



# **RELATÓRIO TÉCNICO**

Análise de função motora dos membros inferiores de



**LABIOMEPE: Laboratório de Biomecânica do Porto**

Porto, ■ de junho de 2015

## RELATÓRIO DE DINAMOMETRIA ISOCINÉTICA E ELETROMIOGRAFIA DE SUPERFICIE

Realizado em 25/06/2015

### Dados do paciente

<b>Nome do paciente:</b>	██████████	<b>Altura:</b>	1,88 m	<b>Sexo:</b>	Masculino
<b>Data de nascimento:</b>	██/██/1982	<b>Massa:</b>	86 kg	<b>Articulação:</b>	Joelho
<b>Diagnóstico:</b>	Reconstrução do ligamento cruzado anterior	<b>Lado afetado:</b>			Direito

### Tipologia da avaliação

<b>Protocolo:</b>	Isocinético bilateral	<b>Tipo de contração:</b>	Concêntrica (CON) (quadríceps e isquiotibiais) Excêntrica (ECC) (quadríceps e isquiotibiais)
<b>Movimento:</b>	Extensão/Flexão (CON) Extensão/Flexão (ECC)	<b>Velocidade de teste:</b>	60°/s, 180°/s, 240°/s (CON) 60°/s, 180°/s, 240°/s (ECC)

### Análise dinamométrica de função muscular

Recorreu-se a um dinamómetro isocinético Biodex 4 (Biodex Medical Systems Inc., Nova Iorque, EUA) para efetuar a análise de função muscular dos membros inferiores do paciente. A calibração do dispositivo foi verificada antes de começar qualquer medição.

Depois de um aquecimento de 5 min com o dinamómetro livre, foi implementado um protocolo isocinético bilateral para averiguação da ocorrência de diferença na produção de força entre o membro inferior esquerdo e o membro direito, conforme descrito na seguinte tabela:

Ordem de execução	Velocidade	Número de repetições	Período de repouso entre velocidades	Tipo de contração Extensão/Flexão
1	60°/s	5		CON/CON
2	180°/s	5	180 s	e
3	240°/s	10		ECC/ECC

O paciente foi posicionado no dispositivo conforme as recomendações do fabricante, o tronco imobilizado através da utilização das cintas torácicas e o membro inferior em avaliação através da respetiva cinta. O protocolo foi iniciado pelo membro dominante (direito) e decorreu com forte encorajamento verbal.

## Posicionamento do paciente



## Análise eletromiográfica da função muscular

Em simultâneo com a medição de força (momento de força) aplicada no dinamómetro isocinético, foi registada a atividade eletromiográfica (EMG) dos seguintes músculos:

- *Vastus medialis*
- *Vastus lateralis*
- *Biceps femoris* (cabeça longa)

Antes de se efetuar a colocação dos eléctrodos de EMG a pele foi preparada de acordo com as recomendações da SENIAM, tendo-se procedido à:

- Detecção dos ventres musculares;
- Depilação das zonas de medição;
- Abrasão da pele;
- Limpeza da pele com toalhetes de limpeza *Alcohol Prep Pad* (SionBiotext Medical Ltd., Israel) contendo álcool isopropílico a 70%.

Finalizados estes passos foram aplicados eléctrodos diferenciais duplos *Delsys Trigno* (Delsys Inc., Massachusetts, EUA).

Foram executadas contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) antes de qualquer outro registo de modo a normalizar dos dados. Foram efetuadas três tentativas de CVM na posição de sentado (3 s) com o joelho imobilizado a 90° de flexão, com pelo menos 1 minuto de repouso entre tentativas.

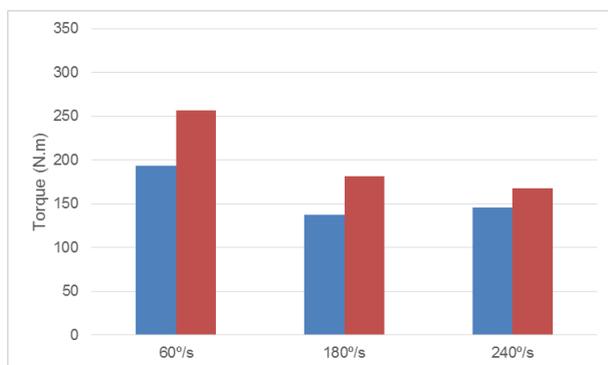
Todos os sinais EMG foram registados com uma frequência de aquisição de 2000 Hz, filtrados passa-banda entre 20 e 500 Hz, tendo, depois de retificação de onda total, sido calculado o envelope linear com recurso ao *Root Mean Square* (RMS) com uma janela de cálculo de 100 ms. Este envelope foi alvo de normalização pelo valor de Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM).

Para análise extraíram-se os valores médios (*onset* e *offset* determinados por inspeção visual) e máximos de cada contração muscular, para cada velocidade de avaliação.

