



ARTIGO ORIGINAL

# ANÁLISE MECÂNICA DO LEVANTAMENTO DE PESO OLÍMPICO: UM PROGRAMA DE INTERVENÇÃO TÉCNICA MECHANICAL ANALYSIS OF OLYMPIC WEIGHT LIFTING: A TECHNICAL INTERVENTION PROGRAM

BAUDIN, J.P.;  
McPHERSON, M.N.;  
BEDINGFIELD, E.W.

Departamento de Educação Física e Estudos Esportivos  
Universidade de Alberta, Edmonton, Alberta - CANADÁ

## RESUMO

BAUDIN, J.P.; McPHERSON, M.N.; BEDINGFIELD, E.W. Análise mecânica do levantamento de peso olímpico: um programa de intervenção técnica. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, Vol. 4, nº 1, pp 29-37, 1990

Informação biomecânica quantitativa relacionada a performance dos levantamentos olímpicos tipo "snatch", "clean" e "jerk" foi determinada usando cinematografia de alta velocidade e técnicas de análise por computador. A análise dos dados envolveu a determinação de algumas variáveis cinemáticas e temporais associadas com cada um dos levantamentos, como já foi descrito por Garhammer (5,6). Um pacote de perfil técnico que apresentava os dados quantitativos em um formato gráfico facilmente compreensível foi preparado para cada atleta. Uma plotagem sequencial das figuras foi feita para cada levantamento. A trajetória da barra e o centro de massa de cada indivíduo foi plotado. Informação sobre o deslocamento máximo posterior, anterior e vertical da barra, tempo até a altura máxima e a potência média produzida pelo atleta também foi registrado. Além disso, a velocidade vertical da barra durante o levantamento foi apresentada em um formato gráfico junto com a velocidade vertical máxima produzida e o tempo requerido para atingir aquela velocidade.

**UNITERMOS** - Análise biomecânica, levantamento de peso olímpico.

## ABSTRACT

BAUDIN, J.P.; McPHERSON, M.N.; BEDINGFIELD, E.W. Mechanical analysis of olympic weight lifting: a technical intervention program. Brazilian Journal of Sciences and Movement. Vol. 4, nº 1, pp 29-37, 1990

Quantitative biomechanical information related to the performance of the snatch, and clean and jerk Olympic lifts was determined using high speed cinematography and computer analysis techniques. Data analysis involved the determination of select kinematic and temporal variables associated with each lift, as outlined by Garhammer (5,6). A technique profile package, which presented the quantitative data in an easily understood graphical format, was prepared for each athlete. A stick figure-like sequential plot was done for each lift. The trajectory of the bar, and the subject's center of mass was plotted. Information about maximum forward, backward, and vertical displacement of the bar, time to maximum height, and average power produced by the athlete was also reported. In addition, the vertical velocity of the bar during the lift was presented in a graphical format along with the maximum vertical velocity produced and the time required to reach that velocity.

**UNITERMS** - Biomechanical analysis, olympic lifting

Submetido para publicação em 05.07.88  
Aprovado em: 20.10.89



## INTRODUÇÃO

Gideon Ariel (1) aponta que "os empreendimentos atléticos têm surgido no mundo moderno de especialistas em medidas e diagnóstico. Com os princípios de engenharia descritos por Newton e os rápidos cálculos fornecidos pelo computador, homem e máquina podem liderar o desempenho atlético para fora das idades escuras da superstição, para dentro do renascimento da descoberta". Contudo, uma chave no sucesso de auxiliar na melhoria do desempenho esportivo é a habilidade do biomecânico de apresentar a informação, conseguida com técnicas de análise sofisticada, em um formato que seja facilmente entendível pelo técnico e atleta.

No levantamento olímpico, as sutis diferenças mecânicas entre o sucesso e o fracasso são geralmente muito difíceis de serem determinadas pelo técnico ou pelo atleta. Os biomecânicos, usando cinematografia de alta velocidade e análise por computador, podem colaborar com este tipo de informação crítica.

