

Effects of Aquarobic Exercise on Body Composition, IL-6, TNF- α , Homocysteine, and Amyloid- β in Elderly Women with Mild Cognitive Impairment

Yong-Hyun Byun*

*Professor, Dept. of Sports Medicine, Dankook University, Cheon-An, Korea

[Abstract]

The purpose of this study was to provide basic exercise physiology data on the effects of aquarobics by analyzing the differences in the effects of aquarobics on body composition, IL-6, TNF- α , Homocysteine, and Amyloid- β in elderly women with mild cognitive impairment. As a result of the MMSE-K test, twenty elderly women aged 65 or older with a score of less than 23 points were applied to the aquarobic group (n=10) for 12 weeks, 3 times a week, for 60 minutes, and the control group (n=10) maintained daily life without exercise treatment. All results data were calculated using the SPSS statistical program to calculate the mean and SD for each variable, and a two-way repeated measures ANOVA was performed to test the interaction effect between group and period. The significance level was $p < .05$.

As a result, there was an interaction effect on weight and %BF ($p < .001$), and an interaction effect by group and time on IL-6 ($p < .05$), TNF- α ($p < .01$), and Homocysteine ($p < .01$).

In conclusion, aquarobic exercise can be suggested as an effective exercise for preventing cardiovascular disease and delaying the progression to dementia in elderly women with mild cognitive impairment.

▶ **Key words:** Mild Cognitive Impairment, Elderly Women, Aquarobic, Body Composition, Cardio-Cerebro Vascular Risk Factor, MMSE-K

[요 약]

이 연구는 아쿠아로빅 운동 적용에 따른 경도인지장애 여성 노인의 체성분, IL-6, TNF- α , Homocysteine 및 Amyloid- β 의 차이를 분석해 운동의 효과에 대한 운동생리학적 기초 자료를 제공하고자 하였다. MMSE-K 검사결과 23점 미만의 65세 이상 여성 노인 20명을 대상으로 아쿠아로빅 집단(10명)에 대해 12주, 주 3회, 60분간 아쿠아로빅 운동을 적용하였고, 통제집단(10명)은 일상 생활을 유지하였다. 모든 결과들은 SPSS 통계프로그램을 사용해 각 변인에 대한 기술통계량과 이원반복측정 분산분석을 실시해 집단과 시기의 상호작용 효과를 검정하였으며, 유의수준(α)은 .05로 하였다. 분석결과, 체중과 체지방률에서 상호작용의 효과가 나타났으며($p < .001$), IL-6($p < .05$)와 TNF- α ($p < .01$), Homocysteine($p < .01$)에서 집단과 시기에 따른 상호작용의 효과가 나타났다. MMSE-K 또한 상호작용의 효과가 나타났으며($p < .05$). 결론적으로 경도인지장애 여성 노인의 심혈관 질환 예방과 치매로의 이행을 늦추기 위한 효과적인 운동으로 아쿠아로빅 운동을 제안할 수 있다.

▶ **주제어:** 경도인지장애, 여성노인, 아쿠아로빅, 체성분, 심뇌혈관 변인, MMSE-K

- First Author: Yong-Hyun Byun, Corresponding Author: Yong-Hyun Byun
- *Yong-Hyun Byun (byunyh@dankook.ac.kr), Dept. of Sports Medicine, Dankook University
- Received: 2024. 12. 02, Revised: 2025. 01. 03, Accepted: 2025. 01. 06.

I. Introduction

경도인지장애(Mild Cognitive Impairment, MCI)는 인지 건강과 치매 사이의 이행단계로 치매 예방을 위한 중요한 시기이다[1]. 저하된 인지기능은 신경·정신과적 증상 발현과 일상생활(activities of daily living, ADLs) 수행 능력을 감소시키며, 삶의 질(quality of life: QoL)이라는 측면에서 부정적인 영향으로 가족과 사회전반에 큰 부담을 준다[2].

노인에게 심혈관 질환은 인지장애를 결정하는 주요한 메커니즘이 된다. 혈전과 색전, 심박출량의 감소는 인지장애를 유발하며[3], 심장질환을 앓고 있는 환자에게서 인지장애 양상이 더 흔하게 발생한다[4]. 이는 호르몬과 같은 신경 체액의 활동과 전신 염증이 심장과 뇌의 상호작용에 대한 매개체로서 역할을 하며[5], 알츠하이머 질환자에게 있어 심장과 뇌에서의 아밀로이드(Amyloid) 침착과 죽상동맥경화증의 내피기능과 순환장애가 더욱 심화되는 것으로 증명되었다[6-8]. 또한, 심장과 뇌혈관 질환에 대한 독립적 위험인자로 분류되는 호모시스테인(Homocysteine)은 신경독성 인자 생성에 직접적으로 관여해 관상동맥 질환, 뇌졸중, 당뇨병, 암의 위험성 뿐만 아니라 높은 수준에서 인지기능 장애와 기억력 결핍을 유발한다[9].

또한, 알츠하이머 질환에서 가장 자주 언급되는 Amyloid- β 펩타이드 축적은 신경 퇴행을 가속화하며 궁극적으로 시냅스 손실과 신경세포 손상을 초래하고[10], 경도인지장애 여성 노인의 경우 Amyloid- β 축적이 정상인에 비해 더 높은 수준으로 관찰되고[11], 최근 연구에서도 Amyloid- β 수준과 인지기능과의 유의미한 상관관계를 보고해[12] 운동 적용의 심장 및 뇌혈관 질환 예방을 위한 평가 요인의 핵심 바이오마커라 볼 수 있다.

