidade. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*. Vol. 29. Núm. 3. p. 9-24. 2008.

Wang, C.; Li, H.; Chen, K.; Wu, B.; Liu, H. Association of polymorphisms rs1800012 in COL1A1 with sports-related ten-don and ligament injuries: a meta-analysis. *Oncotarget*. Vol. 8. Núm. 16. p. 27627-27634. 2017a.

Wang, C.; Li, H.; Chen, K.; Wu, B.; Liu, H. Association of polymorphisms rs1800012 in COL1A1 with sports-related tendon and ligament injuries: a meta-analysis. *Oncotarget*. Vol. 8. Núm. 16. p. 27627-27634. 2017b.

Watanabe, H.; Atsuta, N.; Hirakawa, A.; Nakamura, R.; Nakatochi, M.; Ishigaki, S.; Iida, A.; Ikegawa, S.; Kubo, M.; Yokoi, D.; Watanabe, H.; Ito, M.; Katsuno, M.; Izumi, Y.; Morita, M.; Kanai, K.; Taniguchi, A.; Aiba, I.; Abe, K.; Mizoguchi, K.; Oda, M.; Kano, O.; Okamoto, K.; Kuwabara, S.; Hasegawa, K.; Imai, T.; Kawata, A.; Aoki, M.; Tsuji, S.; Nakashima, K.; Kaji, R.; Sobue, G. A rapid functional decline type of amyotrophic lateral sclerosis is linked to low expression of TTN. *Journal of Neurology and Neurosurgery Psychiatry*. Vol. 87. Núm. 8. 2016.

Yang, N.; MacArthur, D.G.; Gulbin, J.P.; Hahn, A.G.; Beggs, A.H.; Easteal, S.; North, K. ACTN3 genotype is associated with human elite athletic performance. *American Journal of Human Genetics*. Vol. 73. Núm. 3. p. 627-631. 2003.

Zaccagni, L.; Lunghi, B.; Barbieri, D.; Rinaldo, N.; Missoni, S.; Šaric, T.; Šarac, J.; Babic, V.; Rakovac, M.; Bernardi, F.; Gualdi-Russo, E. Performance prediction models based on anthropometric, genetic and psychological traits of Croatian sprinters. *Biology of Sports*. Vol. 36. Núm. 1. p. 17-23. 2019.

Zahradnik, D.; Jandacka, D.; Holcapek, M.; Farana, R.; Uchytel, J.; Hamill, J. Blocking landing techniques in volleyball and the possible association with anterior cruciate ligament injury. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 36. Núm. 8. p. 955-961. 2017.

Zhong, B.; Huang, D.; Ma, K.; Deng, X.; Shi, D.; Wu, F.; Shao, Z. Association of COL1A1 rs1800012 polymorphism with musculoskeletal degenerative diseases: a meta-analysis. *Oncotarget*. Vol. 8. Núm. 43. p. 75488-75499. 2017.

**ANEXO**

**ANEXO A – MODELO DE TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E  
ESCLARECIDO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA  
MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA  
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezada senhora: \_\_\_\_\_

você está sendo convidada a participar da pesquisa: “CORRELAÇÃO DOS POLIMORFISMOS DO COLÁGENO E DA TITINA COM OS SALTOS VERTICAIS AGACHADOS E COM CONTRAMOVIMENTO EM ATLETAS DA SUPERLIGA FEMININA”, que está sob a orientação do Prof. Dr. MÁRIO NORBERTO SEVILIO DE OLIVEIRA JUNIOR da Universidade Federal do Maranhão.

Caso você concorde com a participação, favor assinar ao final deste documento. Sua participação não é obrigatória e você tem a liberdade de retirar o seu consentimento da participação na pesquisa, em qualquer momento, bastando para isso, comunicar aos responsáveis pela investigação, sem prejuízo algum.

Você receberá uma cópia deste termo, no qual tem o telefone e o endereço do pesquisador principal e do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Maranhão, podendo tirar quaisquer dúvidas quanto ao projeto a ser realizado e, também, sobre sua participação, antes e durante a pesquisa.

Após o seu consentimento iniciaremos a pesquisa com uma avaliação física composta por: dados de identificação (nome), caracterização (peso, estatura, idade); teste de salto vertical agachado e com contramovimento; coleta de material genético através da saliva.

As avaliações acontecerão da seguinte forma: será realizado em duas sessões (não atletas): primeiro dia coleta de dados pessoais para caracterização da mostra (nome, idade, peso, estatura), coleta de material

genético, familiarização com as técnicas dos saltos agachado e com contramovimento e; segundo dia realização do teste de salto. Em apenas uma sessão para caracterização da mostra, coleta de material genético e teste de salto (atletas)

Durante toda sessão de caracterização da amostra, coleta de material genético e teste de salto vertical você terá acompanhamento de um professor de Educação Física, formado e com boa qualificação para desenvolver esse tipo de atividade

Como principais benefícios a pesquisa visa associar o conhecimento científico adquirido no campo da genética ao desempenho físico de jogadores profissionais de voleibol feminino no Brasil, proporcionando importantes informações aos profissionais que trabalham com essas atletas, gerando oportunidades de melhoria de planejamento de treinamento, prevenção de lesões e detecção de talentos esportivos para o voleibol nacional.

Os principais riscos e desconfortos durante a realização da pesquisa diz respeito a dores musculares provocadas pelo desempenho do salto vertical ou irritação na parte interna da boca devido ao esfregaço da haste flexível para coleta do material genético.

E sempre que você desejar, serão fornecidos esclarecimentos sobre cada uma das etapas do estudo. Os pesquisadores e as instituições envolvidas acordam em assumir a responsabilidade de oferecer assistência integral às complicações e danos decorrentes dos riscos previstos nas diferentes fases da pesquisa, proporcionando assistência imediata e possível indenização diante a eventuais danos diretos decorrentes da sua participação na pesquisa. Se houver a necessidade de indenização os custos serão repassados pelos pesquisadores para você através do custeio de desconfortos decorrentes da pesquisa.

Todas as informações obtidas terão caráter sigiloso e a identidade dos participantes será preservada. Os nomes dos participantes não aparecerão em qualquer momento da pesquisa, pois serão identificados por números.

QUALIFICAÇÃO DO DECLARANTE

Eu, \_\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_, li e/ou ouvi e entendi as informações acima e estou ciente para que serve a pesquisa. Tendo lido e recebido explicações e entendido o que está escrito acima, aceito participar voluntariamente da pesquisa.

**PESQUISADOR RESPONSÁVEL**

Prof. Dr. Cristiano Teixeira Mostarda

Endereço: Universidade Federal do Maranhão, Avenida dos Portugueses, 1966, Departamento de Educação Física, São Luís – MA. CEP: 65080-805

Telefone: (98) 981620453

Email: msevilio@hotmail.com

---

Prof. Dr. Mário Norberto Sevilio de Oliveira Júnior

**PESQUISADOR PARTICIPANTE**

Prof. Esp. Lucenir Martins de Melo

Telefone: (98) 98720 4728

Email: lucia.lucia.santos@hotmail.com

---

Prof. Esp. Lucenir Martins de Melo