



# 아쿠아로빅 참여 고령자의 효율적인 수중 누들라이딩 동작을 위한 역학적 분석

정성희 · 이효택 · 김용재†  
(부경대학교)

## Biomechanical Analysis for Effective Underwater Noodle-Riding Action of Elderly Participants in Aquarobics

Sung-Hee JUNG · Hyo-Taek LEE · Yong-Jae KIM†  
(Pukyong National University)

### Abstract

The purpose of this study was to compare the sagittal plane of the lower limbs of the aquarobics with those of the 10 skilled and 10 unskilled groups. Based on the results and discussions, the following conclusions were drawn. First, the elapsed time between the skilled and the unskilled persons was long in the P2 and P4, and statistically significant. The total time required was  $1.32 \pm 0.44$  sec for skilled and  $1.00 \pm 0.59$  sec for unskilled. Second, there was a statistically significant difference in hip joint (E1, E3, E6), knee joint (E1, E3, E5, E6) and ankle joints (E1, E4, E5, E6) between skilled and unskilled. Third, there was a statistically significant difference in the range of motion of the hip, knee, and ankle joints between skilled and unskilled. All of the skilled were high. In order to perform accurate and efficient operation during the noodle-riding operation, the hip,ankle angle is about  $100^\circ$  and the knee joint is about  $84^\circ$ . And repeating the cycle as if pulling the water is helpful in improving muscle strength and knee function and it can be said to be an action method that can make full use ROM of the lower limb.

**Key words** : Aquarobics, Elderly, Noodle-bicycle, Noodle-riding

### I. 서론

국민생활체육 참여 실태조사에 따르면 70대 이상 고령자가 주 2회 이상 규칙적 체육활동에 참여하는 비율은 2006년 24.3%에서 2016년 49.3%로 가파른 증가 추세를 보이고 있다(Ministry of Culture · Sports and Tourism, 2016). 대부분의 노화 학자들은 체력증진과 노화방지를 위한 현존하는 방법 중 가장 확실한 방법은 운동이라는 사실에 동의하고 있다(Baek Cheol-Young, 2004).

그 중에서도 자전거타기 운동은 동호인 모임을 중심으로 많은 고령자들이 건강 증진을 위해 실시하는 인기 있는 신체활동 중 하나로(Jang Kyung-Tae et al., 2005), 최근에는 실내 자전거 교실 및 스피닝 프로그램 등 색다른 형태로 자전거 운동을 즐기는 사람들도 있다(Park, Chan-Ho et al., 2017). 스포츠 활동 참여 조사에 의하면 매일 자전거를 탄다고 응답한 비율 5.4%는 수영 2%, 등산 2.9% 보다 월등히 높게 나타나 자전거 타기가 대중적인 스포츠임을 확인할 수 있다(Ministry

† Corresponding author : 051-629-5640, nhk2146@naver.com

of Culture · Sports and Tourism, 2016).

자전거는 보행보다 빠른 속도로 이동이 가능한 반면, 외부차량 등으로부터 운전자의 안전을 확보해 줄 수 있는 장치에는 한계가 있어 작은 위험요소에도 중심이 쉽게 무너져 큰 사고로 연결될 가능성이 매우 높다.

이와 관련하여 살펴보면, 전국의 교통사고 발생건수는 2000년 290,481건에서 2015년 232,035건으로 15년 간 약 20% 감소한 반면 자전거 사고건수는 2005년 7,976건에서 2015년 18,310건으로 10년 동안 무려 129%나 증가하였다(Korean National Police Agency, 2016).

그 밖에도 자전거 타기를 통해 얻을 수 있는 효과는 다양하나, 평형성과 지각능력, 근력과 관절 가동능력이 저하된 고령자가 즐기기에 위험요소가 존재하므로 관절의 부담을 최소화하여 자유롭고 편안하게 즐기면서 운동효과까지 얻을 수 있는 아쿠아로빅 운동이 그 대안이 될 수 있을 것이라고 판단된다.