Amyloid- β 축적의 원인과 결과로 간주되는 염증과 산화 스트레스는 신경 기능장애와 병리학적 과정을 악화시키고[13,14], 증상 악화에 대해 염증성 사이토카인의 발현, 즉, IL-6와 TNF- α 의 연관성을 보고하고 있다[15]. 알츠하이머 질환자들에게 있어 높은 IL-6 수준이 관찰되며, TNF- α 또한 높게 형성된다[16,17]. 이와 같이 염증성 사이토카인은 인지장애의 진행에 대한 병태생리학적 특징으로 발현되기에 운동을 통한 염증성 사이토카인 감소는 치매로의 이행을 늦추는데 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 생각된다.

한편, 수중에서 수행되는 운동은 부력과 수압, 그리고 수온이라는 물의 특성을 이용한 결과로 그 효과와 안정성이 증명되어 인지기능 개선을 위한 효과적인 방법으로 추

천하고 있다[18,19]. 특히, 여성 노인의 신체적, 정신적, 사회적 건강 유지와 증진을 위해 적극적으로 장려하고 지원해야 하는 운동으로[20] 아쿠아로빅 운동 참여에 따른 경도인지장애 여성 노인의 심장 및 뇌혈관 질환 요인 분석에 대한 활용도는 높을 것으로 생각된다.

규칙적인 운동의 효과는 인지기능과 치매 위험요인 감소의 긍정적 결과를 가져온다[21,22]. 중강도 수준의 유산소성 운동은 노인의 염증성 사이토카인 감소를 유도하고 12주간의 운동은 인지기능 개선을 위한 비약물적 중재로 효과가 있음을 보고하고 있지만[23], 지속적인 연구가 필요하다. 경도인지장애의 유산소성 운동의 적응 효과는 확실하므로, 이들을 대상으로 한 다양한 운동 유형의 연구가 제안되고 있다[24]. 따라서, 이 연구는 경도인지장애 여성 노인들의 아쿠아로빅 적용에 따른 IL-6, TNF- α , Homocysteine 및 Amyloid- β 의 변화를 분석해 인지기능의 향상 및 심장과 뇌혈관 질환의 예방에 대한 운동의 효과를 확인하고, 이와 관련된 운동 생리학적 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. Preliminaries

1. IL-6(Interleukin-6)

IL-6(인터루킨-6)은 염증성 사이토카인(inflammatory cytokine)으로 다면 발현의 특징을 가진 유전자이고, 염증, 감염에 대한 자극에 대하여 초기에 염증을 활성화시키는 역할을 한다. 또한 amyloid- β 생성에 대한 유도나 간에서 CRP(C-reactive protein; CRP)의 합성을 유도하는 등의 다양한 작용 때문에 염증 여부를 확인하는 지표로서 이용되기도 한다. 즉, IL-6의 발현 장애는 심혈관 및 뇌혈관 질환과 관련된 질병들을 유발할 수 있고, 만약, 뇌혈관에서 염증이 발현되어 IL-6가 증가하는 경우 뇌혈관 질환을 의심할 수 있으며, 이는 인지기능장애나 치매와 같은 질환으로 연결될 수 있다.

2. TNF- α (tumor necrosis factor- α)

사이토카인(cytokine)이면서 면역세포의 조절 역할을 하는 종양괴사인자- α (TNF- α)는 염증 시 체내 발열을 유도하거나, 세포사멸과 관련하여 IL-6와 IL-1의 생산을 통해 패혈증, 또는 감염을 유발하여 종양생성 및 바이러스 복제를 억제하는 능력이 있다. 또한, 인체 내에서 TNF- α 와 IL-6가 과잉되면 증식성 질환, 악성종양 및 면역성질환 등 감염성 질환들이 발생한다. 특히, 비만세포에서 분비되

는 TNF- α 는 IL-6와 급성반응성 단백질 분비를 자극하여 죽상동맥경화증을 유발한다.

규칙적인 운동은 IL-6와 TNF- α 의 혈중농도를 감소시켜 염증반응 진행을 억제한다고 알려져 있다.

3. Homocysteine

호모시스테인(Homocysteine)은 탄소 대사과정에서 생성된 아미노산으로 필수 아미노산인 메티오닌(methionine)을 분해하는 과정에서 만들어지고, 시스테인(cysteine)과 메티오닌으로 전환된다. 그러나, 혈중 농도가 증가하면 혈관 내피세포의 손상을 유발하고, 혈관질환인 뇌졸중, 관상동맥질환 등 심뇌혈관 질환의 발생율을 높일 수 있다.

4. Amyloid- β

아밀로이드베타(amyloid- β)는 신경세포 밖에 존재하는 단백질 복합체로 베타구조라는 판상형태로 축적되면 노인 판(senile plaque)을 만들어 신경이 접촉하고 서로 연결하는 것을 방해한다. 특히, 아밀로이드 플라그(plaque)는 독성이 있고, 주로 신경전달 과정에 중요한 시냅스를 파괴한다. 특히, 알츠하이머 환자들의 뇌에서 Amyloid- β (아밀로이드 베타)가 과도하게 생성된 것을 확인하여 알츠하이머형 치매의 주요 원인으로 보고 있다. 규칙적인 운동은 amyloid- β 의 혈중농도를 감소시켜 치매의 진행과 발병을 억제하는 것으로 알려져 있다.

III. Methods

1. Subjects

연구 대상은 65세 이상의 여성으로 한국판 간이정신상태 검사(Mini Mental State Examination-Korean Version) 23점 미만이며, 실험에 제한될 수 있는 정신적, 정서적 문제 및 심호흡계 질환으로 약물이나 수술적 치료를 받지 않은 대상자를 선정하였다. 실험 전 연구 목적과 채혈 등의 연구 과정 및 방법의 자세한 설명 후 자발적으로 연구동의서에 서명한 인원들을 모집 후, 단순 무작위(simple randomization) 배정으로 아쿠아로빅 운동집단(AEG: Aquarobic exercise Group) 10명, 통제집단(CG: Control Group) 10명으로 나누었다. 연구대상자들의 신체적 특징과 체성분 및 MMSE-K의 사전 동질성 검정 결과는 Table 1.에 제시하였다.

