

Efeito do uso de coroas não circulares sobre o desempenho de ciclistas: revisão de literatura

Effect of the use of non-circular chainrings on the performance of cyclists: literature review

Thiago Faria dos Santos^{1,*}
Eduardo Henrique Zanella de Arruda¹
Filipe Gonçalves Mesquita¹
Paulo Roberto Pereira Santiago¹

Resumo

Objetivo: Verificar a influência do uso de coroas-não-circulares (CNC) e coroas-circulares (CC) sobre os parâmetros biomecânicos, fisiológicos e no desempenho de ciclistas. **Métodos:** Após busca nas principais bases de dados (PubMed, SpringLink, ScienceDirect, ScienceReserch e Google Scholar), foram encontrados 31 artigos relacionados ao tema, dos quais 13 foram selecionados para uma análise aprofundada. Três artigos estudaram a CNC Biopace®, cinco a CNC Osymmetric®, cinco a CNC Q-Ring® e três estudaram outros tipos de CNC. **Resultados:** Nove dos 13 artigos revisados apresentaram em seus resultados algum tipo de interferência nas variáveis analisadas. **Conclusão:** O uso de CNC apresentou efeito positivo, principalmente em atividade anaeróbia, com é o caso de modalidades como BMX, mas ainda existe pouca comprovação da melhora no desempenho em atividades aeróbias. Outras alterações foram, a redução do momento de força sagital durante extensão do joelho e o aumento de força tangencial nos pedais.

Palavras chave: coroas não circulares, desempenho, ciclismo.

Abstract

Objective: To verify the influence of the use of non-circular chainrings (CNC) and circular chainrings (CC) on the biomechanical, physiological and performance parameters of cyclists. **Methods:** After searching the main databases (PubMed, SpringLink, ScienceDirect, ScienceReserch and Google Scholar), 31 articles related to the topic were found, of which 12 were selected for in-depth analysis. Three articles studied the CNC Biopace®, five the CNC Osymmetric®, five the CNC Q-Ring® and two studied other types of CNC. **Results:** The use of CNC showed a positive effect, mainly in anaerobic activity, as is the case with modalities such as BMX, but there is still little evidence of improvement in aerobic performance. Other changes were their reduction of the moment of sagittal strength during knee extension and the increase of tangential force on the pedals.

Keywords: non-circular chainrings, performance, cycling.

Afiliação dos autores

Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

*Autor correspondente

Av. Bandeirantes, n. 3900, Monte Alegre, Ribeirão Preto, CEP 14040-907, + 55 16 3315 0359, São Paulo, Brasil.
e-mail: thiagofsr@usp.br

Conflito de interesses

Os autores declararam não haver conflito de interesses.

Processo de arbitragem

Recebido: 28/12/2018
Aprovado: 03/03/2019

Introdução

O ciclismo é muito popular em todo o mundo, praticado não só como esporte, mas também como recreação, lazer e forma de transporte sustentável. É um esporte de grande tradição, principalmente em países europeus, onde a multidão lota as estradas para acompanhar as principais provas clássicas, algumas com mais de 100 anos de história; provas que duram semanas e passam pelas montanhas mais elevadas de toda Europa, exigindo o máximo dos ciclistas e de suas bicicletas¹.

Toda essa tradição e valorização do ciclismo tem conduzido os treinadores e atletas na busca de tecnologias que os ajudem não só a ter mais qualidade em seus treinos, alimentação e recuperação, mas também a melhorar suas bicicletas, sempre com o objetivo de elevar o desempenho nas competições. Para isso, engenheiros e biomecânicos buscam projetar bicicletas cada vez mais leves, aerodinâmicas e mecanicamente eficientes.

Na busca por melhorias mecânicas, aprimorar ajustes como altura de selim², tamanho do pedivela³ e altura de guidão⁴ são alguns dos pontos que podem ser adaptados ao atleta. Dentro das melhorias mecânicas, o uso de coroas-não-circulares (CNC), ou seja, coroas com diâmetro variável, é algo que vem sendo estudado. Estudos sugerem que um determinado formato de CNC pode melhorar consideravelmente o desempenho⁵⁻¹². As CNC surgiram há muito tempo, por volta dos anos 1980¹³, mas as informações para o *design* das CNC parecem se basear mais em dados empíricos do que científicos¹⁴, o que dificulta saber o quanto elas podem ajudar, de fato, na melhoria do desempenho.

Muitos estudos com vários tipos de CNC buscaram melhorar a eficiência mecânica da pedalada^{5-8,10-12,15-19}, mas ainda existem variações nos resultados, muito possivelmente em função das variações nos protocolos de testes empregados nos estudos e também em relação aos vários formatos de CNC encontrados no mercado. Portanto, o objetivo da presente pesquisa foi, mediante revisão de literatura, analisar a influência de CNC nas variáveis biomecânica, fisiológica e desempenho e, dessa forma, poder identificar possíveis tendências e direcionar futuros estudos sobre o tema.

