제 2 세미나실

세미나 III : 운동의학 up to date

김명화 | 우송대학교

≫ Basics of Exercise Metabolism for Health Care Professionals — 서상훈 | 연세대학교

≫ 발 형태에 따른 계단 내리기 마지막 스텝의 운동학 · 운동역학 변인의 차이 — 조혜영 | 이화여자대학교

≫ The effects of exercise for frail elderly — 송 욱 | 서울대학교

≫ 유전체와 운동 — 변재종 | 우송대학교

Determination of Respiratory Quotient (RQ = $\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$)

- **For glucose (a sugar)**

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6\ H_20$$

RQ = 6/6 = 1.0

- **For Trioleate (a fat)**

$$C_{57}H_{104}O_6 + 80\ O_2 \longrightarrow 57\ CO_2 + 52\ H_20$$

RQ = 57/80 = 0.71

Non-Protein RQ and Substrate Partitioning

RQ	% CHO	% Fat
1.00	100	0
0.95	84	16
0.90	68	32
0.85	51	49
0.82	40	60
0.80	33	67
0.75	16	84
0.71	0	100

Zuntz and Schumburg, Modified by Lusk, 1924

Combustion of Foods and Body Stores

Food/ Body Store	kcal/liter O_2	kcal/gram	RQ
CHO	5.05	4.2	1.0
Fat	4.70	9.5	0.70
Protein	4.50	4.2	0.80
PA on Mixed Diet	4.82		0.82
Starving	4.70		0.70

PA is Postabsorptive

Metabolic Rate in a Resting Men

- MR (kcal/min) = $\dot{V}O_2$ (l/min) (Caloric Equivalent for the RQ)
- MR (kcal/min) = 0.25 (l/min) (4.82 kcal/lO_2)
- MR (kcal/min) = 1.2 kcal/min

RQ = 0.82, 40% CHO & 60% Fat
Typical of Metabolism on Awakening in the AM

Metabolic Rate in an Exercising Man

- MR (kcal/min) = $\dot{V}O_2$ (l/min) (Caloric Equivalent for the RQ)
- MR (kcal/min) = 4.0 (l/min) (5.05 kcal/l O_2)
- MR (kcal/min) = 20.2 kcal/min

RQ = 1.0, 100% CHO
Typical of Hard Exercise

Question: If the Preceding Data Were Obtained on the Same Person, What would be His/Her Metabolic Scope?

- Resting MR 1.2 kcal/min
- Exercise MR = 20.2 kcal/min
- Metabolic Scope = 16.8x

What was the Metabolic Scope of Olympian, the Obese, and Heart Patient ?

The Fick Relationship of Oxygen Transport Use

$$\dot{V}O_2 = \dot{Q}\,(a\text{-}\bar{v})O_2$$

$$\dot{Q} = \dot{V}O_2/(a\text{-}\bar{v})O_2$$

where: $\dot{V}O_2$ is O_2 consumption
a is arterial O_2 Content
$\bar{v}$ is mixed venous O_2 Content

The Fick Relationship of Oxygen Transport Use

$\dot{V}O_2 = \dot{Q}\,(a\text{-}\bar{v})O_2$

$\dot{V}O_2$ = Flow (O_2 Extraction)

$\dot{V}O_2 = f\ Vs\ (a\text{-}\bar{v})O_2$

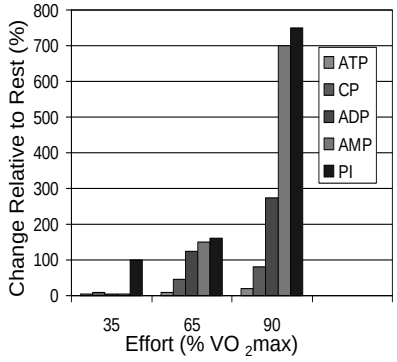
$\dot{V}O_2$ = (Heart Rate) (Stroke Volume) (O_2 Extraction)

Why VO_2max is Considered to Be the Standard of Physical Fitness

Brooks et al., Exercise Physiology, 2004.

Brooks et al., Exercise Physiology, 2004.

Relative Changes in Concentrations of Phosphagens And Related Compounds



Spriet, Howlett, and Heigenhauser, MSSE, 2000.

