

Juliana Quirino da Silva

FATORES DE RISCO DE LESÕES EM CORREDORES: Revisão de literatura

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2016

Juliana Quirino da Silva

FATORES DE RISCO DE LESÕES EM CORREDORES: Revisão de literatura

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fisioterapia Esportiva.

Orientadora: Dra. Liria Akie Okai-Nóbrega

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2016

A Deus, que me deu sabedoria e força para superar as dificuldades do dia a dia e conseguir alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, irmãos, meu noivo Sérgio, amigos, minha orientadora Líria pelo conhecimento compartilhado, dedicação e paciência no decorrer deste trabalho, além dos familiares que me apoiaram para que eu pudesse concluir mais uma etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A todos que colaboraram de diversas formas e em diferentes etapas ao longo deste curso para minha formação, o meu muito obrigada.

“Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo.” Martin Luther King.

RESUMO

A corrida tornou-se uma das atividades físicas mais populares nas últimas quatro décadas. Com o aumento do número de pessoas que praticam esse esporte conseqüentemente houve um crescimento das lesões decorrentes da sua prática. Os fatores de risco dessas lesões são normalmente divididos em intrínsecos e extrínsecos. Baseado nisto, este trabalho realizou uma revisão bibliográfica dos fatores de risco das lesões em corredores, buscando correlacionar ou compreender as lesões na corrida com os fatores de risco. Foi realizada uma busca sistemática da literatura no portal CAPES e base de dados PUBMED, PEDro, SCIELO, LILACS, CINAHL, AGELINE, EMBASE, PSYCINFO, COCHRANE. Foram encontrados inicialmente 83 artigos sobre fatores de risco associados a lesões na corrida. Após análise dos títulos e resumos, 57 artigos foram excluídos pois a maioria investigaram fatores de risco para uma patologia específica. Sendo assim, 26 artigos foram selecionados para compor esse estudo. Devido à heterogeneidade dos trabalhos encontrados na literatura optou-se por descrever e organizar os dados nos seguintes tópicos: variáveis anatômicas, variáveis biomecânicas, variáveis de treinamento, lesões prévias e modelo de análise dos fatores de risco. Os fatores de risco são características importantes e devem ser estudados e determinados. Exemplos de fatores de risco importantes para corredores são a pronação excessiva do pé e distância maiores que 64 km semanais de treinamento. Entretanto, nem sempre a pessoa que apresenta esses fatores de risco vai necessariamente ter uma lesão. A forma de considerar esses fatores de risco no ambiente clínico deve então ser diferenciado, não considerando-os como causa única mas, sim como parte de um padrão de alterações que levam a disfunções do movimento.

Palavras-chave: Fatores de risco na corrida. Lesões na corrida. Lesões em corredores. Corredores.

ABSTRACT

In the last four decades, running has become one of the most popular physical activity. The increase of the number of practitioners resulted in an increase of injuries rate related with this sport. These injuries risk factors are usually divided into intrinsic and extrinsic. The aim this work is a clinical critical review of the injuries risk factors of the runners. The literature data bank used in this work was CAPES website and databases of PUBMED, PEDro, SCIELO, LILACS, CINAHL, AGELINE, EMBASE, PSYCINFO and COCHRANE. We found initially 83 articles on risk factors associated with running injuries. After analyzing the titles and abstracts, 57 articles were excluded because they investigated risk factors for a specific pathology. Thus, 26 articles were selected to compose this study. Due to the heterogeneity of the literature found, we chose to describe and organize data on the following topics: anatomical variables, biomechanical variables, training variables, previous injuries and risk factors analysis model. Risk factors are important characteristics and should be studied and determined. Variables like excessive foot pronation and the distance practicing (more than 64km/week) are examples of risk factors that should be considered before practice. However, the same risk factors in different subjects is not always associated with lesion. The concept of injury risk factors has to consider complex system model. Running risk factors can not be considered the unique variable. Rehabilitation professionals have to think in a complex way, not considering just a single factor but rather a net of risk factors that constitute a differentiated pattern of movement.

Keywords: Risk factors running. Running injuries. Runners injuries. Runners.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 METODOLOGIA.....	10
3 RESULTADOS	11
4 DISCUSSÃO	12
4.1 Variáveis anatômicas.....	12
4.1.1 Atuação da Fisioterapia nas variáveis anatômicas que podem comprometer a corrida	14
4.2 Variáveis biomecânicas	15
4.2.1 Atuação da Fisioterapia nos fatores cinéticos/cinemáticos que podem comprometer a corrida	18
4.3 Variáveis de treinamento	20
4.3.1 Atuação da Fisioterapia nas variáveis de treinamento que podem comprometer a corrida	21
4.4 Lesões prévias.....	22
4.4.1 Atuação da Fisioterapia nas lesões anteriores que podem comprometer a corrida	22
4.5 Modelo de análise dos fatores de risco.....	23
5 CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

A corrida tornou-se uma das atividades físicas mais populares nas últimas quatro décadas (WEN, 2007; BUIST; BREDEWEG *et al.*, 2012; HESPANHOL JUNIOR; COSTA *et al.*, 2012; SARAGIOTTO; YAMATO *et al.*, 2014). Muito dessa popularidade se deve aos benefícios que esta prática traz para a saúde tais como: o alívio do estresse e melhora do condicionamento físico (MACERA; PATE *et al.*, 1989; BAHR; HOLME, 2003; WEN, 2007; VAN MIDDELKOOP; KOLKMAN *et al.*, 2008a; HESPANHOL JUNIOR; COSTA *et al.*, 2012; SARAGIOTTO; YAMATO *et al.*, 2014). Outro fator que também corrobora para a escolha da corrida como modalidade de exercício é seu fácil acesso, por exemplo, não há necessidade de equipamentos especializados ou mesmo local específico para sua prática (JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003; BUIST; BREDEWEG *et al.*, 2012; HESPANHOL JUNIOR; COSTA *et al.*, 2012; SARAGIOTTO; YAMATO *et al.*, 2014). Existem vários tipos de corredores, alguns com volumes de treinamento semanal maior como os maratonistas e corredores de elite e, outros com volume de treinamento menor que são chamados de corredores amadores e/ou recreacionais (HESPANHOL JUNIOR; COSTA *et al.*, 2012).