Métodos

Foram realizadas pesquisas nas principais bases de dados acadêmicas como PubMed, SpringerLink, ScienceDirect, ScienceReserch e Google Scholar, com as palavras chave: "chainring", "cycling", "nocircular", e suas combinações entre os períodos de 1980 a 2018. Foram encontrados 23 artigos na base PubMed, 34 na base SpringerLink, 38 na base ScienceDirect, 372 na base ScienceReserach e 1789 na base GoogleScholar.

Foram excluídos artigos que não realizaram a comparação entre CC e CNC no ciclismo, assim como um estudo que tratava de ciclistas cadeirantes. Como poucos artigos realmente estudaram os efeitos das CNC no desempenho, mesmo usando uma janela de 38 anos, de 1980 a 2018, apenas 13 artigos foram selecionados. Todos os autores contribuíram para a busca e seleção dos artigos, assim como nas discussões sobre o tema.

Resultados

A Figura 1 mostra um fluxograma de como foram realizadas as buscas das referências para a produção desta revisão. Vários artigos (n=2206) foram excluídos por não tratar do uso de CC e CNC no ciclismo, conforme proposta desta revisão, ou por aparecer repetidos na busca em diferentes bases de dados, quando então foram identificados e removidos por meio da leitura de seus títulos e autores. Outros 10 artigos foram excluídos após a leitura dos resumos, por não estudar o tema proposto. Por fim, 18 artigos foram excluídos por tratar do estudo de pedivelas assimétricas, ou por estudar o uso de CNC, em *handbike* (tipo de equipamento utilizado por ciclistas sem a movimentação das pernas). De todas referências encontradas, foram excluídas as que não se tratavam de CNC, ou que apresentavam uso de CNC em bicicletas que não são convencionais, como foi o caso de um único artigo que relatou os efeitos fisiológicos em para-ciclistas que utilizaram CNC em suas *handbike*²⁰. Por fim, 13 artigos foram selecionados para esta revisão, pois compararam os efeitos do uso de CC e CNC sobre o desempenho e nas variáveis biomecânicas e fisiológicas de ciclistas.

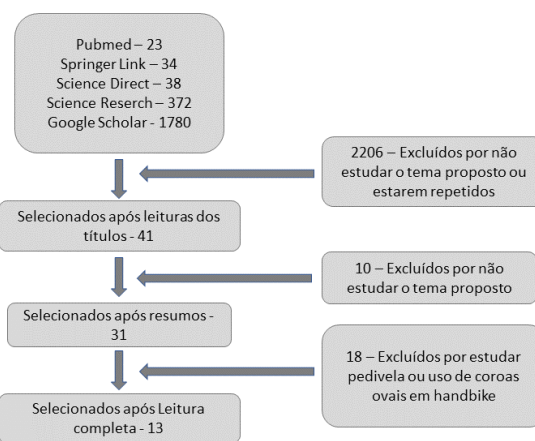


Figura 1. Fluxograma do processo de seleção dos 13 artigos desta revisão.

A Tabela 1 mostra um resumo dos artigos selecionados. Dos 13 artigos relacionados na revisão, três estudaram a CNC Biopace^{5,16,17}, cinco a CNC Osymetric^{6,7,11,12,19}, cinco a CNC Q-Ring^{8,11,12,15,18} e três artigos analisaram outros tipos de CNC^{9,10,17}. Alguns artigos analisaram mais de um formato de CNC^{9,11,12,17}. Sete dos artigos revisados, analisaram variáveis fisiológicas^{5,7,15-19}, dos quais dois apresentaram variações significativas^{5,18}. Nove estudos analisaram variáveis biomecânicas^{5-7,9-12,15,18}, sendo que sete apresentam variações significativas^{6,7,9-12,15}. Todos os 13 artigos revisados analisaram variáveis relacionadas ao desempenho, dos quais oito apresentaram variações significativas⁵⁻¹². Apenas um dos artigos não utilizou como amostra ciclistas experientes⁷. Nenhum dos artigos apresentou efeitos negativos no desempenho dos atletas.

Discussão

Princípio teórico relacionados aos sistemas não circulares de coroas

Existem vários *designs* de CNC, normalmente buscando melhorar a eficiência mecânica da pedalada e, consequentemente, o desempenho do atleta. Os objetivos intermediários mudam bastante entre cada sistema, mas na maioria das vezes esses designers visam diminuir o tempo de transição do pedal pela zona morta superior e inferior da pedalada. Pensando no ciclo de pedalada como um relógio, a zona morta corresponde à fase do ciclo em que o pé passa próximo ao ponto de 6 horas ou 12 horas, sendo considerado 15° antes e depois desses pontos. Nesse ponto a força efetiva no pedal cai para menos de 100 N.m⁻¹²⁴. Essa redução na capacidade de gerar tensão pode estar relacionada intrinsecamente ao comportamento morfológico do músculo, e ao padrão de movimento desempenhado pelo ciclista. Portanto, compreender como a função muscular é fundamental para o desenvolvimento de CNC.

