

GUILHERME YOSHI FURYAMA

DIGIT RATIO (2D:4D): AEROBIOSE E DESEMPENHO FISICO



**CURITIBA
2016**

GUILHERME YOSHI FURYAMA

DIGIT RATIO (2D:4D): AEROBIOSE E DESEMPENHO FÍSICO

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. Orientador: Dr. Sérgio Luiz Carlos dos Santos.

**CURITIBA
2016**

**“A successful man is one who can lay a firm foundation
with the bricks others have thrown at him”**

David Brinkley

RESUMO

A exposição a andrógenos pré-natais é de suma importância para demandas organizacionais do sistema corporal humano. Com essas questões, é possível que o ser humano se desenvolva tanto em caráter físico, comportamental e psicológico. Para mensurar essa exposição, o *digit ratio* (2D:4D) é a ferramenta mais utilizada em artigos acadêmicos. Utilizando do comprimento dos dedos anelar e indicador, esse valor pode ser traduzido indiretamente em uma maneira simples de visualizar. Como o desenvolvimento do sistema cardiovascular é amplamente afetado pela testosterona fetal, modalidades que envolvam a resistência física geralmente apresentam uma relação muito significativa com o marcador *digit ratio*. Além envolver o desempenho físico, o *digit ratio* pode apresentar relações com a agressividade de indivíduos e também com certas enfermidades. Utilizando-se de uma gama grande de estudos já realizados, conclui-se que o *digit ratio* realmente tem poder de correlacionar seus valores com o desempenho físico em modalidades de resistência de maneira mais significativa, mas ainda assim também pode apresentar suas variações em esportes predominantemente anaeróbios.

Palavras-chave: Digit Ratio, Exercício Aeróbio, Desempenho Físico.

ABSTRACT

Prenatal androgen exposure has many importance in organizational questions in the human body. With it, the development of the human being is possible both physically, behaviorally and psychologically. To measure this exposure, the digit ratio (2D:4D) is the most used tool in academic papers. Using the length of the index finger and ring finger, this value can be translated indirectly in a simple way to understand. As the cardiovascular system is the main affected by fetal testosterone, sports which involve the physical endurance generally present a very significant relation with the marker digit ratio. Besides involving performance, the digit ratio can present relation with individual aggressiveness and some diseases as well. Using a good quantity of studies already realized, it follows that digit ratio can really correlate its values with physical performance in endurance sports more significantly, but still can present some variations in sports predominantly anaerobic.

Keywords: Digit Ratio, Aerobic Exercise, Physical Performance.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1. OBJETIVO GERAL.....	8
1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	8
2. METODOLOGIA	9
3. DESENVOLVIMENTO	10
3.1. ANDRÓGENOS PRÉ-NATAIS E DIGIT RATIO.....	10
3.2. TIPOS E MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DO DIGIT RATIO.....	11
3.3. ANDRÓGENOS PRÉ-NATAIS E SUAS MODIFICAÇÕES.....	12
3.4. RELAÇÃO COM AGRESSIVIDADE E ENFERMIDADES.....	14
3.5. ESTUDOS SIGNIFICATIVOS COM DIGIT RATIO.....	15
4. CONCLUSÕES	18
REFERÊNCIAS	19

1. INTRODUÇÃO

O desempenho físico aprimora-se constantemente, seja por novos métodos de treinamento, estruturas físicas mais adequadas e capacitadas para a abordagem ao atleta ou pela aparição de talentos esportivos. Para essa constante evolução ocorrer, são necessários estudos que identifiquem os diversos meios de predição e detecção de capacidades físicas. Como o *digit ratio* permanece relativamente constante durante toda a vida, ele pode ser uma boa ferramenta para a identificação de talentos esportivos (MANNING & TAYLOR, 2001; PAUL et al., 2006).

Trata-se de um marcador que utiliza a razão dos dedos indicador e anelar para prever a exposição a andrógenos pré-natais, especialmente a testosterona. Esse contato com o hormônio fetal desencadeia uma série de aprimoramentos organizacionais, tanto a nível cerebral quanto fisiológico, dependendo da quantidade exposta ao hormônio. Sugere-se um permanente efeito de masculinização no comportamento humano, mesmo em mulheres (MANNING, 2002), potencializando a relação com o desempenho esportivo (HONEKOPP et al., 2006).

Além de não se modificar de maneira significativa ao longo da vida (MCINTYRE et al., 2005), os valores do *digit ratio* não apresentam relação com a idade ou fatores físicos, tais como altura, peso ou índice de massa corporal, podendo ser utilizado em diversos indivíduos (BESCÓS et al., 2009).

Como a relação com o sistema cardiovascular é extremamente significativa, surge a necessidade de revisar conceitos e resultados onde esses valores afetaram o desempenho físico, fortalecendo ainda mais a teoria de ser um bom preditor de *performance* esportiva.

1.1. OBJETIVO GERAL

Identificar a validade dos efeitos da exposição a testosterona pré-natal utilizando o marcador *digit ratio* no desempenho físico esportivo, em questões comportamentais do indivíduo e sua relação com enfermidades.

1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Analisar a significância da capacidade de predição de desempenho esportivo e comportamental do *digit ratio* em modalidades predominantemente aeróbias.

2. METODOLOGIA

Para execução desta revisão de literatura, duas bases de dados eletrônicas foram consultadas: PubMed e Science Direct. Não houve nenhuma delimitação de idiomas ou data de publicação. A pesquisa foi realizada no mês de agosto de 2016.

