

1 체내의 에너지 공급 시스템

운동 시에는 인간은 근육을 사용하여 활동하고 있으며, 그 에너지로서는 근 내에 미량으로 저장되어있는 아데노신삼인산(ATP)을 이용한다. 근육은 전부, 이 ATP가 아데노신이인산(ADP)과 인산(Pi)으로 분해 될 때 발생하는 에너지를 바탕으로 움직이고 있는 것이다. 그러나 근내에 ATP는 소량 밖에 없기 때문에, 그 ATP를 다시 재합성을 할 필요가 있다. 그리고 다양한 생성 과정을 거쳐 ATP를 재합성하여 동작을 지속시키는 에너지 공급 시스템이 있다. 어떤 운동이라도 다음의 3가지의 에너지 공급계가 동시에 작동하고 있다.

1) ATP-CP계(하이 파워)

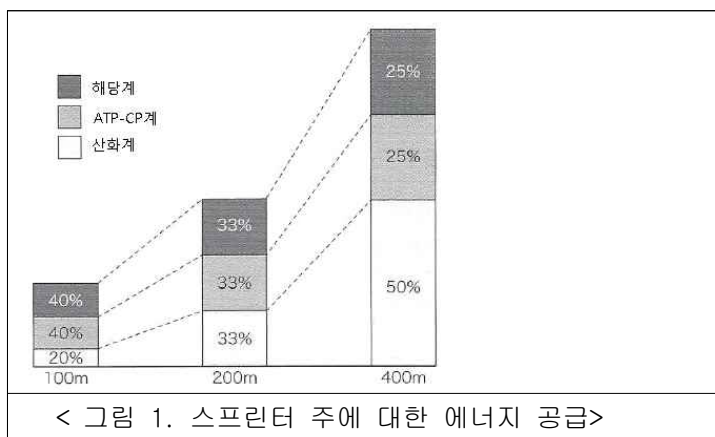
근육에 있어 크레아틴인산(CP)의 분해에 의한 ATP의 재합성에 의한 에너지 대사과정이다. ATP-CP계는 에너지 공급이 가장 빠른 대사계로 하이 파워를 발휘 시에 주가 되는 에너지 공급계이지만, 근 중의 CP는 바로 고갈되고 지속시간이 짧은 것이 특징이다.

2) 해당계(젖산계 : 미들 파워)

근육과 간에서 글리코겐(탄수화물)을 분해하여 ATP를 재합성하는 에너지 대사계이다. 이 시스템은 산소를 사용하지 않고 젖산으로 분해하여 단시간에 많은 에너지를 생산할 수 있는 특징이 있다.

3) 산화계(저 파워)

유산소계는 주로 신체 중에 있는 포도당, 지방 등으로부터 ATP를 생성한다. 에너지의 생성 속도는 낮고, 산소가 필요하지만, 장시간 동안 안정적 에너지 공급할 수 있는 특징이 있다. 산소를 완전 연소시키기 위해 물과 이산화탄소가 생성되어 젖산의 생성은 없다.



2 단거리 달리기

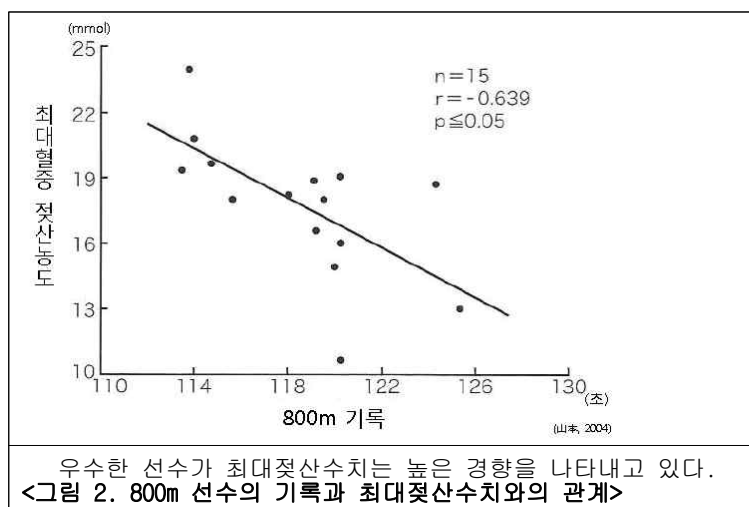
단거리 달리기에서 에너지 공급계로 보면 ATP-CP계, 해당계가 주이며, 단시간에 높은 파워 발휘 능력이 요구되는 경기이다. 이 시스템에서는 단시간에 많은 에너지를 만들어 낼 수 있으며 산소의 간섭 없이 에너지를 공급할 수 있는 특징이 있다.

스프린트 달리기의 에너지 공급(ATP-CP계, 해당계, 산화계)의 비율(그림 1)을 살펴보면, ATP-CP계, 해당계 에서의 공급은 100m에서 80%(각각 40%), 200m에서는 66%(각각 33%), 400m에서는 50%(각각 25%)을 나타내고 있으며, 역시 ATP-CP계, 해당계가 주라는 것을 알 수 있다. 그러나 단거리라도 섭취한 산소를 이용하는 비율은 100m에서 400m까지 20%, 33%, 50%도 순으로 되어 있다는 것도 이해하고 있어야 한다.

단거리 달리기 중에 무산소 상태에서 당을 분해하여 젖산을 만들면서 달린다는 이미지가 있지만, 실제로는 소량이 아닌 산소가 활동 근육에 공급되어 체내는 무산소 상태가 아니다. 단거리 달리기 중(후반)에 젖산이 많이 생성되는 것은 기본적으로 산소가 부족하기 때문에 발생하는 것이 아니라 당을 다량으로 분해하기 때문이다. 생성된 젖산은 에너지원으로 다시 사용하기 위해 심근 등에서 산화되기 때문에 젖산은 에너지원으로도 귀중한 물질 이라고 말 할 수 있다.

단거리 달리기에서 당을 다량으로 분해하는 능력(에너지생산)과 동시에 생성된 젖산을 에너지원으로 재사용하기 위한 산화능력(에너지 재사용)도 중요한 것이다. 특히 400m와 800m 달리기에서는 당을 다량으로 분해하여 젖산을 많이 생산하는 능력(에너지 생산)이 경기 성적에 크게 관계한다(그림 2). 즉 레이스 후에 최대혈중 젖산농도가 높은 선수만큼 경기 성적이 좋다고 여겨지고 있다.

최근에는 스프린트 달리기 중의 후반부의 피로는 린산(인산)과 칼륨 등으로 인해 발생하고 있을 것이라는 가능성도 지적되고 있으며, 젖산으로 스프린트 달리기의 피로를 설명 할 수 없다고 지적하고 있다(하타, 2009). 이러한 능력을 높이기 위해서는 트레이닝에 있어 달리는 거리(시간), 강도, 휴식시간, 횟수 등의 설정에 주의할 필요가 있다고 말 할 수 있다. 보다 구체적으로 알고 싶은 사람은 문헌(일본 트레이닝학회, 2009)에 봐 주시기 바란다. 이와 같은 능력을 보기 위한 체력측정으로서 자전거 전력 페달에 의한 최대 산소 파워와 40초간 전력 페달 테스터, MART 등이 있다.