Fatores mecânicos, que são de interesse do técnico, incluem a trajetória da barra durante o levantamento, a posição do corpo em várias fases do levantamento, velocidade da barra durante o levantamento, tempo para atingir a máxima altura Garhammer (5,6). A disponibilidade desta informação, combinada com o registro em filme, dos quais foram tirados os dados, podem permitir ao técnico fazer uma avaliação mais completa da técnica do atleta e fazer as modificações necessárias para melhorar a performance.

## PROPÓSITO DO ESTUDO

O propósito do estudo foi o de desenvolver um método para apresentar informação mecânica quantitativa calculada do desempenho do levantamento tipo "snatch", "clean" e "jerk".

Estes dados seriam apresentados em formato que seria facilmente compreensível pelo técnico e o atleta, dessa maneira fornecendo uma ferramenta adicional na procura para um melhor desempenho.

## INTRODUCTION

Gideon Ariel (1) notes that "Athletic achievement has emerged into the modern world of measurement and diagnostic expertise. With the engineering principles described by Newton and the rapid calculations provided by the computer, man and machines can lead athletic performance out of the dark ages of witchcraft and into the Renaissance discovery". However, one key to the success of aiding in the improvement of sport performance is the ability of the biomechanist to present the information gained from sophisticated analysis techniques, in a format that is easily understood by the coach and athlete.

In Olympic Weightlifting, the subtle mechanical differences between success and failure are often very difficult for the coach or athlete to determine. The biomechanist using high speed cinematography and computer analysis, is able to provide them with this critical information.

Mechanical factors that are of interest to the coach include the trajectory of the bar during the lift, the position of the body at various phases of the lift, velocity of the bar throughout the lift, and time to maximum height and velocity Garhammer (5,6). The availability of this information combined with a film record from which the data was taken can allow the coach to do a more complete evaluation of the athlete's technique and make the necessary changes to improve performance.

## PURPOSE OF THE STUDY

The purpose of this study was to develop a method for presenting quantitative mechanical information calculated from the performance of the snatch, and clean and jerk Olympic lifts. This data was to be presented in a format that would be easily understood by the coach and athlete, thus providing them with an additional tool in their quest of better performance.



## MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

Uma câmara 1 PL 16 mm fotosônica equipada com um cronômetro fotosônico gerador de luz a 10 Hz foi usada para fotografar de perspectiva lateral três desempenhos de cada levantamento tipo "snatch", "clean" e "jerk" por dez membros da equipe de halterofilistas do Estado de Alberta. A câmara foi operada a 75 quadros por segundo com tempo de exposição de 0,0011 segundos. O filme "Ektachrome" 7250 (400 asas) foi usado em todas as tentativas. O filme resultante foi projetado sobre uma prancha digital Bendix por um analisador de filmes "TRAID - 100". Os dados de tempo/deslocamento dos segmentos corporais e barra foram extraídos do filme usando um computador Hewlett Packard 9825B unido a um digitalizador Hewlett Packard 9864A e à prancha. Os pontos seguintes foram digitalizados em cada quadro: Ápice da cabeça, os dois ombros, cotovelos, punhos, quadris, joelhos, tornozelos, calcanhares, o ponto distal de ambos os pés e o centro da barra. Esses dados foram subsequentemente transferidos a um IBM PC para análise e apresentação.

Os programas foram escritos em BASIC IBM PC para calcular: a trajetória da barra, o caminho do centro de massa do indivíduo, velocidade vertical da barra, máximo deslocamento lateral, anterior e posterior da barra, tempo para a máxima altura e velocidade da barra.

O produto do programa tinha um formato gráfico fácil para ler, que pudesse tanto aparecer na tela do monitor do computador, como no papel com a ajuda do Plotter Hewlett Packard 7470A. Além disso, as figuras puderam ser produzidas individualmente ou em forma animada para recriar o levantamento. O Plotter também foi usado para produzir figuras de traços (chamados de "frustrum men") do atleta em uma reprodução sequencial do levantamento.