Definitions of Metabolism

- Functional: the sum of all transformations of energy and matter that occur in a living organism.
- Operational: rate of energy turnover (heat production).

발 유형에 따른 평지 보행의 운동역학적 차이

(김혜림, 2013)

편평족

- 골반, 엉덩이, 무릎관절의 굴곡·신전 각이 크게 나타남.
- 보행 시 초기에 제동을 걸어주는 제동기에서 편평족이 가장 적은 힘을 나타냄.
- 전두면에서 편평족은 무릎 관절을 제외한 나머지 관절에서 내외전각이 크게 나타남.

정상족

- 발의 내.외측에 발생하는 모든 운동량이 가장 높음.
- 발목관절에서 내회전각이 크게 나타남.

연구목적

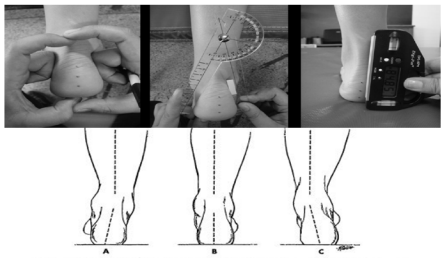
연구 목적

- 발 형태에 따른 계단 내리기 마지막 착지 시에 나타나는 운동학, 운동역학적 차이를 규명
- 이를 통하여 발 형태에 따른 계단 내리기 시 불편감, 통증, 혹은 상해의 위험을 줄이기 위한 메커니즘을 설명하기 위한 기초자료를 제공
- 노인 계단 보행을 위한 운동 프로그램 개발의 기초자료 제공

연구대상

RCSP(Resting Calcaneal Stance Position) 분류

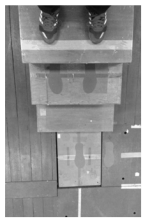
	n	RCSP	연령(yr)	신장(cm)	체중(kg)
편평족(Pronator)	3	-5±1(Lt.)	20.33±4.73	163.67±7.1	51.33±4.73
정상족(Normal)	3	0(Lt.)	20.33±1.53	106±3.61	60.33±10.41
요족(Supinator)	2	+6±1.4(Rt.)	20.5±3.54	162.5±12.02	59.5±7.78



Supination : ≥+3˚ Normal : ±2˚ Pronation : ≤-3˚

실험장비

실험장비



- 계단
(한국표준과학연구소에서 제시하고 있는 폭 90cm, 디딤면 최소 23cm, 높이 최소 18cm의 규격)
- 지면반력 측정기
(Kistler 9281B)
- 카메라
(MV900F, Samsung)
: 30frame/sec

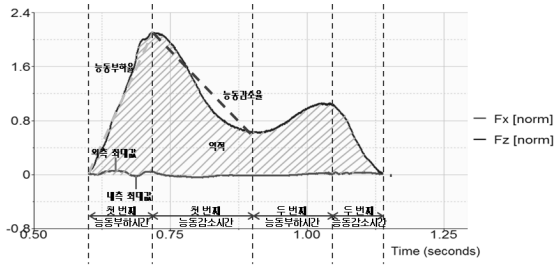
실험절차

I. 신발의 종류에 의한 오차를 없애기 위해 맨발로 시행
II. 영상 분석을 위해 하지의 관절중심점(상전장골극, 엉덩관절, 무릎 바깥쪽 관절융기, 외측복사뼈, 5th 중족골두)에 마커 표시
III. 총 15회를 실시하여 전문가와 피험자가 가장 자연스러운 동작이라고 의견이 모아진 5회의 동작을 채택

자료분석

자료분석

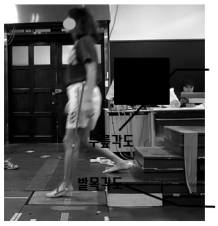
- 지면 반력 수직(Z)방향 : 능동 부하율 · 감소율 · 역적 분석
- 지면 반력 좌우(X)방향 : 외측 최대값 · 내측 최대값 분석
- 영상 분석 : 마지막 계단 내리기 착지 시 발목 각도 · 무릎 각도 분석



지면반력 분석 변인

자료분석

- 자료분석
  - 지면 반력 수직(Z)방향 : 능동 부하율 · 감소율 · 역적 분석
  - 지면 반력 좌우(X)방향 : 외측 최대값 · 내측 최대값 분석
  - 영상 분석 : 마지막 계단 내리기 착지 시 발목 각도 · 무릎 각도 분석