3 중·장거리 달리기

산화계의 능력인 유산소 능력을 필요로 하는 경기로서 중·장거리 달리기를 들 수 있다. 거리가 짧은 중거리 달리기는 해당계의 기여가 크지만, 레이스에서 에너지를 발휘하는 능력뿐만 아니라 발휘한 에너지를 낭비 없이 달리는 속도에 이용하는 기술도 중요하다.

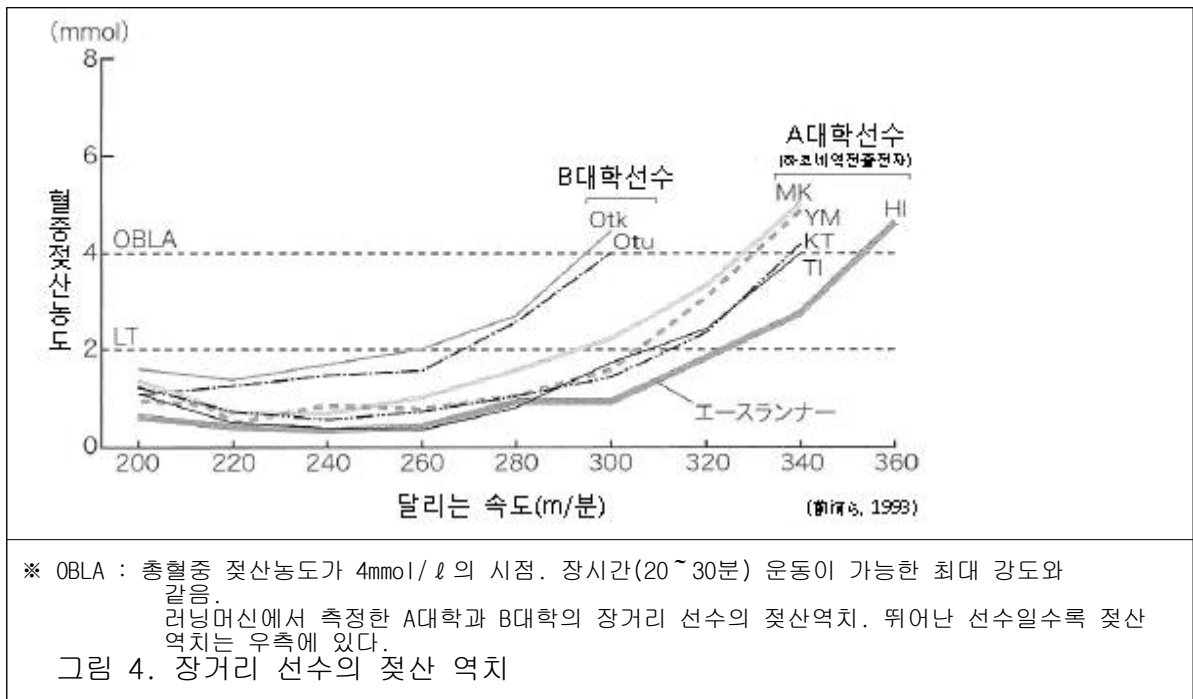
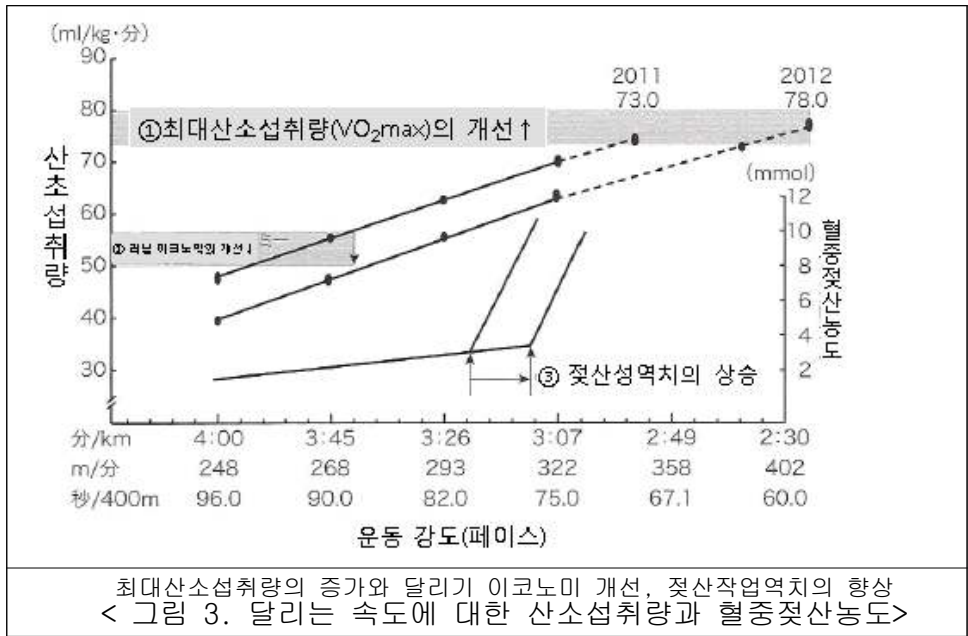
유산소 능력의 최대치는 운동 중에 체내에 섭취할 수 있는 산소의 최대량으로 표시되고 이를 최대산소섭취량(VO_{2max})라고 한다. 달리기와 크로스컨트리 스키는 큰 근육이 사용되기 때문에 운동 중의 최대산소섭취량은 1분에 체중 1kg당 70~80ml/kg/분(여성 60~70ml/kg/분)에 도달한다.

최대산소섭취량은 5~10분밖에 유지할 수 없는 달리기 속도, 예를 들면 1500~3000m의 거리의 레이스 도중에 발견된다. 그 이상의 긴 거리의 경우에는 최대산소섭취량의 몇% 수준(산소섭취 수준)에서 얼마나 달릴 수 있는지가 중요하다. 뛰어난 선수의 산소섭취 수준은 5000m에서는 90~95%, 10000m에서 85~90%인 것으로 알려져 있다. 그래서 달리기 속도는 최대산소섭취량의 크기와 산소섭취 수준의 높이의 영향을 받는다고 할 수 있다.

유산소 능력은 다리와 팔 등 활동하고 있는 근육에 산소를 얼마나 옮길 수 있는 가하는 산소운반기능(호흡·순환계)과 근육에서 그 산소를 얼마나 사용할 수 있는가하는 산소소비계(조직)에 의해 결정되는 능력이다. 그것은 폐에서 산소를 흡입하는 능력과 산소를 필요한 부위로 운반하는 혈액순환능력을 결정하는 요소와 옮겨져 온 산소를 근육에 흡입해 산소를 이용하여 근 수축의 에너지를 만들어내는 능력을 결정하는 요소에 의한 것이다. 또한, 활동근에 있어 모세혈관의 발달과 미토콘드리아의 수, 크기 및 분포가 중요한 요소가 된다. 더불어 산소소비능력을 결정하는 미토콘드리아에서의 산화계 효소의 활성도 중요한 요소이다.