물이 가진 특성을 활용하여 허리나 하지관절, 발에 가해지는 압력을 줄여 관절 가동성을 증가시키는데 도움이 되는 아쿠아로빅(McNeal, 1990)은 선행연구에서도 노인들의 근육감소를 막고 낙상 예방의 관건이라 할 수 있는 근력, 민첩성, 평형성을 향상시키는데 효과적인 운동이라고 보고한 바 있다(Kim Suk-Bum, 2009).

한편, 무릎은 체중 부하 영향을 가장 많이 받는 관절로(Yázquez et al., 2013) 국내 70세 이상자 무릎관절염 유병률은 36%에 이르러 고령자 삶의 질을 위협하는 질병 중 하나이다(Woo Kyung-ji & Oh Kyung-won, 2015). 고정식 자전거타기와 수중운동은 골관절염환자나 건강한 무릎 관리를 위한 고령자에게 권고되는 운동요법(Im, Sun-Yong et al., 2016; Yázquez et al., 2013; Rewald et al., 2015)이며 두 가지를 동시에 할 수 있는 최적의 방법은 누들라이딩이다. 질병 감수성이 높은 계층의 골관절염 발생예방과 악화방지를 위해 누들라이딩은 도움이 될 것으로 사료된다.

누들라이딩에 사용되는 부력 용구는 아쿠아누들(Aqua-noodle), 펀누들(Fun-noodle)이라 부르며 폴리에틸렌 폼으로 제작된다. 대략적인 길이는 155cm, 직경은 7cm로 다리사이에 끼우면 발이 수영장 바닥으로부터 떨어져 수중에서 자전거 타기 동작이 가능하다(Shimize et al., 2009).

누들라이딩 동작은 아쿠아로빅 관련 많은 연구(Kang Dong-Keun et al., 2015; Jung Jeong-Wook & Kim Jong-Ho, 2012; Kang Sung-Sun & So Jae-Moo, 2012; Park Hee-Seork & Choe Gong-Jip, 2016; Kang Sung-Sun et al., 2014; Rewald et al., 2015)의 운동프로그램 안에 포함되어져 있으며, 위 연구를 포함한 아쿠아로빅 관련 선행연구들은 프로그램이나 운동효과 중심의 연구에 집중되어 있었다. 수중에서의 역학적 분석 특성 상 선행연구는 많지 않지만 살펴보면 Lee Hyo-Taek & Kim Yong-Jae(2013)의 스컬링 동작 시 손바닥 각도에 따른 연구, Kang Sung-sun(2016)의 수중과 지상에서 에어 페이스 보행 동작의 역학적 에너지 변화 연구, Back Jin-Ho, Lee, Soon-Ho & Moon, Young-Jin(2004)의 접영선수의 방향 전환 동작 평가 연구가 있다. 어떤 스포츠 종목이건 역학적 접근의 정확한 동작 연구 토대가 경기력 향상과 운동효과의 극대화를 이끌어 낼 수 있다(Lauer et al., 2016).

따라서 아쿠아로빅이 대중화 된 현 시점에서 동작분석 분야의 연구도 요구되며, 특히 누들라이딩에 관한 연구가 필요하다고 사료된다. 수업 간 계속적으로 반복 수행되는 동작임에도 불구하고 현실은 누들라이딩 동작에 대한 명확한 지침이 없는 실정이며, 숙련자와 비숙련자간의 차이가 지속적으로 존재하고 있어 두 집단 간 동작의 차이를 규명하여 올바른 지도법을 제시할 필요가 있다고 사료된다.