Table 1. Subject Characteristic and MMSE-K

Variables	AG (n=10)	CG (n=10)	P
Age (years)	70.50 \pm 2.91	71.10 \pm 4.93	.744.
Height (cm)	156.42 \pm 4.41	154.32 \pm 3.47	.253
Weight (kg)	63.62 \pm 4.11	60.43 \pm 2.68	.055
MM (kg)	20.85 \pm 1.52	20.34 \pm 1.90	.375
%BF (%)	35.41 \pm 3.14	34.86 \pm 3.51	.717
MMSE-K (score)	21.60 \pm 1.77	21.20 \pm 1.61	.605

Mean \pm S.D. AG: Aquarobic exercise Group, CG: Control Group, p : unpaired t-test Between Groups MM: Muscle Mass, %BF: %Body Fat

2. Aquarobic Exercise

아쿠아로빅 운동은 아쿠아로빅 지도자 자격을 갖춘 전문 강사가 12주, 3회/주, 1회당 60분간 진행하였다. 물속에서 수행되는 운동이므로 준비운동, 정리운동을 각 10분씩, 본 운동은 40분으로 프로그램을 구성해 실시하였다.

자세한 운동 프로그램과 운동 강도는 Table 2.에 제시하였다. 통제집단은 일상에서의 가벼운 걷기 외 스포츠 활동과 같은 격렬한 운동은 제한하도록 하였다.

Table 2. Aquarobic Exercise Program

Procedure	Aquarobic Program	Intensity & Duration
Warm-up (10min)	slow walking water pull & push kicks & scissor jumping jack	
Main Exercise (60min)	slow kicks kick & hold kick & tuck kick & twist bounce	RPE(11-12) 1~2weeks
	kick bounce kick jack twist jump jumping jacks jazz kick mule kick jump kick & back ward	RPE(13-14) 3~6weeks
	jogging applications biking applications couples gymnastics bar gymnastics	RPE(13-14) 7~12weeks
Cool Down (10min)	touch step side knee life & bounce shadow stretching shoulder punch & stretch	

3. Measurement

아쿠아로빅 운동이 경도인지장애 노인들에게 주는 효과를 확인하기 위한 체성분과 혈액변인 및 한국판 간이 정신상태 검사(MMSE-K)는 다음과 같은 방법으로 측정하였다. 각 변인들간의 연구모형은 [Fig. 1]과 같다.

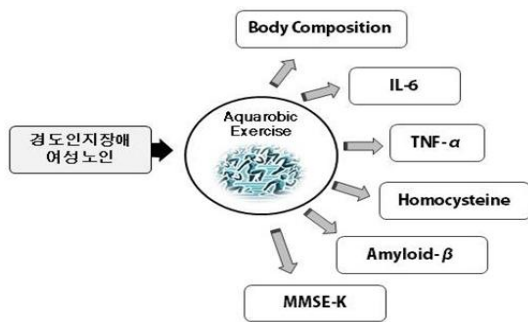


Fig. 1. Research Model

3.1 Body Composition

체성분 검사는 생체 전기저항 측정법을 적용하였고, 가벼운 복장으로 체성분 분석 장비(Inbody 270, KOREA)의 전극을 발로 딛고 손으로 잡게 한 후 측정하였다. 실험 전과 후 동일한 환경과 조건에서 총 2회 실시하였다. 측정변인은 체중(Weight), 골격근량(MM; Muscle Mass), 체지방률(%BF; Percent Body Fat)이다.

3.2 Blood Variables

혈액 검체 채취를 위해 전날 저녁 6시 이후 음식과 48시간 내 과도한 운동은 제한하였으며, 실험 전과 후 동일한 환경과 조건에서 실시하였다. 채혈은 면허증을 소지한 간호사가 실시하였으며, 채취한 검체는 실온에서 30분간 보관하여 응고를 확인한 후 3,000rpm으로 15분간 원심분리하였다. 분리된 혈청(serum)은 피펫(pipette)을 사용해 소분하여 냉동 보관 후 (주)GCCL에 분석을 의뢰하였다.

IL-6는 R&D Systems(Minneapolis, MN, USA)에, IL-6 measurement, high-sensitivity ELISA kits 이용해 분석하였다. TNF- α 는 Microplate 리더기(Molecular device, USA)에 Human TNF- α Immunoassay(R&D, USA) 분석시약을 적용해 양적 효소 면역학적 검정 방법으로 분석하였다. Homocysteine은 Cobas C8000 System(Cobas c702, Roche, Germany)장비에 Auto-Lab Homocysteine 시약을 적용하여 효소분석을 하였다.

Amyloid- β 는 Microplate 리더기(Molecular device, USA)에 Amyloid- β (1-40) Assay Kit를 적용하여 양적 효소 면역학적 검정 방법으로 분석하였다.

3.3 MMSE-K(Mini Mental State Examination-Korean)

한국판 간이 정신상태 검사(MMSE-K)는 1:1 개별 검사 형태로 실험 전과 후 검사자가 동일한 환경과 조건에서 실시하였다. 검사 항목은 시간-장소 지남력(10점), 기억 등록(3점), 주의집중 및 계산(5점), 기억회상(3점), 언어 및 시공간 구성능력(9점)으로 점수 합산 결과, 24점 이상일 경우 확정적 정상, 20-23점은 치매의심, 19점 이하는 치매로 구분한다[25].

4. Statistical analysis

연구를 통해 얻은 결과 값의 자료처리는 SPSS 통계프로그램(statistical package for social science, Ver. 29.0, IBM)을 사용해 각 변인에 대한 기술통계량을 산출하였으며, 동질성은 독립표본 t-검정으로 확인하였다.

집단과 시기의 상호작용 효과는 이원반복측정 분산분석(two-way repeated measures ANOVA)으로 분석하였으며, 상호작용의 효과가 있을 경우 대응-t검정(paired t-test)을 실시하였다. 유의성 검정의 신뢰수준(α)은 .05로 설정하였다.