장거리 달리기의 수준이 향상할 때 운동 생리학은 그림 3과 같은 변화가 보인다. 즉, 최대산소섭취량의 개선(①) 이외에 러닝 이코노미 개선(②)이 있다. 이 같은 속도로 달려도 필요로 하는 산소의 양이 줄어들 것을 보이면 효율적인 움직임을 할 수 있게 된다는 것을 의미한다. 따라서 장거리 선수도 효율적인 움직임을 몸에 익히기 위한 움직임 만들기 트레이닝은 중요하다고 말할 수 있다. 그리고 젖산성 작업역치(LT : Lactate Threshold)는 우측으로 쉬프트(③)하고 있다. 이것은 어떤 운동 강도를 초과하면 급격히 혈중젖산농도가 상승하는 점을 의미하고, 속근 섬유가 동원되기 시작하는 운동 강도이며, 유산소성 대사에서도 해당계 등의 무산소 대사가 참가 되는 점이다. 다소 힘든다고 느끼는 페이스와 거의 일치하며, 주로 주동근에서 얼마나 산소를 사용할 수 있는 가하는 산소소비계의 능력을 간접적으로 나타내고 있다. 그림 4와 같이 뛰어난 선수들은 LT의 포인트는 오른쪽에 있는 것을 알 수 있다.

최대산소섭취량과 같은 수준의 힘든 트레이닝, LT 레벨에서 지속하는 것과 같은 트레이닝 및 LT보다 낮은 강도에서의 장시간 달리는 트레이닝을 함께 실시하는 것이 전반적인 지구력 트레이닝이라고 말할 수 있다.



4 근기능(근력)과 경기력과의 관계

육상경기에 있어 높은 스피드의 질주를 가능하게하기 위해서는 무릎관절 및 고관절의 신전, 굴곡근력은 중요하며, 더해서, 질주중인 매 1보의 접지는 매우 짧은 시간(0.2초 이내) 수행되기 때문에 탄성능력도 요구된다.

속근섬유(Type II)는 근 수축 속도가 빠르고, 글리코겐저장, ATPase 활성(ATP를 ADP와 인산으로 가수분해효소), 크레아틴 인산의 저장도 많다는 과학적 특성이 있으며 단거리 달리기에게 적합한 능력을 가지고 있다. 뛰어난 단거리 선수는 속근 섬유 비율이 높고(70% 이상)이지만, 스프린트 훈련에 의해 속근섬유의 비대를 보이는 것도 밝혀지고 있다. 한편,

뛰어난 장거리 선수는 지근섬유인 타입 I(Type)이 차지하는 비율이 높아진다. 이것은 지근섬유가 미오글로빈을 많이 포함한 유산소적 대사를 촉진하기 때문이다.

외측 광근의 속근섬유(또는 지근섬유)의 비율은 50m 달리기와 12분 달리의 평균속도(m/s)의 비(50m 달리기/12분 달리기)를 χ 로 하고 다음 식으로 정확하게 계산할 수 있다고 보고되고 있다.

$$\text{속근 섬유의 비율(\%)} = 69.8 \times \chi - 59.8$$

(100에서 이 수치를 마이너스 하면 나온 수치가 지근 섬유의 비율)

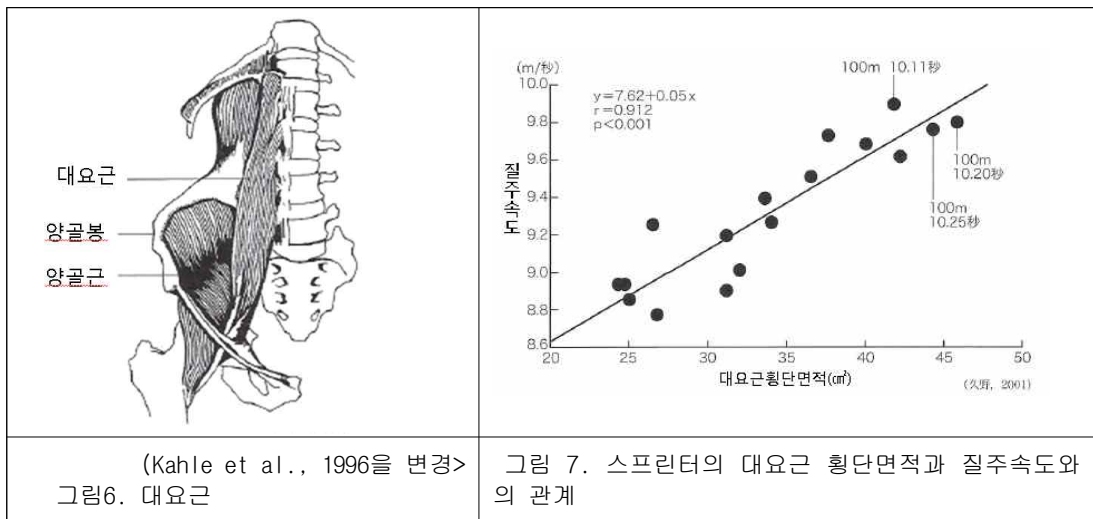
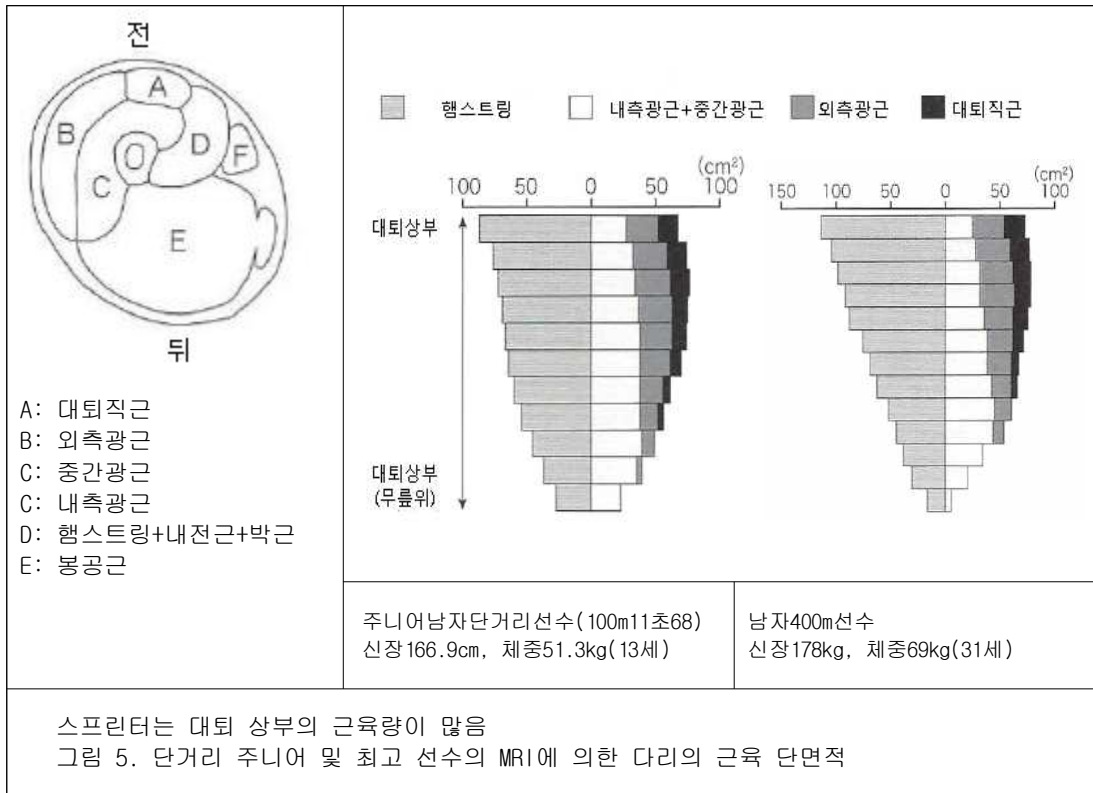
남자대학생을 대상으로 한 보고이지만 그라운드에서 측정하여 간편하게 근육 섬유 조성을 추정할 수 있기 때문에 매우 효과적인 방법이라고 생각됩니다.