이에 본 연구는 누들라이딩 동작의 숙련자와 비숙련자간 차이를 분석하고 이상적인 자세를 제시함으로써 향후 아쿠아로빅 참여자들에게 효율적인 운동효과 제공과 건강체력증진에 도모하고

자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구 대상은 B광역시에 거주하는 70-75세 여성고령자 중 아쿠아로빅 참여 경력 1년 미만자 10명, 3년 이상자 10명이 실험에 참여하였다. 피험자 선정에 있어서 골절이나 기형, 중증 골관절염 등 정형외과적 문제가 있는 자와 보행과 관련된 하지 정렬에 심각한 이상이 있는 자는 제외하였으며 본 연구 목적과 실험 방법에 대한 전반적인 내용을 듣고 자발적 동의를 한 후 참여하였다. 피험자의 신체적 특성은<Table 1>과 같다.

<Table 1> Physical Characteristics of the Subjects

Group (n)	Age (y)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
Skilled (10)	72.8 ±1.8	158.5 ±5.09	61.38 ±6.23	24.32 ±1.94
Unskilled (10)	71.5 ±1.9	155.5 ±4.02	63.38 ±6.09	26.23 ±1.42

### 2. 측정기구 및 용도

본 연구를 수행하는데 있어 사용된 측정기구 및 용도는 <Table 2>와 같다.

### 3. 실험방법 및 자료분석

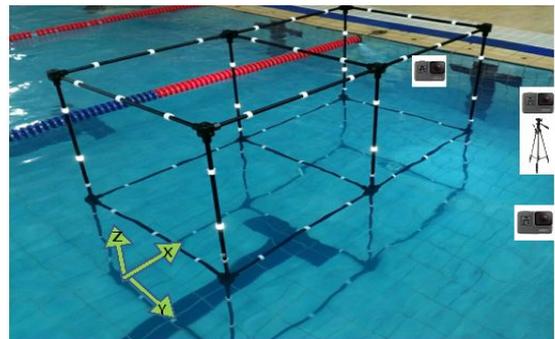
누들라이딩 동작을 촬영하기 위해 부산소재 P사회체육센터 내 수영장에서 공간좌표 설정에 필요한 직사각형의 통제점틀(1m×2m×2m)을 데크에서 조립한 후 수중에 [Fig. 1]과 같이 설치하였다.

통제점이 모두 들어오는 위치에 수중 카메라 3대를 피험자가 동작을 수행하는 위치에서 2.5m 간격으로 전방, 우측면, 우전방 45°위치에 각각 설치하고, 피험자들이 그 위치와 공간을 확인할 수 있도록 바닥에 3Kg 덤벨을 놓아 표시하였다.

<Table 2> Measuring Instruments and Applications

Instrument	Model	Company	Purpose
Underwater Camera	GoPro HERO5	GoPro Inc	Underwater shooting
	GoPro HERO3		
	SJ9000 Plus	GS System	
Control Point	1m*2m*2m	Visol	Coordinate setting
Soft Ware	Dartfish 7	DFKOREA	Analysis
Underwater Light	DARK BUSTER	BSTW	Light
	UK D8 LIGHT	Underwater Kinetics	

카메라의 촬영속도는 60frames/sec로 설정하였다.



[Fig. 1] Control Point & Underwater Camera

카메라 작동 후 통제점틀을 2초 정도 촬영한 후 수중랜턴 불빛으로 3대의 카메라를 동조 시킨 뒤 통제점 틀을 제거한 후 동작을 실시하였다. 각 피험자가 착용한 반타이즈와 무릎보호대 및 양말에는 디지털타이핑을 정확하고 용이하게 하기 위해서 반사마커를 부착하였으며 수중 환경에서 떨어지지 않도록 접착제로 단단히 고정하였다. 하지의 관절점 및 분절에는 총 15개의 반사 마커를 부착하였다(Kang Sung-Sun, 2016; Ryew Che-Cheong et al., 2007). 모든 피험자들은 실험 환경과 동작에 익숙하도록 5분간 누들라이딩 연습을 한 후, 본 실험에 응하였으며 누들에 앉아서 상체를 수직으로 세우고 양팔을 자연스럽게 떨어

뜨린 채 실험에 영향을 줄 수 있는 손동작은 배제하고 하지의 회전운동만 하도록 지시하였다.