Boa parte da informação quantitativa para cada um dos levantamentos foi apresentada num formato gráfico que foi fornecido ao técnico e a cada um dos atletas. Esse material foi usado em conjunto com o filme de alta velocidade e a animação computadorizada para o exame crítico de cada levantamento.

## METHODS AND PROCEDURES

A Photo-Sonics 1 PL 16mm camera equipped with a Photo-Sonics timing light generator set at 10 Hz. was used to photograph from the lateral perspective 3 performance of each of the snatch, and clean and jerk by 10 members of the Alberta Provincial Weightlifting Team. The camera was operated at 75 frames per second with an exposure time of .0011 seconds. Ektachrome 7250 film (400 ASA) was used in all trials. The resulting film was projected onto a Bendix digitizing board by a pin-registered TRAID VR-100 film analyzer. Time/displacement data of the body segments and bar was extracted from the film using a Hewlett Packard 9825B computer hardwired to a Hewlett Packard 9864A digitizer and the board. The following points were digitized in each selected frame: top of the head; both shoulders; both elbows; both wrists; both hips; both knees; both ankles; both heels; the distal end of both feet and; the center of the bar. This data was subsequently transferred to an IBM PC for analysis and presentation.

Programs were written in IBM Basic to calculate: the trajectory of the bar; the path of the subject's center of mass; vertical velocity of the bar; maximum forward, backward and vertical displacement of the bar; time to maximum height; and maximum velocity of the bar.

The output from the program was in an easy to read graphical format that could either be displayed on the computer monitor or on paper with the aid of a Hewlett Packard 7470A plotter. In addition stick figures could be produced on the monitor individually or in a form of animation to recreate the lift. The plotter was also used to produce stick-like figures (called frustrum men) of the athlete in a sequential reproduction of the lift.

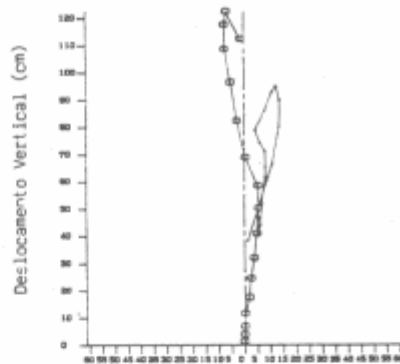
Much of the quantitative information for each of the lifts was presented in a graphical format that was then provided to the coach and each of the athletes. This material was used in conjunction with the high speed film and computer animation to critically examine each lift.

## RESULTADOS

Figuras 1 a 6 representam uma amostra do formato que foi escolhido para apresentar a informação técnica produzida na análise biomecânica de cada levantamento. Figuras 1 e 2 fornecem informação sobre a trajetória da barra, no momento que é levantada durante a execução do "snatch", "clean" e "jerk".

**Figura 1 - Informação da trajetória da barra.**

Indivíduo: John levantador de peso  
Evento: Peso "snatch" (kg): 90  
De: "0" até 1,33 segundos depois do começo do levantamento.



Anterior      Posterior  
Levantamento Horizontal (cm)

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| Altura máxima da barra (cm)        | = 138.69  |
| Tempo para a máxima altura (sec)   | = 1.06    |
| Média de potência (watts)          | = 1014.54 |
| Máximo deslocamento anterior (cm)  | = 7.32    |
| Máximo deslocamento posterior (cm) | = 5.64    |

Chave

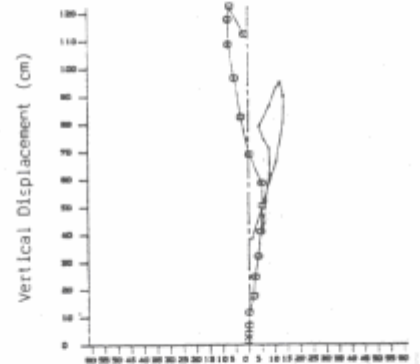
- | Linha vertical da barra em repouso.
- Trajetória da barra.
- Caminho do centro da gravidade.