Com o aumento do número de pessoas que praticam esse esporte conseqüentemente houve um crescimento das lesões decorrentes da corrida (MACERA; PATE *et al.*, 1989; SATTERTHWAITE; NORTON *et al.*, 1999; JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003; VAN MIDDELKOOP; KOLKMAN *et al.*, 2007; WEN, 2007; VAN MIDDELKOOP; KOLKMAN *et al.*, 2008a; FIELDS; SYKES *et al.*, 2010; DAOUD; GEISSLER *et al.*, 2011; GIANDOLINI; ARNAL *et al.*, 2012; HESPANHOL JUNIOR; COSTA *et al.*, 2012; MURPHY; CURRY *et al.*, 2013). Dependendo da população de corredores estudada, as taxas de incidência variam entre 18,2 a 92,4% e as taxas de prevalência variam entre 6,8 a 59 lesões por 1000 horas de corrida (VAN MIDDELKOOP; KOLKMAN *et al.*, 2007; VAN MIDDELKOOP; KOLKMAN *et al.*, 2008a; VAN MIDDELKOOP; KOLKMAN *et al.*, 2008b; HESPANHOL JUNIOR, COSTA *et al.*, 2012; SARAGIOTTO; YAMATO *et al.*, 2014). Essa grande variação da incidência de lesões se dá também pela definição de lesão. Existem várias formas de definir uma lesão na corrida (RAUH; KOEPSSEL *et al.*, 2006; WEN, 2007; DAOUD; GEISSLER *et al.*, 2011; BUIST; BREDEWEG *et al.*, 2012; HESPANHOL JUNIOR; COSTA *et al.*, 2012; SARAGIOTTO; YAMATO *et al.*, 2014) e uma das mais usadas e aceitas na literatura é “lesão dos músculos, articulações, tendões e/ou ossos das extremidades inferiores (quadril, região inguinal, coxa,

joelho, perna, tornozelo, pé, artelhos do pé) que o participante atribua à corrida” que tenha sido severa o suficiente para causar uma redução na distância, velocidade, duração ou frequência de treinamento (MACERA; PATE *et al.*, 1989; VAN MIDDELKOOP; KOLKMAN *et al.*, 2007; VAN MIDDELKOOP; KOLKMAN *et al.*, 2008a; VAN MIDDELKOOP; KOLKMAN *et al.*, 2008b).

Os fatores de risco dessas lesões são normalmente divididos em intrínsecos e extrínsecos. Os fatores de risco intrínsecos incluem a anatomia e biomecânica do indivíduo e outras variáveis que são inerentes ao corredor tais como gênero, idade e peso; já os extrínsecos são as variáveis de treinamento como ritmo, volume, intensidade, intervalo, superfície de treinamento e calçado (MACERA; PATE *et al.*, 1989; BAHR, HOLME, 2003; JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003; WEN, 2007; DAOUD; GEISLER *et al.*, 2011; BUIST; BREDEWEG *et al.*, 2012; SARAGIOTTO; YAMATO *et al.*, 2014).

Muitos estudos buscaram uma forma de reduzir essas lesões modificando os fatores de risco, com programas de treinamento elaborados e/ou prescrição de calçados ou órteses, mas os resultados ainda são pequenos ou insignificantes (DAOUD; GEISLER *et al.*, 2011).

Essa busca de formas para reduzir lesões nesse tipo de atividade física mostra a importância de trabalhos que tentem correlacionar ou compreender os fatores de risco da corrida com as lesões que a acometem. Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica dos principais fatores de risco das lesões em corredores.

2 METODOLOGIA

Foi realizada uma busca sistemática da literatura no portal CAPES e base de dados PUBMED, PEDro, SCIELO, LILACS, CINAHL, AGELINE, EMBASE, PSYCINFO, COCHRANE em corredores, sem restrição de idioma ou ano de publicação. Os critérios de inclusão foram artigos que investigavam fatores de risco relacionados com lesões na corrida. Os critérios de exclusão foram artigos que estudaram fatores de risco para uma patologia específica, artigos que avaliavam os fatores de risco em outros esportes e não somente na corrida (ex: triatlons). Os artigos foram identificados pelos termos isolados e combinados: fatores de risco na corrida, lesões na corrida, lesões em corredores, corredores.

3 RESULTADOS

Para este estudo, inicialmente foram encontrados 83 artigos sobre fatores de risco associados a lesões na corrida. Após a análise dos títulos e resumos, 57 artigos foram excluídos pois a maioria investigaram fatores de risco para uma patologia específica. Sendo assim, 26 artigos foram selecionados para compor esse estudo de acordo com os critérios de inclusão. Devido a heterogeneidade dos trabalhos encontrados na literatura optou-se por descrever e organizar os dados nos tópicos descritos a seguir: variáveis anatômicas, variáveis biomecânicas, variáveis de treinamento, lesões prévias e modelo de análise dos fatores de risco.

4 DISCUSSÃO

As lesões na corrida têm etiologia multifatorial, tais como variáveis anatômicas, aspectos biomecânicos e variáveis de treinamento de cada indivíduo (HRELJAC; MARSHALL *et al.*, 2000; HRELJAC, 2003; DAOUD; GEISLER *et al.*, 2011; SARAGIOTTO; YAMATO *et al.*, 2014). O senso comum nos traz a ideia de que a maior prevalência de lesão em corredores são as traumáticas, como estiramentos musculares agudos e entorses de tornozelo, entretanto, as lesões mais comuns parecem estar associadas ao *overuse* (WEN, 2007; FERBER; HRELJAC *et al.*, 2009). O *overuse* são microtraumas repetitivos que sobrecarregam as estruturas musculoesqueléticas (HRELJAC, MARSHALL *et al.*, 2000; FERBER; HRELJAC *et al.*, 2009; SARAGIOTTO; YAMATO *et al.*, 2014). Essas lesões são de início gradativo e sem um único e identificável evento responsável pela lesão (SARAGIOTTO; YAMATO *et al.*, 2014). Essas podem ser fraturas por estresse, como fratura do tibial medial e fratura dos metatarsos, além de condromalácia patelar, dor patelofemoral, tendinopatia da banda ileotibial, tendinite do tendão de Achilles e fasciite plantar (HRELJAC; MARSHALL *et al.*, 2000; HRELJAC, 2003; WEN, 2007; FERBER; HRELJAC *et al.*, 2009; HESPANHOL JUNIOR; COSTA *et al.*, 2012; MURPHY; CURRY *et al.*, 2013).

A seguir são descritos os fatores de risco associados a essas lesões e, baseado na literatura avaliada, a possível atuação da Fisioterapia nesses fatores de risco.

4.1 Variáveis anatômicas

Neste trabalho, considerou-se como variáveis anatômicas as características inerentes ao indivíduo. Nos estudos analisados, as variáveis anatômicas mais encontradas e que foram consideradas fatores de risco de lesões foram: o arco longitudinal dos pés (pé plano ou cavo), a amplitude de movimento do tornozelo, o ângulo Q, flexibilidade muscular e o comprimento dos membros inferiores (HRELJAC, 2003; JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003; WEN, 2007; FIELDS; SYKES *et al.*, 2010).

A discrepância no comprimento dos membros inferiores pode ser caracterizada como anatômica (diferença no comprimento ósseo) ou funcional (secundária a uma rotação da pelve), esta alteração tem sido associado com lesões na corrida, uma vez que pode causar um desequilíbrio muscular no corredor (JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003).