Utilizou-se a palavra chave principal *digit ratio* com operador booleano *AND* e as palavras secundárias *running*, *endurance*, *speed*, *sprint*, *aerobic* e *agility*. Para limitar a obtenção de demasiado material que não abordaria o tema, limitou-se os campos em que os descritores apareciam em: título, resumo ou palavras-chaves. Como a ideia inicial da revisão era abordar a temática de provas de atletismo (corridas em geral), os descritores envolveram questões tanto de resistência, como de agilidade e velocidade. Foram encontrados estudos basicamente com os descritores secundários *endurance* e *running*, e somente dois estudos com a palavra *sprint*. Deve-se citar também que a busca envolveu as mesmas palavras chave no idioma português, todas obtidas pelo DeCS (Descritores em Ciências da Saúde), incluindo os de língua inglesa.

A busca resultou em 22 artigos (5 na base ScienceDirect e 18 na base PubMed). Como alguns artigos foram encontrados em ambas as bases, o valor final foi de 22 estudos. Destes, um não foi possível obter de maneira integral, sendo excluído. Dois não abordavam a temática referida em humanos, e sim animais, também sendo excluídos. E a última exclusão se deu em um estudo que não abordava questões de desempenho físico. Logo, para a formulação desta revisão foram lidos na íntegra e utilizados 18 artigos originais.

Após a leitura dos estudos, identificou-se a carência de resultados em questões anaeróbias, possibilitando assim a delimitação da presente revisão em questões especialmente aeróbias em qualquer modalidade esportiva, e não somente no atletismo.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. ANDRÓGENOS PRÉ-NATAIS E DIGIT RATIO

Na evolução humana, pode-se considerar que a exposição a andrógenos pré-natais continua a ser um dos fatores primordiais ao desenvolvimento do homem. Esse contato quanto feto com hormônios, especialmente a testosterona, desencadeia uma série de adaptações e ajustes corporais de extrema importância que foram fundamentais para a continuidade da espécie humana. Andrógenos pré-natais podem resultar em mudanças organizacionais de longo-termo tanto no cérebro como na fisiologia dos indivíduos, enquanto os níveis de testosterona adultos possuem maior caráter de ativação.

Como há uma impossibilidade de mensuração direta do nível organizacional que a testosterona mediou antes do nascimento, surge como um meio de avaliação o *digit ratio*, comumente chamado de 2D:4D (MANNING et al., 1998). Esse marcador contém informações da quantidade de exposição à testosterona e estrógeno em uma “janela” do período de desenvolvimento fetal – entre a oitava e décima semana de gestação (MALAS et al., 2006) – que influencia diversas áreas do indivíduo, tais como o cérebro, esqueleto, músculos, sistema circulatório e comportamental (MANNING et al., 1998; ZHENG & COHN, 2011). Segundo McIntyre et al. (2005) e Trivers et al. (2006), seus valores são pouco afetados pela puberdade e permanecem relativamente constantes durante a vida adulta, aumentando a fidelidade do marcador para estudos longitudinais.

O controle étnico para análise do *digit ratio* é de suma importância devido variações apresentadas em diferentes estudos. Manning et al. (2007a) mostrou que caucasianos tem a tendência de apresentar um valor superior de 2D:4D do que pessoas negras e do leste asiático. Entre a população caucasiana da Europa também foram vistas diferenças bem delimitadas na média do *digit ratio* (VORACEK & DRESSLER, 2006). Em um estudo com jogadores de futebol ingleses que representaram seu país, Manning (2002) encontrou diferenças significativas entre Afro-Americanos e caucasianos, embora menos que 1% da amostra fosse considerada descendente de Africanos (negros).

Para mostrar seus resultados em uma medida cartesiana, o *digit ratio* utiliza o comprimento do dedo indicador dividido pelo valor do comprimento do dedo anelar da mesma mão, direita ou esquerda. Quanto menor for o valor obtido, tão maior terá sido a exposição do indivíduo à testosterona pré-natal em relação ao estrógeno. O dimorfismo sexual é estabelecido por essa relação (MANNING et al., 1998), visto que homens são mais expostos à testosterona, e as mulheres mais expostas ao estrógeno. Logo, essa exposição aumentada do sexo masculino faz com que os

valores do 2D:4D sejam geralmente inferiores se comparados as mulheres (MANNING et al., 2000). Essa grande concentração de testosterona pré-natal corresponde a traços e características masculinas, como o comportamento de assumir riscos (MANNING & TAYLOR, 2001; MANNING, 2002).

Um dos grandes fatores que confirmaram a teoria do *digit ratio* associado com a testosterona pré-natal foi a observação do baixo valor de 2D:4D de crianças com hiperplasia adrenal congênita (HAC), condição que leva a elevação dos níveis de andrógenos pré-natais (HONEKOPP & WATSON, 2010). Em homens, Berenbaum et al. (2009) reportaram um valor de *digit ratio* mais elevado, chamado pelos autores de “feminizado”, em indivíduos XY com insensibilidade completa a andrógenos. Em estudo com mulheres com síndrome do ovário policístico, uma doença que está relacionada a altos níveis de testosterona pré-natal e adulta, encontrou-se menores valores de 2D:4D em comparação com um grupo controle saudável (CATTRALL et al., 2005).

3.2. TIPOS E MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DO DIGIT RATIO

A grande maioria dos estudos utilizam o *digit ratio* de três maneiras: mensurando o valor da mão direita (2D:4D direito), da mão esquerda (2D:4D esquerdo), ou realizando a média subtraindo o valor do lado direito com o esquerdo (2D:4D direito-esquerdo).

Dados utilizados da mão direita tendem a apresentar diferenças sexuais mais acentuadas, visto que homens apresentam média inferior se comparados com mulheres (HONEKOPP & WATSON, 2010; MANNING et al., 1998), além de apresentarem relações mais próximas com o desempenho físico.

Por outro lado, os dados da mão esquerda podem ser utilizados em casos específicos, como por exemplo em um estudo longitudinal onde os avaliados possuam radiografias para mensuração de idade óssea.