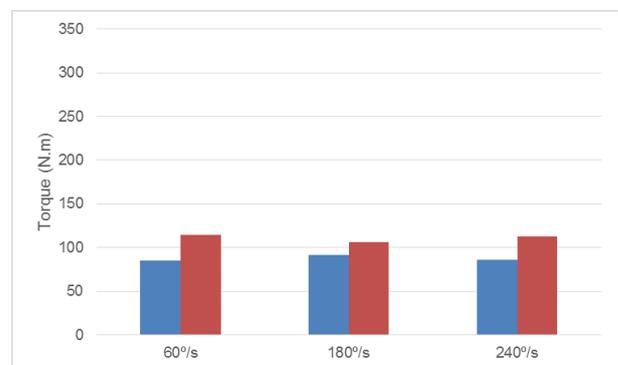


**Sumário:**

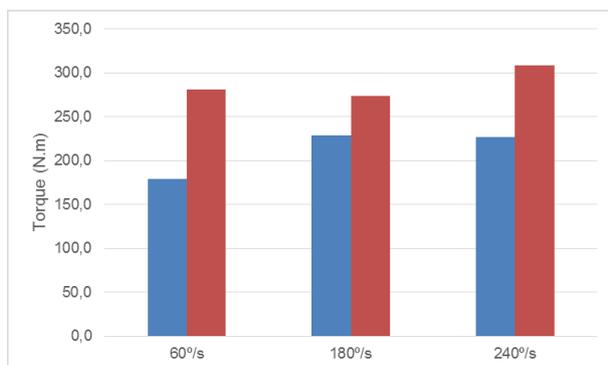
Momento (torque) máximo Concêntrico dos Extensores



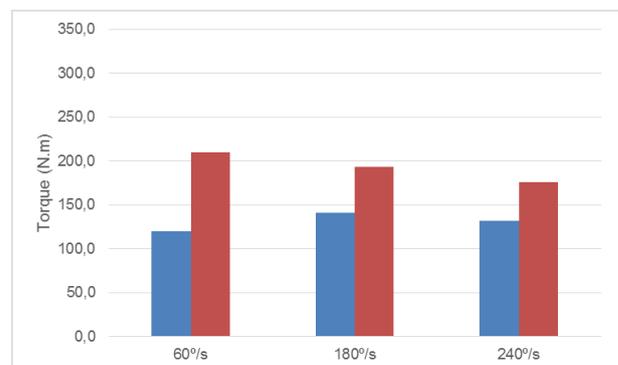
Momento (torque) máximo Concêntrico dos Flexores



Momento (torque) máximo Excêntrico dos Extensores



Momento (torque) máximo Excêntrico dos Flexores



Torque = momento de força (N.m)

■ Membro direito  
■ Membro esquerdo

**Avaliação concêntrica do movimento de extensão/flexão: amplitude e razão entre torque máximo (TM).**

Velocidade de teste	Amplitude de movimento*		Razão TM Flexores / Extensores	
	Membro direito	Membro esquerdo	Membro direito	Membro esquerdo
60°/s	79,5°	88,6°	43,9%	44,6%
180°/s	83,9°	87,6°	66,4%	58,7%
240°/s	84,4°	88,0°	59,1%	67,2%

\*A posição angular foi medida a partir de 90° de flexão do joelho; Torque = momento de força (N.m)

**Avaliação excêntrica (dos flexores) durante o movimento de extensão: amplitude e razão entre torque máximo (TM) considerando o TM dos extensores.**

Velocidade de teste	Amplitude de movimento*		Razão TM Flexores (ECC) / Extensores (CON) <sup>1</sup>	Razão TM Extensores (CON) / Flexores (ECC) <sup>2</sup>
	Membro direito	Membro esquerdo	Membro direito	Membro esquerdo
60°/s	89,2°	89,0°	61,6% <sup>1</sup>	81,7% <sup>1</sup>
			47,5% <sup>2</sup>	40,7% <sup>2</sup>
180°/s	86,5°	86,2°	102,5% <sup>1</sup>	106,8% <sup>1</sup>
			40,1% <sup>2</sup>	38,8% <sup>2</sup>
240°/s	86,5°	85,1°	90,3% <sup>1</sup>	104,6% <sup>1</sup>
			38,1% <sup>2</sup>	36,7% <sup>2</sup>

\*A posição angular foi medida a partir de 90° de flexão do joelho; Torque = momento de força (N.m); ECC = excêntrico; CON = concêntrico

## Resultados de dinamometria isocinética

### Velocidade de Teste: 60°/s (CON/CON)

#Rep. Esquerda: 5 #Rep. Direita: 5		Extensão			Flexão		
		Membro Direito	Membro Esquerdo	Défice	Membro Direito	Membro Esquerdo	Défice
Torque Máximo	N.m	193,8	256,6	24,5%	85,1	114,4	25,6%
Torque Máximo/massa corporal	%	225,9	299	24,4%	99,1	133,4	25,7%
Tempo até Torque Máximo	ms	170	330		760	440	
Ângulo ao Torque Máximo	grau (°)	80	66		55	30	
Potência Média	watt	113,1	161,5	30,0%	46,6	87	46,4%
Trabalho	J	708,9	1222,6	42,0%	351,2	748,9	53,1%
Tempo de aceleração	ms	20	40		40	30	
Tempo de travagem	ms	60	50		210	320	
Razão Isquiotibiais/Quadríceps		43,9%	44,6%		-	-	

Torque = momento de força (N.m).

### Velocidade de Teste: 180°/s (CON/CON)

#Rep. Esquerda: 5 #Rep. Direita: 5		Extensão			Flexão		
		Membro Direito	Membro Esquerdo	Défice	Membro Direito	Membro Esquerdo	Défice
Torque Máximo	N.m	137,8	181,1	23,9%	91,5	106,3	13,9%
Torque Máximo/massa corporal	%	160,5	211	23,9%	106,6	123,9	14,0%
Tempo até Torque Máximo	ms	180	230		130	470	
Ângulo ao Torque Máximo	grau (°)	64	53		22	77	
Potência Média	watt	158,1	275	42,5%	79,5	149	46,6%
Trabalho	J	461,7	959,8	51,9%	306,2	612,4	50,0%
Tempo de aceleração	ms	90	50		70	90	
Tempo de travagem	ms	150	280		340	380	
Razão Isquiotibiais/Quadríceps		66,4%	58,7%		-	-	

Torque = momento de força (N.m).