상전장골극-무릎 바깥쪽관절융기-외측복사뼈를 잇는 무릎의 상대각

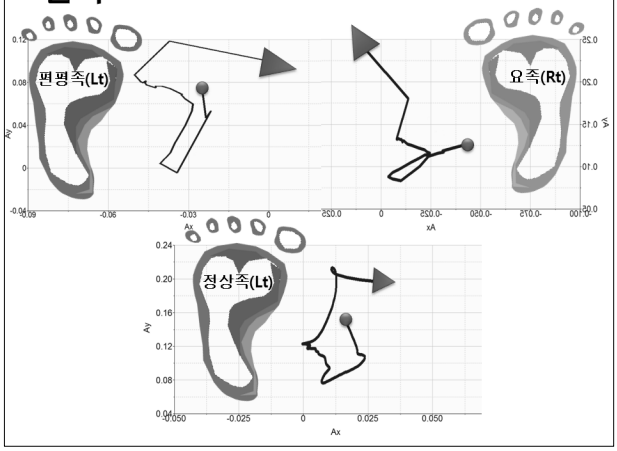
무릎 바깥쪽관절융기-외측복사뼈-5th 중족골두를 잇는 발목의 상대각

영상분석 변인

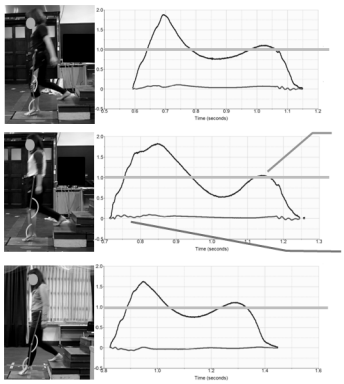
자료처리

- COP(Center of Pressure) Pattern 분석
  - 발 형태별 COP pattern 형태 분석을 통한 좌우·앞뒤 방향 분석
- 통계처리
  - SPSS 18.0을 사용하여 일원배치분산분석(ANOVA : One-way Analysis of Variance)을 실시
  - 사후분석은 LSD 분석을 사용 (유의수준 α=.05)

결과 - COP Pattern



결과



정상족 영상분석과 지면반력 그래프

지면에 닿는 면적이 가장 많은 편평족의 특성 상 접차 힘을 분산시켜 두 번째 능동 최대 힘이 낮게 나타남.

편평족 영상분석과 지면반력 그래프

편평족이 내외측 움직임 범위가 넓으며, 좌우 움직임이 많음.

요족 영상분석과 지면반력 그래프

결과

	발유형	n	M±SD	F	p	post-hoc
수직방향 능동 부하율(BW)	평족	15	23.38±8.12	7.67	.002 *	평족>정상 평족>요족
	정상	10	14.68±2.47			
	요족	15	17.00±4.71			
수직방향 능동 감소율(BW)	평족	15	-7.05±1.14	1.46	.245	-
	정상	10	-6.03±1.98			
	요족	15	-6.56±1.36			
수직방향 역적(BW*t)	평족	15	0.51±0.05	5.76	.007 *	정상>평족 요족>평족
	정상	10	0.55±0.01			
	요족	15	0.55±0.02			
외측방향 최대값 (BW)	평족	15	0.13±0.04	15.13	.000 *	평족>정상 요족>정상
	정상	10	0.07±0.02			
	요족	15	0.11±0.02			
내측방향 최대값 (BW)	평족	15	0.08±0.06	7.36	.002 *	평족>정상 평족>요족
	정상	10	0.03±0.02			
	요족	15	0.03±0.02			
무릎 각도(˚)	평족	15	168.80±3.08	2.37	.108	-
	정상	10	170.20±3.52			
	요족	15	171.67±4.12			
발목 각도(˚)	평족	15	124.93±8.15	4.75	.015 *	정상>평족 정상>요족
	정상	10	133.60±9.12			
	요족	15	125.47±5.28			

결과

운동학적 분석 – 영상분석 결과

- 무릎 각도 : 발 형태에 따라 유의한 차이를 보이지 않았다.
- 발목 각도 : 정상족이 편평족과 요족보다 유의하게 크다(p<.05).