Já a média de ambos os lados é um tanto quanto discutida. Crewther et al. (2015) afirmam que por utilizar ambos os lados do corpo, essa medida não se limita a efeitos dos esteroides sexuais de apenas um lado corporal. Existem evidências de que o valor do resultado da subtração do *digit ratio* direito e esquerdo é correlacionado com o número de repetições citosina-adenina-guanina, onde valores inferiores significam maior sensibilidade à testosterona (MANNING et al., 2004; HURD et al., 2010). Como desvantagem, a medida incorpora o erro de duas medidas diferentes, o lado direito e o esquerdo, apresentando assim uma confiabilidade inferior do que uma mensuração única (lado direito ou esquerdo).

Para mensuração desses três tipos de *digit ratio* diversas metodologias são utilizadas pela comunidade acadêmica. Entre as mais difundidas estão análise de radiografias (TRIVERS et al., 2013; PAUL et al., 2006), medição direta dos dedos (MANNING et al., 2007a; KILDUFF et al., 2013) e a utilização de fotocópias das palmas das mãos (BESCÓS et al., 2009; HILL et al., 2012; LONGMAN et al., 2015; SUDHAKAR et al., 2014; VORACEK et al., 2006).

Algumas variações poderão aparecer dependendo do método utilizado, visto que valores medidos em fotocópias foram menores do que os encontrados em medição direta (MANNING et al., 2005), tal como os valores calculados através de radiografias foram também inferiores aos de fotocópias (MANNING et al., 2000). Apesar dessas discrepâncias, Voracek et al. (2008) concluíram que os tamanhos dos dedos não apresentam relação aos diferentes tipos de medição, sugerindo que é improvável explicar diferenças em estudos por diferenciação de análise de imagens ou medição direta dos dedos, a menos que alguma lesão seja reportada na amostra – nesses casos recomenda-se que o indivíduo seja excluído. Obviamente outros fatores podem influenciar na escolha do método, tal como o grande número da amostra a ser analisada, baixo tempo para produção do estudo ou controle de custos de equipamentos.

Com a posição ventral da mão a ser mensurada, utiliza-se o centro da prega de flexão proximal da palma da mão e mede-se até o topo dos dedos indicador e anelar (KOCIUBA et al., 2015; LONGMAN et al., 2011; MANNING et al., 2009; MOFFIT et al., 2011; SUDHAKAR et al., 2014). De acordo com Manning (2002), este método apresenta boa confiabilidade e baixo erro de medição.

Para obtenção das medidas, utilizam-se paquímetros com escala de 0,01 mm. Em caso de imagens digitalizadas, pode-se também utilizar softwares específicos para medição. Para o procedimento de mensuração recomenda-se a realização de duas ou mais medidas, utilizando a média dos valores obtidos para maior segurança dos dados (LONGMAN et al., 2011; LONGMAN et al., 2015; VORACEK et al., 2010). É necessária também a participação de um ou mais investigadores que possuam experiência na mensuração do *digit ratio*, onde os mesmos irão trabalhar de forma cega (ex. não saberão a que atleta a imagem corresponde, nem os valores obtidos pelo outro medidor) (VORACEK et al., 2010; LONGMAN et al., 2011). Outras recomendações para a amostra também podem ser importantes, tais como: não exercer demasiada pressão no momento do escaneamento das mãos (CREWETHER et al., 2015; MANNING et al., 2009) e estender os dedos o máximo possível para fotocópia (MANNING, 2002; MANNING et al., 2009) ou medição direta (LONGMAN et al., 2011).

3.3. ANDRÓGENOS PRÉ-NATAIS E SUAS MODIFICAÇÕES

Grandes níveis de andrógenos fetais, especialmente a testosterona, promovem o desenvolvimento e manutenção de diversas capacidades, como resistência, ritmo, velocidade, melhores habilidades visuo-espaciais (PUTS et al., 2008), hipertrofia muscular (SINHA-HIKIM et al., 2003; SINHA-HIKIM et al., 2004), força aumentada (HERBST & BHASIN, 2004; BHASIN et al., 2001), diminuição da massa corporal gorda, aumento no hematócrito, reduzidos tempos de reação (SALMINEN et al., 2004), prontidão para engajamento em situações estressantes e esportes (MANNING & TAYLOR, 2001) e principalmente a promoção de um eficiente sistema cardiovascular (POKRYWKA et al., 2005; MANNING & BUNDRED, 2000).

De acordo com Manning et al. (2007b), isso ocorre por ajustes realizados pela exposição ao andrógeno pré-natal em características que influenciam demasiadamente a resistência física e o componente aeróbio, tais como resistência de corrida, economia de corrida, aumento do consumo máximo de oxigênio (VO₂max) e melhora de componentes vasculares (DANIELS & DANIELS, 1992; HELGERUD et al., 1990).

Por outro lado, valências que não envolvam a resistência não são tão abrangidas pela exposição a testosterona pré-natal, como por exemplo a força ou potência (MANNING & HILL, 2009). O *digit ratio* conseguiu explicar variações de 2% em *sprints* de velocidade (MANNING & HILL, 2009) e até mesmo 10% em esportes que requerem uma combinação de força e capacidade aeróbia (MANNING & TAYLOR, 2001). Esses valores são, ainda, demasiados pequenos se comparados com a variação de 25 a 30% no desempenho de atletas de corrida de média e longa distância (MANNING et al., 2007b; HONEKOPP & SCHUTER, 2010).

Alterações também podem ser observadas em âmbito comportamental se analisado o *digit ratio*. Modificações que podem influenciar o desempenho também são observados em diminuídos valores de 2D:4D, tais como o aumento da confiança (BOISSY & BOUISSOU, 1994), agressividade (COYNE et al., 2007; BENDERLIOGLU & NELSON, 2004), assertividade (WILSON, 1983), competitividade (HAMPSON et al., 2008) e dominância (NEAVE et al., 2003).