IV. Results

1. Body Composition

체성분 분석 결과 체중(weight)과 체지방률(%BF)에서 집단과 시기에 따른 상호작용의 효과가 나타났다($p < .001$).

사후 분석 결과, weight는 AG에서 유의한 감소($p < .01$)와 CG에서 유의한 증가($p < .05$)가 나타났으며, %BF는 AG에서 유의하게 감소($p < .01$)하였다<Table 3>.

2. Blood Variables

혈액 분석 결과 IL-6($p < .05$)와 TNF- α ($p < .01$), Homocysteine($p < .01$)에서 집단과 시기에 따른 상호작용의 효과가 나타났으며, 사후 분석 결과, IL-6($p < .05$), TNF- α ($p < .01$), Homocysteine($p < .01$)의 AG에서 유의하게 감소하였다. Amyloid- β 는 집단과 시기에 따른 상호작용의 효과가 없었다<Table 4>.

Table 3. The Results of Body Composition

Variables	Group	Pre	Post	Effect	F	p
Weight(kg)	AG (n=10)	63.62 \pm 4.11	62.09 \pm 4.58 ^{##}	Group	1.404	.251
	CG (n=10)	60.43 \pm 2.68	61.49 \pm 2.64 [#]	Time	1.070	.615
				Group \times Time	32.485	.000 ^{***}
MM(kg)	AG (n=10)	20.85 \pm 1.52	21.72 \pm 1.73	Group	2.101	.164
	CG (n=10)	20.34 \pm 1.90	20.60 \pm 1.81	Time	9.686	.006 ^{**}
				Group \times Time	2.823	.110
%BF(%)	AG (n=10)	35.41 \pm 3.14	33.61 \pm 2.97 ^{##}	Group	.601	.448
	CG (n=10)	34.86 \pm 3.51	36.18 \pm 2.94	Time	.700	.414
				Group \times Time	21.573	.000 ^{***}

Means \pm SD, Two-way repeated ANOVA, ** p <.01, *** p <.001, Paired-t test, # p <.05, ## p <.01.

Table 4. The Results of Blood Variables

Variables	Group	Pre	Post	Effect	F	p
IL-6	AG (n=10)	1.014 \pm 0.386	0.813 \pm 0.443 [#]	Group	.931	.347
	CG (n=10)	0.996 \pm 0.243	1.121 \pm 0.349	Time	.380	.545
				Group \times Time	6.985	.017 [*]
TNF- α	AG (n=10)	1.292 \pm 0.218	1.113 \pm 0.165 ^{##}	Group	2.489	.132
	CG (n=10)	1.270 \pm 0.268	1.431 \pm 0.281	Time	.031	.863
				Group \times Time	11.541	.003 ^{**}
Homocysteine	AG (n=10)	10.96 \pm 1.85	9.27 \pm 1.04 ^{##}	Group	.484	.495
	CG (n=10)	9.19 \pm 2.36	9.90 \pm 2.24	Time	1.412	.250
				Group \times Time	9.328	.007 ^{**}
Amyloid- β	AG (n=10)	2.582 \pm 0.667	1.944 \pm 0.378	Group	1.376	.256
	CG (n=10)	3.005 \pm 1.489	2.567 \pm 1.298	Time	11.268	.004 ^{**}
				Group \times Time	.385	.543

Means \pm SD, Two-way repeated ANOVA, * p <.05, ** p <.01, Paired-t test, # p <.05, ## p <.01.

Table 5. The Results of MMSE-K Score

Variables	Group	Pre	Post	Effect	F	p
MMSE-K	AG (n=10)	21.60 \pm 1.77	23.80 \pm 1.39 ^{##}	Group	4.680	.044 [*]
	CG (n=10)	21.20 \pm 1.61	21.60 \pm 1.26	Time	16.011	.001 ^{**}
				Group \times Time	7.674	.013 [*]

Means \pm SD, Two-way repeated ANOVA, * p <.05, ** p <.01, Paired-t test, ## p <.01.

3. MMSE-K

한국판 간이 정신상태 검사 결과는 집단과 시기에 따른 상호작용의 효과가 나타났으며($p < .05$), AG에서 유의하게 증가($p < .01$)하였다<Table 5>.

V. Discussion

이 연구에서 분석한 12주간의 아쿠아로빅 운동에 따른 체성분의 변화는 체중과 체지방률에서 유의한 상호작용의 효과가 나타났으며, 골격근량의 차이에서는 유의하지 않았다.

아쿠아로빅 운동은 물의 높은 밀도와 저항력이라는 물리적 특성을 고려할 때 지상에서 수행되는 운동보다 높은 수준에서의 에너지를 소비해 체중감량을 위한 칼로리 소모에 적합하다[26,27]. 선행연구에 의하면 여성 노인을 대상으로 12주간 실시한 수중 운동을 통해 피하지방 감소(8%)와 VO₂max 증가(12%)를 보고하였으며[28], KIM과 LEE[29]의 연구에서도 12주간의 아쿠아로빅 운동 적용으로 체중의 3%, 체지방률 6%의 감소 효과가 나타나 본 연구와 일치하는 결과를 보였다.

ACSM[18]에 따르면 노인의 체중감소를 위한 유산소성 운동은 3~6개월 동안 체중의 약 3~10% 감량 및 비만의 경우, 주당 약 500~600kcal 소모를 제안하고 있으며, 중강도(60~65%) 수준의 점진적 과부하운동을 추천하고 있다. 이는 본 연구의 방법과 결과가 유사한 측면에서 아쿠아로빅 운동은 여성 노인의 체성분의 변화, 호흡기계와 순환기계 개선의 생리학적 효과를 제시한다고 볼 수 있다.

다만, 이 연구에서 골격근량은 집단과 시기 간 유의한 상호작용의 효과가 나타나지 않았으며, 아쿠아로빅 운동은 심폐기능 향상[30]에 더 적합한 운동으로 근육량 증가를 위한 운동 강도 및 저항량의 크기 측면에서는 다소 부족해 이 같은 결과가 나타난 것으로 보인다.