운동역학적 분석 – 지면반력 결과

- 수직 힘의 능동 부하율 : 편평족이 정상족이나 요족보다 유의하게 높다(p<.05).
- 수직 힘의 능동 감소율 : 발 형태에 따라 유의한 차이를 보이지 않았다.
- 역적 : 정상족과 요족이 편평족보다 유의하게 높다(p<.05).
- 좌우 방향의 외측 최대값 : 요족과 편평족이 정상보다 유의하게 높다(p<.05).
- 좌우 방향의 내측 최대값 : 편평족이 정상족과 요족보다 유의하게 높다(p<.05).

결론 및 제언

요족

- 수직방향의 역적(BW*t)이 편평족보다 높게 나타남.
  - 편평족보다 큰 힘을 받음.
- 외측방향의 최대값이 정상보다 높게 나타남.
  - 정상족보다 외측 방향으로 더 많이 디딤.
- 발목의 각도는 정상보다 작게 나타남.
  - 정상족보다 발목을 많이 사용하지 않음.
  - 정면에서 보았을 때, 외측으로 발목이 supination됐을 것으로 예상됨.

결론 및 제언

정상족

- 수직방향의 역적(BW*t)이 편평족보다 높게 나타남.
  - 편평족보다 큰 힘을 받음.
- 외측방향의 최대값이 편평족이나 요족보다 낮게 나타남.
  - 바깥 방향으로 발목을 염좌 가능성이 다른 발 유형보다 적을 것으로 예상됨.
- 발목 각도가 평족과 요족보다 크게 나타남.
  - 발목관절의 저측 굴곡을 가장 크게 이용함.

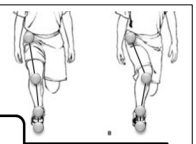
결론 및 제언

편평족

- 발목이 내측으로 회전된 상태임.
- 계단 내리기 시 발이 지면에 닿는 순간 발목 움직임에 제한
- 발바닥에 순간적으로 큰 힘이 가해질 때 보상작용으로 무릎을 비교적 많이 굽히며, 좌우 회전력이 큼.

➢ <u>따라서 편평족은 다른 발 유형보다 장시간 계단 내리기 보행 시 피로가 더 할 수 있음.</u>

결론 및 제언



추후 연구 과제

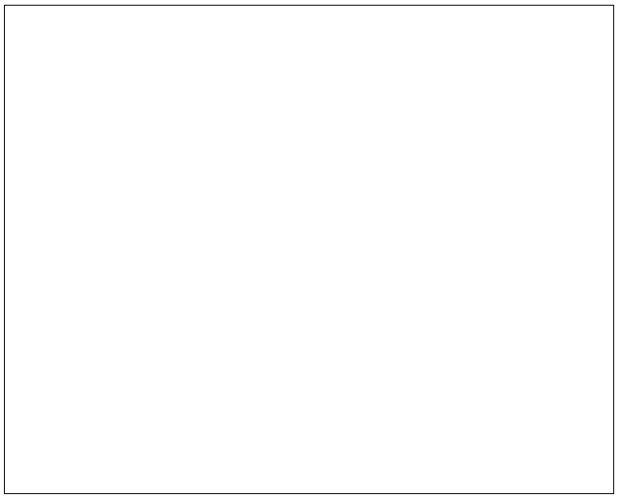
- 계단 내리기 착지 시 시상면에서의 하지 관절의 운동학적 분석뿐만 아니라 관상면에서의 움직임에 대한 분석
- 계단 내리기 동작도 오른발과 왼발이 번갈아 가며 움직이는 것이므로 스텝을 하는 동안의 위에 있는 다리의 3차원 운동학적 분석
- 피로도에 따른 계단 오르내리기 분석