Existem evidências que além de influenciar o desempenho físico, menores valores de *digit ratio* podem ser correlacionados positivamente com o sucesso reprodutivo masculino, enquanto valores aumentados de 2D:4D apresentam resultados similares em mulheres (MANNING et al., 2000). Esses resultados suportam observações anteriores onde os baixos valores de *digit ratio* eram associados a alta contagem de espermatozoides em homens e altos níveis de estrógeno e hormônios luteinizantes em mulheres (MANNING et al., 1998).

Um modelo proposto por Geschwind & Galaburda (1985) também sugere que a testosterona pré-natal tende a retardar o desenvolvimento de determinadas áreas do hemisfério esquerdo do cérebro, enquanto favorece o direito. Como homens geralmente apresentam maiores níveis de testosterona, a maturação cerebral acaba favorecendo habilidades do hemisfério direito (SALADIN, 2004). Esse padrão de

desenvolvimento neurológico pode ser vantajoso para atividades físicas por predispor e estimular a capacidade atlética dos indivíduos (FINK et al., 2006b).

3.4. RELAÇÃO COM AGRESSIVIDADE E ENFERMIDADES

Além de influenciar situações organizacionais já citadas anteriormente, o *digit ratio* apresenta evidências concretas de sua mediação na sensibilidade à própria testosterona em todo ciclo da vida do indivíduo (KILDUFF et al., 2013). Apesar de apresentar relações com a sensibilidade e estímulo do hormônio, não existem evidências para uma forte associação entre o 2D:4D e os níveis de testosterona circulante. Alguns estudos até reportaram correlações (MANNING et al., 1998), mas revisões subsequentes com grandes amostras concluíram que a associação era fraca ou nula (MANNING et al., 2004; HONEKOPP et al., 2007; MULLER et al., 2011).

Em estudos de Hill et al. (2012) e Kilduff et al. (2013) os valores de *digit ratio* direito-esquerdo mostraram ser um marcador para o aumento dos níveis de testosterona livre em condições de desafio (físico, agressivo ou sexual), onde os menores valores apresentaram maiores níveis de testosterona livre. Logo, se o hormônio é aumentado em situações estressantes e o 2D:4D é um preditor de desempenho esportivo, então ele pode também prever esse recurso de “ativação” da testosterona durante situações físicas e agressivas (MANNING et al., 2014).

Supõe-se então que esses picos de testosterona podem ser reservados para situações relevantes, incluindo competições esportivas (NEAVE & WOLFSON, 2003; EDWARDS et al., 2007), enfrentamentos agressivos (ELIAS, 1981) e sexuais (ESCASA et al., 2011). Os aumentos nos níveis de testosterona livre podem ocorrer imediatamente antes ou durante desafios físicos, como partidas de futebol americano (NEAVE & WOLFSON, 2003) tênis (BOOTH et al., 1989) e competições de judô (SALVADOR et al., 2003).

Interações ou atividades que possam influenciar nos níveis de agressividade dos indivíduos também são bastante exploradas, visto a relação que a testosterona tem com a agressividade em situações desafiadoras. Crewther et al. (2015) concluíram que quando uma amostra de homens foi exposta a vídeos de *tackles* de rúgbi ou de cenas de luta após um estímulo físico os níveis de testosterona aumentaram mais do que o grupo que assistiu ao vídeo antes dos *sprints*. O grupo controle dessa amostra não apresentou diferenças nos níveis de testosterona. Músicas agressivas e ações que envolvam o manuseio de armas também podem aumentar os níveis de testosterona livre (MILLET & DEWITTE, 2007), assim como o odor de mulheres próximas a ovulação (MILLER & MANER, 2010).

Algumas considerações podem ser feitas acerca de enfermidades e os valores de *digit ratio*. Manning & Boundred (2001) encontraram uma relação diretamente

proporcional entre o risco de ataque cardíaco com os valores de 2D:4D em homens. Explica-se que a testosterona é um protetor contra o infarto do miocárdio, fato suportado pelo estudo de Wu et al. (2013) em populações chinesas. Segundo Androutsos et al. (2014), marcadores de inflamação como o IL-6 possuem associação positiva com o *digit ratio* em meninas. Homens com menor valor de 2D:4D possuem menor circunferência de pescoço, uma importante medida para obesidade (FINK et al., 2006a). Apesar de não criar uma relação definitiva, o *digit ratio* pode ser utilizado como marcador e até mesmo fator de risco para determinadas doenças (MANNING & BUNDRED, 2001).

Por outro lado, a testosterona pré-natal pode deprimir a função imune. Logo, um baixo *digit ratio* pode ser um marcador para susceptibilidade a infecções, como a toxoplasmose (FLEGR et al., 2005).

3.5. ESTUDOS SIGNIFICATIVOS COM DIGIT RATIO

Manning & Taylor (2001) obtiveram resultados fantásticos para a solidificação do *digit ratio* como preditor de desempenho físico. Em estudo realizado com 304 jogadores profissionais de futebol ativos ou aposentados de diversos níveis (internacional, primeira, segunda e terceira ligas, titulares, reservas e juniores) várias considerações foram feitas: (i) jogadores profissionais obtiveram valores inferiores de 2D:4D do que grupos controle que refletem a média da população; (ii) jogadores titulares possuem menor valor de *digit ratio* se comparados com reservas e juniores; (iii) jogadores de nível internacional tiveram menor valor de *digit ratio* se comparados a jogadores que não chegaram a tal nível; (iv) em profissionais de nível internacional que já encerraram a carreira, menor valor de 2D:4D direito-esquerdo foi associado a maiores números de aparições internacionais; (v) houve um aumento geral nos valores de 2D:4D partindo dos jogadores internacionais em direção as ligas menos disputadas.