Outro fator a considerar é o arco longitudinal dos pés, responsável pela absorção das forças de impacto, pela fase de impulsão e principalmente na corrida, sua

estrutura funciona como uma mola absorvendo e liberando energia elástica durante cada fase de apoio (LIN; HILLER *et al.*, 2010; MURPHY; CURRY *et al.*, 2013). Um aumento do arco plantar do indivíduo pode então, estar relacionado a um aumento da tensão nas estruturas subjacentes levando a uma maior rigidez da estrutura da perna e, conseqüentemente indivíduos que possuem essa característica tem grandes chances de desenvolver lesões ligamentares e ósseas, tais como fraturas por estresse da tíbia e entorses de tornozelo lateral (MURPHY; CURRY *et al.*, 2013). Por outro lado, um indivíduo com arco deprimido, apresenta uma baixa rigidez da estrutura da perna, sendo as lesões mais comuns aquelas de tecido mole, como por exemplo síndrome da dor patelofemoral (MURPHY, CURRY *et al.*, 2013).

Hreljac (2003) também verificou, num estudo de revisão, que os resultados de trabalhos experimentais são conflitantes em relação à influência do arco longitudinal dos pés com as lesões na corrida (HRELJAC, 2003). Alguns autores sugerem que o pé cavo está relacionado ao aumento do risco de lesão, enquanto outros estudos não encontraram essa associação direta durante a corrida (HRELJAC, 2003; FIELDS; SYKES *et al.*, 2010).

Ainda em seu estudo, Hlerjac (2003) cita também que alterações da amplitude de movimento do tornozelo no plano sagital é um fator que está presente em indivíduos que sofreram fraturas por estresse. Estes indivíduos apresentavam uma menor mobilidade do tornozelo quando comparados a um grupo sem lesão, portanto a redução da amplitude de movimento do tornozelo parece também ser um fator de risco para lesões por *overuse* (HRELJAC; MARSHALL *et al.*, 2000; HRELJAC, 2003).

O ângulo Q é formado pelos vetores de força combinados pela tração do músculo quadríceps e do tendão patelar. O aumento deste ângulo está associado a lesões relacionadas a corrida, pois há um aumento da lateralização da patela contra o côndilo femoral lateral contribuindo para uma sub luxação patelofemoral e outras desordens da patela (RAUH; KOEPSSEL *et al.*, 2006; SARAGIOTTO; YAMATO *et al.*, 2014). Wen (2007) em seu estudo de revisão mostrou que o aumento do ângulo Q pode estar também ligado a dor patelofemoral em corredores, entretanto, esta relação deve ser considerada com ressalva, uma vez que o mesmo autor descreve que os resultados de outros estudos experimentais não encontraram nenhuma associação, possivelmente porque os métodos utilizados e a população estudada diferem muito de um estudo para o outro (SARAGIOTTO; YAMATO *et al.*, 2014).

4.1.1 Atuação da Fisioterapia nas variáveis anatômicas que podem comprometer a corrida

A diferença no comprimento de membros inferiores é uma alteração anatômica que pode levar a desalinhamentos biomecânicos e está associada com lesões relacionadas a corrida (JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003; FIELDS; SYKES *et al.*, 2010). A medida do comprimento de membros pode ser realizada pelo fisioterapeuta e se uma diferença importante for detectada, a indicação de uma intervenção adequada será necessária. Sendo a origem desta discrepância anatômica, a prescrição de uma palmilha pode promover uma correção e melhorar a eficiência biomecânica (JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003; FIELDS; SYKES *et al.*, 2010). No caso de anormalidade no comprimento de membros inferiores secundária a uma rotação da pelve (JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003; FIELDS; SYKES *et al.*, 2010), o uso da terapia manual por exemplo pode ser realizada para correção do desalinhamento, e assim prevenir lesões.

Existem correlações com lesões tanto em pacientes com aumento, quanto diminuição do arco plantar. A fisioterapia atua na avaliação dessa disfunção anatômica e pode através da indicação de uma órtese corrigir e/ou diminuir os sintomas das lesões associadas a corrida (FIELDS; SYKES *et al.*, 2010), além de programas de fortalecimento e alongamento que podem auxiliar na prevenção de lesões (JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003).

Alterações na amplitude de movimento do tornozelo é uma característica que tem uma gama ampla de fatores causais (LIN; HILLER *et al.*, 2010). Um desses fatores pode ser devido a uma lesão anterior (por exemplo: entorse de tornozelo) e devem ser avaliadas, uma vez que as sequelas podem causar instabilidade crônica ou restrição da amplitude de movimento. O uso de terapias manuais e exercícios de equilíbrio parecem reduzir o risco de lesão recorrente e melhoram a função do tornozelo. Além disso, exercícios de força e estabilidade articular demonstraram ser eficazes na redução da instabilidade crônica (BRAMBLE; LIEBERMAN, 2004).

Sendo o aumento do ângulo Q associado a um maior risco de lesões das extremidades inferiores de corredores, intervenções preventivas e/ou órteses podem ser usadas com o objetivo de minimizar os desequilíbrios biomecânicos e estruturais (RAUH; KOEPSSEL *et al.*, 2006; FIELDS; SYKES *et al.*, 2010). Exemplos desse tipo de intervenção podem ser cinesioterapia ou palmilhas (JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003; RAUH; KOEPSSEL *et al.*, 2006).

4.2 Variáveis biomecânicas

A maioria dos fatores biomecânicos podem ser classificados em variáveis cinéticas e cinemáticas (HRELJAC; MARSHALL *et al.*, 2000; HRELJAC, 2003). A cinética lida com as forças que produzem, param ou modificam o movimento dos corpos como um todo ou de segmentos individuais. Os princípios da cinética envolvem as forças exercidas pela gravidade, músculos, atrito e resistência externa, levando a uma compressão e tração articular, além de pressões sobre o corpo (SMITH; WEISS, LEHMKUHL, 1997). A cinemática é a ciência do movimento dos corpos no espaço, podendo ser o movimento de um único ponto no corpo (por exemplo o centro de gravidade), a posição de vários segmentos (como a extremidade superior), a posição de uma única articulação, ou os movimentos que ocorrem entre as superfícies articulares adjacentes. Na avaliação cinemática do movimento humano é detectado o sistema de coordenadas de cada articulação estudada, permitindo o cálculo de variações angulares durante o movimento que descrevem o corpo no espaço (SMITH; WEISS, LEHMKUHL, 1997).

As variáveis cinéticas mais relacionadas às lesões por *overuse* são a magnitude das forças de impacto, a taxa de carga no contato inicial do pé com o solo, a magnitude das forças propulsivas e a magnitude das forças e momentos na articulação do joelho (HRELJAC; MARSHALL *et al.*, 2000; HRELJAC, 2003). Os picos da força de impacto que a corrida traz ao corpo humano são transmitidos por todo o corpo gerando altas tensões em tecidos musculoesqueléticos (HRELJAC, 2003; GIANDOLINI; ARNAL *et al.*, 2012) que por sua vez geram altos níveis de histerese elástica que podem contribuir para lesões ao longo de ciclos repetidos (DAOUD; GEISLER *et al.*, 2011). A magnitude da força de impacto pode variar de 1 a 5 vezes o peso corporal durante a corrida (HRELJAC, 2003).