## RESULTS

Figures 1 to 6 represent a sample of the format that was chosen to present the technical information produced in the biomechanical analysis of each lift. Figures 1 and 2 provide information about the trajectory of the bar as it is lifted during the execution of the snatch, and clean and jerk.

**Figure 1 - Bar trajectory information**

Subject: John Weight lifter  
Event: Snatch weight (kg): 90  
From: 0 seconds to: 1.33 seconds after bar liftoff



Forward      Backward  
Horizontal Displacement (cm)

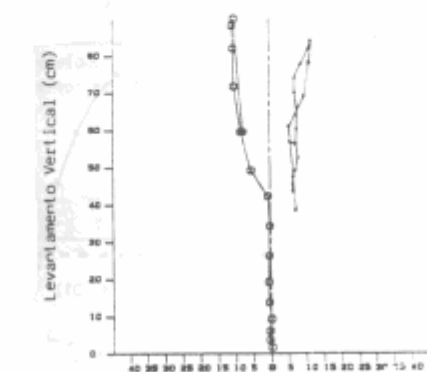
|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| Maximum bar height (cm)  | = 138.69  |
| Time to max height (sec) | = 1.06    |
| Average power (watts)    | = 1014.54 |
| Max forward displ. (cm)  | = 7.32    |
| Max backward displ. (cm) | = 5.64    |

Key

- | Vertical Line from resting bar.
- Trajectory of the bar.
- Path of the center of mass.

**Figura 2 - Informação da trajetória da barra**

Sujeito: John levantador de peso  
Evento: "Clean" & "Jerk" peso (kg): 107  
De: "0" até 1,52 segundos depois do começo do levantamento.



Anterior      Posterior  
Deslocamento Horizontal (cm)

|                                    |   |        |
|------------------------------------|---|--------|
| Máxima altura da barra (cm)        | = | 109.00 |
| Tempo para a altura máxima (sec)   | = | .99    |
| Média de potência (watts)          | = | 944.35 |
| Deslocamento anterior máximo (cm)  | = | 10.31  |
| Deslocamento posterior máximo (cm) | = | .37    |

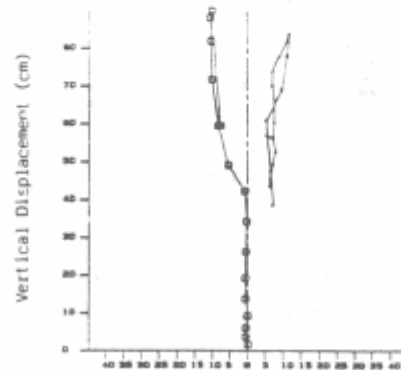
Chave

- | Linha vertical da barra em repouso.
- Trajetória da barra.
- ◆ Caminho do centro de gravidade:

A trajetória em forma de "S" da figura 1 é muito típica da maioria dos levantadores e já foi reportada anteriormente (6,7). Informação adicional também é apresentada; a máxima altura da barra, tempo para a altura máxima, média da potência produzida pelo atleta, máximo deslocamento lateral, posterior e anterior da barra durante o levantamento. Os valores encontrados para esses dados foram similares aos dados reportados anteriormente por Garhammer (4,5,6), exceto para média da potência produzida pelo atleta. Neste estudo, em geral foi mais baixa

**Figure 2 - Bar trajectory information**

Subject: John weight lifter  
Event: Clean & Jerk weight (kg): 107  
From: 0 seconds to 1.52 seconds after bar liftoff.