### Velocidade de Teste: 240°/s (CON/CON)

#Rep. Esquerda: 10 #Rep. Direita: 10		Extensão			Flexão		
		Membro Direito	Membro Esquerdo	Défice	Membro Direito	Membro Esquerdo	Défice
Torque Máximo	N.m	146,1	168,1	13,1%	86,4	113	23,5%
Torque Máximo/massa corporal	%	170,3	195,9	13,1%	100,7	131,7	23,5%
Tempo até Torque Máximo	ms	130	190		380	380	
Ângulo ao Torque Máximo	grau (°)	63	50		79	79	
Potência Média	watt	257,2	346,2	25,7%	133,8	194,8	31,3%
Trabalho	J	1149,9	1848,9	37,8%	768,2	1186,3	35,2%
Tempo de aceleração	ms	50	40		100	100	
Tempo de travagem	ms	130	210		220	250	
Razão Isquiotibiais/Quadríceps		59,1%	67,2%		-	-	

Torque = momento de força (N.m).

### Velocidade de Teste: 60°/s (ECC)

#Rep. Esquerda: 5 #Rep. Direita: 5		Extensão			Flexão		
		Membro Direito	Membro Esquerdo	Défice	Membro Direito	Membro Esquerdo	Défice
Torque Máximo	N.m	119,4	209,6	43,0%	179,1	281,3	36,3%
Torque Máximo/massa corporal	%	139,1	244,3	43,1%	208,7	327,8	36,3%
Tempo até Torque Máximo	ms	850,0	1180,0		1970,0	3160,0	
Ângulo ao Torque Máximo	grau (°)	35,0	17,0		61,0	81,0	
Potência Média	watt	87,4	131,4	33,5%	62,2	89,3	30,3%
Trabalho	J	709,8	1062,7	33,2%	866,5	1395,4	37,9%
Tempo de aceleração	ms	60,0	70,0		1050,0	1840,0	
Tempo de travagem	ms	200,0	200,0		630,0	750,0	

Torque = momento de força (N.m).

### Velocidade de Teste: 180°/s (ECC)

#Rep. Esquerda: 5 #Rep. Direita: 5		Extensão			Flexão		
		Membro Direito	Membro Esquerdo	Défice	Membro Direito	Membro Esquerdo	Défice
Torque Máximo	N.m	141,3	193,4	26,9%	228,2	274	16,7%
Torque Máximo/massa corporal	%	164,6	225,4	27,0%	266	319,3	16,7%
Tempo até Torque Máximo	ms	440	410		1040	1010	
Ângulo ao Torque Máximo	grau (°)	27	30		65	61	
Potência Média	watt	221,2	297,3	25,6%	136,4	186,4	26,8%
Trabalho	J	756,6	998,9	24,3%	1117,1	1444,4	22,7%
Tempo de aceleração	ms	160	120		730	740	
Tempo de travagem	ms	200	210		650	290	

Torque = momento de força (N.m).

### Velocidade de Teste: 240°/s (ECC)

#Rep. Esquerda: 10 #Rep. Direita: 10		Extensão			Flexão		
		Membro Direito	Membro Esquerdo	Défice	Membro Direito	Membro Esquerdo	Défice
Torque Máximo	N.m	132	175,9	25,0%	226,7	308	26,4%
Torque Máximo/massa corporal	%	153,9	205,1	25,0%	264,2	358,9	26,4%
Tempo até Torque Máximo	ms	290	300		1480	1060	
Ângulo ao Torque Máximo	grau (°)	42	29		86	71	
Potência Média	watt	264,5	370,8	28,7%	106,2	200,6	47,1%
Trabalho	J	708,8	964,1	26,5%	1060	1492,3	29,0%
Tempo de aceleração	ms	140	110		1110	800	
Tempo de travagem	ms	140	130		780	540	

Torque = momento de força (N.m).

**Défices:** 1 a 10%: sem diferenças significativas entre membros;  
11 a 25%: é recomendada reabilitação para melhorar o equilíbrio muscular;  
> 25%: enfraquecimento funcional significativo;  
Défice negativo (-) indica que o membro afetado apresentou uma performance superior ao membro saudável

## Valores de referência:

A literatura científica apresenta diversas referências quando a valores normativos e de referência. São aqui apresentados alguns valores de fontes consideradas fidedignas e resultantes de estudos com amostras estatisticamente significativas.