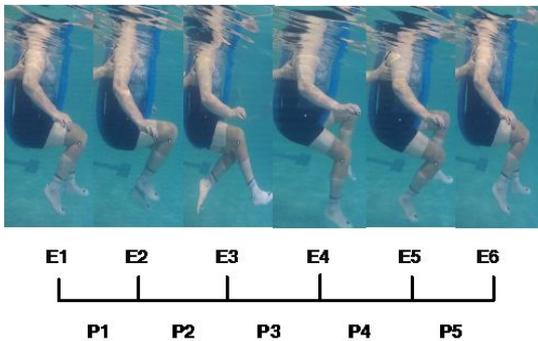
5회 반복 실시하여 수집한 데이터 중 가장 빠르고 질적으로 우수하다고 판단되는 동작 1회를 선정하여 분석에 사용하였다(Heo Bo-Seob, 2015)

관절 운동학 측정을 위해 신뢰할 만한 스포츠 영상분석 소프트웨어인 Dartfish 7.0버전(Khadilkar et al., 2014)의 Analyzer 기능을 이용하여 영상을 캡처한 후 준비 자세에서 시작하여 준비 자세로 돌아오는 완벽한 한 주기(cycle)를 보이는 하지관절의 시상면(sagittal plane)에서의 측정값을 산출하였다.

Dartfish는 스위스에서 개발된 프로그램으로 동영상 이미지를 이용하여 동작을 분석 및 해석(interpretation)하며 대상물의 궤적(trajecory)을 추적(tracing)할 수 있는 소프트웨어로 스포츠, 재활 치료, 진단 및 운동처방 등에 널리 사용되고 있다(Gpetz et al., 2012; Yuhong et al., 2016).

#### 4. 구간 및 국면설정

본 연구의 구간(Event) 및 국면(Phase) 설정은 [Fig. 2]와 같다.



[Fig. 2] Event & Phase

##### 가. 구간(Event) 설정

- ① Event 1 : 준비자세
- ② Event 2 : 무릎을 들어 올리는 순간
- ③ Event 3 : 무릎이 신전되며 뒤꿈치가 최

전방에 놓이는 순간

- ④ Event 4 : 무릎이 최대로 신전되는 순간
- ⑤ Event 5 : 무릎이 굴곡되며 뒤꿈치가 최후방에 놓이는 순간
- ⑥ Event 6 : 준비자세로 복귀

##### 나. 국면(Phase)설정

- ① P1 : E1 - E2
- ② P2 : E2 - E3
- ③ P3 : E3 - E4
- ④ P4 : E4 - E5
- ⑤ P5 : E5 - E6

#### 5. 통계처리

본 실험을 통해 수집된 모든 자료에 대해 통계 처리는 SPSS 23 프로그램을 이용하여 각 변인들 간의 기술통계로 평균값과 표준편차를 산출하고 숙련자와 비숙련자간의 유의성 검증을 위해 독립 표본 t-test를 실시하였다. 모든 통계적 유의수준은  $p < .05$ 로 설정하였다.

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 숙련자와 비숙련자 간 국면별 소요시간

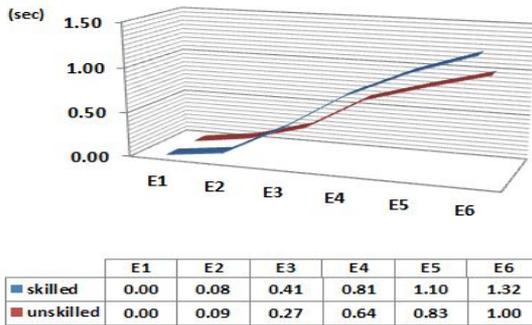
<Table 3>은 누들라이딩 동작의 소요시간을 국면별로 나타낸 것이다.