Diversas pesquisas mostram que atletas das mais diferentes modalidades esportivas apresentam valores inferiores de *digit ratio* se comparados com a população em geral. Em estudo de Moffit et al. (2011), atletas de futebol americano e ginástica mostraram esses resultados com grandes níveis de significância ($p = 0,000$ e $p = 0,001$, respectivamente). Jogadores de *kabaddi* (esporte que possui alguma semelhança com o rúgbi – originário da Índia Antiga) também possuem menor valor de 2D:4D se comparados com o grupo controle (população em geral, não-atleta) (SUDHAKAR et al., 2014). A mesma situação é observada em mulheres, onde atletas amadoras possuem valores inferiores de 2D:4D se comparadas com mulheres não engajadas em esportes (LATOURELLE et al., 2008).

Manning (2002) encontrou em uma amostra de 71 homens de clubes ingleses que treinavam e competiam regularmente nas modalidades de 800 e 1500 metros de atletismo correlações positivas significativas entre o valor de *digit ratio* direito e *digit ratio* direito-esquerdo com os tempos das últimas três provas realizadas pelos indivíduos (47 corredores de 800m e 40 corredores de 1500m).

Em corridas de inverno de *cross-country* 117 homens foram avaliados (97 indivíduos para 800m e 67 para 1500m). Os melhores tempos informados pelos participantes foram significativamente correlacionados com os valores de 2D:4D direito. Além disso, na amostra dos 800 metros os valores foram independentes do fator idade e significativos quando comparados com o 2D:4D direito-esquerdo (MANNING et al., 2003).

Kociuba et al. (2015) compararam estudantes de carreiras militares e civis. No sexo masculino, nenhuma diferença foi observada nos valores de 2D:4D entre os dois grupos, mas com amostra do sexo feminino uma clara e significativa diferença foi observada, onde os valores de *digit ratio* tanto da mão direita ($p < 0,001$) quanto esquerda ($p < 0,01$) foram menores no grupo militar se comparado com o grupo civil. Acredita-se que mulheres com maior capacidade física e com níveis de confiança e motivação superiores possam estar mais propensas a escolher trabalhos desafiadores, como um curso militar. Após o recrutamento militar, as estudantes selecionadas tendem a apresentar com mais frequência aspectos masculinizados, visto que a exigência a exercícios intensos passa a ser muito maior após aprovação no curso.

Em amostra de corredores de meia maratona, encontrou-se correlações significativas entre os valores de 2D:4D e o tempo final da prova de corrida, tanto em homens quanto mulheres. Mesmo com ambos os valores significativos, a relação do sexo masculino foi mais forte do que a do sexo feminino (LONGMAN et al., 2015).

Os achados de Bescós et al. (2009) mostram que o *digit ratio* direito-esquerdo foi associado a melhores posições atuais e passadas em ranking, independentemente da intensidade do treinamento e anos de experiência na esgrima. Diferenças foram encontradas entre as modalidades do esporte: homens que participam da forma mais agressiva – sabre – tiveram valores inferiores de *digit ratio* se comparados com as outras duas formas – florete e espada. No mesmo estudo ainda foi identificado que atletas canhotos obtiveram valores inferiores de *digit ratio* e também possuíam melhores colocações atuais e passadas no ranking mundial. A etnia, altura, peso e anos de experiência internacional foram consideradas na pesquisa, garantindo maiores níveis de confiabilidade.

Em estudo de Hill et al. (2012) garotos que possuem menores valores de *digit ratio* direito comparado com o esquerdo (2D:4D direito-esquerdo) alcançaram maiores níveis de consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), velocidade de consumo máximo de oxigênio (vVO_{2max}) e concentração máxima de lactato (LA_{max}) do que garotos

que possuem maiores valores de 2D:4D direito-esquerdo. A idade não afetou os resultados obtidos.

Tamiya et al. (2012) encontraram uma correlação negativa entre o valor de *digit ratio* e porcentagem de vitórias e ranking em lutadores de sumô, sugerindo que o maior nível de testosterona pré-natal pode ter influenciado positivamente o progresso atlético na modalidade. Mesmo com o controle de peso e altura dos atletas os valores continuaram associados com o 2D:4D, mostrando que a massa corporal não teve efeito significativo no desempenho do sumô como o *digit ratio*.

Apesar de indicações de que o *digit ratio* afeta mais esportes de resistência (*endurance*), Manning et al. (2009) encontraram resultados satisfatórios em uma amostra de meninos. Uma correlação positiva foi observada entre tempos de *sprints* de 50 metros com valores de 2D:4D da mão direita. O desempenho foi inferior em atletas com maiores valores de *digit ratio*. Sem influência de idade, índice de massa corporal e índice de maturação a correlação continuou com valores significativos.

4. CONCLUSÕES

A presente revisão mostra as diferentes abordagens que o *digit ratio* pode proporcionar ao campo do desempenho físico. Diversos métodos, análises e resultados podem ser alcançados utilizando o 2D:4D. Os estudos apresentados acima mostram que existe uma relação entre a capacidade atlética dos indivíduos com suas respectivas modalidades, e grande parte dos estudos acaba alcançando níveis significativos. Quando esse valor não é obtido, uma tendência ao menos é exibida, mostrando o valor do marcador discutido.

Como qualquer temática, existem alguns pontos ainda turvos quanto a maneira de se realizar um estudo envolvendo o *digit ratio*. Que alternativa se encaixa melhor em cada situação, que valor ou maneira de obtenção do valor deve ser utilizada, entre outros. Como o objetivo inicial do estudo era abordar todo o tipo de corrida do atletismo e apenas a questão aeróbia terminou por ser analisada, encontra-se uma falta de estudos significantes com a questão anaeróbia em pauta. Obviamente, como citado nos tópicos anteriores, o *digit ratio* possui maior validade quando avaliadas questões de resistência, motivo que pode justificar a falta de resultados de outra vertente, como força e agilidade.