지금까지 많은 연구를 통해 근력(등속성)과 경기 성적과의 관계에 대해 검토되어 왔으며, 단거리 종목뿐만 아니라 경기력에는 무릎관절 및 고관절의 높은 체력수준이 필수인 것은 분명하고 있다. 그 중에서도 특히, 햄 스트링, 내전근군, 대전근군 및 대요근이 러닝에 있어 주요한 근육 군이라고 알려져 있다(그림 5).

일반적으로 등속성 근력 측정 장비를 이용하여 무릎과 고관절의 신전 및 굴전의 평가를 실시하며, 단거리 선수는 고속도 조건에서 근력(최대 토크)의 신장, 굴곡이 모두 높은 수치를 나타내는 지를 보는 것이다. 또한 굴곡/신전의 균형도 중요하다. 이 비율은 0.6보다 낮으면 무릎관절의 신전에 비해 굴전근력의 밸런스가 나쁘고, 고속 영역(300도/초 이상)에서 이 밸런스가 나쁘면 대퇴부 후면의 근육파열이 일어나기 쉽다고 알려져 있으며, 뛰어난 선수는 굴곡 근력의 발휘수준이 높은 것으로 알려져 있다.

대요근(그림 6)은 깊은 복근이라고도 하며 뱃속 깊숙한 곳에 위치하는 근육으로 무릎 관절을 굴곡 한 상태에서 허벅지를 끌어 올리는 데 대요근이 보다 큰 활동하는 것으로 보고되어 있다. 직접적으로 근력 발휘에 따른 형태의 측정을 실시하는 것은 불가능하기 때문에 MRI에서 복부의 횡단 이미지(동글게)에서 대요근의 면적을 측정하고 그 규모로 평가하는 방법이 일반적이다. 단거리 선수는 축구 선수 나 일반인보다 대요근의 횡단면적은 크고 그리고 대요근 횡단면적과 100m 타임(질주 속도)과의 관계를 보면 긍정적인 상관관계가 인정되고 있다(그림 7). 즉, 대요근의 면적이 큰 선수일수록 질주속도가 높은 것이 분명하며, 이것은 질주 중에 대퇴부 운동의 전환을 촉진하는 것으로 이어져 피치를 높이는 데 도움을 주는 것을 나타내었다.

본장에서 설명한 내용을 포함해서 일본 톱 레벨의 주니어선수의 형태 및 체력측정치를 첨부하였다(P124~127, 표 1-2). 이것은 매년 12월에 국립스포츠과학센터에서 이루어지고 있는 측정 결과의 2006~2011년 데이터를 남녀별로 블록별로 집계한 것이므로, 활용하시기 바랍니다.



■ 参考文献

Nachemsoll, A(1966) Electromyographic Studies on the Vertebral Portion of the Psoas Muscle Acta Orthp Scand, 37 : 177-190.

勝間茂ら(1989)50m走と12分間走の成績による外側広筋の筋線維組成の推定.体育学研究 34(2) : 141-149.

久野譜也(1999)トップアスリートの特性.勝間茂編, 運動生理学20c1島知2版.朝倉者j古, 134-140.

久野議也(2001)体幹深部筋である大阪筋と疾走能力との関係体育の科学51(6) :pp.4 28-432.

日本トレーニング科学会(2009)スプリントトレーニングー速く返る・泳ぐ・滑るを宇伴する.朝倉存底.

八回秀雄(2009)エネルギー代謝からみたスプリント走の正体. 日本トレーニング科学会

- 編, スプリントトレーニングー速く走る・泳ぐ・滑るを科字する.朝倉吉庖,
pp.22-30.
- 前河洋一ら(1994)箱根駅伝州場選手の体力特性:AT, V02maxおよび脚筋力|玉i際武道大学研
究紀要9, pp.55-60.
- 山本正嘉(2004)乳酸を測る.鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育研究センター編, ス
ポーツ選手と指導者のための体力運動能測定法ートレーニング科学の活用テクニッ
クー, 大修自白書応, pp.43-49.

< 표1. 주니어서수의 형태 및 체력측정치(남자)