Torque Máximo/Massa Corporal			Razão Isquiotibiais/Quadríceps		
Velocidade de teste	Homens	Mulheres	Velocidade de teste	Homens	Mulheres
60°/s	256-343	238-283	60°/s	61%	62%
180°/s	173-224	149-194	180°/s	72%	76%
300°/s	119-164	89-134	300°/s	78%	79%

Torque Máximo/Massa Corporal e Razão Flexores/Extensores a 90°/s (CON/CON)						
Idade (anos)	Homens			Mulheres		
	Extensão	Flexão	Razão Flex./Ext.	Extensão	Flexão	Razão Flex./Ext.
16-29	215±41	106±30	41-49%	138±17	76±9	45-47%
30-39	212±22	96±18	47-50%	145±23	67±12	42-49%
40-49	192±29	94±17	50-65%	127±17	58±12	47-54%
50-49	179±40	106±37	52-57%	118±18	60±13	47-50%
60-69	166±32	91±21	44-54%	101±22	49±12	49-55%
>70	146±18	72±16	44-53%	92±12	48±9	55-55%
Geral	185,4±39,2	95,1±26	44-53%	121,5±24,5	59,3±13,9	55-55%

\*Razão Flex./Ext. = Razão Isquiotibiais/Quadríceps

## Razão Flexores/Extensores em desportistas saudáveis e lesionados

Razão Flex./Ext. (CON/CON)	Velocidade de teste	Membro saudável	Membro lesionado	Referência
		60°/s	65±13%	71±13%
	240 °/s	69,5±8,9%	-	Zabka (2011) <sup>2</sup>
	300 °/s	-	-	-

Razão TM Flexores (CON) / Extensores (CON) (60°/s)	Joelho saudável	Joelho lesionado	Referência
		64±12%	68±12%
	65±13%	71±13%	Gibson et al. (2000)
	55,3%	-	Glena (1991) <sup>4</sup>
Razão TM Flexores (CON) / Extensores (CON) (240°/s)	69,5±8,9%	-	Zabka (2011)

<sup>1</sup> St Clair Gibson, A., Lambert, M. I., Durandt, J.J., Scales, N., Noakes, T.D. (2000). Quadriceps and Hamstrings Peak Torque Ratio Changes in Persons With Chronic Anterior Cruciate Ligament Deficiency. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. Volume 30(7):418-427. Kannus, Pekka (1988). Ratio of Hamstring to Quadriceps Femoris Muscles' Strength in the Anterior Cruciate Ligament Insufficient Knee: Relationship to Long-term Recovery. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. Volume 68:961-965.

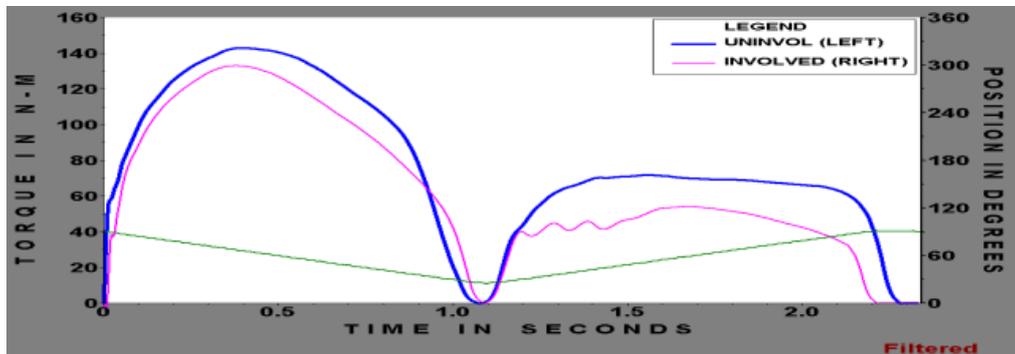
<sup>2</sup> Zabka, F.F., Valente, H.G., Pacheco, A.M.. "Isokinetic evaluation of knee extensor and flexor muscles in professional soccer players" (2011). *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* [online], Volum 17(3):189-192.

<sup>3</sup> Kannus, Pekka (1988). Ratio of Hamstring to Quadriceps Femoris Muscles' Strength in the Anterior Cruciate Ligament Insufficient Knee: Relationship to Long-term Recovery. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. Volume 68:961-965.

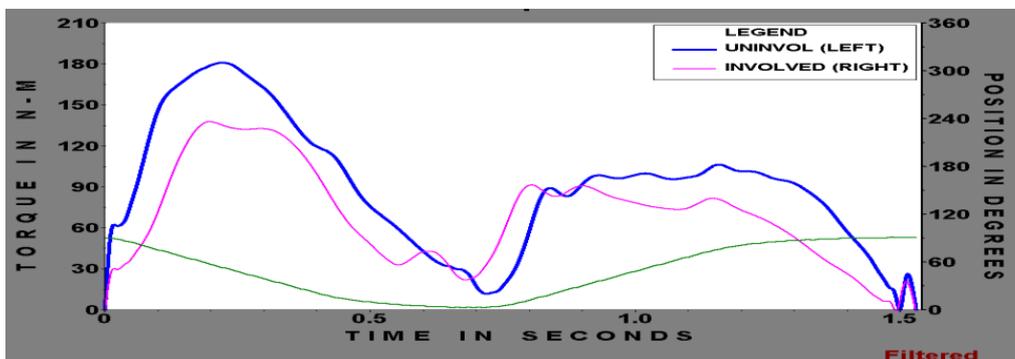
<sup>4</sup> Glena, D., Kurth A.L., Thomas M. (1991). Moment characteristics of the quadriceps and hamstring muscles during concentric and eccentric loading. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 14:149-154.