Na Figura 2 são apresentados dois formatos de CNC (1 e 2), sendo essas as mais comuns no mercado atual, em comparação com a CC (3). Nota-se que a CNC Q-Ring® (2) apresenta na maioria das vezes cinco ajustes distintos, onde é possível modificar o ângulo do diâmetro maior, por meio de um ajuste denominado (pela marca) de OCP (*Optimalchainring position*).

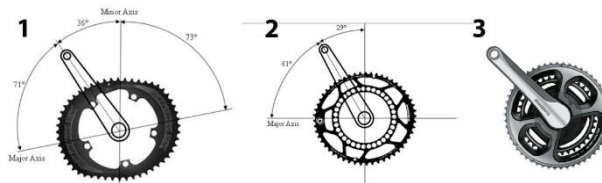


Figura 2. Tipos mais populares de coroas, 1 Osymetric® (RL de 1.215), 2 Q-Ring® (RL de 1.10), 3 coroa circular convencional, adaptado de Leong et al.²⁵

Tabela 1

Resumo dos artigos selecionados que fizeram uso de coroas-não-circulares e coroas-circulares.

Autores	Formato	Amostra	Experiência	Variáveis analisadas	Avaliação	Resultados
Strutzenberger, Wunsch (2014) ¹¹	CC e CNC (Q-Ring® e Osymetric®)	14 ciclistas competitivos	Sem	Cinemática e dinamometria nos pedais	Testes submáximos, variando cadência (7, 90, 110 rpm), intensidade (150 e 300W) e as coroas	Redução do momento de força durante extensão no joelho e aumento no quadril (sagital), proporcional a razão entre diâmetro maior e menor (RL) das coroas, Osymetric® 1,215 e Q-Ring® 1,10
Cullen, Andrew (1992) ¹⁶	CC e CNC (Biopace®)	7 ciclistas e 1 triatleta	Não relatado	Análise de Gases (O ₂ , CO ₂), FC, PE	Testes submáximo, cadência (50, 70, 90 rpm), relação 52x15 e 42x15, em cada coroa	Nenhuma diferença significativa
Strutzenberger, Wunsch (2012) ¹²	CC e CNC (Q-Ring® e Osymetric®)	14 ciclistas	Sem	Cinemáticas e Dinamometria nos pedais	Testes submáximos (180W e 300W)	Osymetric® elevou a força tangencial na descida em 6%. No Q-Ring® foi de 4,5%. Sem melhoras significativas no desempenho. Possíveis benefícios na prevenção de lesão
Hull, Williams (1992) ¹⁷	CC e CNC (BioPace®, ENG 10* e ENG 90*)	11 ciclistas bem treinados	Não relatado	Análise de Gases (O ₂ , CO ₂), [LAC] e FC, cadência	Teste submáximos (80% e 60% do VO _{2max})	Nenhuma diferença significativa
Hintzy, Grappe (2016) ⁶	CC e CNC (Osymetric®)	20 ciclistas experientes	Sem	Dinamometria nos pedais, velocidade e potência	Sprints máximos de 8 s e 4 situações (coroas convencionais e não circulares, com e sem pedal de encaixe)	Aumento significativo na potência máxima, 4,3% com o uso de coroas não circulares, com ou sem pedal de encaixe, na potência máxima.
Hansen, Jensen (2009) ²¹	CC e CNC (Biopace®)	10 ciclistas bem treinados	Não relatado	Dinamometria simples, cadência e análise de Gases (O ₂ , CO ₂)	Testes submáximos (180 W) variações de cadência	Redução de 0,2 mmol na [LAC], menor atividade muscular na fase de descida.
Hintzy and Horvais (2016) ⁷	CC e CNC (Osymetric®)	10 homens ativos, não ciclistas	Sem	Potência, Análise de Gases (O ₂ , CO ₂)	2 testes incrementais, um com cada tipo de coroa	Potência com o uso de coroas não circulares foi de 362,6±37,9W, contra 338,8±32,6W com o uso de coroas circulares.
Mateo-March, Zabala (2012) ⁸	CC e CNC (Q-Ring® em seus 5 OCP)	14 ciclistas profissionais do BMX	Não relatado	Velocidade e aceleração (em campo)	Sprints de largada, analisado 3,95 s iniciais	Melhora significativa de desempenho em todos os OCP com o uso do Q-Ring®, principalmente com OCP 3 e 4
Ratel, Duché (2004) ²²	CC e CNC (Osymetric®)	15 ciclistas de nível regional	Sem	Análise de Gases (O ₂ , CO ₂), FC e [LAC]	Realizaram dois testes incrementais (com CNC e com CC)	Nenhuma diferença significativa
Peiffer and Abbiss (2010) ²³	CC e CNC (Q-Ring® usando OCP 110° e 100°)	9 ciclistas bem treinados	Não relatado	Potência, FC, cadência, PE	4 CR de 10 km (1 CC e outros 3 com CNC em ajustes de OCP diferentes.	FC significativamente maior com o Elíptico 2 (OCP 110°)
Cordova, Lataza (2014) ¹⁵	CC e CNC (Q-Ring®)	12 ciclistas de elite	Sem	FC, potência, análise de gases (O ₂ , CO ₂), [LAC], EMG	2 testes incrementais, 4 sprints máximos de 20 s, 2 contrações voluntárias máximas	Teste incremental com potência de 371±30W, com as coroas ovais, contra 355±30W (não significativo). Potência dos sprints com as coroas ovais foram significativamente melhores Índices semelhantes de fadiga (EMG). Melhor RL (1,29) -Espera-se elevar em 3% a potência a 90 rpm Aumento do trabalho muscular
Rankin and Neptune (2008) ¹⁴	CC e CNC (sugeriu um novo modelo)	Análise teórica		Análise teórica, cinemática, EMG, potência	Análise teórica	
Neptune and Herzog (2000) ⁹	CC e CNC (Elíptico 1 e elíptico 2)	8 ciclistas competitivos	Sem	EMG, Potência, cinemática do pedivela e dinamometria dos pedais	Teste submáximo, 200 W, 90 rpm	Aumento na magnitude do sinal EMG nos músculos reto femoral e tibial anterior, além do aumento do torque no pedal durante a fase de descida e recuperação da pedalada.