<Table 3> Time per phase between skilled and unskilled (unit: sec)

Phase	Skilled	Unskilled	<i>t</i>	<i>p</i>
P1	0.08 ±0.02	0.08 ±0.04	-0.417	.682
P2	0.32 ±0.12	0.17 ±0.09	3.613**	.001
P3	0.40 ±0.09	0.37 ±0.15	0.638	.531
P4	0.28 ±0.11	0.18 ±0.10	2.550*	.015
P5	0.22 ±0.10	0.19 ±0.21	0.888	.380
Total	1.32 ±0.44	1.00 ±0.59	3.117**	.004

\*:  $p < .05$  \*\*:  $p < .01$

숙련자의 국면별 평균 소요시간을 보면 P1 0.08sec, P2 0.32sec, P3 0.40sec, P4 0.28sec, P5 0.22sec로 나타났으며, 비숙련자는 P1 0.08sec, P2 0.17sec, P3 0.37sec, P4 0.18sec, P5 0.19sec로 나타났다. P2(p<.01)와 P4(p<.05)에서 숙련자가 비숙련자보다 길게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 총 수행시간 역시 숙련자 1.32sec, 비숙련자 1.00sec로 나타나 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.01). 구간(E1-E6)별 누적시간의 변화는 [Fig. 3]과 같다.



[Fig. 3] Change in cumulative time by Event

## 2. 숙련자와 비숙련자 간 하지관절 각도

가. 구간별 고관절 각도변화

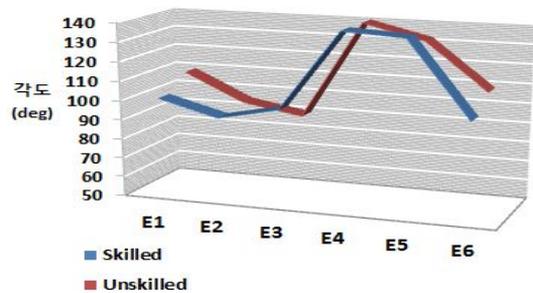
<Table 4>는 시상면 상에서 고관절 각도 분석 결과를 구간별로 나타낸 것이다.

숙련자는 E1 100.58°, E2 92.54°, E3 98.93°, E4 139.86°, E5 138.05°, E6 99.98°로 나타났으며, 비숙련자는 E1 108.99°, E2 94.85°, E3 89.62°, E4 139.60°, E5 132.15°, E6 108.37°로 나타났다. E1과 E6에서 비숙련자가 숙련자보다 크게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05). 반면 E3에서는 숙련자가 비숙련자보다 크게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05). 전체 구간(E1-E6)에서 고관절 각도 변화는 [Fig. 4]와 같은 흐름으로 나타났다.

<Table 4> Hip angle by event (unit: deg)

Event	Skilled	Unskilled	t	p
E1	100.58 ±4.26	108.99 ±12.57	-2.424*	.029
E2	92.54 ±6.86	94.85 ±13.33	-.605	.553
E3	98.93 ±8.83	89.62 ±14.11	2.234*	.038
E4	139.86 ±9.42	139.60 ±13.01	.074	.941
E5	138.05 ±11.67	132.15 ±15.81	1.330	.192
E6	99.98 ±4.73	108.37 ±12.81	-2.361*	.032

\*: p < .05



[Fig. 4] Hip angle change by event

나. 구간별 슬관절 각도변화

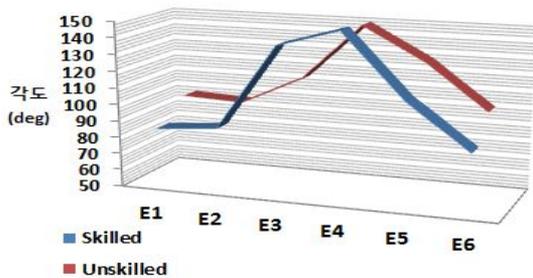
<Table 5>는 시상면 상에서 슬관절 각도 분석 결과를 구간별로 나타낸 것이다.