			100m (n=17)		110mH (n=11)		400m (n=17)		400mH (n=8)			
			200m (n=9)	110mJH (n=1)	100m/200m (n=14)		110mH/400mH (n=4)	400m/200m (n=1)				
			平均 (M)	標準偏差 (SD)	最大値 (max)	最小値 (min)	平均 (M)	標準偏差 (SD)	最大値 (max)	最小値 (min)		
形 態	基本的体格	身長 [cm]	174.7	5.2	184.0	162.3	176.3	5.1	188.9	167.9		
		体重 [kg]	65.1	5.3	77.1	55.3	67.4	5.4	81.5	59.9		
	体脂肪率・空気置換法 (BODPOD)	体脂肪率 [%]	8.4	2.1	12.5	5.0	8.6	1.7	12.9	5.0		
		除脂肪体重 [kg]	59.7	5.2	70.4	49.9	61.6	5.1	75.9	54.1		
	皮下脂肪厚 (キャリパー)	上腕骨部 [mm]	5.7	1.4	9.0	4.0	5.7	1.1	7.5	4.0		
		肩甲骨下部 [mm]	7.9	1.4	10.5	6.0	7.4	1.3	10.5	6.0		
		腹部 [mm]	4.5	1.3	8.0	2.0	4.2	0.7	5.5	3.0		
		側腹部 [mm]	4.5	1.3	8.0	2.0	4.2	0.7	5.5	3.0		
		大腿部 [mm]	6.4	1.9	12.0	4.0	6.7	2.1	11.0	4.0		
機 能	等速性 筋力発揮 (Biodes)	膝関節 60deg/s	伸展 [Nm]	右	197.1	34.2	269.0	118.0	196.8	27.1	247.0	133.0
				左	192.8	38.1	280.0	99.0	190.3	23.0	233.0	130.0
			屈曲 [Nm]	右	116.2	25.1	174.0	52.0	116.1	24.1	201.0	86.0
				左	107.1	25.1	160.0	53.0	107.2	15.4	141.0	81.0
			伸展/体重 [Nm/kg]	右	3.1	0.3	3.6	2.7	3.1	0.4	3.6	2.6
				左	3.2	0.5	3.9	2.4	2.9	0.3	3.5	2.6
			屈曲/体重 [Nm/kg]	右	1.8	0.3	2.1	1.3	1.8	0.3	2.2	1.4
		左		1.7	0.4	2.2	0.9	1.6	0.3	2.1	1.3	
		左/右比 [%]	伸展	98.3	10.6	124.8	70.0	97.6	11.8	120.0	76.0	
			屈曲	93.6	15.6	148.0	63.6	94.1	12.6	112.0	63.0	
		屈/伸比 [%]	右	59.2	9.7	83.4	35.0	59.2	10.4	95.0	45.9	
			左	56.0	9.5	78.0	30.0	56.6	7.2	74.0	45.3	
		膝関節 180deg/s	伸展 [Nm]	右	148.2	26.1	217.0	79.0	150.8	17.3	188.0	109.0
				左	143.4	25.2	212.0	97.0	145.4	17.7	184.0	113.0
	屈曲 [Nm]		右	98.2	20.4	136.0	44.0	103.7	20.9	175.0	66.0	
			左	91.9	20.9	135.0	47.0	97.4	13.3	126.0	68.0	
	伸展/体重 [Nm/kg]		右	2.3	0.3	2.6	1.4	2.2	0.2	2.4	1.8	
			左	2.3	0.3	2.8	1.5	2.0	0.2	2.3	1.8	
	屈曲/体重 [Nm/kg]		右	1.6	0.3	1.9	1.0	1.5	0.3	1.8	1.0	
		左	1.5	0.4	2.0	0.9	1.4	0.2	1.6	1.1		
	左/右比 [%]	伸展	97.6	9.5	136.7	81.0	97.0	10.6	116.0	76.0		
		屈曲	94.6	13.1	119.0	59.8	95.3	10.2	117.0	67.0		
	屈/伸比 [%]	右	66.9	12.9	101.9	33.0	68.6	10.2	93.0	44.0		
		左	64.4	11.3	92.0	35.2	67.4	8.9	87.4	49.3		
	最大無酸素 パワーテスト (PowerMax)	最大パワー [W]	1,147.3	123.4	1,403.0	942.0	1,189.5	128.9	1,405.0	876.0		
			最大パワー/体重 [W/kg]	17.4	1.3	20.4	14.9	17.6	1.5	20.8	14.5	
			1kp最高回転数 [rpm]	234.1	11.8	259.0	210.0	235.5	12.4	256.0	207.0	
			1kp10秒平均パワー [W]	200.5	9.9	217.0	184.0	200.2	12.9	225.0	180.0	
負荷 [kp]		1st	3.9	0.3	4.0	3.0	4.0	0.2	5.0	4.0		
		2nd	6.9	0.3	7.0	6.0	7.0	0.3	8.0	6.0		
		3rd	9.7	0.5	10.0	9.0	9.8	0.5	11.0	9.0		
回転数 [rpm]		1st	201.1	9.9	221.0	175.0	199.2	11.3	216.0	175.0		
		2nd	159.8	10.4	181.0	140.0	161.9	12.0	181.0	140.0		
		3rd	118.5	10.9	140.0	96.0	122.0	12.4	143.0	75.0		
ピークパワー [W]	1st	767.3	63.3	862.0	580.0	787.4	63.1	1,029.0	687.0			
	2nd	1,077.2	88.8	1,240.0	883.0	1,104.7	98.3	1,276.0	931.0			
	3rd	1,120.7	147.6	1,375.0	712.0	1,170.4	149.5	1,405.0	663.0			
運 動 能 力	垂直ジャンプ	腕振りあり [cm]	59.1	4.7	70.9	49.6	56.9	5.2	66.9	42.4		
		腕振りなし [cm]	51.9	4.9	63.5	40.3	49.6	4.9	59.8	40.4		
		腕振り反動なし [cm]	45.8	4.4	58.0	33.9	44.8	5.0	54.9	33.4		
	リバウンドジャンプ 腕振りなし	跳躍高 [cm]	40.8	6.3	55.8	27.1	40.1	6.3	58.7	31.2		
		接地時間 [msec]	152.7	15.6	199.0	129.0	148.8	13.6	174.0	124.0		
		RJ Index [なし]	2.7	0.4	3.6	1.9	2.7	0.5	4.0	1.9		
	水平ジャンプ	立ち幅跳び [m]	2.8	0.1	3.1	2.5	2.7	0.2	3.1	2.3		
		立ち5段跳び [m]	14.2	0.8	15.8	12.8	14.0	0.9	15.8	11.9		
	メディシンボール投げ	両手下手投げ (4kg) [m]	前方	13.3	1.3	15.9	10.3	13.4	1.3	16.0	10.0	
			後方	13.1	1.4	16.1	9.0	13.3	1.5	16.9	8.7	
連続スクワットジャンプ (マットスイッチ) 腕振りなし	跳躍高 [cm]	46.7	4.1	56.3	36.4	45.1	5.2	54.3	35.6			
	パワー [W]	1,397.0	432.7	2,760.0	846.0	1,255.1	281.5	1,878.0	783.0			
	パワー/体重 [W/kg]	21.3	5.9	37.7	14.0	18.5	4.3	28.2	12.2			