CC = Coroa convencional; RL = Razão entre maior diâmetro da coroa pelo menor diâmetro da coroa; RPM = Rotações por minuto. W = Watts. CR = Contrarrelógio. FC = Frequência cardíaca. PE = Percepção de esforço. [LAC] = concentração de lactato no sangue. EMG = Eletromiografia. CNC ENG 10 e ENG 90 apresentam RL de 1,36 e cada uma apresentavam diâmetro maior em 10° e 90° do ciclo de pedalada. OCP = OptimalChainring Position, corresponde ao ajuste que a CNC Q-Ring. CNC Elíptico 1 = Diâmetro maior da CNC em paralelo com pedivela. CNC Elíptico 2 = Diâmetro maior da CNC perpendicular ao pedivela.

Capacidade de gerar tensão e velocidade de contração muscular

A relação entre a capacidade de tensão muscular e velocidade de encurtamento também estão fortemente ligadas. Um estudo que analisou contrações isométricas e isocinéticas em diferentes velocidades angulares concluiu que a capacidade de gerar tensão varia muito com a variação da velocidade de movimento, colaborando com hipóteses de que a contração em maiores velocidades leva à inibição do *drive* neural no início do movimento²⁶. Segundo Godik e Zatsiorsky (1965) input Komi (2006)²⁷, o tempo para chegar à capacidade máxima de tensão é aproximadamente 0,4 segundos e a capacidade de gerar tensão apresenta um crescimento maior no começo e menor no final até chegar na força máxima.

Segundo Lucia et al. (2001)²⁸, a cadência preferida por ciclistas de alto rendimento em provas como *Giro d'Italia*, *Tour de France* e *Vuelta a España* ficou por volta de 90rpm, ou seja, cada pedalada dura por volta de 0,666 segundos. Considerando que a pedalada é um esforço cíclico de empurrar e puxar o pedal, o ciclista teria metade desse tempo para poder empurrar o pedal (por volta de 0,333 segundos). Neste caso, a capacidade de gerar tensão estará bem elevada no início do segundo quadrante da volta do pedal (posição entre 3 e 6 horas). Esses

dados podem ajudar fabricantes de CNC escolherem onde o ciclo fica mais leve ou mais pesado.

Eficiência no ciclismo

A busca por melhorar a eficiência é presente não só no ciclismo como também em todos os outros esportes. Técnicos buscam evoluir a eficiência do movimento treino após treino, sempre em busca de um menor gasto energético. Em um estudo sobre o sistema de pedivela não simétrico, mencionam-se variações em diferentes tipos de eficiência²⁹, portanto é interessante indicar algumas definições de eficiência, mais presentes nesses estudos analisados.

Gross Efficiency: Trabalho gerado pelo custo de energia metabólica³⁰, ou seja, se o atleta pedalou a mesma potência com menor consumo de oxigênio, melhorou a *grossefficiency*, ou eficiência bruta. Portanto, se determinado atleta realiza um esforço que demanda um mesmo trabalho, com um consumo de oxigênio menor, esse atleta melhorou sua eficiência bruta.