Hreljac (2003) cita que indivíduos com fraturas por estresse apresentaram maior pico vertical das forças de impacto do solo, taxa de impacto e pico de aceleração tibial quando comparadas a um grupo sem lesão (HRELJAC; MARSHALL *et al.*, 2000; HRELJAC, 2003).

Uma carga de tração na parte posterior da tíbia foi observada durante a fase de apoio da corrida, sendo caracterizada por momento de flexão no plano sagital. Esses momentos geram um importante estresse mecânico para a tíbia (GIANDOLINI; ARNAL *et al.*, 2012).

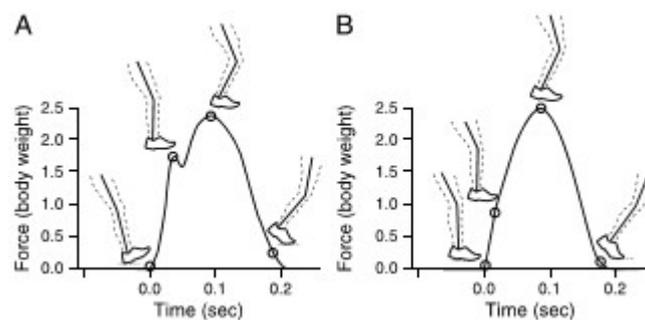
A forma como o corredor faz o primeiro contato com o solo influencia diretamente na forma de impacto (DAOUD; GEISLER *et al.*, 2011). O contato inicial depende da velocidade, superfície, calçado e fadiga dos corredores (DAOUD; GEISLER *et al.*, 2011). Para uma determinada distância e para uma certa frequência de passos, a

magnitude do impacto de cada passo e conseqüentemente, o potencial de risco para fraturas por estresse, pode ser influenciado pelo tipo de contato inicial realizado pelo corredor (GIANDOLINI; ARNAL *et al.*, 2012). Existem três categorias de contato inicial que são mais comuns nos corredores, contato inicial com o retropé (o calcanhar entra em contato com o solo primeiro), contato inicial com o antepé (o antepé entra em contato com o solo antes do calcanhar) e contato inicial com o mediopé (o retropé e o mediopé entram em contato com o solo simultaneamente) (DAOUD; GEISLER *et al.*, 2011; MURPHY; CURRY *et al.*, 2013).

A taxa de carga durante a fase de apoio é três vezes maior em corredores calçados que realizam o contato inicial com o retropé quando comparados a corredores descalços que fazem o contato inicial com a antepé (MURPHY; CURRY *et al.*, 2013).

Os corredores que tocam o solo primeiro com o retropé, geralmente tem um pico alto e rápido das forças de reação do solo durante a primeira fase de apoio, já os corredores que fazem o primeiro contato no solo com o antepé normalmente não tem um pico evidente e acentuado dessas forças (Figura 1). Há uma grande variação desses picos de força nos corredores que fazem contato com o mediopé, essas forças podem ser altas ou baixas dependendo da congruência do joelho e tornozelo (DAOUD; GEISLER *et al.*, 2011).

Figura 1- Figura ilustrando as forças de reação do solo na corrida nos diferentes padrões de contato inicial.



A Figura 1A, mostra o padrão do retropé e a Figura 1B o padrão do antepé. Note que o padrão do retropé traz um pico no início da fase de apoio.

Fonte: (DAOUD; GEISLER *et al.*, 2011).

Os diferentes tipos de contato inicial também influenciam no momento gerado nas articulações das extremidades inferiores, o contato inicial com o antepé causa altos momentos em torno da articulação do tornozelo no plano sagital e baixos momentos em torno da articulação do joelho e quadril nos planos sagital e transversal, já o padrão de contato inicial

com o retro pé gera altos momentos na articulação do joelho no plano sagital e baixos momentos na articulação do tornozelo (DAOUD; GEISLER *et al.*, 2011).

Uma outra variável importante é a rigidez da perna, neste caso, definida como a razão entre o máximo da força de reação do solo e o máximo de compressão da perna durante o contato com o solo. O corredor tende a ajustar a rigidez da perna de acordo com a superfície de corrida, em uma superfície menos rígida terá um aumento da rigidez da perna, enquanto que em uma superfície dura a rigidez da perna diminuirá (MURPHY; CURRY *et al.*, 2013).

A rigidez do tornozelo é maior quando o contato inicial acontece com o retro pé, a energia cinética translacional dissipada entre o calcanhar e o solo leva a um aumento do centro de massa efetivo do corredor (massa do corpo mais o impacto do calcanhar), podendo ser prejudicial, uma vez que as forças de impacto aumentam em torno das articulações contribuindo para uma maior incidência de lesões (LIEBERMAN; VENKADESAN *et al.*, 2010; MUPHY; CURRY *et al.*, 2013).

Corredores que tem padrão de contato inicial com o antepé ou corredores descalços podem reduzir pela metade a taxa de impacto quando comparados com corredores calçados que realizam o contato inicial com o retro pé, isso devido a maior flexão plantar e maior complacência do tornozelo (GIANDOLINI; ARNAL *et al.*, 2012).

Corredores que tem contato inicial com o retro pé podem apresentar elevadas taxas de magnitude das forças de impacto (DAOUD; GEISLER *et al.*, 2011), uma taxa de impacto alta parece ser uma característica mecânica relacionada ao risco de fraturas por estresse na corrida (GIANDOLINI; ARNAL *et al.*, 2012). As patologias relacionadas a este tipo de contato inicial são síndrome do estresse do tibial medial, fasciite plantar, lesões como dor no quadril, dor no joelho, dor lombar e síndrome patelofemoral (DAOUD; GEISLER *et al.*, 2011). Já os corredores com contato inicial no antepé tem como lesões mais comuns a tendinopatia do tendão Achilles, lesões no pé e fratura por estresse dos metatarsos (DAOUD; GEISLER *et al.*, 2011).

A variável cinemática mais associada a lesão por *overuse* é a pronação do pé. Um aumento na magnitude, velocidade e tempo máximo de pronação é considerado como pronação excessiva (HRELJAC; MARSHALL *et al.*, 2000; HRELJAC, 2003; DELEO; DIERKS *et al.*, 2004; Ferber, Hreljac *et al.*, 2009). A pronação é uma combinação dos movimentos de dorsoflexão do tornozelo, eversão do retro pé e abdução do antepé e, este movimento ocorre na articulação subtalar (DELEO; DIERKS *et al.*, 2004; Ferber, Hreljac *et al.*, 2009), envolvendo os três planos de movimento, sagital, frontal e transversal (MCCLAY,

MANAL, 1998; DELEO; DIERKS *et al.*, 2004) durante a primeira metade da fase de apoio na corrida (FERBER; HRELJAC *et al.*, 2009).