숙련자는 E1 84.80°, E2 87.79°, E3 139.20°, E4 149.78°, E5 112.16°, E6 85.55°로 나타났으며, 비숙련자는 E1 97.87°, E2 96.24°, E3 113.13°, E4 147.50°, E5 128.09°, E6 101.19°로 나타났다. E1(p<.01), E5(p<.05), E6(p<.01)에서 비숙련자가 숙련자보다 크게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 반면 E3에서는 숙련자가 비숙련자보다 크게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.001). 전체 구간(E1-E6)에서 슬관절 각도 변화는 [Fig. 5]와 같은 흐름으로 나타났다.

<Table 5> Knee angle by event (unit: deg)

Event	Skilled	Unskilled	<i>t</i>	<i>p</i>
E1	84.80 ±12.99	97.87 ±15.97	-2.773**	.009
E2	87.79 ±13.26	96.24 ±14.30	-1.856	.071
E3	139.20 ±11.23	113.13 ±13.89	6.382***	.000
E4	149.78 ±13.85	147.50 ±19.79	.383	.706
E5	112.16 ±11.93	128.09 ±22.56	-2.457*	.025
E6	85.55 ±13.28	101.19 ±20.97	-2.855**	.007

\*:  $p < .05$  \*\*:  $p < .01$  \*\*\*:  $p < .001$



[Fig. 5] Knee angle change by event

다. 구간별 족관절 각도변화

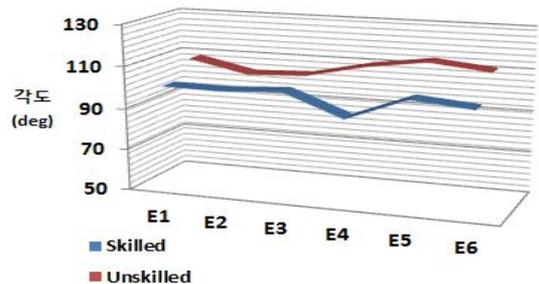
<Table 6>은 시상면에서의 족관절 각도 분석결과를 구간별로 나타낸 것이다.

숙련자는 E1 100.10°, E2 99.64°, E3 101.35°, E4 90.76°, E5 112.16°, E6 85.55°로 나타났으며, 비숙련자는 E1 108.54°, E2 102.61°, E3 103.78°, E4 109.91°, E5 113.83°, E6 110.85°로 나타났다. E1( $p < .05$ ), E4( $p < .01$ ), E5( $p < .05$ ), E6( $p < .05$ )에서 비숙련자가 숙련자보다 크게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차가 있었다. 전체 구간(E1-E6)에서 고관절 각도 변화는 [Fig. 6]과 같은 흐름으로 나타났다.

<Table 6> Ankle angle by event (unit: deg)

Event	Skilled	Unskilled	<i>t</i>	<i>p</i>
E1	100.10 ±12.01	108.54 ±10.21	-2.217*	.033
E2	99.64 ±18.49	102.61 ±17.58	-.489	.627
E3	101.35 ±15.84	103.78 ±16.20	-.456	.651
E4	90.76 ±14.04	109.91 ±18.06	-3.682**	.001
E5	101.85 ±15.23	113.83 ±16.43	-2.291*	.028
E6	99.32 ±13.91	110.85 ±15.13	-2.408*	.021

\*:  $p < .05$  \*\*:  $p < .01$



[Fig. 6] Ankle angle change by event

### 3. 숙련자와 비숙련자 간 하지관절 가동범위

가. 고관절 가동범위

<Table 7>은 시상면에서의 고관절 가동범위를 나타낸 것이다.