Delta Efficiency: A variação do trabalho metabólico para uma determinada variação de trabalho mecânico. Ou seja, se um ciclista pedala a 300W com consumo de oxigênio de 3,5 L.min⁻¹, passa a pedalar 400W com consumo de oxigênio de 4,5 L.min⁻¹, se esse mesmo ciclista faz algum treinamento e, para os mesmo

300 e 400W, ele tem um consumo de oxigênio de 3,5 L.min⁻¹ e 4,2 L.min⁻¹, sua delta eficiência melhorou com o treinamento realizado.

Um problema de se usar a eficiência baseada em valores metabólicos é que no ciclismo, muitas vezes, não apresenta valores lineares. Além disso, Coyle et al.³¹ demonstraram que o tipo de fibra muscular predominante em cada indivíduo pode levar a variações nos valores de eficiência.

Influência de CNC na Cinemática

Pensando na morfologia da contração muscular, um dos principais objetivos da variação do *design* de CNC é modificar a variação de velocidade angular do pedivela, refletindo principalmente nas articulações do tornozelo, joelho e quadril, mantendo os ciclos de pedaladas com menor variação da velocidade angular. As CNC, Biopace® (Shimano®), sendo um das primeiras CNC desenvolvidas, apresentavam uma idéia diferente das CNC de hoje, pois possuem diâmetro maior, próximo ao braço do pedivela, objetivando diminuir a ativação durante a fase de descida, já que se passa com maior velocidade por ela. Carpes et al. (2009)²¹ demonstraram que, durante o ciclo de pedalada, houve de fato uma pequena variação na velocidade angular do pedivela, utilizando as CNC Biopace®. Talvez a razão entre o diâmetro maior e o diâmetro menor da coroa (RL) seja muito pequena para gerar modificações significativas para o uso desse sistema.

Os dados avaliados por Carpes et al. (2009)³² confirmam os dados encontrados por Rankin et al. (2008)¹⁰, em que as coroas não circulares apresentam uma variação em seu raio e, portanto, uma velocidade angular do pedivela diferente, podendo propiciar alterações no estado contrátil dos músculos envolvidos no movimento, propiciando melhores condições para o músculo gerar potência e resultando em um movimento mais eficiente. Em outro estudo com variáveis cinemáticas, Strutzenberger et al. (2014)¹¹, compararam coroas convencionais (CC), CNC Q-Ring® (RL de 1,10) e CNC Osymetric® (RL de 1,215), notando redução no momento de força sagital no joelho e aumento no quadril, durante a sua extensão, sendo esse aumento proporcional o aumento da RL das coroas.

Influência de CNC na Eletromiografia

A utilização de CNC interfere na velocidade angular do pedivela³², portanto é esperado que interfira também no sinal eletromiográfico (EMG) dos músculos envolvidos na pedalada. Para Rankin et al. (2008)¹⁰, que realizaram estudos teóricos sobre CNC e sugeriram um *design* de CNC em que o uso dessas coroas leva à redução na velocidade angular na fase descida do pedal, e isso elevaria a ativação dos músculos extensores do quadril, extensores do joelho e flexores plantares do tornozelo nessa fase.

O estudo de Neptune, Herzog (2000)³³ avaliou o uso de dois tipos de CNC, uma com raio maior combinando com o braço do pedivela (apresentando alguma semelhança com a coroa Biopace® da Shimano®, salvo que a Biopace® o diâmetro maior fica 17° a frente do diâmetro do pedivela) e outra com o raio maior a 90° dos braços de pedivela (certa semelhança com a Q-Ring®, salvo que nesse caso está a 90°: a Q-Ring® é ajustável e sempre fica um pouco à frente dos 90° do braço do pedivela), encontrando diferenças relevantes no tempo de ativação e apresentando um aumento significante na magnitude do sinal EMG dos músculos reto femoral e tibial anterior.

É possível inferir que a variação encontrada no padrão de ativação muscular está mais ligada à variação do padrão de movimento do que à variação de torque, ressaltando que a grande variação dos resultados muito possivelmente está ligada as variações nos protocolos de testes empregados nos estudos, principalmente com a relação à variação de intensidade e cadência.

Influência do uso de sistemas não circulares nas variáveis fisiológicas do ciclista

De maneira geral, os estudos tendem a demonstrar variações não significativas no consumo de oxigênio^{5,30,34-36}. Nesta revisão, o único estudo que conseguiu demonstrar variação na concentração de lactato sanguíneo foi o realizado por Hansen et al. (2009)²¹, que comparou o uso das CNC

Biopace® (Shimano®) com as CC em testes submáximos (180W). Ainda assim, a variação foi muito pequena, e o sistema de coroas Biopace®, como já comentado, é bem diferente das CNC usadas hoje em dia, já que exige mais torque justamente onde o atleta tem menor capacidade de gerar torque.