Indivíduos que tem uma pronação prolongada podem apresentar maior risco de lesão devido aos grandes torques gerados nas extremidades inferiores e ao aumento da rotação interna da tibia (DELEO; DIERKS *et al.*, 2004; FERBER; HRELJAC *et al.*, 2009), podendo influenciar todo o mecanismo do membro inferior via rotação da tibia (Ferber, Hreljac *et al.*, 2009), transferindo estresse para toda a cadeia cinética superior (MCCLAY, MANAL, 1998; JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003). Um aumento da rotação interna da tibia pode sobrecarregar a articulação do joelho sendo um fator preditor para o desenvolvimento de lesões nesta articulação (FERBER; HRELJAC *et al.*, 2009). A pronação excessiva pode aumentar ainda as forças compressivas na articulação do joelho, aumentando o risco de uma síndrome patelofemoral no corredor (DELEO; DIERKS *et al.*, 2004), isso pode ser explicado através de uma sequência anormal de movimentos que acontece na articulação subtalar (MCCLAY, MANAL, 1998). Se a pronação da subtalar permanece após o apoio médio, conseqüentemente uma rotação interna da tibia também será mantida nessa fase, porém no apoio médio o joelho deveria estender e a tibia rodar externamente para manter a congruência articular. No entanto se a rotação interna da tibia persiste, uma excessiva rotação interna no fêmur será necessária como forma compensatória do movimento. Essa alteração na sequência dos eventos muda as pressões exercidas na patela e o alinhamento normal, levando a uma degradação da cartilagem causando lesão (MCCLAY; MANAL, 1998; DELEO; DIERKS *et al.*, 2004). Wen (2007) verificou que grande parte dos estudos analisados relacionam a pronação estática ou dinâmica com a síndrome do estresse tibial.

4.2.1 Atuação da Fisioterapia nos fatores cinéticos/cinemáticos que podem comprometer a corrida

A magnitude da força de reação do solo é uma função de diferentes variáveis, incluindo características dos calçados, tipo de pisada, frequência e comprimento do passo (GIANDOLINI; ARNAL *et al.*, 2012; MURPHY; CURRY *et al.*, 2013), velocidade de corrida, inclinação e rigidez das superfícies do solo (MURPHY; CURRY *et al.*, 2013). A mudança de alguns destes fatores pode prevenir ou minimizar o aparecimento de lesões.

Nos últimos 10 anos, as empresas de calçados tem tentado otimizar a performance na corrida e diminuir as taxas de lesões, acrescentando modificações nos calçados, como por exemplo o uso de gel, sistema de amortecimento e suporte para os pés, contudo não houve redução direta das lesões (MURPHY, CURRY *et al.*, 2013).

Apesar disso, o uso de calçados pode influenciar o pico de pressão sob o retropé, mediopé e antepé, além de alterar a mecânica da corrida (MURPHY; CURRY *et al.*, 2013). O suporte extra pode levar a uma diminuição da tolerância do tecido para o estresse mecânico imposto pela corrida, além de diminuir o suporte intrínseco do arco e causar uma pronação excessiva (MURPHY; CURRY *et al.*, 2013).

Uma vez que as lesões têm etiologia multifatorial, uma avaliação clínica do corredor é necessária e de acordo com a identificação dos fatores causais será realizada a prescrição do tratamento podendo ser a indicação de um calçado específico, o uso de uma órtese ou até mesmo uma mudança na forma do padrão de corrida com o intuito de reduzir as lesões relacionadas a este esporte (GIANDOLINI; ARNAL *et al.*, 2012; MURPHY; CURRY *et al.*, 2013).

Giandolini *et al* (2012) demonstraram em seu estudo que houve uma redução da taxa de impacto de aproximadamente 50%, além de uma completa remoção do pico de impacto nos corredores que adotaram um padrão de contato inicial com o mediopé. Portanto, adotar este padrão de corrida pode ser uma solução para muitas das patologias relacionadas a corrida.

Alguns corredores usam calçados minimamente acolchoados, que contêm um pano macio, entressola ultra flexível e com um amortecimento muito menor que os calçados convencionais, os calçados minimalistas visam manter a liberdade e a essência dos pés descalços (MURPHY; CURRY *et al.*, 2013), esses corredores mudam o padrão de contato inicial em direção ao antepé ou mediopé para reduzir potencialmente a magnitude das forças aplicadas no calcanhar, esta mudança no padrão de corrida gera menor comprimento do passo e tempo de contato com o solo, maior rigidez da perna e flexão plantar, além de uma diminuição da taxa de impacto vertical (GIANDOLINI; ARNAL *et al.*, 2012).

Uma maior frequência de passos pode reduzir a intensidade do choque de impacto do pé com o solo, esse aumento na cadência associado ao padrão de contato inicial com o mediopé ou o antepé tem sido proposto por contribuir com um menor risco de lesões relacionadas a corrida (DAOUD; GEISLER *et al.*, 2011; GIANDOLINI; ARNAL *et al.*, 2012; MURPHY; CURRY *et al.*, 2013).

A alteração da forma de pisada do pé durante a corrida, pode influenciar todo o mecanismo da cadeia cinética dos membros inferiores: uma pronação excessiva pode levar a contatos iniciais menos estáveis com a superfície e gerar menor eficiência na fase de impulsão (MCCLAY, MANAL, 1998; DELEO; DIERKS *et al.*, 2004). Atualmente, existem inúmeros recursos tecnológicos que auxiliam na avaliação da marcha facilitando a identificação dos

fatores causadores das alterações biomecânicas. O calçado pode alterar a sincronia entre a articulação do tornozelo e joelho, sendo assim a indicação de um calçado adequado ou o uso de uma órtese podem ter efeitos diretos na pronação excessiva e evitar lesões (DELEO; DIERKS *et al.*, 2004).

4.3 Variáveis de treinamento

Em torno de 27% a 70% dos corredores de distância competitivos e recreacionais sofrem uma lesão por *overuse* na corrida no período de um ano, esses corredores variam em suas experiências de corrida e nos seus hábitos de treinamento, mas a grande maioria corre aproximadamente de 20 a 30 km por semana e tem cerca de 1 a 3 anos de prática na corrida (FERBER; HRELJAC *et al.*, 2009).

A distância (SATTERTHWAITE; NORTON *et al.*, 1999; HRELJAC, 2003; WEN, 2007) e a frequência na corrida são fatores que podem influenciar o risco de lesões em corredores (SATTERTHWAITE; NORTON *et al.*, 1999; HRELJAC, 2003), além da velocidade, intensidade, duração do treino (HRELJAC, 2003) e superfície de treinamento (WEN, 2007).

A superfície de treinamento da corrida influencia os mecanismos de absorção de impacto. Tessuti *et al* (2010) em seu estudo comparou as seguintes superfícies: asfalto, concreto e grama natural, observando que atletas que correm sob o concreto atingem o primeiro pico de força vertical mais rápido que os atletas que correm na grama ou asfalto. O contato do pé em superfícies rígidas gera uma transmissão rápida das ondas de impacto pelo corpo. Portanto, o tipo de superfície durante a corrida pode causar diferentes impactos na extremidade distal dos membros inferiores, influenciando no risco de lesões (TESSUTI; TROMBINI-SOUZA *et al.*, 2010). Esse fator deve ser considerado dependendo do histórico de cada corredor.