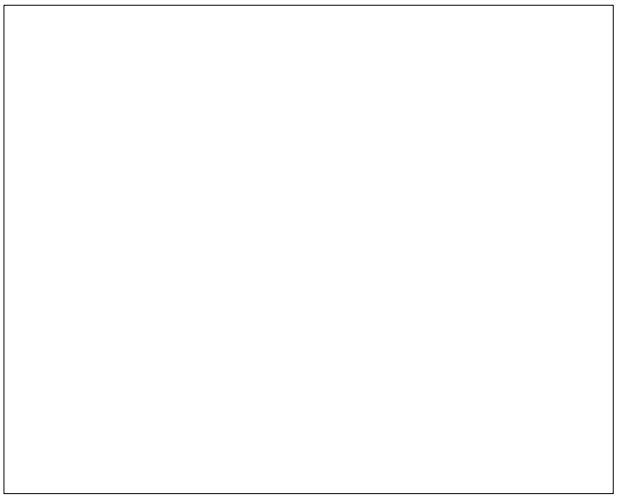
참고문헌

- 김유신, 김은정, 서충진(2006). 계단 오르기와 내리기 동작 시 하지분절의 보행 형태 및 EMG 비교분석. **한국체육학회지**, 45(4), 535-545.
- 김혜림(2013). 발 유형과 운동화 종류가 보행의 운동역학에 미치는 영향. 이화여자대학교 대학원. 석사학위논문.
- 이경옥, 김남희, 김유련(2012). 전공과 좌우 양 발에 따른 여대생의 발 유형 분석. **한국운동역학회지**, 22(2), 229-236.
- 전현민, 류지선(2008). 성인 계단보행 시 계단 너비에 따른 하지의 운동역학적 분석. **한국운동역학회지**, 18(4), 161-169.
- Lee W C.(2000). Surgery of the foot. Seoul; Koonja, p.29-72.
- Startzell, J. K., Owens, D. A., Mulfinger, L. M., & Cavanagh, R. R.(2000). Stair negotiation in older people: A review. *Journal of American Geriatrics Society*, 48(5), 567-580.
- Subotnick SI.(1975).*Podiatric Sports Medicine Pediatric Medicine and Surgery Series*. New York:FoturaPublishingCompany
- Zachazewski, J. E., Riley, P. O., & Krebs, D. E.(1993). Biomechanical analysis of body mass transfer during stair ascent and descent of healthy subject. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 30(4), 412-422.

5IF FGGFDUT PG FYFSDJTF GPS G

} a)º ±





■ Exercise Intervention Study – Resistance exercise training

Journal of Aging and Physical Activity, 2010, 18, 401-424
© 2010 Human Kinetics, Inc.

Secondary Outcome result – total duration

Variable	Interval	FCT (n = 22) M (SD)	95% CI	Control (n = 19) M (SD)	95% CI	Effect tested	p[†]	Contrasts[‡]
Stair-kick time (s)	W0	3.86 (0.28)	(3.43, 3.57)	3.73 (0.31)	(3.12, 4.34)	Group × Time	.589	W0–W12; p = .899
	W12	2.80 (0.28)	(2.23, 3.37)	3.02 (0.31)	(2.21, 4.43)			W0–W36; p = 1.0
	W36	2.97 (0.30)	(2.38, 3.57)	3.06 (0.30)	(3.10, 4.62)			W12–W36; p = 1.0
Kick-8 m (s)	W0	14.76 (0.88)	(13.15, 16.37)	14.22 (0.86)	(12.48, 15.95)	Group × Time	<.001	W0–W12; p < .001
	W12	12.27 (0.88)	(10.66, 13.88)	14.75 (0.86)	(13.01, 16.48)			W0–W36; p = .077
	W36	13.90 (0.81)	(12.26, 15.54)	14.66 (0.95)	(12.76, 16.57)			W12–W36; p < .001
total time kick (s)	W0	24.29 (0.83)	(22.61, 25.95)	25.44 (0.80)	(23.84, 27.24)	Group × Time	<.001	W0–W12; p = .001
	W12	22.77 (0.83)	(21.10, 24.44)	26.59 (0.80)	(24.79, 28.39)			W0–W36; p = .130
	W36	23.40 (0.85)	(21.70, 25.11)	26.27 (1.01)	(24.26, 28.28)			W12–W36; p = .424

Variable	Interval	FCT (n = 22) M (SD)	95% CI	Control (n = 19) M (SD)	95% CI	Effect tested	p[†]	Contrasts[‡]
Isometric dynamometry adjusted for body mass								
LKEXMVC (Nm/kg)	W0	0.77 (0.06)	(0.65, 0.88)	0.75 (0.06)	(0.63, 0.88)			W0–W12; p < .001
	W12	0.92 (0.06)	(0.80, 1.03)	0.73 (0.06)	(0.58, 0.85)	Group × Time	<.001	W0–W36; p = .46
	W36	0.82 (0.06)	(0.70, 0.94)	0.61 (0.07)	(0.47, 0.76)			W12–W36; p = .051