Os dados encontrados pelos pesquisadores frente ao uso de CNC não parecem demonstrar melhorias nos parâmetros fisiológicos, ou talvez as melhorias sejam tão pequenas que não apresentem diferenças estatisticamente significativas. Outro ponto importante é que, em nenhum dos estudos, os atletas eram experientes em utilizar as CNC. Portanto, as adaptações poderiam causar prejuízos do ponto de vista fisiológico, já que o atleta ainda estaria em fase de adaptação.

Influência dos sistemas não convencionais (CNC) no desempenho

Existem indícios que o uso de CNC exerça influência positiva no desempenho em provas curtas, como *BMX* e ciclismo de pista. Segundo Mateo-March, Zabala (2012)⁸, o uso de CNC (Q-Ring®) influenciou positivamente no desempenho de atletas do *BMX*, durante *sprint* de curta duração. Nesse estudo, os autores notaram variação no desempenho dos mesmos atletas, usando ajustes de OCP diferentes. Dentro dos ajustes de OCP testados, o que apresentou maior interferência no desempenho foram os OCP 3 (127°) e OCP 4 (135°).

No estudo de Neptune and Herzog (2000)³³, com oito ciclistas bem treinados utilizando três coroas (CC, CNC 1 com diâmetro maior da coroa alinhadas com o pedivela e CNC 2 com o diâmetro maior da coroa perpendicular aos braços do pedivela), foi observado resultados positivos com relação à variação de torque durante os ciclos de pedaladas. Os pesquisadores notaram que, assim como proposto teoricamente, houve um ganho de torque usando as CNC 2 em relação às CC, sendo esse ganho maior, quando comparado com as CNC 1 (Figura 3).

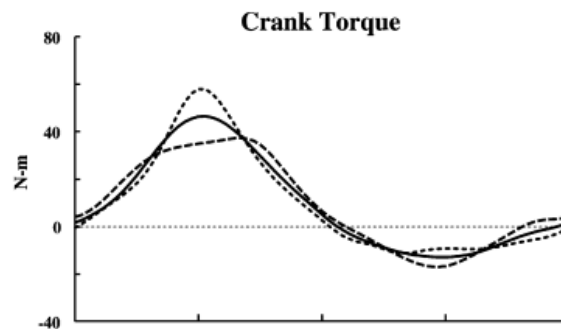


Figura 3. Variação do torque durante o ciclo de pedalada. Linha contínua usando coroas circulares (CC). Linha traçada longa usando coroas elípticas 1 (CNC 1) e traçada curta usando coroas elípticas 2 (CNC 2). Adaptado de Neptune & Herzog (2000)⁹

Portanto, com base nos artigos analisados na revisão, o uso de CNC, como é o caso da Osymetric® e Q-Ring®, apresentam resultados positivos, principalmente em modalidades anaeróbias. Talvez por esse motivo notamos o uso de sistema de CNC em provas de menor duração, com é o caso do *BMX*. Apesar do uso de CNC não apresentar melhora significativa em teste com maior demanda aeróbia, notou-se uma tendência de aumento na potência^{7,15,18,19}. Observa-se neste caso que, tendo em vista que um esporte de alto rendimento, qualquer ganho é muito importante.

Sistemas não circulares no desempenho de ciclistas de Mountain Bike

Na modalidade *mountain bike*, onde existe uma grande variação de intensidade em função do relevo e tipo de terreno, bem como considerando que, em vários momentos, o ciclista precisa de maior aderência para conseguir subir ladeiras íngremes em terreno escorregadio, seria muito interessante que a roda não sofresse variações grandes de tração. Como existe uma grande variação na força tangencial durante o ciclo de pedalada usando CC, a velocidade da corrente irá variar bastante, dificultando a aderência do pneu ao terreno. Usando CNC, a velocidade angular do pedivela se altera, ficando mais

rápida quando o pedivela está nas posições verticais e mais lenta nas posições horizontais¹² o que pode fazer com que a tração na corrente seja mais constante e, teoricamente, melhora a tração em subidas com terreno escorregadio. Entretanto, não foi encontrado nenhum estudo específico com o uso de CNC no *mountain bike*.

Observações gerais

Observando os delineamentos experimentais dos estudos citados, verifica-se que os testes em laboratório podem fazer o nível de empenho do atleta variar, o que possivelmente interfere nos resultados. Como testes mais longos estão mais suscetíveis a esse tipo de interferência, é provável que esse seja um bom motivo para os testes anaeróbios apresentarem resultados mais expressivos^{8,36} do que os testes aeróbios.

