ANÁLISE DE DADOS COM MEDIDAS REPETIDAS NA CINEMÁTICA

Resumo: O objetivo do estudo foi comparar dois procedimentos de análise para dados longitudinais não-lineares (medidas repetidas) em análises cinemáticas. Para tanto, uma análise cinemática do arremesso no basquetebol forneceu o deslocamento angular do cotovelo de cinco homens e cinco mulheres. Este deslocamento angular foi comparado através de dois procedimentos estatísticos: construção de intervalos de confiança (IC) e modelos mistos. O teste de *Schwarz's Bayesian Criterion* apresentou a estrutura de componentes simétricos como mais adequada, em função da covariância dos dados. O teste de *Tukey* ajustado foi utilizado verificar onde as diferenças nos testes de modelos mistos ocorreram. As análises foram realizadas no software SAS (v.8.2) com nível de significância estabelecido em 0.05. O procedimento de IC aumentou a chance do erro tipo I ocorrer. Pois, o procedimento de IC não considera a dependência das medidas que ocorre em dados longitudinais. Assim, mesmo com a estrutura de covariância dos dados modeladas como componente simétrico, o procedimento de modelos mistos demonstra ser o mais adequado para analisar dados longitudinais não-lineares.
Palavras Chave: Dados Longitudinais Não-Lineares, Séries Temporais, Modelos Mistos, IC, Análise Cinemática.

Abstract: This study aimed to compare two procedures of analysis for non-linear longitudinal data (repeated measures) in kinematics analysis. A kinematics analysis from basketball jump shoot provided the elbow angular displacement from five men and five women. This angular displacement was compared through two statistical procedures: confidence interval (IC) and mixed models. The Schwarz's Bayesian Criterion showed the components symmetric structure as the most adequate, in relation to the data covariance. The analysis was performed in SAS (v.8.2) software with a significance level established at 0.05. The IC procedure increase the chance of type I error to occur. Because IC procedure does not consider the data dependence that is found in longitudinal data. Thus, even with the data covariance structure modeled with components symmetric, mixed models procedures shows to be the most adequate to analyze longitudinal non-linear data.
Keywords: Non-Linear Longitudinal Data, Temporal Series, Mixed Models, IC, Kinematics Analysis.

INTRODUÇÃO

O termo medidas repetidas refere-se a dados com múltiplas observações na mesma unidade experimental [1]. Na maioria dos casos, estas observações múltiplas são realizadas através do tempo, mas elas também poderiam ser através do espaço [2]. De forma geral, as observações na mesma unidade experimental são correlacionadas. Desta forma, análises estatísticas com dados de medidas repetidas devem considerar a covariância entre as medidas na mesma unidade experimental [1,2,3].

Antigamente, as análises disponíveis em pacotes de softwares estatísticos ofereciam escolhas inadequadas. Pois, a estrutura de covariância dos dados era ignorada ou os dados eram transformados para evitar análises inadequadas [2]. Porém, ignorar a estrutura de covariância pode resultar em inferências errôneas, e evitar ou ajustar a estrutura de covariância pode resultar em inferências ineficientes [2,3].

Em se tratando de análises cinemáticas, a mesma dificuldade em analisar os dados está presente. Pois, as variáveis cinemáticas de deslocamento, velocidade e aceleração, são

mensuradas em função do tempo [4]. Assim, a analise própria dos dados tem sido um grande obstáculo aos pesquisadores [5].

Com propósito de abordar esta questão, o presente estudo objetivou comparar dois procedimentos que não considera (construção de Intervalos de Confiança) e que considera (Modelos Mistos) a estrutura de covariância dos dados de medidas repetidas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Procedimentos Experimentais

Cinco homens e cinco mulheres (adultos experientes em basquetebol) foram analisados cinematicamente (2D, 60Hz, *Shutter-Speed* 1/500) desempenhando o arremesso de basquetebol.

Os dados foram digitalizados por um único avaliador através de um software específico de análise de movimento (*Dgeeme, v.1.0 beta*). Os dados foram filtrados com um filtro passa-baixa do tipo *Butterworth* de quarta ordem com uma freqüência de corte de 10 Hz. Após, os dados foram normalizados em função do tempo ciclo de movimento, transformando a escala temporal para valores relativos (%).

Para comparar os dois procedimentos de análise nos dados de medidas repetidas, foi utilizado o deslocamento angular do cotovelo no arremesso. Assim, o arremesso dos homens e das mulheres foi comparado através das diferenças apresentadas no perfil do deslocamento angular do cotovelo.

Os testes de *Kolmogorov-Smirnov* e *Bartlett* foram utilizados para verificar a normalidade e homocedasticidade dos dados, respectivamente. O teste de *Schwarz's Bayesian Criterion* foi utilizado para verificar a melhor estrutura de covariância entre os dados. Foram testadas quatro estruturas de covariância: Componentes Simétricos, Auto-Regressivo de Primeira Ordem, Inestruturado e Toeplitz. A estrutura de Componentes Simétricos demonstrou o melhor ajuste dos dados.

Os homens e mulheres foram analisados em função do tempo de movimento através da construção de Intervalos de Confiança para 95% e do procedimento de Modelos Mistos (para maiores detalhes ver Teixeira et al. [6]). Para verificar onde as diferenças ocorreram no procedimento de modelos mistos o teste de *Tukey* ajustado foi utilizado. O nível de significância adotado foi de 0.05. As análises estatísticas foram realizadas no software *SAS* (v.8.2).