Note. CI = confidence interval; W0 = baseline; W12 = Week 12; W36 = Week 36; AU = arbitrary units; LKEXMVC = left knee-extensor maximal voluntary contraction. Means and standard deviations are reported for each secondary outcome measure at baseline and at Week 12 and Week 36 until completion of the study. Means were generated using participants with data for at least two time points for the outcome of interest. p values are based on linear mixed modeling.

[†]p values are interpreted from the results of comparisons between specific time points. When the p value interpreted is from the group-by-time interaction effect, the change between two time points for the two groups is compared. [‡]Bonferroni post hoc tests were used with significant interactions (p < .05).

Exercise Intervention Study related to cognitive impairment

■ Exercise Intervention Study – Combined exercise (aerobic and resistance)

AGE (2014) 36:801–811
DOI 10.1007/s11357-013-9599-7

Positive effects of resistance training in frail elderly patients with dementia after long-term physical restraint

- OBJECTIVES:

① To investigate the effects of 8 weeks of multicomponent exercise intervention on muscle strength and functional outcomes in frail patients with dementia

② To evaluate the physical outcomes of these participants after 24 weeks of detraining

EXERCISE PROGRAM
the 1st part of the trial (1-4 wk)
gait, balance, cognitive exercise
the 2nd part of the trial (5-8 wk)
resistance training + 1st trial
Follow-up period (12-24 wk)
training cessation

PARTICIPANTS
≥ age 75 years,
diagnosis of dementia,
physical restraint,
fulfillment of Fried's criteria frailty

■ Exercise Intervention Study – Combine exercise (aerobic and resistance)

(E.L Cadore et al., 2014)

TUG test – result

Table 1 Functional and strength outcomes pre- and post-intervention and follow-up period (mean±SD)

	Exercise intervention group (n=18) and follow-up group (n=11)				
	Intervention period (n=18)			Follow-up period (n=11)	
	Pre-	Post-4 weeks of intervention	Post-8 weeks of intervention	12 weeks of detraining	24 weeks of detraining
Gait velocity (ms^{-1})	0.36±0.18	0.32±0.21	0.42±0.21	0.38±0.20*†	0.25±0.17*†§
TUG (s)	43.4±16.3	49.4±55.7	31.2±10.0*†	55.4±32.0*†	62.7±38.5§
Number of rises from a chair in 30 s	2.3±3.5	1.4±3.4	2.7±4.0	2.2±2.8	1.8±2.2
Balance	0.30±0.5	0.82±0.8*	0.80±0.7*	0.90±0.8	0.70±0.8
Gait velocity arithmetic task (ms^{-1})	0.27±0.21	0.28±0.24	0.29±0.17	0.18±0.14*†	0.17±0.12*†
Gait velocity verbal task (ms^{-1})	0.27±0.17	0.24±0.19	0.27±0.17	0.21±0.16*†	0.19±0.14*†
Incidence of falls	1.1±1.4	–	0.16±0.5*	0.30±0.60§	–
Barthes index	35.0±18.1	29.6±18.1	30.3±17.7	23.3±16.3*†	18.3±14.1*†
MMSE	15.1±6.3	15.6±6.7	15.9±7.1	12.6±4.2§	10.6±5.1*§
Hand grip (kg)	11.9±4.6	12.9±5.8	13.8±5.2*	10.7±4.8*†	9.4±4.2*§
Knee extension strength (kg)	14.3±5.9	15.7±5.5	17.2±4.5*	11.1±3.7*†	8.5±2.6*§
Hip flexion strength (kg)	13.9±4.7	12.5±5.1	16.7±4.5*	11.0±2.9*†	9.0±2.0*§
Leg press 1RM (kg)	33.5±13.4	31.4±15.6	43.9±16.4*	37.0±15.7	32.5±12.0§

*P < 0.05, significant difference from pre-training values; †P < 0.05, significant difference from post-8 weeks of training; §P < 0.05, significant difference from post-12 weeks of detraining