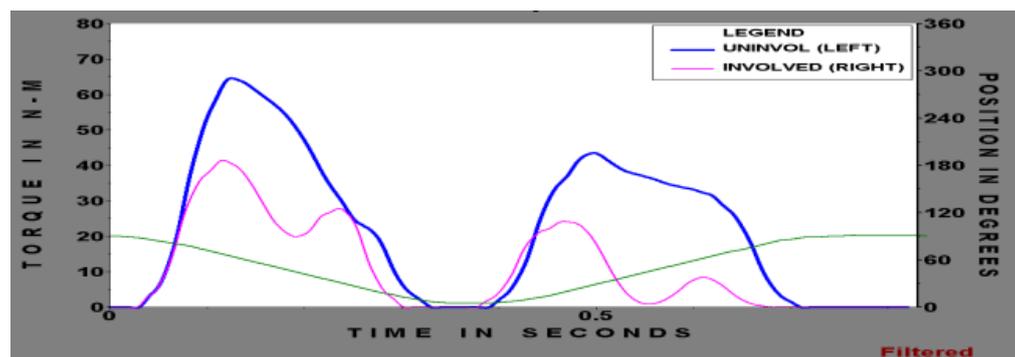
### Velocidade de Teste: 60°/s (CON/CON)



### Velocidade de Teste: 180°/s (CON/CON)



### Velocidade de Teste: 300°/s (CON/CON)



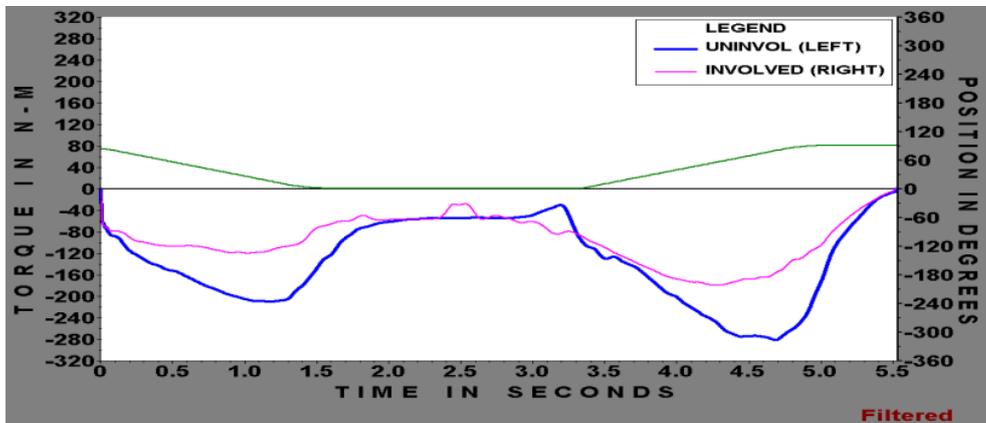
#### Observações

Velocidade 60°/s	Indício de tensão músculo-tendinosa bilateralmente.
Velocidade 180°/s	Indício de tensão músculo-tendinosa bilateralmente.
Velocidade 240°/s	Indícios de potencial subluxação patelar do membro inferior direito.

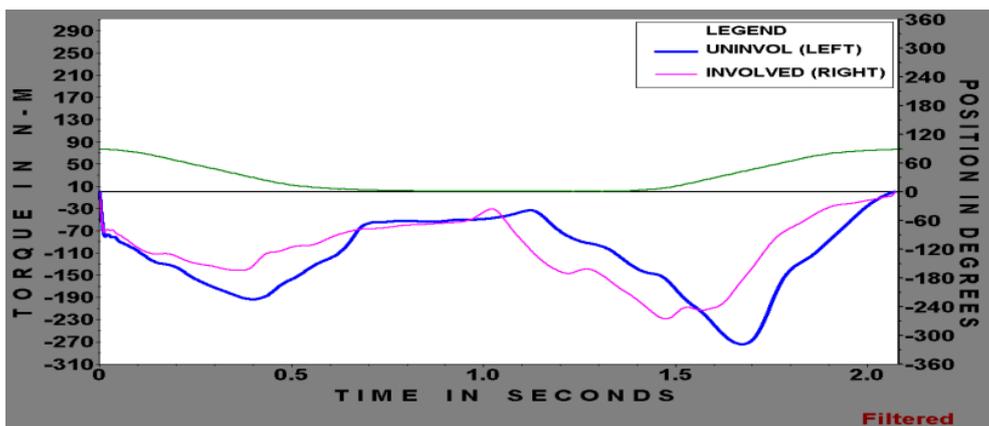
\*Conferir guia de interpretação das curvas no final do documento



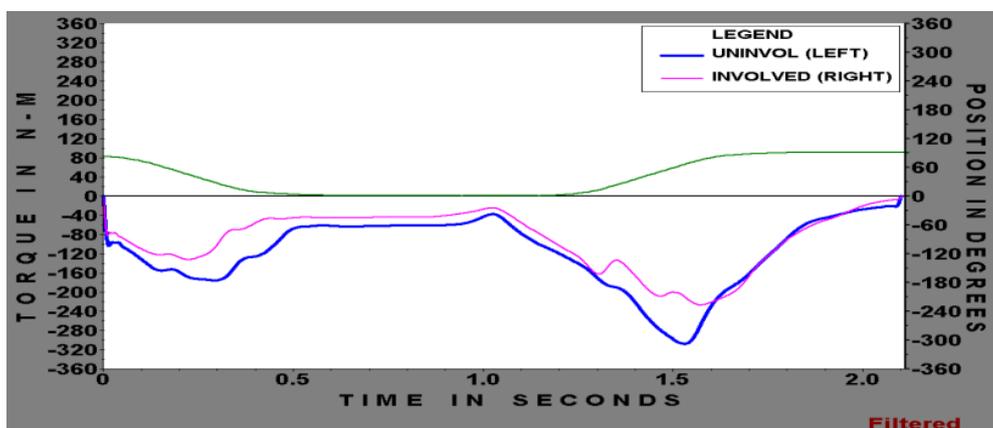
Velocidade de Teste: 60°/s (ECC)