A distância na corrida é considerado um dos mais fortes fatores preditores de lesão (TAUNTON; RYAN *et al.*, 2003), sendo geralmente mensurado pela distância percorrida semanalmente (BUIST; BREDEWEG *et al.*, 2012). Indivíduos que correm distâncias maiores que 64km por semana estão mais susceptíveis a lesões, isso porque há uma sobrecarga nas estruturas musculoesqueléticas e na capacidade regenerativa do corpo (JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003; FIELDS; SYKES *et al.*, 2010; SARAGIOTTO; YAMATO *et al.*, 2014). Já Van Middelkoop *et al* (2007) descreve que a taxa de lesão cresce com o aumento do volume de corrida semanal maior que 32 km por semana.

Diferentemente das variáveis anatômicas, por exemplo, esse fator de risco extrínseco está sob o controle do corredor, e, portanto pode ser rapidamente modificado. Macera *et al* (1989) sugere a partir da análise de regressão logística em seu estudo, que se um indivíduo que corre mais que 64 km por semana, reduzir sua distância semanal, ficando com um volume de treinamento entre 48 a 63,8 km por semana, poderia haver uma redução do seu risco de lesão em 15% já no primeiro ano de modificação (MACERA; PATE *et al.*, 1989; JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003). A frequência de treinamento tem sido associada a lesões relacionadas a corrida, frequências maiores que três vezes por semana parece estar associada ao risco de lesões em corredores (SATTERTHWAITE; NORTON *et al.*, 1999); SARAGIOTTO; YAMATO *et al.*, 2014).

4.3.1 Atuação da Fisioterapia nas variáveis de treinamento que podem comprometer a corrida

A literatura mostra que 60% de todas as lesões relacionadas a esta atividade podem ser devido a erros de treinamento, sendo que a metade destas lesões estão relacionadas com volume de treinamento excessivo (HRELJAC; MARSHALL *et al.*, 2000; JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003; FIELDS; SYKES *et al.*, 2010; BUIST; BREDEWEG *et al.*, 2012), talvez um equilíbrio entre sobrecarga e condicionamento seja necessário para evitar lesões futuras (SATTERTHWAITE; NORTON *et al.*, 1999). Reduzir a velocidade (HRELJAC; MARSHALL *et al.*, 2000; HRELJAC, 2003), distância semanal, realizar um programa de treinamento graduado e individualizado, além de um treinamento de força e flexibilidade podem diminuir as lesões em corredores. Cada indivíduo responde de forma diferente ao estresse imposto pela corrida, uma vez que a capacidade adaptativa dos tecidos varia de um atleta para o outro (HRELJAC; MARSHALL *et al.*, 2000; HRELJAC, 2003; JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003; FIELDS; SYKES *et al.*, 2010). Um aumento de não mais que 10% na velocidade ou intensidade do treinamento parece minimizar o risco de lesão (JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003).

Embora as variáveis de treinamento sejam geralmente determinadas pelo profissional de educação física, a intervenção de outros profissionais contribui para uma melhor performance do atleta. Sendo assim, sempre que houver modificações na forma de treinamento dos corredores, podem ser realizadas avaliações constantes da cinemática do corredor. Dessa forma, as lesões neste tipo de atleta podem ser evitadas, uma vez que a avaliação poderá identificar as alterações nos padrões de movimento.

4.4 Lesões prévias

A associação entre lesões prévias e o desenvolvimento de novas lesões ou uma lesão similar de grande magnitude tem sido reportada como fatores de risco para lesões em geral, alguns autores sugerem que a associação entre lesões prévias e novas lesões são devido a incompleta recuperação de uma lesão anterior (SATTERTHWAITE; NORTON *et al.*, 1999; VAN MIDDELKOOP; KOLKMAN *et al.*, 2007; SARAGIOTTO; YAMATO *et al.*, 2014). Uma alteração no padrão biomecânico da corrida pode ocorrer com o objetivo de proteger a estrutura lesionada anteriormente, esse novo padrão de corrida adotado pelo atleta pode levar a outras lesões em estruturas que antes não haviam sofrido lesão (SARAGIOTTO; YAMATO *et al.*, 2014).

Lesões anteriores é um fator preditor importante para reincidência de lesões em corredores, muitas vezes a recorrência da lesão pode estar associada a uma incompleta recuperação da lesão primária, retorno precoce às atividades esportivas, propensão pessoal de ter lesões recorrentes ou um problema biomecânico não corrigido (TAUNTON; RYAN *et al.*, 2003; RAUH; KOEPESELL *et al.*, 2006; Wen, 2007; VAN MIDDELKOOP; KOLKMAN *et al.*, 2008b). Essas lesões anteriores parece aumentar em quase 3 vezes as chances de sofrer uma nova lesão do que indivíduos que não tinham sofrido lesão (MACERA, PATE *et al.*, 1989; BUIST; BREDEWEG *et al.*, 2012).

4.4.1 Atuação da Fisioterapia nas lesões anteriores que podem comprometer a corrida

O retorno à atividade esportiva deve ser realizado de forma gradual respeitando as capacidades fisiológicas do indivíduo. A recuperação completa desses pacientes deve ser respeitada e um treinamento funcional deve ser aplicado de forma a preparar o indivíduo para as suas atividades de vida diária, incluindo a sua prática esportiva. Um acompanhamento inicial ao retorno das atividades do paciente pode ser muito importante, principalmente se interdisciplinar (entre os profissionais ligados ao treino de corrida e os profissionais ligados à reabilitação) para a sua recuperação total.

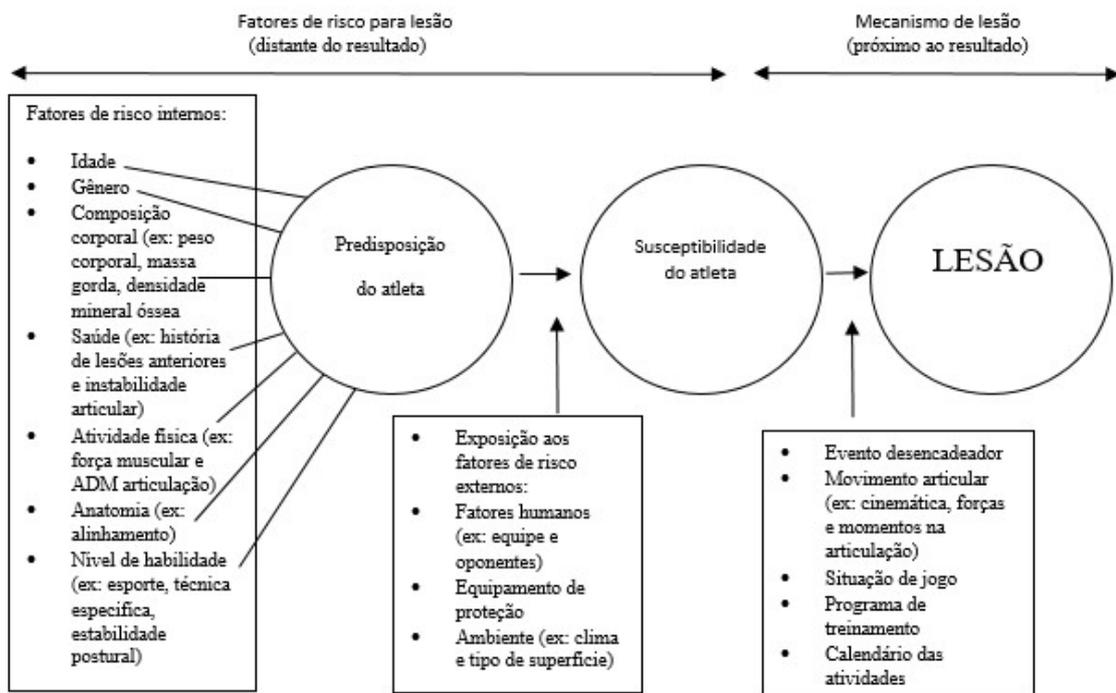
4.5 Modelo de análise dos fatores de risco