본 연구의 심장 및 뇌혈관 질환관련 혈액 요인을 분석한 결과는 아쿠아로빅 운동 후 염증성 사이토카인 IL-6와 TNF- α 에서 유의한 상호작용의 효과가 나타났으며, Homocysteine에서도 유의하였다. IL-6 및 TNF- α 와 같은 염증성 사이토카인은 노화 및 인지기능 장애와의 직접적인 연관성으로[31,32] 해마의 부피 감소와 위축 그리고 기억력 결핍의 예측 인자로서 역할 한다[33,34].

선행연구에 따르면 일상에서의 신체활동은 인지기능 장애 및 심혈관질환 노인의 염증성 사이토카인 수치를 유의하게 감소시키며[35,36], 노인들을 대상으로 한 저항성 운

동과 유산소성 운동 간의 비교 결과 유산소성 운동이 IL-6 및 TNF- α 의 변화에 더 효과적인 것으로 보고하고 있다 [37]. 또한, 중강도 수준에서 12주간의 유산소성 운동[23]과 아쿠아로빅 운동[38]을 통해 여성 노인의 IL-6와 TNF- α 의 유의미한 감소를 보고하여 아쿠아로빅 운동의 유산소적 대사 특성 및 체지방 감소의 효과가 염증성 사이토카인 수치를 감소시킨 것으로 생각된다.

Homocysteine은 뇌의 백색질(White Matter) 손상과 위축 그리고 인지기능[39] 뿐만 아니라 심혈관 질환의 위험과도 상관관계가 있다[40]. 유산소성 운동은 고혈압 환자의 Homocysteine 감소에 효과가 있으며[41], 아쿠아로빅 운동 후 여성 노인의 뇌파 개선 및 Homocysteine의 유의한 감소를 보고하였다[42]. 또한, Shin, Cho와 Shin[43]의 연구에서도 고령 여성 노인의 혈중지질 개선에 따른 Homocysteine의 저하가 아쿠아로빅 운동 후 나타나 본 연구 결과를 지지하고 있다.

Randeva 등[44]은 비만 여성에게 운동을 적용한 결과, 체중 및 허리와 엉덩이 둘레 비율(WHR)의 유의한 감소와 Homocysteine에서 유의한 감소를 보고하였으며, 비만 노인의 경우 높은 수준의 Homocysteine 농도와 운동을 통해 Homocysteine의 감소가 나타난다는 연구 결과[45]를 바탕으로 본 연구에서의 아쿠아로빅 운동의 효과에 따른 체성분 변화와 Homocysteine 농도에도 긍정적인 영향을 미친 것으로 보인다.

이 연구에서 시냅스 손실과 신경세포 손상 등 신경 퇴행의 가속화를 초래하는 Amyloid- β 의 수준은 유의한 차이가 나타나지 않았다. 하지만 한국판 간이 정신상태 검사 결과에서는 유의한 차이가 나타나 아쿠아로빅 운동에 따른 인지기능 개선의 긍정적인 효과를 관찰 할 수 있었다.

선행 연구에 따르면 IL-6와 TNF- α 의 혈중 수준 변화는 간이 정신상태 검사 결과를 예측할 수 있는 인자로 경도인지장애 노인의 인지기능을 평가하기 위한 요소로 보고 있다[20,46]. 더욱이 전문적인 스포츠 활동이 아니더라도 일상 생활에서의 꾸준한 신체활동은 간이 정신상태 검사 결과에 긍정적인 영향을 주며 중강도 수준에서의 유산소성 운동이 노인의 우울 증상, 수면의 질 등 건강과 관련된 삶의 질과 인지기능을 향상시킬 수 있는 것으로 보고되었기에[47,48] 본 연구는 아쿠아로빅 운동을 통해 경도인지장애 여성 노인의 인지기능이 개선된 것으로 볼 수 있다.

따라서, 경도인지장애 여성 노인의 심혈관 질환 예방과 치매로의 이행을 늦추기 위한 효과적인 운동으로 아쿠아로빅 운동을 제안할 수 있는 근거를 제시하였다.

VI. Conclusion

본 연구에서 경도인지장애 여성 노인의 IL-6, TNF- α , 및 Homocysteine은 아쿠아로빅 운동 적용에 따라 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 인지기능 개선에도 긍정적인 효과를 보여 심혈관질환 예방과 치매로의 이행을 늦추기 위한 비약물적 방법으로 아쿠아로빅 운동의 효과를 확인 할 수 있었다. 본 연구에서는 아쿠아로빅이라는 한 가지 형태의 운동을 적용하였고, 혈액변인을 IL-6, TNF- α , Homocysteine 및 Amyloid- β 로 한정하였다는 제한이 있었다.