Contudo, mesmo utilizando-se de uma quantia relativamente baixa de artigos, pode-se concluir que o *digit ratio*, ou 2D:4D, é um importante marcador para predição do desempenho físico em algumas modalidades. Estudos longitudinais são necessários para visualizar se essa questão pode ser abordada desde a iniciação esportiva, quando criança, e se esses valores realmente se confirmam com o amadurecimento do indivíduo.

REFERÊNCIAS

- ANDROUTSOS, O; MOSCHONIS, G; KROUPITSKI, A; MANTZOU, A; ROMAGIANNIKOU, E; CHROUSOS, G.P; MANIOS, Y; KANAKA-GANTENBEIN, C. **The correlation of right 2D:4D finger length ratio to the low-grade inflammation marker IL-6 in children.** The Healthy Growth Study. Early Human Development, 90:61-65, 2014.
- BENDERLIOGLU, Z; NELSON, R.J. **Digit length ratios predict reactive aggression in women, but not in men.** Hormones and Behavior, 46:558-564, 2004.
- BERENBAUM, S.A; BRYK, K.K; NOWAK, N; QUIGLEY, C.A; MOFFAT, S. **Fingers as a marker of prenatal androgen exposure.** Endocrinology, 150:5119-5124. 2009.
- BESCÓS, R; ESTEVE, M; PORTA, J; MATEU, M; IRURTIA, A; VORACEK, M. **Prenatal programming of sporting success: associations of digit ratio (2D:4D), a putative marker for prenatal androgen action, with world rankings in female fencers.** Journal of Sports Sciences, 27: 625-632, 2009.
- BHASIN, S; WOODHOUSE, L; STORER, T.W. **Proof of the effect of testosterone on skeletal muscle.** Journal of Endocrinology, 170:27-38, 2001.
- BOISSY, A; BOUISSOU, M.F. **Effects of androgen treatment on behavioral and physiological responses of heifers to fear-eliciting situations.** Hormones and Behavior, 28:66-83, 1994.
- BOOTH, A; SHELLEY, G; MAZUR, A; THARP, G; KITTOK, R. **Testosterone, and winning and losing in human competition.** Hormones and Behavior, 23:556-571, 1989.
- CATTRALL, F.R; VOLLENHOVEN, B.J; WESTON, G.C. **Anatomical evidence for in utero androgen exposure in women with polycystic ovary syndrome.** Fertility and Sterility, 84:1689-1692, 2005.
- COYNE, S.M; MANNING, J.T; RINGER, L; BAILEY, L. **Directional asymmetry (right-left differences) in digit ratio (2D:4D) predict indirect aggression in women.** Personality and Individual Differences, 43:865-872, 2007.
- CREWETHER, B; COOK, C; KILDUFF, L; MANNING, J.T. **Digit ratio (2D:4D) and salivary testosterone, oestradiol and cortisol levels under challenge: Evidence for prenatal effects on adult endocrine responses.** Early Human Development 91:451-456, 2015.
- DANIELS, J; DANIELS, N. **Running economy of elite and non-elite female runners.** Medicine and Science in Sports and Exercise, 24:483-489, 1992.
- EDWARDS, D.A; WATERS, J; WEISS, A; JARVIS, A. **Intercollegiate athletics: competition increases saliva testosterone in women soccer, volleyball, and**

softball players. In: ARDIS, L.I. Testosterone research trends. Nova Science Publishers Inc, 195-209, 2007.

ELIAS, M. **Serum cortisol, testosterone, and testosterone-binding globulin responses to competitive fighting in human males.** *Aggressive Behavior*, 7:215-224, 1981.

ESCASA, M.J; CASEY, J.F; GRAY, P.B. **Salivary testosterone levels in men at a U.S. sex club.** *Archives of Sexual Behavior*, 40:921-926, 2011.

FINK, B; MANNING, J.T; NEAVE, N. **The 2nd–4th digit ratio (2D:4D) and neck circumference: Implications for risk factors in coronary heart disease.** *International Journal of Obesity*, 30:711-714, 2006a.

FINK, B; THANZAMI, V; SEYDEL, H; MANNING, J.T. **Digit ratio and hand-grip strength in German and Mizos men: Cross-cultural evidence for an organizing effect of prenatal testosterone on strength.** *American Journal of Human Biology*, 18:776-782, 2006b.

FLEGR, J; HRUSKOVA, M; HODNY, Z; NOVATNA, M; HANUSOVA, J. **Body height, body mass index, waist-to-hip ratio, fluctuating asymmetry and second to fourth digit ratio in subjects with latent toxoplasmosis.** *Parasitology* 130:621-628, 2005.

GESCHWIND, N; GALABURDA, A.M. Cerebral lateralization. **Biological mechanisms, association, and pathology: a hypothesis and a program for research.** *Archives of Neurology*, 43:428-654, 1985.

HAMPSON, E; ELLIS, C.L; TENK, C.M. **On the relation between 2D:4D and sex-dimorphic personality traits.** *Archives of Sexual Behavior*, 37:133-144, 2008.

HELGERUD, J; INGJER, F; STROMME, S.B. **Sex differences in performance-matched marathon runners.** *European Journal of Applied Physiology*, 61:433-439, 1990.

HERBST, K.L; BHASIN, S. **Testosterone action on skeletal muscle.** *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolism Care*, 7:271-277, 2004.

HILL, R; SIMPSON, B; MANNING, J.T; KILDUFF, L. **Right-left digit ratio (2D:4D) and VO₂max.** *Journal of Sports Sciences*, 30:129-134, 2012.