Vários foram os fatores de risco na corrida encontrados pela revisão de literatura (MACERA; PATE *et al.*, 1989; SATTERTHWAITE; NORTON *et al.*, 1999; TAUNTON; RYAN *et al.*, 2003; RAUH; KOEPESELL *et al.*, 2006; VAN MIDDELKOOP; KOLKMAN *et al.*, 2007; WEN, 2007; VAN MIDDELKOOP; KOLKMAN *et al.*, 2008a; VAN MIDDELKOOP; KOLKMAN *et al.*, 2008b; BUIST; BREDEWEG *et al.*, 2012; SARAGIOTTO; YAMATO *et al.*, 2014), entretanto, muitos divergem quanto ao seu real papel no risco das lesões (SATTERTHWAITE; NORTON *et al.*, 1999; TAUNTON; RYAN *et al.*, 2003; MURPHY; CURRY *et al.*, 2013) sendo em muitos casos, inconclusivos. Portanto, não há como definir um fator único que possa prever as lesões na corrida, pois um fator de risco isolado nem sempre é suficiente para produzir lesão (BAHR, HOLME, 2003). As pesquisas geralmente têm focado na identificação de fatores únicos que são frequentemente considerados como as causas de lesões (BITTENCOURT; MEEUWISSE *et al.*, 2016). Uma lesão na corrida pode ser influenciada pela combinação de fatores intrínsecos e extrínsecos, a associação destes fatores podem causar lesão em um corredor, porém esses mesmos fatores, não necessariamente causarão lesão em outro corredor (BAHR, HOLME, 2003; JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003). Fatores similares têm diferentes contribuições (pesos), e interagem diferentemente com outros fatores, assim como o contexto da prática esportiva também difere de um atleta para outro (BITTENCOURT; MEEUWISSE *et al.*, 2016).

O que leva a literatura a mostrar esses fatores de risco que se apresentam na corrida mas, que não são preditoras reais de lesão é a forma reducionista de considerar esses fatores através de ferramentas estatísticas lineares que visam unicamente o aspecto causa-efeito (DAOUD; GEISLER *et al.*, 2011; BUIST; BREDEWEG *et al.*, 2012; HESPANHOL JUNIOR; COSTA *et al.*, 2012). Para entender completamente as causas das lesões nos esportes, é necessário uma compreensão abrangente dos mecanismos de lesões, como mostra algumas das pesquisas avaliadas neste trabalho (BAHR, HOLME, 2003; JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003; WEN, 2007; MURPHY; CURRY *et al.*, 2013; BITTENCOURT; MEEUWISSE *et al.*, 2016). Esses mecanismos resultam de uma interação complexa de múltiplos fatores de risco e de eventos, os quais a maioria dos estudos científicos acabam considerando somente uma pequena parte dessa complexidade, demonstrando que nosso entendimento sobre causalidade é limitado (BAHR, HOLME, 2003; BITTENCOURT; MEEUWISSE *et al.*, 2016). Barh e Holme (2003) descrevem em seu estudo o modelo de Meeuwisse, demonstrado na figura abaixo. Este é um modelo dinâmico que trouxe muitos

avanços para um melhor entendimento das relações entre os fatores de risco e lesões (BAHR, HOLME, 2003; BITTENCOURT; MEEUWISSE *et al.*, 2016). Esse modelo propõe que pode haver mudanças recorrentes na susceptibilidade da lesão ao longo da prática esportiva, e que a exposição aos principais fatores de risco pode produzir adaptações e mudar continuamente o risco (BITTENCOURT; MEEUWISSE *et al.*, 2016).

Figura 2- Figura ilustrando os fatores de risco e as causas das lesões no esporte.



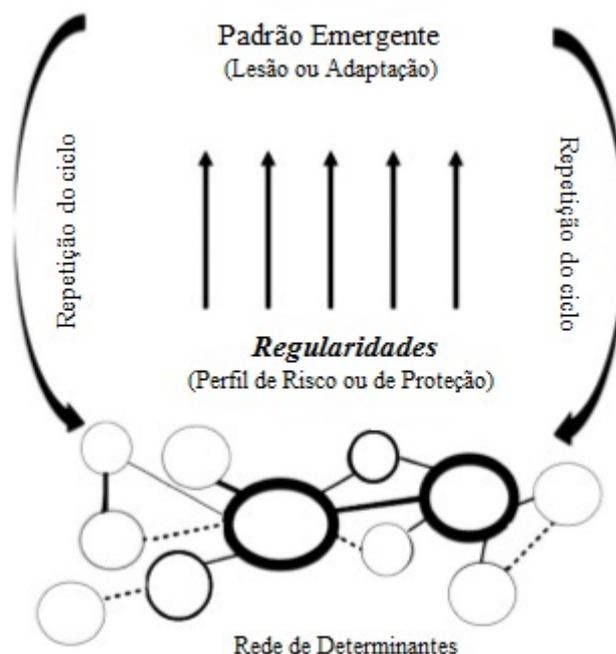
Fonte: (BARH; HOLME, 2003).

O modelo de Meeuwisse (1994), adaptado por Barh e Holme (2003), mostra que os fatores de risco internos podem predispor o atleta a uma lesão. Esses fatores foram descritos por várias pesquisas como citados nos itens (4.1, 4.2 e, 4.4) deste trabalho. Essa predisposição somada a fatores de risco externos, descritos nos itens (4.2.1; 4.3) torna o atleta ainda mais susceptível a lesão. Entretanto, de acordo com o modelo apresentado, somente quando há a presença de um evento desencadeador é que ocorre a lesão propriamente dita (BAHR, HOLME, 2003).