Forward      Backward  
Horizontal Displacement (cm)

|                          |   |        |
|--------------------------|---|--------|
| Maximum bar height (cm)  | = | 109.99 |
| Time to max height (sec) | = | .99    |
| Average power (watts)    | = | 944.35 |
| Max forward displ. (cm)  | = | 10.31  |
| Max Backward displ. (cm) | = | .37    |

Key

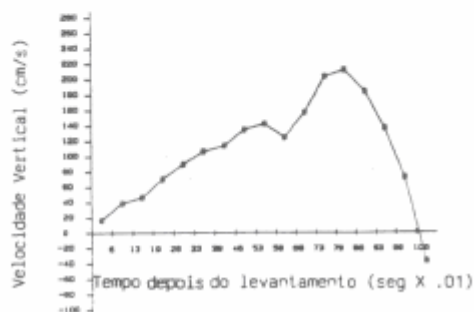
- | Vertical line from resting bar.
- Trajectory of the bar.
- ◆ Path of the center of mass.

The "S" shaped path of figure 1 is very typical of most of the lifts and has been previously reported by Garhammer (6,7). Additional information is also presented about; the maximum bar height, time to maximum height, average power produced by the athlete, and maximum forward and backward displacements of the bar during the lift. The values found for this data were similar to that previously reported by Garhammer (4,5,6) except that the average power produced by the athletes in this study was generally less.



**Figura 3 - Informação da velocidade da barra.**

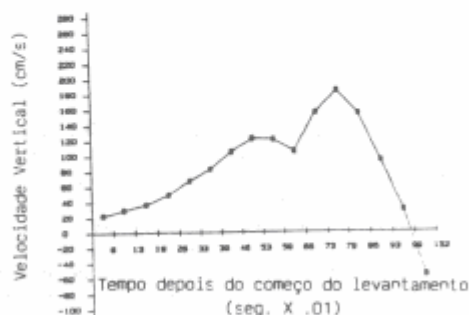
Indivíduo: John levantador de peso.  
Evento: Peso "snatch" (kg): 90  
De: "0" segundos até 1.33 segundos depois do começo do levantamento



Máxima velocidade vertical (cm/s) = 211.39  
Tempo para a máxima velocidade (seg.) = .83

**Figura 4 - Informação da velocidade da barra.**

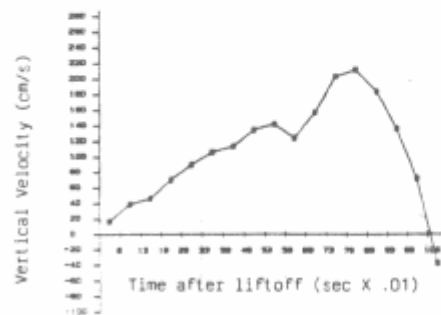
Indivíduo: John levantar de peso.  
Evento: Peso "clean & jerk" (kg): 107  
De: "0" até 1.52 segundos depois do começo do levantamento.



Velocidade vertical máxima (cm/s) = 183  
Tempo para a máxima velocidade (seg.) = .76

**Figure 3 - Bar velocity information.**

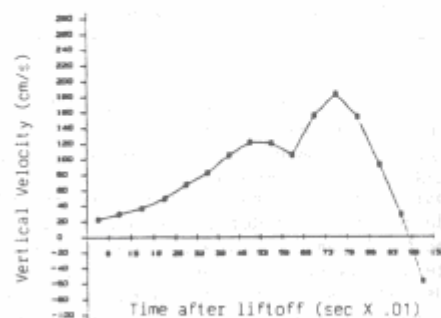
Subject: John weight lifter.  
Event: Snatch weight (kg): 90  
From: 0 seconds to 1.33 seconds after bar liftoff.