HONEKOPP, J; BARTHOLDT, L; BEIER, L; LIEBERT, A. **Second to fourth digit length ratio (2D:4D) and adult sex hormone levels: New data and a meta-analytic review.** *Psychoneuroendocrinology*, 32:313-321, 2007.

HONEKOPP, J; SCHUSTER, M. **A meta-analysis on 2D:4D and athletic prowess: Substantial relationships but neither hand out-predicts the other.** *Personality and Individual Differences*, 1:4-10, 2010.

HONEKOPP, J; WATSON, S. **Meta-analysis of digit ratio 2D:4D shows greater sex difference in the right hand.** *American Journal of Human Biology*, 22:619-630, 2010.

HURD, P.L; VAILLANCOURT, K.L; DINSDALE, N.L. **Aggression, Digit Ratio and Variation in Androgen Receptor and Monoamine Oxidase A Genes in Men.** Behavioural Genetics, 41:543-556, 2011.

KILDUFF, L; COOK, C.J; BENNETT, M; CREWETHER, B; BRACKEN, R.M; MANNING, J.T. **Right-left digit ratio (2D:4D) predicts free testosterone levels associated with a physical challenge.** Journal of Sports Sciences, 31:677-683, 2013.

KOCIUBA, M; KOZIEL, S; CHAKRABORTY, R. **SEX DIFFERENCES IN DIGIT RATIO (2D:4D) AMONG MILITARY AND CIVIL COHORTS AT A MILITARY ACADEMY IN WROCŁAW, POLAND.** Journal of Biosocial Science, 0:1-14. 2015.

LATOURELLE, S.M; ELWESS, N.L; ELWESS, J.M. **Finger forecasting: a pointer to athletic prowess in women – a preliminary investigation by an undergraduate biology class.** American Biology Teacher, 70: 411-414, 2008.

LONGMAN, D; STOCK, J.T; WELLS, J.C.K. **Digit ratio (2D:4D) and rowing ergometer performance in males and females.** American Journal of Physical Anthropology, 144:337-341, 2011.

LONGMAN, D; WELLS, J.C.K; STOCK, J.T. **Can Persistence Hunting Signal Male Quality? A Test Considering Digit Ratio in Endurance Athletes.** PLOS ONE, 4:1-12, 2015.

MALAS, M.A; DOGAN, S; EVCIL, E.H; DESDICIOGLU, K. **Fetal development of the hand, digits and digit ratio (2D:4D).** Early Human Development, 82:469-475, 2006.

MANNING, J.T. **Digit Ratio: A Pointer to Fertility, Behavior, and Health.** New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 2002.

MANNING, J.T; BARLEY, L; WALTON, J; LEWIS-JONES, D.I; TRIVERS, R.L; SINGH, D; THORNHILL, R; ROHDE, P; BERECZKEI, T; HENZI, P; SOLER, M; SZWED, A. **The 2nd:4th digit ratio, sexual dimorphism, population differences and reproductive success: Evidence for sexually antagonistic genes?** Evolution and Human Behavior, 21:163-183, 2000.

MANNING, J.T; BUNDRED, P.E. **The ratio of 2nd to 4th digit length: a new predictor of disease predisposition?** Medical Hypotheses, 54:855-857, 2000.

MANNING, J.T; BUNDRED, P.E. **The ratio of second to fourth digit length and age at first myocardial infarction in men: a link with testosterone?** British Journal of Cardiology, 8:720-723, 2001.

MANNING, J.T; BUNDRED, P.E; TAYLOR, R.P. **The ratio of 2nd and 4th digit length: a prenatal correlate of ability in sport.** In: REILLY, T; MARFELL-JONES, M. Kinanthropometry VIII: Proceedings of the 8th International Conference of the International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). London: Routledge. 165-174, 2003.

MANNING, J.T; CHURCHILL, A.J.G; PETERS, M. **The effects of sex, ethnicity, and sexual orientation on self-measured digit ratio (2D:4D).** Archives of Sexual Behavior, 36:223-233, 2007a.

MANNING, J.T; FINK, B; NEAVE, N; CASWELL, N. **Photocopies yield lower digit ratios (2D:4D) than direct finger measurements.** Archives of Sexual Behavior, 34:329-333, 2005.

MANNING, J.T; HILL, M.R. **Digit ratio (2D:4D) and sprinting speed in boys.** American Journal of Human Biology, 21: 210-213, 2009.

MANNING, J.T; KILDUFF, L; COOK, C; CREWETHER, B; FINK, B. **Digit ratio (2D:4D): a biomarker for prenatal sex steroids and adult sex steroids in challenge situations.** Frontiers in Endocrinology, 30(5):1-5, 2014.

MANNING, J.T; MORRIS, L; CASWELL, N. **Endurance running and digit ratio (2D:4D): implications for fetal testosterone effects on running speed and vascular health.** American Journal of Human Biology, 19:416-421, 2007b.

MANNING, J.T; SCUTT, D; WILSON, J; LEWIS-JONES, D.I. **The ratio of 2nd to 4th digit length: A predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen.** Human Reproduction, 13:3000-3004, 1998.

MANNING, J.T; TAYLOR, R.P. **2nd to 4th digit ratio and male ability in sport: Implications for sexual selection in humans.** Evolution and Human Behavior, 22:61-69, 2001.

MANNING, J.T; TRIVERS, R.L; THORNHILL, R; SINGH, D. **The 2nd to 4th digit ratio and asymmetry of hand performance in Jamaican children.** Laterality, 5:121-132, 2000.

MANNING, J.T; WOOD, S; VANG, E; WALTON, J; BUNDRED, P.E; VAN HEYNINGEN, C; LEWIS-JONES, D.I. **Second to fourth digit ratio (2D:4D) and testosterone in men.** Asian Journal of Andrology, 6:211-215, 2004.