따라서, 추후 연구에서는 연구대상의 수를 증가시키고, 저항성 운동 등, 다른 형태의 운동과 비교하고, 인지 기능 및 치매와 관련된 다른 심혈관 및 뇌혈관 질환의 혈중 변인에 대한 효과 분석이 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- [1] L. Jia, Y. Du, L. Chu, Z. Zhang, F. Li, D. Lyu, Y. Li, Y. Li, M. Zhu, H. Jiao, Y. Song, Y. Shi, H. Zhang, M. Gong, C. Wei, Y. Tang, B. Fang, D. Guo, F. Wang, A. Zhou, C. Chu, X. Zuo, Y. Yu, Q. Yuan, W. Wang, F. Li, S. Shi, H. Yang, C. Zhou, Z. Liao, Y. Lv, Y. Li, M. Kan, H. Zhao, S. Wang, S. Yang, H. Li, Z. Liu, Q. Wang, and Q. Qiu, "Prevalence, risk factors, and management of dementia and mild cognitive impairment in adults aged 60 years or older in China: a cross-sectional study," *The Lancet public health*, Vol. 5, No. 12, pp. e661-e671, December, 2020. DOI: 10.1016/S2468-2667(20)30185-7
- [2] M. Sun, B. J. Mainland, T. J. Ornstein, S. Mallya, A. J. Fiocco, G. L. Sin, K. I. Shulman, and N. Herrmann, "The association between cognitive fluctuations and activities of daily living and quality of life among institutionalized patients with dementia," *International journal of geriatric psychiatry*, Vol. 33, No. 2, pp. e280-e285. September 2017. DOI: 10.1002/gps.4788
- [3] P. Abete, D. Della-Morte, G. Gargiulo, C. Basile, A. Langellotto, G. Galizia, G. Testa, V. Canonico, D. Bonaduce, and F. Cacciatore, "Cognitive impairment and cardiovascular diseases in the elderly. A heart-brain continuum hypothesis," *Ageing research reviews*, Vol. 18, pp. 41-52, November 2014. DOI: 10.1016/j.arr.2014.07.003.
- [4] D. E. Weiner, T. M. Scott, L. M. Giang, B. T. Agganis, E. P. Sorensen, H. Tighiouart, and M. J. Sarnak, "Cardiovascular disease and cognitive function in maintenance hemodialysis patients," *American Journal of Kidney Diseases*, Vol. 58, No. 5, pp. 773-781, November 2011. DOI: 10.1053/j.ajkd.2011.03.034
- [5] A. Rossi, N. Mikail, S. Bengs, A. Haider, V. Treyer, R. R. Buechel, S. Wegener, K. Rauen, A. Tawakol, C. N. B. Merz, V. Regitz-Zagrosek, and C. Gebhard, "Heart-brain interactions in cardiac and brain diseases: why sex matters," *European heart journal*, Vol. 43, No. 39, pp. 3971-3980, October 2022. DOI: 10.1093/eurheartj/ehac061
- [6] S. A. Austin, A. V. Santhanam, and Z. S. Katusic, "Endothelial nitric oxide modulates expression and processing of amyloid precursor protein," *Circulation research*, Vol. 107, No. 12, pp. 1498-1502, December 2010. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.110.233080
- [7] O. De Montgolfier, A. Pinçon, P. Pouliot, M. A. Gillis, J. Bishop, J. G. Sled, L. Villeneuve, G. Ferland, B. I. Lévy, F. Lesage, N. T. Trescases, and É. Thorin, "High systolic blood pressure induces cerebral microvascular endothelial dysfunction, neurovascular unit damage, and cognitive decline in mice," *Hypertension*, Vol. 73, No. 1, pp. 217-228, November 2019. DOI: 10.1161/HYPERTENSION.118.12048
- [8] G. Tini, R. Scagliola, F. Monacelli, G. La Malfa, L. I. Porto, C. Brunelli, and G. M. Rosa, "Alzheimer's disease and cardiovascular disease: a particular association," *Cardiology research and practice*, Vol. 2020, No. 1, pp. 1-10, May 2020. DOI: 10.1155/2020/2617970.
- [9] L. L. Leão, L. F. Felício, K. Engedal, G. G. Tangen, K. M. Kristiansen, S. H. S. Santos, A. M. B. de Paula, and R. S. Monteiro-Jr., "The Link between Exercise and Homocysteine in the Alzheimer's Disease: A Bioinformatic Network Model," *CNS & Neurological Disorders-Drug Targets-CNS & Neurological Disorders*, Vol. 20, No. 9, pp. 814-821, Nov. 2021. DOI: 10.2174/1871527320666210706122618.
- [10] S. Brini, H. R. Sohrabi, J. J. Peiffer, M. Karrasch, H. Hämäläinen, R. N. Martins, and T. J. Fairchild, "Physical activity in preventing Alzheimer's disease and cognitive decline: a narrative review," *Sports Medicine*, Vol. 48, pp. 29-44, September 2017. DOI: 10.1007/s40279-017-0787-y
- [11] A. Assini, S. Cammarata, A. Vitali, M. Colucci, L. Giliberto, R. Borghi, M. L. Inglese, S. Volpe, S. Ratto, F. Dagna-Bricarelli, C. Baldo, A. Argusti, P. Odetti, A. Piccini, and M. Tabaton, "Plasma levels of amyloid β -protein 42 are increased in women with mild cognitive impairment," *Neurology*, Vol. 63, No. 5, pp. 828-831. September 2004. DOI: 10.1212/01.wnl.0000137040.64252.ed
- [12] C. Liguori, F. Placidi, F. Izzi, M. Spanetta, N. B. Mercuri, and A. Di Pucchio, "Sleep dysregulation, memory impairment, and CSF biomarkers during different levels of neurocognitive functioning in Alzheimer's disease course," *Alzheimer's research & therapy*, Vol. 12, No. 5, pp. 1-13, January 2020. DOI: 10.1186/s13195-019-0571-3.
- [13] H. McGurran, J. M. Glenn, E. N. Madero, & N. T. Bott,