Outro ponto importante é que nenhum dos estudos apresentam atletas que já usam sistemas de CNC por um período considerável. Como visto por Herzog et al. (1991)³⁷, o treinamento leva a mudanças nos ângulos de maior capacidade do músculo em gerar tensão. Assim, se o ciclista passou todo o tempo treinando com um sistema de CC, muito provavelmente levará um tempo para se adaptar ao sistema de CNC. Com base neste aspecto, *designs* experimentais prevendo um período relativamente longo de experiência, ou com ciclistas que usam CNC e com análise em campo ou em competições, podem trazer informações bastante úteis quanto à real influência desses sistemas na fisiologia, biomecânica e desempenho no ciclismo.

Por fim, segundo Godik e Zatsiorsky (1965) input Komi (2006)²⁷, o fato das características morfológicas do músculo influenciarem os ângulos articulares onde os músculos tem maior capacidade de gerar tensão³⁷ e o tempo que se leva para chegar a uma tensão consideravelmente elevada, são fatores importantes para definir novos formatos de coroas, inclusive com a possibilidade de definir formatos mais indicados a cada atleta.

Conclusão

O uso de CNC interfere tanto em parâmetros biomecânicos, fisiológicos como no desempenho de ciclistas. Com relação aos aspectos biomecânicos, o uso de CNC promoveu a redução no momento de força sagital na extensão do joelho, aumento na força tangencial nos pedais, principalmente na fase de descida, mais destacado com o uso da CNC Osymetric®, em comparação com a CNC Q-Ring®. Também ocorreram alterações no padrão do sinal EMG, porém essa alteração não está ligada aos índices de fadiga ou a economia de movimento.

Com relação às alterações fisiológicas, o uso da CNC não gerou alterações significativas nos padrões de consumo de O₂, ou volume espirado de CO₂. Um dos formatos de CNC (Biopace®) demonstrou redução na concentração de lactato sanguíneo em testes submáximos.

Para o desempenho em geral, o uso de CNC promoveu o aumento na potência máxima em testes com predominância do metabolismo anaeróbio, mas não demonstrou melhora significativa em testes mais longos, com predominância do metabolismo aeróbio.