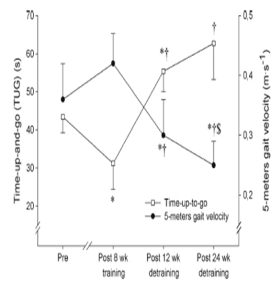


Figure. *Time-up-and-go (TUG) (s) and gait velocity tests (metresper second) (mean±SD) pre-, post-8 weeks of training, post- 12 weeks of detraining, and 24 weeks of detraining. Significant differences from pre-training values *(P<0.05) and significant difference from 8 weeks of training, †P<0.05

■ Exercise Intervention Study – Combine exercise (aerobic and resistance)

(E.L Cadore et al., 2014)

Table 1 Functional and strength outcomes pre- and post-intervention and follow-up period (mean±SD)

	Exercise intervention group (n=18) and follow-up group (n=11)				
	Intervention period (n=18)			Follow-up period (n=11)	
	Pre-	Post-4 weeks of intervention	Post-8 weeks of intervention	12 weeks of detraining	24 weeks of detraining
Gait velocity (ms^{-1})	0.36±0.18	0.32±0.21	0.42±0.21	0.38±0.20*†	0.25±0.17*†§
TUG (s)	43.4±16.3	49.4±55.7	31.2±10.0*†	55.4±32.0*†	62.7±38.5§
Number of rises from a chair in 30 s	2.3±3.5	1.4±3.4	2.7±4.0	2.2±2.8	1.8±2.2
Balance	0.30±0.5	0.82±0.8*	0.80±0.7*	0.90±0.8	0.70±0.8
Gait velocity arithmetic task (ms^{-1})	0.27±0.21	0.28±0.24	0.29±0.17	0.18±0.14*†	0.17±0.12*†
Gait velocity verbal task (ms^{-1})	0.27±0.17	0.24±0.19	0.27±0.17	0.21±0.16*†	0.19±0.14*†
Incidence of falls	1.1±1.4	–	0.16±0.5*	0.30±0.60§	–
Barthes index	35.0±18.1	29.6±18.1	30.3±17.7	23.3±16.3*†	18.3±14.1*†
MMSE	15.1±6.3	15.6±6.7	15.9±7.1	12.6±4.2§	10.6±5.1*§
Hand grip (kg)	11.9±4.6	12.9±5.8	13.8±5.2*	10.7±4.8*†	9.4±4.2*§
Knee extension strength (kg)	14.3±5.9	15.7±5.5	17.2±4.5*	11.1±3.7*†	8.5±2.6*§
Hip flexion strength (kg)	13.9±4.7	12.5±5.1	16.7±4.5*	11.0±2.9*†	9.0±2.0*§
Leg press 1RM (kg)	33.5±13.4	31.4±15.6	43.9±16.4*	37.0±15.7	32.5±12.0§

*P < 0.05, significant difference from pre-training values; †P < 0.05, significant difference from post-8 weeks of training; §P < 0.05, significant difference from post-12 weeks of detraining

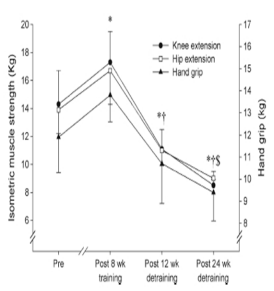


Figure. Knee extension, hand grip and hip flexion isometric strength (Kgf) (mean±SD) pre-, post-8 weeks of training, post-12 weeks of detraining and 24 weeks of detraining. Significant differences from pre-training values *P<0.05; significant difference from 8 weeks of training, †P<0.05 and significant difference from 12 weeks of detraining §P<0.05

■ Exercise Intervention Study - Aerobic / endurance exercise training

Langlois, F., Vu, T.T.M., Chassé, K., Dupuis, G., Kergoat, M.J., & Bherer, L., (2012). Benefits of physical exercise training on cognition and quality of life in frail older adults. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 68*(3), 400-404. doi:10.1093/geronb/gbs069. Advance Access publication August 28, 2012

Benefits of Physical Exercise Training on Cognition and Quality of Life in Frail Older Adults

PARTICIPANTS
≥ aged 65 years (n=83) in Montreal, Canada

EXERCISE PROGRAM
3 times a week, 12-week (1-h session)
aerobic workout

Main variables
Physical capacity
Cognitive performance
Quality of life

■ Our Lab's study related to frailty ①

Change in lean body mass after exercise intervention

Table. Changes in lean body mass and muscle strength after 18 weeks of elastic band training in elderly women