<Table 7> Hip joint range of motion (unit: deg)

ROM	Skilled	Unskilled	<i>t</i>	<i>p</i>
Min	91.40 ±6.35	93.93 ±11.39	-7.12	.488
Max	143.81 ±8.41	138.88 ±13.99	1.119	.280
ROM	52.40 ±10.22	44.95 ±8.88	2.137*	.040

\*:  $p < .05$

고관절 굴곡 시 최소각은 비숙련자(93.93°), 숙련자(91.40°) 신전 시 최대각은 숙련자(143.81°), 비숙련자(138.88°) 순으로 높게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 고관절 가동범위는 숙련자 52.40° 비숙련자 44.95°로 나타났으며 숙련자가 7.45° 더 높아 통계적으로 유의한 차가 있었다(p<.05).

나. 슬관절 가동범위

<Table 8>은 시상면에서의 슬관절 가동범위를 나타낸 것이다.

<Table 8> Knee joint range of motion (unit: deg)

ROM	Skilled	Unskilled	t	p
Min	79.34 ±11.13	88.25 ±12.42	-2.299*	.027
Max	153.30 ±10.32	149.02 ±18.52	.798	.435
ROM	73.96 ±12.43	60.77 ±13.34	3.096**	.004

\*: p < .05 \*\*: p < .01

슬관절 굴곡 시 최소각은 비숙련자 88.25° 숙련자 79.34°로 나타났으며 비숙련자가 8.91° 더 높아 통계적으로 유의한 차가 있었다(p<.05). 신전 시 최대각은 숙련자(153.30°), 비숙련자(149.02°) 순으로 높게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 슬관절 가동범위는 숙련자 73.96° 비숙련자 60.77°로 나타났으며 숙련자가 13.19° 더 높아 통계적으로 유의한 차가 있었다(p<.01).

다. 족관절 가동범위

<Table 9>는 시상면에서의 족관절 가동범위를 나타낸 것이다.

족관절 저축굴곡 시 최소각은 비숙련자 97.96° 숙련자 82.75°로 나타났으며 비숙련자가 15.21° 더 높아 통계적으로 유의한 차가 있었다(p<.01). 배축굴곡 시 최대각은 비숙련자(118.95°), 숙련자(112.29°) 순으로 높게 나타났으나 통계적으로 유

의한 차이는 없었다. 족관절 가동범위는 숙련자 29.53° 비숙련자 20.99°로 나타났으며 숙련자가 8.54° 더 높아 통계적으로 유의한 차가 있었다(p<.05).

<Table 9> Ankle joint range of motion (unit: deg)

ROM	Skilled	Unskilled	t	p
Min	82.75 ±11.02	97.96 ±14.95	-3.631**	.001
Max	112.29 ±12.62	118.95 ±14.34	-1.506	.141
ROM	29.53 ±10.93	20.99 ±9.69	2.434*	.020

\*: p < .05 \*\*: p < .01

#### IV. 논 의

본 연구는 아쿠아로빅 참여 여성고령자의 누들 라이딩 동작의 역학적 변인을 비교하기 위해 6개 구간과 5개 국면을 설정하여 분석하였다.

숙련자의 전체 소요시간은 1.32sec로 비숙련자보다 0.32sec 길게 나타났으며 통계적으로 유의한 차가 있었다. 비숙련자가 무릎과 발을 상하로 움직이며 작은 사이클을 그린다면 숙련자는 슬관절 신근군과 굴근군을 적절히 사용하고 비복근과 전경골근의 힘을 이용해 관절의 운동량을 극대화시켜 가동범위를 최대한 사용함으로써 소요시간이 더 긴 것으로 사료된다. Lee Hyo-Taek & Kim Yong-Jac(2013)의 연구에서는 수상인명구조 자격 소지자의 스컬링 평균 소요시간이 1.61sec였으며 본 연구와는 대상과 측정부위가 달라 상이한 결과가 나타났다. Lee Chong-Hoon & Nam Ki-Jeong(2014)의 연구에서 숙련자의 투사시간이 길었던 것은 손목관절과 팔꿈치각의 변화량이 비숙련자 집단보다 크기 때문이며 비숙련자 집단은 상지를 제대로 활용하지 못한 이유라고 주장하였다. 비록 본 연구와 종목과 동작은 다르지만 비숙련자는 관절 운동량을 충분히 활용하지 못한다