MCINTYRE, M.H; ELLISON, P.T; LIEBERMAN, D.E; DEMERATH, E; TOWNE, B. **The development of sex differences in digital formula from infancy in the Fels Longitudinal study.** Proceedings of the Royal Society of London B, 272:1473-1479, 2005.

MILLER, S.L; MANER, J.K. **Scent of a woman: Men's testosterone responses to olfactory ovulation cues.** Psychological Science, 21:276-283, 2010.

MILLET, K; DEWITTE, S. **Digit ratio (2D:4D) moderates the impact of an aggressive music video on aggression.** Personality and Individual Differences, 43:289-294, 2007.

MOFFIT, D.M; SWANIK, C.B. **The association between athleticism, prenatal testosterone, and finger length.** Journal of Strength and Conditioning Research, 25(4):1085-1088, 2011.

MULLER, D.C; GILES, G.G; BASSETT, J; MORRIS, H.A; MANNING, J.T; HOPPER, J.L; ENGLISH, D.R; SEVERI, G. **Second to fourth digit ratio (2D:4D) and concentrations of circulating sex hormones in adulthood.** *Reproductive Biology and Endocrinology*, 9(57):1-12, 2011.

NEAVE, N; LAING, S; FINK, B; MANNING, J.T. **Second to fourth digit ratio, testosterone and perceived male dominance.** *Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*, 270:2167-2172, 2003.

NEAVE, N; WOLFSON, S. **Testosterone, territoriality and the 'home advantage'.** *Physiology and Behaviour*, 78:269-275, 2003.

PAUL, S.N; KATO, B.S; HUNKIN, J.L; VIVEKANANDAN S; SPECTOR, T.D. **The big finger—The second to fourth digit ratio (2D:4D) is a predictor of sporting ability in females.** *British Journal of Sports Medicine*, 40:981-983, 2006.

POKRYWKA, L; RACHON, D; SUCHECKA-RACHON, K; BITEL, L. **The second to fourth digit ratio in elite and non-elite female athletes.** *American Journal of Human Biology*, 17:796-800, 2005.

PUTS, D.A; MCDANIEL, M.A; JORDAN, C.L; BREEDLOVE, S.M. **Spatial ability and prenatal androgens: meta-analyses of congenital adrenal hyperplasia and digit ratio (2D:4D) studies.** *Archives of Sexual Behavior*, 37:100-111, 2008.

SALADIN, K.S. **Anatomy & Physiology: The Unity of Form and Function (3rd ed.).** New York, NY: McGraw-Hill, 2004.

SALMINEN, E; PORTIN, R; KOSKINEN, A; HELENIUS, H; NURMI, M. **Associations between serum testosterone fall and cognitive function in prostate cancer patients.** *Clinical Cancer Research*, 10:7575-7582, 2004.

SALVADOR, A; SUAY, F; GONZALEZ-BONO, E; SERRANO, M.A. **Anticipatory cortisol, testosterone and psychological responses to judo competition in young men.** *Psychoneuroendocrinology*, 28:364-375, 2003.

SINHA-HIKIM, I; ROTH, S.M; LEE, M.I; BHASIN, S. **Testosterone induced muscle hypertrophy is associated with an increase in satellite cell number in healthy, young men.** *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 285:197-205, 2003.

SINHA-HIKIM, I; TAYLOR, W.E; GONZALEZ-CADAVID, N.F; ZHENG, W; BHASIN, S. **Androgen receptor in human skeletal muscle and cultured muscle satellite cells: Upregulation by androgen treatment.** *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 89:5245-5255, 2004.

SUDHAKAR, H.H; MAJUMDAR, P; UMESH, V; PANDA, K. **Second to fourth digit ratio is a predictor of sporting ability in elite Indian male kabaddi players.** *Asian Journal of Sports Medicine*, 5(3):1-4, 2014.

TAMIYA, R; LEE, S.Y; OHTAKE, F. **Second to fourth digit ratio and the sporting success of sumo wrestlers.** *Evolution and Human Behavior*, 33:130-136, 2012.

TRIVERS, R; HOPP, R; MANNING, J.T. **A longitudinal study of digit ratio (2D:4D) and its relationship with adult running speed in Jamaicans.** *Human Biology*, 85(4):623-626, 2013.

TRIVERS, R; MANNING, J.T; JACOBSON, A. **A longitudinal study of digit ratio (2D:4D) and other finger ratios in Jamaican children.** *Hormones and Behavior*, 49:150-156, 2006.

VORACEK, M; DRESSLER, S.G. **High (feminized) digit ratio (2D:4D) in Danish men: A question of measurement method?** *Human Reproduction*, 21:1329-1331, 2006.

VORACEK, M; PIETSCHNIG, J; OECKHER, M. **Finger, sex, and side differences in fingertip size and lack of association with image-based digit ratio (2D:4D) measurements.** *Perceptual and Motor Skills*, 107:507-512, 2008.

VORACEK, M; REIMER, B; DRESSLER, S.G. **Digit ratio (2D: 4D) predicts sporting success among female fencers independent from physical, experience, and personality factors.** *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20:853-860, 2010.

VORACEK, M; REIMER, B; ERTL, C; DRESSLER, S.G. **Digit ratio (2D:4D), lateral preferences, and performance in fencing.** *Perceptual and Motor Skills*, 103:427-446, 2006.

WILSON, G.D. **Finger-length as an index of assertiveness in women.** *Personality and Individual Differences*, 4:111-112, 1983.

WU, X; YANG, D; CHAI, W; JIN, M; ZHOU, X; ZHAO, Y. **The ratio of second to forth digit length (2D:4D) and coronary artery disease in a Han Chinese population.** *International Journal of Medical Sciences*, 10:1584-1588, 2013.

ZHENG, Z; COHN, M.J. **Developmental basis of sexually dimorphic digit ratios.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108:16289-16294, 2011.