Maximum vertical velocity (cm/s) = 211.39  
Time to maximum velocity (sec.) = .83

**Figure 4 - Bar velocity information.**

Subject: John weight lifter.  
Event: Clean & jerk weight (kg): 107  
From: 0 seconds to 1.52 seconds after bar liftoff

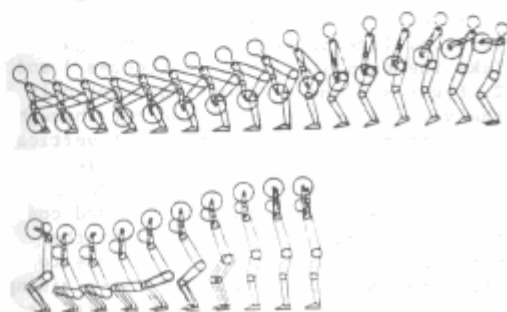


Maximum vertical velocity (cm/s) = 183  
Time to maximum velocity (sec.) = .76

Figuras 3 e 4 fornecem dados sobre a velocidade vertical dos levantamentos. A forma dessas curvas é novamente típica da maioria dos levantadores e similar àquelas reportadas por Conna et al. (2), Garhammer (6) e Enoka (3). Velocidade máxima e tempo da velocidade máxima também são relatados. Figuras 5 e 6 fornecem recreações sequenciais dos levantamentos.

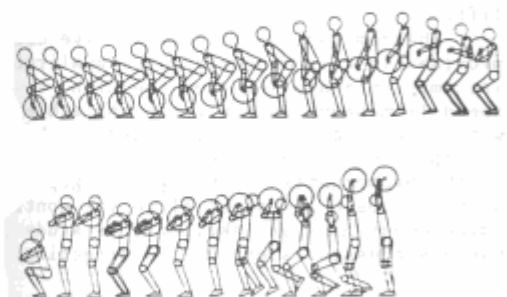
**Figura 5 - Figuras sequenciais do levantamento.**

Indivíduo: John levantador de peso.  
Evento: Peso "snatch" (kg): 90



**Figura 6 - Figuras sequenciais do levantamento.**

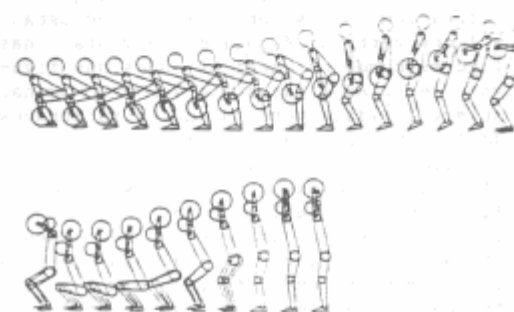
Indivíduo: John levantador de peso.  
Evento: "Clean & Jerk"  
Peso (kg): 107



Figures 3 and 4 provide vertical velocity data about the lifts. The shape of these curves is again typical of most lifts and similar to those reported by Conna et al (2), Garhammer (6), and Enoka (3). Maximum velocity and time to maximum velocity are also reported. Figures 5 and 6 provide sequential recreations of the lifts.

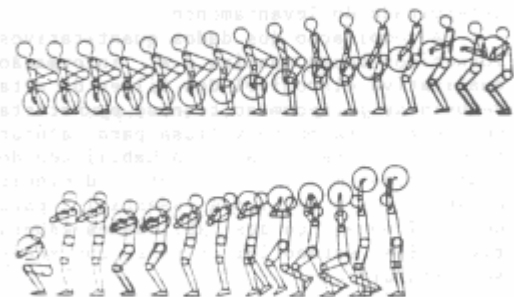
**Figure 5 - Sequential figures for lift.**