RESULTADOS & DISCUSSÃO

As mulheres desempenham o arremesso com o cotovelo inicialmente flexionado. Aproximadamente em 65% do tempo de movimento, as mulheres realizam a extensão do cotovelo para lançar a bola. Os homens desempenham o arremesso com um movimento de cotovelo com uma flexão-extensão. Por conseguinte, o início do movimento foi o único período em que o movimento do cotovelo diferiu entre homens e mulheres ($p<0.05$). A figura 1

apresenta o perfil do deslocamento angular do cotovelo no arremesso no basquetebol de homens e mulheres.

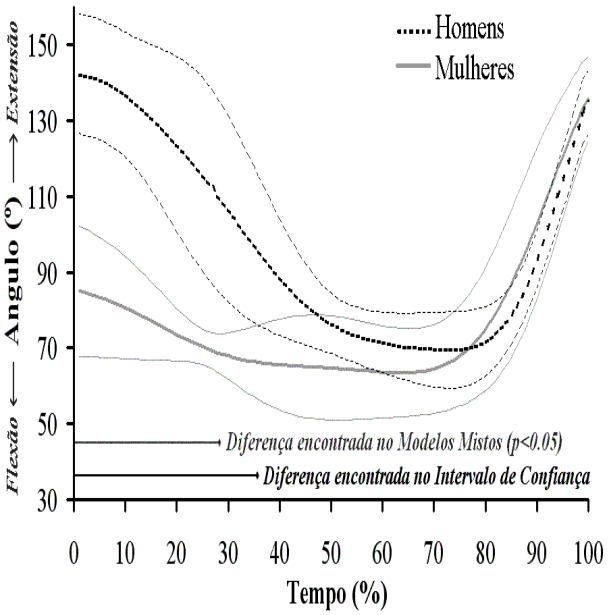

Figura 1 – Deslocamento angular do cotovelo de homens e mulheres.

O procedimento de Intervalos de Confiança encontrou diferenças no deslocamento angular do cotovelo, entre homens e mulheres, até 36% do tempo de movimento. O deslocamento angular no tempo de 36% foi de M = 95.5 (SD = 15.5) para homens e M = 66.2 (SD = 9.6) para mulheres. O procedimento de Modelos Mistos identificou diferença até 29% do tempo de movimento entre homens e mulheres. O deslocamento angular no tempo de 29% foi de M = 108.6 (SD = 24.3) para homens e de M = 68.3 (SD = 5.4) para as mulheres. Por conseguinte, o método de intervalo de confiança foi menos rigoroso que o método de modelos mistos. Isto reforça a idéia de que métodos que não consideram a dependência e a estrutura de covariância nos dados de medidas repetidas, que podem aumentar a chance de erro tipo I [1,2]. Assim, apesar da estrutura de covariância demonstrar o melhor ajuste com os componentes simétricos, o que legitimaria a utilização de outros métodos convencionais (*ANOVA* com medidas repetidas por exemplo), o método de modelos mistos parece ser mais rigoroso [3].

Maiores cuidados devem ser tomados, principalmente, com a utilização do método de intervalo de confiança, ou outros métodos convencionais, quando a estrutura de covariância não for simétrica [1]. Neste sentido, o método de modelos mistos parece ser o mais aconselhado para a análise de dados de medidas repetidas (longitudinais), pois permite a modelagem da estrutura de covariância dos dados para a análise [2,3].

CONCLUSÃO

A análise de dados de medidas repetidas requer cuidados especiais, no que diz respeito à estrutura de covariância das medidas. Métodos convencionais têm sido aplicados em diversas situações, como por exemplo nas variáveis cinemáticas [6]. Todavia, o erro tipo I aumenta quando estas dependências entre as medidas são desconsideradas [1,2]. Assim, sugere-se a utilização de métodos mais robustos e capazes de modelar a estrutura de covariância entre as medidas [2]. O procedimento de modelos mistos tem sido sugerido como o mais apropriado para estas análises de medidas repetidas [3].

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CNPQ pela bolsa de doutorado concedida ao primeiro autor no período de realização deste trabalho (proc. 141573/2006-6).

REFERÊNCIAS

[1] Ugrinowitsch C, Fellingham GW, Ricard MD. Limitations of Ordinary Least Squares Models in Analyzing Repeated Measures Data. *Méd. Sci. Sports Exerc.* 2004; 36(12): 2144–2148.

[2] Littell RC, Pendersgast J, Natarajan R. Modelling Covariance Structure in the Analysis of Repeated Measure Data. *Statistics in Medicine*. 2000; 19: 1793-1819.

[3] Cnaan A, Lair NM, Slasor P. Using the Genelral Linear Mixed Model to Analyse Unbalanced Repeated Measures and Longitudinal Data. *Statistics in Medicine*. 1997; 16: 2349-2380.

[4] Okazaki VHA, Rodacki ALF, Okazaki FHA. O efeito da freqüência da amostragem e da intensidade do filtro na análise cinemática. *XVI SEFSUL; 2004.* 127-133.

[5] Wood GA. Data smoothing and differentiation procedures in biomechanics. *Ex. and Sport Sci. Rev.* 1982; 10: 308-362.

[6] Teixeira FG, Santiago PRP, Cunha SA. Comparação do Chute no Futebol Entre Duas Categorias Distintas Utilizando Coordenadas Esféricas. *Rev. Bras. Biomec.* 2003; 4(7): 41-50.

e-mail:

vhaokazaki@gmail.com