Velocidade de Teste: 180°/s (ECC)



Velocidade de Teste: 240°/s (ECC)



## Resultados de eletromiografia de superfície

### Atividade Concêntrica

	Velocidade de teste	<i>Vastus lateralis</i>		<i>Vastus medialis</i>		<i>Biceps femoris</i>	
		Ativação Média	Ativação Máxima	Ativação Média	Ativação Máxima	Ativação Média	Ativação Máxima
Joelho Direito	60°/s	105,3%	136,4%	79,6%	148,7%	63,7%	84,0%
	180°/s	81,5%	161,0%	41,6%	132,7%	29,7%	57,5%
	240°/s	30,5%	135,2%	68,5%	146,4%	33,7%	72,5%
Joelho Esquerdo	60°/s	88,1%	118,9%	74,1%	105,8%	98,8%	138,6%
	180°/s	79,2%	122,5%	82,5%	109,2%	87,2%	121,3%
	240°/s	80,7%	110,4%	66,9%	109,4%	72,3%	108,0%

Nota: dados normalizados à contração isométrica voluntária máxima

### Atividade Excêntrica

	Velocidade de teste	<i>Vastus lateralis</i>		<i>Vastus medialis</i>		<i>Biceps femoris</i>	
		Ativação Média	Ativação Máxima	Ativação Média	Ativação Máxima	Ativação Média	Ativação Máxima
Joelho Direito	60°/s	63,6%	91,4%	69,5%	118,3%	46,2%	55,8%
	180°/s	76,9%	128,7%	75,4%	116,1%	42,8%	51,5%
	240°/s	91,1%	175,8%	71,3%	120,6%	43,8%	53,9%
Joelho Esquerdo	60°/s	85,3%	114,3%	77,0%	102,7%	93,4%	130,5%
	180°/s	68,7%	107,2%	62,4%	95,1%	73,3%	116,1%
	240°/s	146,7%	178,0%	50,7%	91,2%	53,8%	103,0%

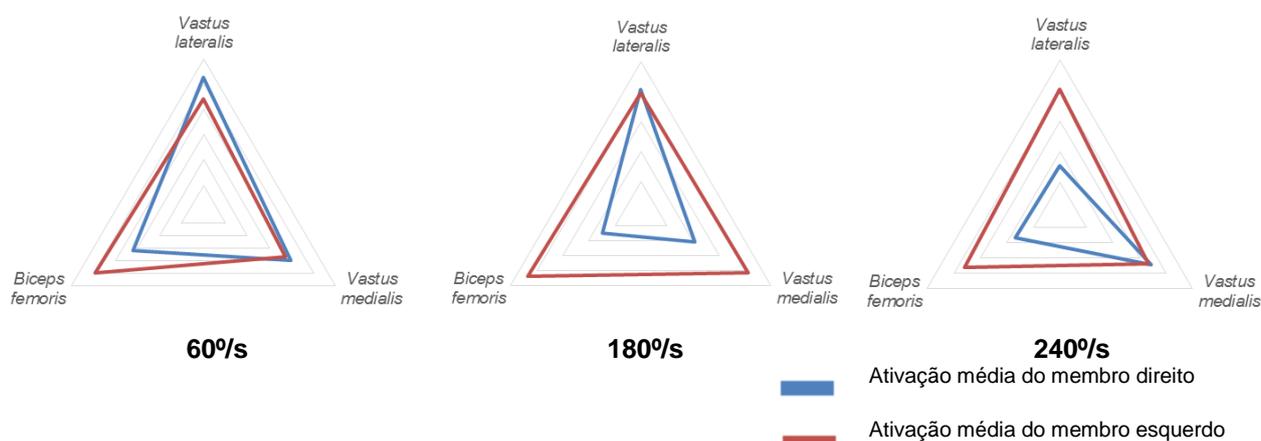
Nota: dados normalizados à contração isométrica voluntária máxima

### Défice de ativação entre joelho esquerdo e direito

Velocidade de teste	<i>Vastus lateralis</i>		<i>Vastus medialis</i>		<i>Biceps femoris</i>	
	Ativação Média	Ativação Máxima	Ativação Média	Ativação Máxima	Ativação Média	Ativação Máxima
60°/s	-17,2%	-17,5%	-5,5%	-42,9%	35,1%	54,7%
180°/s	-2,3%	-38,5%	40,8%	-23,5%	57,5%	63,8%
240°/s	50,2%	-24,8%	-1,6%	-37,0%	38,6%	35,5%

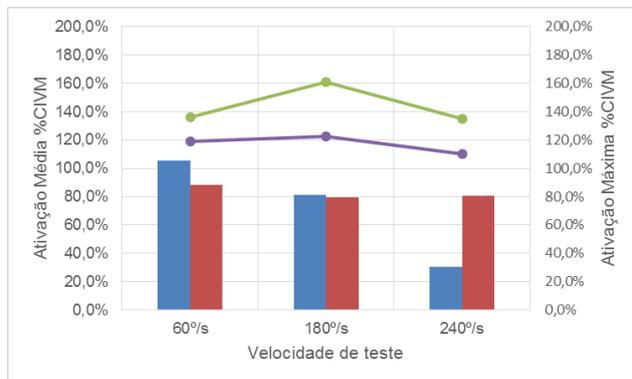
Nota: Déficit calculado pela diferença de ativação da musculatura do membro afetado face à do membro saudável