Subject: John weight lifter  
Event: snatch weight (kg): 90



**Figure 6 - Sequential figures for lift.**

Subject: John weight lifter  
Event: Clean & Jerk  
Weight (kg): 107





## DISCUSSÃO

Os pacotes de informação técnica que foram desenvolvidos pelos atletas e técnicos representam uma tentativa de produzir informação quantitativa em formato facilmente compreensível e interpretável. A ilustração gráfica dos dados quantitativos ajuda a avaliar os componentes críticos de cada levantamento. Por exemplo, qualquer movimento da barra para fora da linha vertical no momento que está sendo levantada significa que forças desnecessárias estão sendo produzidas. O grau em que o atleta tem sucesso em se manter encostado à linha vertical é facilmente vista nas figuras como nos exemplos dados nas figuras 1 e 2. As figuras 3 e 4 demonstram não só a velocidade vertical da barra através do levantamento, mas também se as forças verticais estão ou não sendo aplicadas eficientemente na barra. A ilustração gráfica permite ao atleta e ao técnico localizar os períodos durante o levantamento em que a velocidade vertical não continua a incrementar levemente para o máximo. Também para ajudar na avaliação de um levantamento em particular são as figuras sequenciais, como as fornecidas nas figuras 5 e 6. Cada uma dessas figuras individuais do levantador podem ser comparadas temporariamente às articulações (como indicado pelos círculos pequenos) das curvas de trajetória e velocidade vertical das figuras 1 a 4. Isso diz ao técnico e ao atleta a posição do corpo e da barra num momento determinado do levantamento.

A combinação dos dados quantitativos fornecidos dessa maneira e a informação qualitativa disponível dos filmes de alta velocidade fornecem ao técnico e ao atleta uma ferramenta muito valiosa para ajudar a melhorar a performance. A habilidade do biomecânico em criar uma ponte e diminuir o espaço com o técnico é essencial para um contínuo avanço das habilidades esportivas. Esse estudo foi um passo com sucesso nesta direção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ARIEL, G.B. Utilization of biomechanics in the assessment of athletic performance. Science in Athletics. Academic Publishers. Del Mar, California, 1979.

02. CONNAN, A.; MOREAU, A. and VAN HOECKE, J. Biomechanical analysis of the two-hand snatch. In Biomechanics VII-B (pp.331-321). Baltimore University Park Press, 1981.

## DISCUSSION

The technical information packages that were developed for the athletes and coach represent an attempt to output quantitative information in a readily understood and interpreted format. The graphical illustration of the quantitative data makes it easier to evaluate the critical components of each lift. For example, any movement of the bar away from the vertical line, as it is being lifted, means that unnecessary forces are being produced. The degree to which the athlete is successful in staying close to this vertical line is easily seen in figures like the examples given in Figures 1 and 2. Figures 3 and 4 demonstrate not only the vertical velocity of the bar throughout the lift but also whether or not vertical forces are being efficiently applied to the bar. The graphical illustration of these values allows the athlete and coach to locate periods during the lift the vertical velocity does not continue to increase smoothly to maximum. Also aiding the evaluation of a particular lift are the stick-like sequential figures as provided in Figures 5 and 6. Each of the individual figures of the lifter can be matched temporally to the joints (as indicated by the small circles) of the trajectory and vertical velocity curves of Figures 1 to 4. This tells the coach and athlete the position of the body and bar at a particular time during the lift.

The combination of quantitative data provided in this manner and the qualitative information available from the high speed film provides the coach and athlete with a very valuable tool to assist them in improving performance. The ability of the biomechanist to bridge the gap with the coach is essential to the continuing advancement of sport skills. This study was a successful step in this direction.



03. ENOKA, R.M. The pull in Olympic weightlifting. *Medicine and Science in Sports*, 11:131-137, 1979.
04. GARHAMMER, J. and MCLAUGHLIN, T. Power output as a function of load variation in Olympic and power lifting. *Journal of Biomechanics*, 13(2):198 (abstract), 1980.
05. GARHAMMER, J. Biomechanical characteristics of the 1978 world weightlifting champions. In *Biomechanics VII-B* (pp.300-304). Baltimore: University Park Pres, 1981.
06. GARHAMMER, J. Biomechanical profiles of Olympic weightlifters. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1:122-130, 1985.
07. VOROBYEV, A.N. Weightlifting. *International Weightlifting Federation*, Budapest, pp.86-104, 1978.

ENDEREÇO DO AUTOR/AUTHOR ADDRESS

J. Pierre Baudin  
Department of Physical Education and  
Sports Studies  
University of Alberta  
Edmonton - Alberta  
Canada

Ricardo E. Rivet/Victor K.R. Matsudo [Inglês]