Mais estudos devem ser feitos sobre os efeitos das CNC no ciclismo, principalmente investigando ciclistas que já tenha experiência com o uso de CNC.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- Herlihy DV. Bicycle: the history: Yale University Press; 2004.
- Ferrer-Roca V, Roig A, Galilea P, García-López J. Influence of saddle height on lower limb kinematics in well-trained cyclists: static vs. Dynamic evaluation in bike fitting. *J Strength Cond Res*. 2012;26(11):3025-9.
- Martin J, Spiriduso W. Determinants of maximal cycling power: crank length, pedaling rate and pedal speed. *Eur J Appl Physiol*. 2001;84(5):413-8.
- Richardson RS, Johnson SC. The effect of aerodynamic handlebars on oxygen consumption while cycling at a constant speed. *Ergonomics*. 1994;37(5):859-63.
- Hansen EA, Jensen K, Hallén J, Rasmussen J, Pedersen PK. Effect of chain wheel shape on crank torque, freely chosen pedal rate, and physiological responses during submaximal cycling. *J Physiol Anthropol*. 2009;28(6):261-7.
- Hintzy F, Grappe F, Belli A. Effects of a non-circular chainring on sprint performance during a cycle ergometer test. *J Sports Sci Med*. 2016;15(2):228-33.
- Hintzy F, Horvais N. Non-circular chainring improves aerobic cycling performance in non-cyclists. *Eur J Sport Science*. 2016;16(4):427-32.
- Mateo-March M, Zabala M, González-Badillo J. Effects of the orientation of the maximum torque point with a Q-Ring™ non-circular chainring system on the BMX cycling sprint performance. *Science & Sports*. 2012;27(3):e15-e9.
- Neptune R, Herzog W. Adaptation of muscle coordination to altered task mechanics during steady-state cycling. *J Biomech*. 2000;33(2):165-72.
- Rankin JW, Neptune RR. A theoretical analysis of an optimal chainring shape to maximize crank power during isokinetic pedaling. *J Biomech*. 2008;41(7):1494-502.
- Strutzenberger G, Wunsch T, Kroell J, Dastl J, Schwameder H. Effect of chainring ovality on joint power during cycling at different workloads and cadences. *Sports Biomech*. 2014;13(2):97-108.
- Strutzenberger G, Wunsch T, Kröll J, Schwameder H, editors. Pedal forces, lower limb joint kinematics and kinetics in cycling with circular and non-circular chainrings. *ISBS-Conference Proceedings Archive*; 2012.
- Malfait L, Storme G, Derdeyn M. Comparative biomechanical study of circular and non-circular chainrings for endurance cycling at constant speed. *Zweveg (Belgium - Europe)2006*. p. 49.
- Rankin JW, Neptune RR. A theoretical analysis of an optimal chainring shape to maximize crank power during isokinetic pedaling. *J Biomech*. 2008;41(7):1494-502.
- Cordova A, Latasa I, Seco J, Villa G, Rodriguez-Falces J. Physiological responses during cycling with oval chainrings (Q-Ring) and circular chainrings. *J Sports Sci Med*. 2014;13(2):6.
- Cullen L, Andrew K, Lair K, Widger M, Timson B. Efficiency of trained cyclists using circular and noncircular chainrings. *Int J Sports Med*. 1992;13(03):264-9.
- Hull M, Williams M, Williams K, Kautz S. Physiological response to cycling with both circular and noncircular chainrings. *Med Sci Sports Exercise*. 1992;24(10):1114-22.
- Peiffer JJ, Abbiss CR. The influence of elliptical chainrings on 10 km cycling time trial performance. *Int J Sports Physiol*. 2010;5(4):459-68.
- Ratel S, Duché P, Hautier CA, Williams CA, Bedu M. Physiological responses during cycling with noncircular "Harmonic" and circular chainrings. *Eur J Appl Physiol*. 2004;91(1):100-4.
- Zeller S, Abel T, Smith PM, Strueder HK. Influence of noncircular chainring on male physiological parameters in hand cycling. *J Rehabil Res Dev*. 2015;52(2):211-20.
- Hansen EA, Jensen K, Hallén J, Rasmussen J, Pedersen PK. Effect of chain wheel shape on crank torque, freely chosen pedal rate, and physiological responses during submaximal cycling. *J Physiol Anthropol*. 2009;28(6):261-7.
- Ratel S, Duché P, Hautier CA, Williams CA, Bedu M. Physiological responses during cycling with noncircular "Harmonic" and circular chainrings. *Eur J Appl Physiol*. 2004;91(1):100-4.
- Peiffer JJ, Abbiss CR. The influence of elliptical chainrings on 10 km cycling time trial performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2010;5(4):459-68.
- Carpes FP, Mota CB, Bini RR, Diefenthaler F, Guimaraes ACS, Nabinger E. Aplicação de força no pedal em prova de ciclismo 40 km contra-relógio simulada: estudo preliminar. *Rev Bras de Educ Fis e Esporte*. 2005;19(2):105-13.
- Leong C-H, Elmer SJ, Martin JC. Noncircular Chainrings Do Not Influence Maximum Cycling Power. *J Appl Biomech*. 2017;33(6):410-8.
- Corvino RB, Caputo F, Oliveira ACD, Greco CC, Denadai BS. Taxa de desenvolvimento de força em diferentes velocidades de contrações musculares. *Rev Bras Med Esporte*. 2009;428-31.
- Komi PV. Força e Potência no Esporte. 2 ed. Porto Alegre 2006. 536 p.
- Lucia A, Hoyos J, Chicharro JL. Preferred pedalling cadence in professional cycling. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(8):1361-6.
- Santalla A, Manzano JM, Pérez M, Lucia A. A new pedaling design: the Rotor--effects on cycling performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(11):1854-8.
- Jobson SA, Hopker JG, Korff T, Passfield L. Gross efficiency and cycling performance: a brief review. *J Sci Cycling*. 2012;1(1):3-8.
- Coyle EF, Sidossis LS, Horowitz JF, Beltz JD. Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. *Med Sci Sports Exerc*. 1992;24(7):782-8.
- Carpes FP, Dagnese F, Mota CB, Stefanyshyn DJ. Cycling with noncircular chainring system changes the three-dimensional kinematics of the lower limbs. *Sports Biomech*. 2009;8(4):275-83.
- Neptune RR, Herzog W. Adaptation of muscle coordination to altered task mechanics during steady-state cycling. *J Biomech*. 2000;33(2):165-72.
- García López J, Rodríguez-Marroyo J, Gerardo Villa J. Análisis del pedaleo ciclista con sistemas convencionales VS no circulares en pruebas submáximas y supramáximas. *Órgano de la Sociedad Ibérica de Biomecánica y Biomateriales*. 2008;14(2).
- Jorge M, Hull M. Analysis of EMG measurements during bicycle pedalling. *J Biomech*. 1986;19(9):683-94.
- Rodríguez-Marroyo JA, García-López J, Chamari K, Córdoba A, Hue O, Villa JG. The rotor pedaling system improves anaerobic but not aerobic cycling performance in professional cyclists. *Eur J Appl Physiol*. 2009;106(1):87-94.
- Herzog W, Guimaraes AC, Anton MG, Carter-Erdman KA. Moment-length relations of rectus femoris muscles of speed skaters/cyclists and runners. *Med Sci Sports Exerc*. 1991;23(11):1289-96.