走幅跳 (n=13) 走高跳 (n=9) 三段跳 (n=7) 棒高跳 (n=12)				砲丸投 (n=3) ハンマー投 (n=5) やり投 (n=6) 円盤投 (n=8) 円盤投/やり投 (n=2) 砲丸投/円盤投 (n=1)				競歩 (n=4)			
平均 (M)	標準偏差 (SD)	最大値 (max)	最小値 (min)	平均 (M)	標準偏差 (SD)	最大値 (max)	最小値 (min)	平均 (M)	標準偏差 (SD)	最大値 (max)	最小値 (min)
175.0	4.6	184.7	167.2	178.2	4.2	184.8	169.6	174.9	9.0	185.0	164.0
65.9	5.8	79.2	56.7	97.0	16.9	132.7	73.8	62.6	6.9	69.3	55.5
8.5	2.5	14.5	5.0	17.7	8.0	32.0	5.0	9.6	4.4	13.8	5.0
60.4	4.8	71.4	53.8	78.7	7.9	99.3	68.1	56.7	5.8	63.2	50.6
5.8	1.2	8.0	3.5	13.0	5.9	27.5	7.0	6.5	0.0	6.5	6.5
7.5	1.2	9.0	4.5	17.3	10.5	41.0	8.0	7.7	1.0	8.5	6.5
4.0	0.9	5.5	2.5	14.8	8.9	34.0	5.0	5.2	0.6	5.5	4.5
4.0	0.9	5.5	2.5	14.8	8.9	34.0	5.0	5.2	0.6	5.5	4.5
6.4	1.3	9.0	4.5	12.5	7.2	33.0	4.5	9.0	4.4	14.0	6.0
205.2	37.4	305.0	121.0	269.2	44.4	346.0	176.0	160.0	37.8	209.0	117.0
200.8	39.6	330.0	117.0	264.7	46.6	342.0	180.0	143.8	38.4	184.0	103.0
117.3	27.1	193.0	51.0	152.4	37.6	207.0	71.0	85.8	18.3	110.0	68.0
110.6	25.5	188.0	65.0	142.7	27.2	194.0	96.0	78.0	25.4	101.0	50.0
3.2	0.5	3.9	2.5	2.5	0.4	2.9	2.1	3.0	n=1	3.0	3.0
3.0	0.4	3.5	2.2	2.5	0.4	2.9	2.1	2.7	n=1	2.7	2.7
1.7	0.3	2.0	1.2	1.5	0.5	1.8	0.8	1.6	n=1	1.6	1.6
1.6	0.3	2.0	1.2	1.5	0.2	1.7	1.3	1.4	n=1	1.4	1.4
98.4	12.1	134.7	77.0	98.5	7.9	110.0	81.4	89.8	13.8	108.4	75.0
95.6	12.8	127.0	71.9	95.3	15.8	152.0	75.6	89.9	15.9	113.5	74.0
57.3	8.8	79.3	34.0	58.4	9.7	69.0	39.7	54.1	4.6	58.0	48.0
55.1	6.3	67.0	39.0	54.1	6.8	67.0	42.5	53.5	4.7	60.1	49.0
150.5	23.2	223.0	116.0	195.2	28.0	242.0	147.0	108.8	25.0	144.0	76.0
148.0	23.2	225.0	104.0	190.8	30.0	239.0	141.0	103.3	23.0	131.0	75.0
97.9	19.7	142.0	49.0	122.6	26.5	165.0	76.0	60.0	15.4	75.0	39.0
92.7	19.9	137.0	57.0	113.9	26.9	163.0	59.0	58.3	17.2	71.0	32.0
2.3	0.3	2.7	2.0	1.9	0.1	2.0	1.8	2.1	n=1	2.1	2.1
2.1	0.3	2.5	1.6	2.0	0.2	2.2	1.8	1.9	n=1	1.9	1.9
1.4	0.2	1.6	1.2	1.2	0.2	1.4	1.0	1.1	n=1	1.1	1.1
1.3	0.3	1.8	0.9	1.2	0.2	1.4	1.0	1.0	n=1	1.0	1.0
98.7	9.1	121.7	79.0	98.1	10.5	114.7	70.5	97.5	4.7	102.0	91.0
95.7	16.0	167.0	71.4	93.2	11.2	111.0	69.0	92.8	7.2	97.0	82.0
65.2	10.0	88.1	33.0	62.8	11.1	83.2	38.0	56.3	6.4	65.0	51.0
62.8	10.8	87.8	42.0	59.5	9.6	76.0	41.0	53.8	9.7	64.4	43.0
1,135.6	128.1	1,353.0	917.0	1,383.4	164.7	1,765.0	1,108.0	839.3	70.6	913.0	762.0
17.2	1.5	20.3	13.8	14.4	2.2	18.6	9.8	13.2	0.8	14.3	12.7
233.6	12.4	260.0	203.0	233.9	15.4	253.0	179.0	209.0	21.5	233.0	183.0
201.3	12.0	226.0	180.0	206.9	8.5	216.0	192.0	201.0	n=1	201.0	201.0
4.0	0.3	5.0	3.0	4.8	0.4	5.0	4.0	3.8	0.5	4.0	3.0
7.0	0.3	8.0	6.0	7.7	0.5	8.0	7.0	5.5	0.8	6.0	5.0
9.6	0.5	11.0	9.0	10.6	0.6	11.0	9.0	7.3	1.0	8.0	6.0
194.2	9.7	213.0	180.0	199.7	13.0	216.0	166.0	163.5	19.8	176.0	134.0
154.6	11.5	176.0	134.0	167.2	11.5	190.0	146.0	135.3	10.1	143.0	121.0
118.8	10.3	137.0	98.0	130.9	10.6	155.0	112.0	116.3	2.5	119.0	113.0
780.4	83.3	947.0	584.0	947.0	95.0	1,060.0	753.0	598.0	82.4	688.0	511.0
1,060.1	92.5	1,302.0	910.0	1,266.5	134.2	1,491.0	1,001.0	730.8	110.5	841.0	592.0
1,120.3	133.7	1,340.0	864.0	1,360.9	160.5	1,675.0	1,065.0	825.3	111.3	935.0	680.0
59.2	4.9	72.1	51.1	53.6	7.2	68.9	42.8	40.9	4.1	44.5	35.3
50.8	4.6	60.7	40.7	46.6	5.7	58.7	39.4	35.9	5.4	39.9	28.2
45.1	4.2	54.3	37.9	42.0	5.4	52.2	34.7	32.9	2.9	35.6	28.7
42.4	5.4	58.3	33.3	33.4	6.4	45.0	20.3	29.9	1.8	32.1	28.5
144.9	12.1	171.0	117.0	176.7	29.9	265.0	137.0	154.0	22.2	181.0	133.0
2.9	0.4	3.9	2.2	2.0	0.5	2.9	1.0	2.0	0.3	2.4	1.6
2.7	0.1	3.0	2.5	2.6	0.2	3.0	2.4	2.2	0.1	2.2	2.0
14.5	0.8	16.0	12.9	12.9	1.1	15.6	11.1	11.1	0.7	11.8	10.4
13.3	1.2	15.8	11.6	15.6	1.3	17.8	13.0	9.0	1.7	11.6	7.8
13.5	1.5	16.0	10.1	16.7	1.6	19.6	13.5	8.6	1.4	10.5	7.3
45.5	4.5	54.3	38.2	42.3	6.9	55.6	30.7	29.4	5.3	34.5	24.0
1,313.3	314.7	2,183.0	783.0	1,580.1	389.8	2,468.0	797.0	563.0	58.5	622.0	505.0
19.9	4.2	29.5	13.1	16.8	4.3	26.6	9.8	9.4	1.8	11.2	8.3

< 표2. 주니어서수의 형태 및 체력 측정치(여자)