- “Prevention and treatment of Alzheimer’s disease: biological mechanisms of exercise,” *Journal of Alzheimer's Disease*, Vol. 69, No. 2, pp. 311-338. May 2019. DOI: 10.3233/JAD-180958
- [14] L. E. Oberlin, K. I. Erickson, R. Mackey, W. E. Klunk, H. Aizenstein, B. J. Lopresti, L. H. Kuller, O. L. Lopez, and B. E. Snitz, “Peripheral inflammatory biomarkers predict the deposition and progression of amyloid- β in cognitively unimpaired older adults,” *Brain, behavior, and immunity*, Vol. 95, pp. 178-189, July 2021. DOI: 10.1016/j.bbi.2021.03.015
- [15] P. Swann, A. Mirza-Davies, and J. O’Brien, “Associations Between Neuropsychiatric Symptoms and Inflammation in Neurodegenerative Dementia: A Systematic Review,” *Journal of Inflammation Research*, Vol. 7, No. 17, pp. 6113-6141, September 2024. DOI: 10.2147/JIR.S385825
- [16] Y. S. Kim, K. J. Lee, and H. Kim, “Serum tumour necrosis factor- α and interleukin-6 levels in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment,” *Psychogeriatrics*, Vol. 17, No. 4, pp. 224-230. January 2017. DOI: 10.1111/psyg
- [17] L. R. Marzabadi, S. Sadigh-Eteghad, and M. Talebi, “Circulating inflammatory cytokine levels correlates with cognitive impairment,” *Clinical and Experimental Neuroimmunology*, Vol. 12, No. 1, pp. 66-71, October 2021. DOI: 10.1111/cen3.12613
- [18] ACSM, “*ACSM's Resource Manual for Guideline for exercise testing and Prescription*,” Baltimore, Lippincott, Williams & Wilkins, 2013.
- [19] D. Sato, C. Seko, T. Hashitomi, Y. Sengoku, and T. Nomura, “Differential effects of water-based exercise on the cognitive function in independent elderly adults,” *Aging clinical and experimental research*, Vol. 27, pp. 149-159, June, 2015. DOI: 10.1007/s40520-014-0252-9
- [20] J. Y. Kim, and H. S. Kim, “A Comparative Study on the Physical, Psychological, and Social Status of Elderly Women in Rural Areas Depending on their Participation in Swimming Activities,” *Journal of Convergence for Information Technology*, Vol. 11, No. 2, pp. 64-72, February 2021. DOI: 10.22156/CS4SMB.2021.11.02.064
- [21] N. Gates, M. A. F. Singh, P. S. Sachdev, and M. Valenzuela, “The effect of exercise training on cognitive function in older adults with mild cognitive impairment: a meta-analysis of randomized controlled trials,” *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, Vol. 21, No. 11, pp.1086-1097, November 2013. DOI: 10.1016/j.jagp.2013.02.018
- [22] J. C. Smith, K. A. Nielson, J. L. Woodard, M. Seidenberg, and S. M. Rao, “Physical activity and brain function in older adults at increased risk for Alzheimer’s disease,” *Brain sciences*, Vol. 3, No. 1, pp. 54-83, January 2013. DOI: 10.3390/brainsci3010054.
- [23] A. H. Alghadir, S. A. Gabr, M. Al-Momani, and F. Al-Momani, “Moderate aerobic training modulates cytokines and cortisol profiles in older adults with cognitive abilities,” *Cytokine*, Vol. 138, 155373, February 2021. DOI: 10.1016/j.cyto.2020.155373.
- [24] X. Huang, X. Zhao, B. Li, Y. Cai, S. Zhang, F. Yu, and Q. Wan, “Biomarkers for evaluating the effects of exercise interventions in patients with MCI or dementia:a systematic review and meta-analysis,” *Experimental Gerontology*, Vol. 151, 111424. August 2021. DOI:10.1016/j.exger.2021.111424
- [25] Y. C. Kwon, and J. H. Park, “Korean Version of Mini-Mental State Examination(MMSE-K),” *Journal of Korean Neuropsychiatric Association*, Vol. 28, No. 1, pp. 125-135, 1989.
- [26] F. H. Abadi, “Weight Loss through Aquatic Exercise. In *Body Mass Index-Overweight, Normal Weight, Underweight*,” IntechOpen, November 2023. DOI: 10.5772/intechopen.111664
- [27] O. Oral, P. Tatlibal, and E. Stavropoulou, “Effects of aquatic exercise in the treatment of obesity,” *Biomed. Journal of Sci. Tech. Res*, Vol. 33, No.1, pp. 25423-25426, January 2021. DOI: 10.26717/BJSTR.2021.33.005331.
- [28] N. Takeshima, M. E. Rogers, E. Watanabe, W. F. Brechue, A. Okada, T. Yamada, M. M. Islam and J. Hayano, “Water-based exercise improves health-related aspects of fitness in older women,” *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 34, No. 3, pp. 544-551, June 2002. DOI: 10.1097/00005768-200203000-00024.
- [29] C. Kim, and B. Lee, “Effects of Aquarobic Exercise on Body Composition and Cardiovascular Index in Elderly Women,” *Physical Therapy Rehabilitation Science*, Vol. 10, No. 3, pp. 320-327, September 2021. DOI: 10.14474/ptrs.2021.10.3.320.
- [30] J. Kantyka, D. Herman, and R. Rocznio, “Effect of aqua aerobics on selected somatic, physiological and aerobic capacity parameters in postmenopausal women,” *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, Vol. 20, No. 4, pp. 13-22, 2017. DOI: 10.18276/cej.2017.4-02.
- [31] I. Trapero, and O. Cauli, “Interleukin-6 and cognitive dysfunction,” *Metabolic brain disease*, Vol. 29, pp. 593-608, April 2014. DOI: 10.1007/s11011-014-9551-2.
- [32] A. Zhao, Y. Li, and Y. Deng, “TNF receptors are associated with tau pathology and conversion to Alzheimer’s dementia in subjects with mild cognitive impairment,” *Neuroscience Letters*, Vol. 738, No. 1, November 2020. DOI: 10.1016/j.neulet.2020.135392.
- [33] K. D. Sudheimer, R. O'Hara, D. Spiegel, B. Powers, H. C. Kraemer, E. Neri, M. Weiner, A. Hardan, J. Hallmayer and F. S. Dhabhar, “Cortisol, cytokines, and hippocampal volume interactions in the elderly,” *Frontiers in aging neuroscience*, Vol. 6, pp. 153, July 2014. DOI: 10.3389/fnagi.2014.00153.
- [34] R. Taipa, S. P. das Neves, A. L. Sousa, J. Fernandes, C. Pinto, A. P. Correia, E. Santos, P. S. Pinto, P. Carneiro, P. Costa, D. Santos, I. Alonso, J. Palha, F. Marques, S. Cavaco, and N. Sousa, “Proinflammatory and anti-inflammatory cytokines in the CSF of patients with Alzheimer's disease and their correlation with