Segundo Bittencourt *et al* (2016), este modelo não seria suficiente para entender a natureza multifatorial das lesões, uma vez que a lesão emerge da interação de uma “rede de

determinantes”. Como mostra a figura abaixo, o modelo teórico proposto por Bittencourt *et al* (2016) sugere que é preciso identificar o padrão de interação entre os determinantes, as regularidades (perfil de risco ou proteção) que caracterizam ou restringem a lesão e, o padrão que irá emergir de uma rede complexa de determinantes (lesão ou adaptação). Esse modelo tem como proposta identificar o perfil de risco ou de proteção dos sujeitos que praticam determinado esporte e não a identificação de fatores de risco isolados (BITTENCOURT; MEEUWISSE *et al.*, 2016).

Figura 3 - Figura ilustrando a complexidade das lesões esportivas.



Note que a rede de determinantes na parte inferior da figura possui variáveis circulares por linhas escuras (maior influência sobre o resultado) e variáveis circulares por linhas claras (menor influência sobre o resultado), as linhas escuras representam uma forte interação entre as variáveis e as linhas pontilhadas representam uma fraca interação. As setas demonstram a ligação entre o padrão de regularidades observado, o perfil de risco/proteção e o resultado emergente.

Fonte: (BITTENCOURT; MEEUWISSE *et al.*, 2016).

5 CONCLUSÃO

A lesão é sempre o primeiro sinal de falha de qualquer programa de treinamento de corrida (JOHNSTON; TAUNTON *et al.*, 2003), principalmente porque programas de treinamento de corrida se baseiam somente em performance, como a velocidade e a distância percorrida, por exemplo, não considerando a ausência de lesão como um dos objetivos de treinamento.

A revisão de literatura mostrou que os fatores de risco são características importantes e devem ser estudados e determinados. Entretanto, o raciocínio sobre eles deve ser diferenciado. Não considerando-os como causa única mas, sim como parte de um padrão de alterações que leva a disfunção do movimento. A prática da fisioterapia também deve considerar esses modelos complexos de lesões na corrida. Dessa forma, o terapeuta deve direcionar o seu tratamento não somente ao fator único e causal do risco de lesão mas, no padrão de movimento e funcionalidade total e completa dos praticantes de corrida.

REFERÊNCIAS

- BAHR, R.; HOLME, I. Risk factors for sports injuries - a methodological approach. **British journal of sports medicine**, v.37, n.5, p.384-392, 2003.
- BITTENCOURT, N. F. N.; MEEUWISSE W. H. *et al.* Complex systems approach for sports injuries: moving from risk factor identification to injury pattern recognition-narrative review and new concept. **British journal of sports medicine**, v.50, n.21, p.1309-1314, 2016.
- BRAMBLE, D. M.; LIEBERMAN, D. E. Endurance running and the evolution of Homo. **Nature**, v.432, n.7015, p.345-352, 2004.
- BUIST, I.; BREDEWEG, S. W. *et al.* Predictors of running-related injuries in novice runners enrolled in a systematic training program a prospective cohort study. **The American journal of sports medicine**, v.38, n.2, p.273-280, 2012.
- DAOUD, A. I.; GEISLER, G. J. *et al.* Foot strike and injury rates in endurance runners: a retrospective study. **Med Sci Sports Exerc**, v.44, n.7, p.1325-34, 2011.
- DELEO, A. T.; DIERKS, T. A. *et al.* Lower extremity joint coupling during running: a current update. **Clinical Biomechanics**, v.19, n.10, p.983-991, 2004.
- FERBER, R.; HRELJAC A. *et al.* Suspected mechanisms in the cause of overuse running injuries: a clinical review. **Sports Health: A Multidisciplinary Approach**, v.1, n.3, p.242-246, 2009.
- FIELDS, K. B.; SYKES J. C. *et al.* Prevention of running injuries. **Current sports medicine reports**, v.9, n.3, p.176-182, 2010.
- GIANDOLINI, M.; ARNAL P. J. *et al.* Impact reduction during running: efficiency of simple acute interventions in recreational runners. **European journal of applied physiology**, v.113, n.3, p.599-609, 2012.
- HESPANHOL JUNIOR, L. C.; COSTA L. O. P. *et al.* Perfil das características do treinamento e associação com lesões musculoesqueléticas prévias em corredores recreacionais: um estudo transversal. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, p.46-53, 2012.
- HRELJAC, A. Impact and overuse injuries in runners. **Medicine and science in sports and exercise**, v.36, n.5, p.845-849, 2003.
- HRELJAC, A.; MARSHALL R. N. *et al.* Evaluation of lower extremity overuse injury potential in runners. **Medicine and science in sports and exercise**, v.32, n.9, p.1635-1641, 2000.
- JOHNSTON, C. A. M.; TAUNTON J. E. *et al.* Preventing running injuries. Practical approach for family doctors. **Canadian family physician**, v.49, n.9, p.1101-1109, 2003.
- LIEBERMAN, D. E.; VENKADESAN M. *et al.* Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. **Nature**, v.463, n.7280, p.531-535, 2010.

LIN, C.-W. C.; HILLER C. E. *et al.* Evidence-based treatment for ankle injuries: a clinical perspective. **Journal of Manual & Manipulative Therapy**, 2010.

MACERA, C. A.; PATE R. R. *et al.* Predicting lower-extremity injuries among habitual runners. **Archives of internal medicine**, v.149, n.11, p.2565-2568, 1989.

MCCLAY, I.; MANAL K. A comparison of three-dimensional lower extremity kinematics during running between excessive pronators and normals. **Clinical Biomechanics**, v.13, n.3, p.195-203, 1998.

MURPHY, K.; CURRY E. J. *et al.* Barefoot running: does it prevent injuries? **Sports Medicine**, v.43, n.11, p.1131-1138, 2013.

RAUH, M. J.; KOEPSSEL T. D. *et al.* Epidemiology of musculoskeletal injuries among high school cross-country runners. **American Journal of Epidemiology**, v.163, n.2, p.151-159, 2006.

SARAGIOTTO, B. T.; YAMATO T. P. *et al.* What are the main risk factors for running-related injuries. **Sports Med**, v.44, p.1153-1163, 2014.

SATTERTHWAITE, P.; NORTON R. *et al.* Risk factors for injuries and other health problems sustained in a marathon. **British journal of sports medicine**, v.33, n.1, p.22-26, 1999.

TAUNTON, J. E.; RYAN M. B. *et al.* A prospective study of running injuries: the Vancouver Sun Run "In Training" clinics. **British journal of sports medicine**, v.37, n.3, p.239-244, 2003.

TESSUTI, V.; TROMBINI-SOUZA F. *et al.* In-shoe plantar pressure distribution during running on natural grass and asphalt in recreational runners. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.13, n.1, p.151-155, 2010.

VAN MIDDELKOOP, M.; KOLKMAN J. *et al.* Prevalence and incidence of lower extremity injuries in male marathon runners. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v.18, n.2, p.140-144, 2008a.

_____. Course and predicting factors of lower-extremity injuries after running a marathon. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v.17, n.1, p.25-30, 2007.

_____. Risk factors for lower extremity injuries among male marathon runners. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v.18, n.6, p.691-697, 2008b.

WEN, D. Y. Risk factors for overuse injuries in runners. **Current sports medicine reports**, v.6, n.5, p.307-313, 2007.