구분	구분	구분	100m (n=12)		100mH (n=9)		400m (n=11)					
			200m (n=6)	100m/200m (n=6)	100m/200m (n=6)	400mH (n=2)	평균 (M)	표준편차 (SD)	최대값 (max)	최소값 (min)		
형태	기본적인体格	身長 [cm]	162.2	5.2	171.0	152.7	160.7	4.7	170.7	153.3		
		体重 [kg]	51.4	4.9	62.4	42.1	52.5	3.0	57.7	48.2		
	体脂肪率・空気量換法 (BOCPOD)	体脂肪率 [%]	11.5	3.9	22.9	5.0	13.3	3.5	16.7	5.0		
		脂肪의 体重 [kg]	45.4	4.3	54.0	37.3	45.8	2.9	51.4	42.2		
	皮下脂肪厚 (キャリパー)	上腕背部 [mm]	9.3	2.1	12.5	5.5	7.5	1.5	9.0	6.0		
		肩胛骨下部 [mm]	8.4	1.5	12.5	6.5	6.8	0.6	7.5	6.0		
		腰背 [mm]	5.9	2.1	11.0	3.5	4.6	1.1	6.0	3.5		
		大腿部 [mm]	5.9	2.1	11.0	3.5	4.6	1.1	6.0	3.5		
		大腿部 [mm]	13.4	3.6	21.0	8.5	10.1	2.9	12.5	6.0		
	機能	等速性筋力発揮 (Biodesx)	60deg/s	伸展位 [Nm]	右	141.8	25.8	194.0	93.0	143.6	21.5	190.0
左					139.6	23.5	180.0	92.0	144.2	28.6	193.0	82.0
屈展位 [Nm]				右	79.8	14.3	104.0	49.0	85.1	15.4	110.0	61.0
左			75.4	14.4	105.0	40.0	77.4	16.8	102.0	40.0		
伸展位/体重 [Nm/kg]			右	2.9	0.2	3.2	2.7	2.7	0.6	3.1	2.3	
左			2.5	0.3	2.9	2.0	2.8	0.9	3.3	2.2		
屈展位/体重 [Nm/kg]		右	1.5	0.2	1.8	1.3	1.6	0.3	1.8	1.4		
左		1.4	0.2	1.8	1.2	1.5	0.1	1.6	1.4			
左/右比 [%]		伸展位	100.3	14.7	150.0	75.0	100.3	13.6	121.0	75.2		
屈展位		95.6	15.2	140.8	71.0	91.1	13.5	107.0	65.6			
屈/伸比 [%]		右	57.0	8.4	80.0	43.8	59.4	8.2	73.0	41.0		
左		54.3	7.9	70.0	42.4	54.0	7.5	64.0	42.0			
180deg/s		伸展位 [Nm]	右	103.3	14.7	136.0	65.0	96.7	15.2	121.0	69.0	
			左	99.9	14.7	132.0	59.0	102.0	16.5	131.0	72.0	
		屈展位 [Nm]	右	63.2	10.2	80.0	35.0	64.5	12.2	81.0	45.0	
			左	60.2	10.9	85.0	37.0	59.9	10.3	75.0	40.0	
		伸展位/体重 [Nm/kg]	右	2.1	0.3	2.5	1.8	1.7	0.3	1.9	1.5	
		左	1.9	0.1	2.1	1.7	1.7	0.5	2.0	1.3		
屈展位/体重 [Nm/kg]	右	1.2	0.1	1.3	1.0	1.2	0.2	1.3	1.0			
左	1.1	0.2	1.3	0.9	1.1	0.2	1.2	0.9				
左/右比 [%]	伸展位	97.6	11.0	130.8	80.7	105.7	8.4	117.4	91.0			
屈展位	95.6	8.1	110.0	77.0	93.8	12.2	121.0	78.4				
屈/伸比 [%]	右	61.4	8.7	81.3	48.9	67.4	11.7	85.0	43.0			
	左	60.5	8.0	75.0	44.9	59.1	8.6	70.7	45.5			
最大筋筋力 (PowerMax)	最大パワー [W]	775.3	104.1	954.0	536.0	765.2	94.5	870.0	590.0			
	最大パワー/体重 [W/kg]	15.0	1.3	17.6	12.5	14.4	1.6	16.1	11.3			
	1kp 最高回転数 [rpm]	203.3	13.8	227.0	170.0	195.8	15.5	222.0	166.0			
	1kp 10秒平均パワー [W]	178.8	11.2	189.0	154.0	163.3	22.7	189.0	140.0			
	負荷 [kp]	1st	2.7	0.5	3.0	2.0	3.0	0.0	3.0	3.0		
		2nd	5.3	0.7	6.0	4.0	5.2	0.4	6.0	5.0		
		3rd	7.2	0.8	8.0	5.0	7.0	0.6	8.0	6.0		
	回転数 [rpm]	1st	182.9	9.9	202.0	164.0	169.7	11.8	196.0	153.0		
		2nd	139.1	8.2	152.0	118.0	137.1	10.2	147.0	112.0		
		3rd	108.9	8.5	124.0	87.0	108.8	8.9	120.0	87.0		
	ピークパワー [W]	1st	485.4	83.0	596.0	333.0	498.7	34.4	575.0	450.0		
		2nd	723.6	97.6	879.0	499.0	694.6	93.3	852.0	546.0		
3rd		769.9	106.0	960.0	550.0	753.4	88.8	865.0	596.0			
運動能力	垂直ジャンプ	腕振りあり [cm]	46.2	4.9	59.9	39.0	44.1	3.7	49.3	38.8		
		腕振りなし [cm]	40.9	4.0	51.6	33.6	39.2	3.6	45.9	33.6		
		腕振り反動なし [cm]	37.1	3.8	45.9	30.5	36.1	3.7	41.7	28.7		
	リバウンドジャンプ 腕振りなし	跳躍高 [cm]	35.8	4.2	48.0	28.9	35.7	3.0	40.7	30.6		
		接地時間 [msec]	149.7	13.8	162.0	123.0	148.8	15.0	162.0	127.0		
	RJ Index [なし]	2.4	0.4	3.4	1.8	2.5	0.3	2.9	1.7			
	水平ジャンプ	立ち幅跳び [m]	2.3	0.1	2.5	2.0	2.2	0.1	2.4	2.1		
		立ち5段階跳び [m]	11.6	0.6	12.8	10.5	11.7	0.7	12.8	10.8		
	メティンボール投げ	両手下手投げ (4kg) [m]	前方	10.4	1.2	13.7	8.3	10.2	1.2	12.3	8.2	
			後方	9.7	1.5	13.4	7.4	9.7	1.5	12.1	7.0	
連続スクワットジャンプ (マットスイッチ) 腕振りなし	跳躍高 [cm]	35.9	3.3	40.9	30.0	37.3	4.3	46.4	29.8			
	パワー [W]	776.6	159.6	1,033.0	536.0	764.2	147.0	1,036.0	580.0			
パワー/体重 [W/kg]	15.1	2.8	21.8	11.2	14.6	2.6	20.0	11.7				