	Control group (CON, n = 19)		Exercise group (EX, n = 19)		Group × Time
	PRE	POST	PRE	POST	
Variable	Mean ± S.E.M.				*P*-value
Arm lean mass, kg	1.83 ± 0.68	1.79 ± 0.71*	1.99 ± 0.11	2.03 ± 0.98	0.017[¶]
Grip strength, kg	20.75 ± 1.02	20.25 ± 1.01	22.97 ± 1.21	21.73 ± 1.37**	0.630
Leg lean mass, kg	5.22 ± 0.11	5.35 ± 0.15	5.81 ± 0.25	5.90 ± 0.27	0.670

■ Our Lab's study related to frailty ①

- Muscle quality is more useful for estimating functional status (Metter et al., 1999)
- Decreased muscle quality is associated with decreased functional capacity and possibly with reductions in neuromuscular function in older adults (Carmeli et al. 2000)

▪ Muscle quality = $\frac{\text{Muscle strength}}{\text{Unit of muscle mass}}$

A Lower extremity muscle quality = $\frac{\text{Isokinetic Nm torque}}{\text{Leg lean mass (kg) by DXA}}$

B, C Upper extremity muscle quality = $\frac{\text{Grip strength (kg)}}{\text{Arm lean mass (kg) by DXA}}$

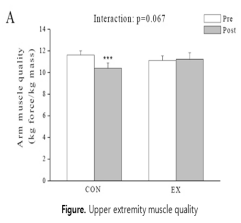


Figure. Upper extremity muscle quality

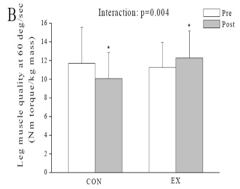


Figure. Lower extremity muscle quality at 60 deg/sec

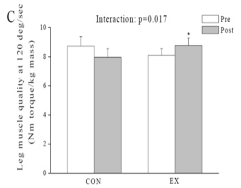
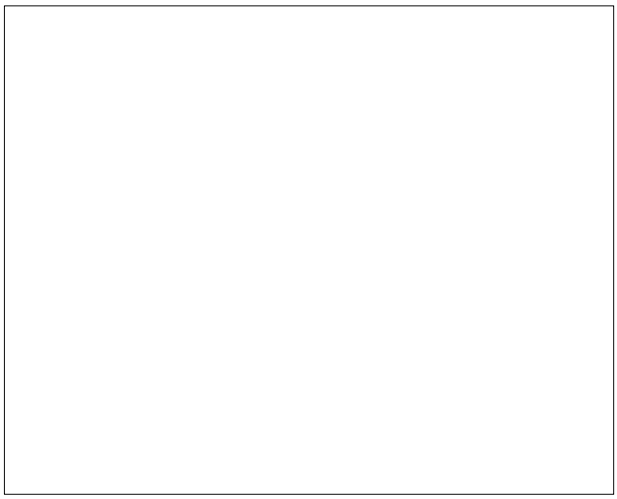
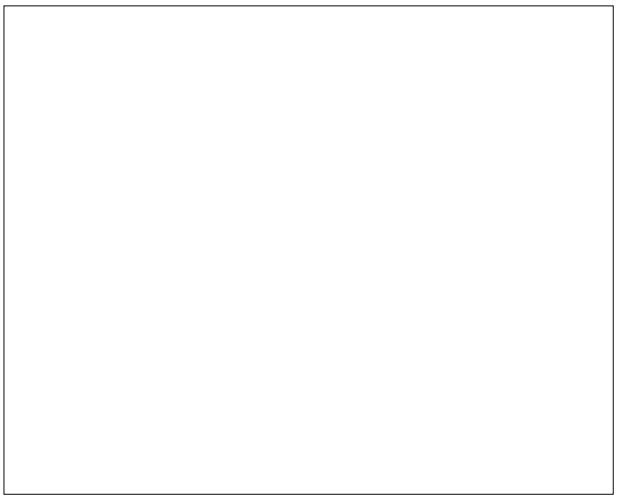



Figure. Lower extremity muscle quality at 120 deg/sec