### Descritivo visual do equilíbrio da ativação média durante a atividade concêntrica

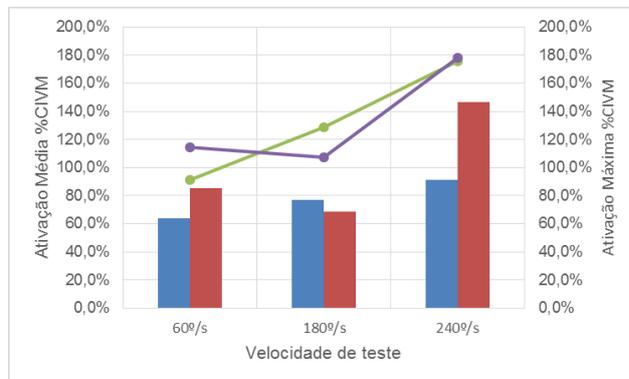


Os seguintes gráficos representam a ativação média (barras verticais) e a ativação máxima (linhas horizontais) de cada músculo nas três velocidades de teste.

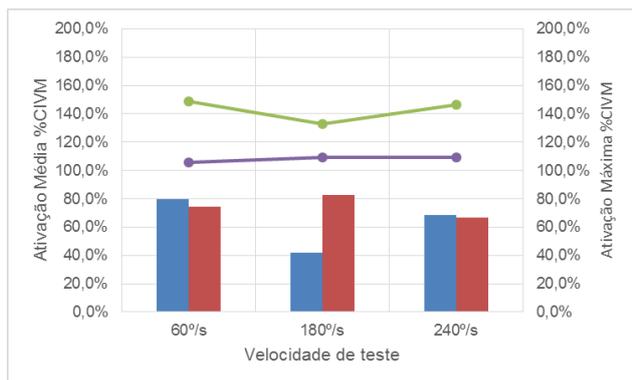
### Vastus lateralis (CON)



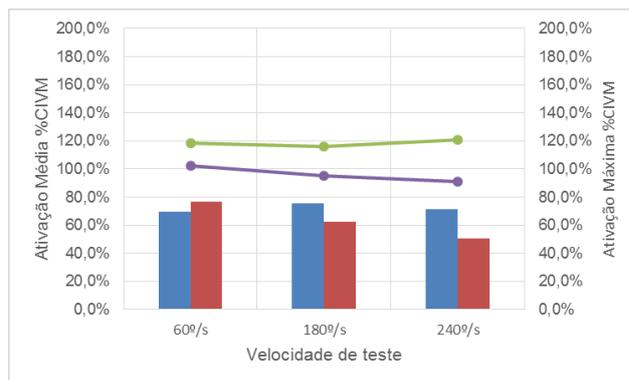
### Vastus lateralis (ECC)



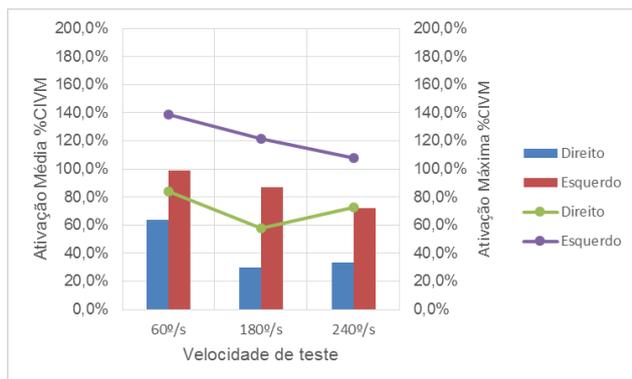
### Vastus medialis (CON)



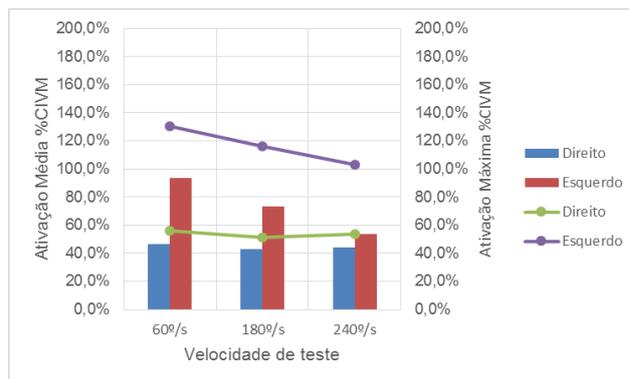
### Vastus medialis (ECC)



### Biceps femoris (CON)



### Biceps femoris (ECC)



- Ativação média do membro direito
- Ativação média do membro esquerdo
- Ativação máxima do membro direito
- Ativação máxima do membro esquerdo

### Observações técnicas:

Sem observações a registar.

### Conclusões:

Verifica-se um desequilíbrio na produção de força efetuada pela musculatura extensora ao longo das velocidades de teste, tanto em modo concêntrico como excêntrico. Verifica-se igualmente um mais pronunciado desequilíbrio da ativação muscular do lado lesado às velocidades de 180 e 240°/s.

A menor produção de momento de força extensora concêntrica no membro direito à velocidade de 180°/s coincide com uma diminuição da ativação média do *vastus medialis*, o que leva a inferir que a reduzida contribuição deste músculo estará relacionada com a diminuição de produção de força na extensão.

O diretor do laboratório:



João Paulo Vilas-Boas, PhD

## Glossário

**AÇÃO MUSCULAR CONCÊNTRICA:** encurtamento muscular sob tensão, o qual ocorre quando o momento de força gerado pelo músculo e seus sinergistas é superior ao momento de força causado por forças externas agindo sobre o segmento ao qual o músculo se encontra ligado.