走幅跳 (n=9)		走高跳 (n=8)		砲丸投 (n=4) ハンマー投 (n=3) やり投 (n=7) 円盤投 (n=6) 円盤投/やり投 (n=1) 砲丸投/やり投 (n=1) 砲丸投/円盤投 (n=1)				競歩 (n=5)			
三段跳 (n=3)		棒高跳 (n=2)		平均 (M)	標準偏差 (SD)	最大値 (max)	最小値 (min)	平均 (M)	標準偏差 (SD)	最大値 (max)	最小値 (min)
166.1	5.4	173.7	152.6	163.5	6.4	175.9	154.1	159.1	1.9	162.3	157.2
52.6	5.4	64.5	40.7	70.7	10.2	96.2	55.3	47.0	4.9	52.1	40.2
12.7	4.2	20.2	7.4	22.7	4.8	35.2	11.4	14.3	4.3	18.4	9.2
45.8	4.1	53.3	37.6	54.4	5.6	70.6	46.9	40.1	2.6	43.6	36.5
8.5	3.1	14.0	4.5	18.1	5.1	29.5	14.0	11.5	4.3	16.5	9.0
6.8	1.0	8.0	5.5	14.2	4.5	24.0	9.5	8.5	1.3	10.0	7.5
5.2	1.9	8.5	3.0	13.4	8.1	32.0	6.0	6.0	2.3	8.5	4.0
5.2	1.9	8.5	3.0	13.4	8.1	32.0	6.0	6.0	2.3	8.5	4.0
9.7	2.7	13.0	5.0	19.7	3.1	25.0	14.0	17.5	3.9	22.0	15.0
147.5	33.9	209.0	70.0	179.0	35.0	245.0	107.0	111.8	11.4	123.0	94.0
145.2	29.1	204.0	84.0	170.2	39.3	266.0	90.0	110.0	8.5	119.0	100.0
79.8	16.2	112.0	41.0	93.4	13.9	138.0	76.0	60.4	3.2	63.0	56.0
78.6	13.3	105.0	53.0	91.4	18.8	132.0	66.0	62.0	1.9	64.0	59.0
2.7	0.5	3.4	2.4	2.4	0.4	2.9	1.9	2.8	n=1	2.8	2.8
2.8	0.3	3.1	2.5	2.1	0.5	2.6	1.6	2.8	n=1	2.8	2.8
1.5	0.3	1.8	1.2	1.2	0.2	1.4	1.0	1.5	n=1	1.5	1.5
1.5	0.2	1.8	1.2	1.1	0.1	1.2	0.9	1.6	n=1	1.6	1.6
100.2	9.9	120.0	81.6	95.1	12.2	120.0	68.0	98.7	5.2	106.4	93.6
99.5	11.1	134.0	82.8	97.6	11.7	126.8	73.0	102.9	6.6	114.3	98.0
54.9	6.0	71.0	46.0	53.1	7.6	71.0	41.0	54.3	4.4	61.7	51.2
54.8	7.6	72.7	43.0	54.9	9.6	73.0	34.0	56.6	4.3	62.7	52.0
104.4	18.2	136.0	67.0	121.5	21.1	165.0	77.0	73.8	8.2	83.0	64.0
103.6	18.6	145.0	71.0	119.8	22.8	173.0	75.0	76.0	3.4	79.0	71.0
61.6	14.6	86.0	35.0	68.7	13.9	109.0	47.0	41.4	1.7	44.0	40.0
61.3	11.8	80.0	34.0	68.6	10.4	90.0	49.0	42.2	3.8	47.0	38.0
2.1	0.1	2.1	2.0	1.7	0.2	2.0	1.4	1.6	n=1	1.6	1.6
2.0	0.1	2.1	1.8	1.7	0.3	2.0	1.4	1.8	n=1	1.8	1.8
1.1	0.1	1.2	0.9	0.9	0.1	0.9	0.8	1.1	n=1	1.1	1.1
1.1	0.1	1.2	1.0	1.0	0.1	1.1	0.9	1.0	n=1	1.0	1.0
99.5	7.1	116.0	85.0	98.7	9.4	121.0	75.0	103.7	7.4	111.0	94.0
101.1	11.6	131.1	86.0	101.2	10.4	121.0	81.0	102.1	9.8	111.9	89.0
58.9	8.3	75.0	42.0	56.8	8.1	67.0	40.0	56.8	8.8	69.0	48.2
59.5	8.4	77.0	47.0	58.5	10.5	76.3	41.0	55.6	5.5	63.5	48.7
786.5	116.7	976.0	550.0	886.8	119.6	1,195.0	673.0	544.6	80.0	636.0	462.0
14.9	1.3	16.9	12.4	12.6	1.8	17.1	9.7	11.5	1.0	12.2	9.8
203.0	12.3	221.0	170.0	194.7	11.5	216.0	170.0	175.4	9.2	185.0	160.0
172.3	16.0	191.0	141.0	171.9	11.2	185.0	156.0	152.5	0.7	153.0	152.0
2.7	0.5	3.0	2.0	3.4	0.5	4.0	3.0	2.4	0.5	3.0	2.0
5.2	0.7	6.0	4.0	5.5	0.7	7.0	4.0	4.0	0.7	5.0	3.0
7.3	0.9	8.0	5.0	7.6	1.0	10.0	6.0	5.2	0.4	6.0	5.0
181.3	8.4	197.0	161.0	169.8	10.9	185.0	142.0	151.8	8.5	163.0	141.0
141.5	7.0	155.0	129.0	142.7	9.0	158.0	126.0	121.8	7.5	132.0	111.0
109.0	10.5	123.0	82.0	116.0	6.7	124.0	96.0	105.6	8.7	116.0	96.0
476.6	89.0	567.0	316.0	571.2	91.6	711.0	418.0	355.6	75.0	457.0	287.0
719.8	110.1	867.0	507.0	767.0	122.8	1,080.0	523.0	475.6	75.0	591.0	389.0
776.5	123.1	957.0	522.0	857.2	112.6	1,161.0	667.0	538.2	72.3	644.0	470.0
46.7	4.8	56.3	35.7	41.7	4.5	50.3	30.9	33.2	2.0	35.1	30.6
41.0	4.2	52.2	32.3	34.8	4.5	44.1	26.6	26.9	2.4	29.6	23.9
37.4	3.8	46.8	29.6	32.0	4.3	40.6	23.2	25.9	2.0	28.1	22.6
36.9	4.0	44.8	29.3	30.9	4.0	37.9	23.1	26.9	2.1	28.8	23.7
144.8	13.4	170.0	128.0	157.1	15.3	182.0	130.0	169.8	21.0	186.0	135.0
2.6	0.3	3.0	1.8	2.0	0.4	2.7	1.4	1.6	0.3	2.0	1.3
2.3	0.1	2.6	2.0	2.1	0.1	2.4	1.9	1.9	0.1	2.1	1.7
12.2	0.7	13.5	10.8	11.0	0.9	13.0	9.6	9.7	0.2	10.0	9.5
10.7	1.3	12.5	6.9	11.7	1.3	14.4	9.5	7.3	0.8	8.8	6.8
10.9	1.6	12.9	6.8	12.3	1.7	16.5	10.1	7.2	0.9	8.3	6.3
36.5	4.6	46.1	30.3	31.7	4.5	41.9	23.0	25.7	1.0	26.6	24.5
750.8	127.5	988.0	487.0	972.5	260.8	1,684.0	651.0	445.0	62.6	487.0	353.0
14.2	2.1	17.9	10.3	13.8	2.8	19.6	8.6	9.1	0.9	10.1	8.0