- cognitive decline,” *Neurobiology of aging*, Vol. 76, pp. 125-132, April 2019. DOI: 10.1016/j.neurobiolaging.2018.12.019
- [35] E. Goldhammer, A. Tanchilevitch, I. Maor, Y. Beniamini, U. Rosenschein, and M. Sagiv, “Exercise training modulates cytokines activity in coronary heart disease patients,” *International journal of cardiology*, Vol. 100, No. 1, pp. 93-99, April 2005. DOI: 10.1016/j.ijcard.2004.08.073
- [36] D. B. Reuben, L. Judd-Hamilton, T. B. Harris, and T. E. Seeman, “The associations between physical activity and inflammatory markers in high-functioning older persons: MacArthur studies of successful aging,” *Journal of the American Geriatrics Society*, Vol. 51, No. 8, pp. 1125- 1130. July 2003. DOI: 10.1046/j.1532-5415.2003.51380.x
- [37] S. M. Abd El-Kader, and F. M. Al-Shreef, “Inflammatory cytokines and immune system modulation by aerobic versus resisted exercise training for elderly,” *African health sciences*, Vol. 18, No. 1, pp. 120-131. April 2018. DOI: 10.4314/ahs.v18i1.16.
- [38] D. H. Kim, H. H. Jung, S. H. Lee, Y. H. Kim. I. K. Park, S. K. Pa7], ... and W. N. Kim, “Effects of aquarobic on health-related physical fitness, cardiovascular factor and frailty-index in pre-frailty elderly women with hypertension,” *Archives of Budo*, Vol. 15, pp. 83-91, 2019. DOI: 10.1039/C3TA13266H.
- [39] F. Lei, I. M Vivian, B. S. Sam, N. Tze-Pin, K. R. R. Krishnan, W. L. Michael, and M. B Chee, “Associations between elevated homocysteine, cognitive impairment, and reduced white matter volume in healthy old adults,” *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, Vol. 21, No. 2, pp. 164-172, February 2013. DOI:10.1016/j.jagp.2012.10.01.7
- [40] J. L. Guéant, R. M. Guéant-Rodriguez, A. Oussalah, S. Zuily, and I. Rosenberg, “Hyperhomocysteinemia in cardiovascular diseases: revisiting observational studies and clinical trials. *Thrombosis and Haemostasis*,” Vol. 123, No. 3, pp. 270-282, December 2023. DOI: 10.1055/a-1952-1946
- [41] W. Wang, J. Li, P. Ji, R. Bian, and Y. Xiong, “Association between regular aerobic exercise and hyperhomocysteine in hypertensive patients,” *Postgraduate Medicine*, Vol. 132, No. 5, pp. 458-464, March 2020. DOI: 10.1080/00325481.2020.1743114
- [42] N. S. Jang, K. H. Kim, and T. D. Kwon, “The Effect of Aquarobics Exercise on the Prefrontal EEG Alpha Wave Activation and Dementia Related Factors in Elderly Women,” *The Korea Journal of Sports Science*, Vol. 26, No. 2, pp. 1069-1079, 2017. DOI: 10.35159/kjss.2017.04.26.2.1069
- [43] S. Y. Shin, Y. S. Cho, and K. S. Shin, “The effects of aquarobics on dementia related factors and blood lipids in older women,” *Journal of Korean Association of Physical Education and Sport for Girls and Women*, Vo. 28, No. 3, pp. 71-86, September 2014. DOI:10.16915/jkapesgw.2014.09.28.3.71
- [44] H. S. Randeve, K. C. Lewandowski, J. Drzewoski, K. Brooke-Wavell, C. O’Callaghan, L. Czupryniak, E. W. Hillhouse, and G. M. Prelevic, “Exercise decreases plasma total homocysteine in overweight young women with polycystic ovary syndrome,” *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Vol. 87, No. 10, pp. 4496-4501, October 2002. DOI: 10.1210/jc.2001-012056
- [45] H. K. Vincent, C. Bourguignon, and K. R. Vincent, “ Resistance training lowers exercise-induced oxidative stress and homocysteine levels in overweight and obese older adults,” *Obesity*, Vol. 14, No. 11, pp. 1921-1930, September 2006. DOI: 10.1038/oby.2006.224.
- [46] S. J. Seong, K. W. Kim, J. Y. Song, K. J. Park, Y. T. Jo, J. H. Han, K. H. Yoo, H. J. Jo, and J. Y. Hwang, “Inflammatory Cytokines and Cognition in Alzheimer’s Disease and Its Prodrome,” *Psychiatry Investigation*, Vol. 21, No. 10, pp. 1054-1064, October 2024. DOI: 10.30773/pi.2024.0071.
- [47] H. N. Karimooy, M. Hosseini, M. Nemati, and H. O. Esmaily, “Lifelong physical activity affects mini mental state exam scores in individuals over 55 years of age,” *Journal of bodywork and movement therapies*, Vol. 16, No. 2, pp. 230-235, April 2012. DOI:10.1016/j.jbmt.2011.08.003
- [48] D. Song, and S. F. Doris, “Effects of a moderate-intensity aerobic exercise programme on the cognitive function and quality of life of community-dwelling elderly people with mild cognitive impairment: a randomised controlled trial,” *International journal of nursing studies*, Vol 93, pp. 97-105. May 2019. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2019.02.019

Authors



Yong-Hyun Byun received a B.S., M.S. and Ph.D. degrees in the Department of Physical Education and Sports Science at Korea University, Korea, in 1994, 1996 and 2003, respectively.

Dr. Byun is currently an Associate Professor at the Department of Sports Medicine at Dankook University, Korea. His research interests include sports medicine, exercise physiology, exercise testing and prescription, and health science.