**AÇÃO MUSCULAR EXCÊNTRICA:** Alongamento muscular sob tensão, o qual ocorre quando o momento de força externo a atuar sobre um segmento ao qual o músculo se encontra ligado causa um momento de força superior àquele gerado pelo músculo e seus sinergistas.

**AÇÃO MUSCULAR ISOCINÉTICA:** ação muscular na qual a razão de encurtamento e alongamento do músculo é constante, através da aplicação de velocidade linear ou angular constante. Embora não reflita de forma precisa os ciclos de encurtamento e alongamento naturais, é um método que permite uma avaliação padronizada.

**FORÇA:** qualquer ação que cause uma mudança de posição ou alteração da direção e velocidade de movimento.

**TORQUE:** momento de força, função da força e distância desde o eixo de rotação do dispositivo Isocinético.

**TORQUE MÁXIMO:** valor máximo de torque realizado ao longo da amplitude de movimento.

**TORQUE/MASSA CORPORAL:** Razão entre o valor máximo de torque produzido e a massa corporal do sujeito.

**TEMPO ATÉ AO TORQUE MÁXIMO:** medida de tempo desde o início da contração muscular até ao ponto de desenvolvimento de maior torque. Indicador da capacidade funcional de produzir torque rapidamente.

**ÂNGULO DO TORQUE MÁXIMO:** ponto na amplitude de movimento em que é atingido o torque máximo. Tarefa específica da capacidade funcional de uma articulação. O torque máximo irá normalmente ocorrer sempre próximo da mesma posição para movimentos similares.

**TRABALHO:** produto da força pela distância produzida ao longo de toda a amplitude de movimento. Área sob a curva de força.  $w = f \times d$ .

**POTÊNCIA:** razão entre trabalho e o tempo necessário para realizar a tarefa. Providencia uma medida de intensidade de trabalho. O valor médio pode ser usado para encontrar a velocidade de exercício mais eficiente para o individuo.  $P = W/t = f \times v$ .

**POTÊNCIA MÉDIA:** Trabalho total dividido pelo tempo necessário para realizar a tarefa. É usado como medida de eficiência muscular.  $P_{Média} = W_{Total}/t$ .

**TEMPO DE ACELERAÇÃO:** Tempo total necessário para atingir a velocidade isocinética. Indica a capacidade neuromuscular para mover o membro no início da amplitude de movimento.

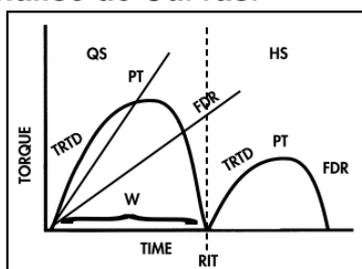
**TEMPO DE TRAVAGEM:** Tempo total necessário para atingir velocidade nula. Indica a capacidade neuromuscular para controlar excentricamente o membro no final da amplitude de movimento.

**AMPLITUDE DE MOVIMENTO:** Valor máximo de amplitude alcançada pela articulação durante a tarefa.

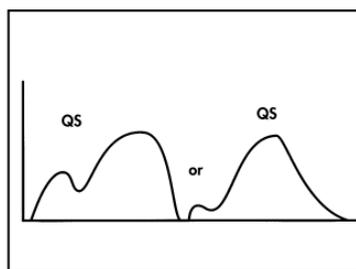
**RAZÃO ISQUIOTIBIAIS/QUADRÍCEPS:** Razão entre músculos recíprocos. Desequilíbrio excessivo pode indicar risco de lesão da articulação.

**DÉFICE:** Défices percentuais entre 1-10% indicam que não existem diferenças significativas entre grupos musculares. Percentagens entre 11-25% indicam a recomendação de reabilitação para melhorar o equilíbrio muscular. Percentagens superiores a 25% indicam enfraquecimento funcional significativo. Défices negativos indicam que o membro afetado apresentou uma performance superior à do membro saudável.

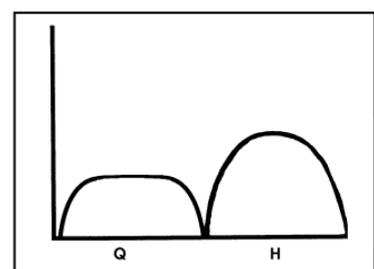
## Análise de Curvas:



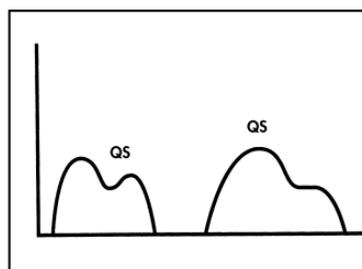
Curva normal



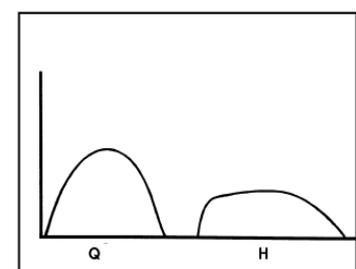
Síndrome da plica sinovial



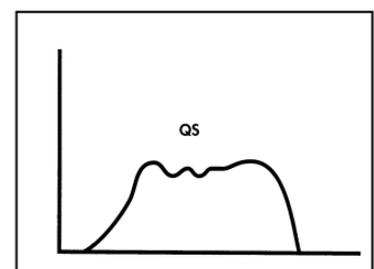
Condromalacia patelar



Subluxação patelar



Tensão músculo-tendinosa



Lesão do Menisco