는 점에서 유사한 결과를 보인 것으로 사료된다. 고관절 각도는 구간(E1)에서 비숙련자가 8.41° 더 높아 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이는 비숙련자의 하지근력이 숙련자보다 상대적으로 낮아서 하중을 극복하지 못해 고관절이 더 신전된 상태에서 준비 자세를 취하기 때문인 것으로 판단된다. 한편 Kang Sung-Sun(2016)은 여성고령자의 수중과 지상에서의 에어페이스 보행 시 고령자 그룹은 지상보다 수중에서 굴곡 각도가 크게 나타난 이유가 지상보다 수중에서는 분절 질량이 감소되고 부력에 의해 대퇴 분절을 수면 쪽으로 띄워주므로 고관절 굴곡 각이 큰 것이라고 하였다. 본 연구의 비숙련자는 숙련자에 비해 하지 분절에 부력의 이점보다는 중력의 작용을 더 크게 받은 것으로 사료된다. 구간(E3)에서는 숙련자가 8.31° 더 높아 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 수중에서 이루어지는 누들라이딩 동작의 핵심은 하지 관절의 가동범위를 최대한 이용하여 사이클을 그리는 것이다. 숙련자는 E3에서 슬관절을 신전시키며 heel point를 전방에 두지만 비숙련자는 단지 고관절을 굴곡시키며 무릎을 수직 상부로 올리는 자세를 취하기 때문인 것으로 사료된다. 구간(E6)의 고관절 각도는 비숙련자가 8.39° 더 높아 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 대퇴이두근은 페달링 수행 시 고관절을 신전시키고 무릎관절을 굴곡시키는 기능을 담당하고 앞으로 미는 힘을 내는데(Seo Jeong-Woo et al., 2012) 비숙련자 집단은 사이클 마지막 단계인 준비자세로 돌아오는 구간에서도 고관절 굴곡근을 충분히 활용하여 대퇴부를 끌어올리지 못하고 100° 이상의 관절 각도를 보인 것으로 판단된다.

슬관절 각도를 살펴보면 구간(E1)에서 비숙련자가 13.07° 더 높아 통계적으로 유의한 차이를 보였는데 이는 비숙련자의 하지근력이 숙련자보다 상대적으로 낮아서 슬관절이 더 신전된 상태에서 준비 자세를 취하기 때문인 것으로 사료된다. 이와 같이 나이가 증가함에 따라 동반되는 근육 양과 근력 감소로 정의되는 근감소증

(sarcopenia)은 신체의 운동능력을 저하시키는 결과를 초래한다(Hong Sang-Mo & Choi Woong-Hwan, 2012). 구간(E3)에서는 숙련자가 26.07° 더 높아 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 구간(E5)에서는 비숙련자가 15.83° 더 높아 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 구간(E6)에서도 비숙련자가 15.64° 더 높아 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이 같은 결과는 숙련자가 E3와 E5에서 heel point를 더 전방과 후방에 두었기 때문이며 비숙련자는 슬관절을 굴곡하면서 물을 충분히 끌어당기지 못하고 수직으로 뺏기만 하여 정상적인 사이클을 만들어내지 못하기 때문인 것으로 사료된다. Hug et al.(2006)에 의하면 대퇴이두근의 증진과 긍정적인 사용이 페달링 능력의 향상과 관련지을 수 있다고 보고한 바 있다. 본 연구에서 나타난 비숙련자의 상하운동 식 사이클 패턴을 숙련자의 타원형 식 패턴으로 전환하기 위해서는 대퇴이두근의 단련과 heel point를 충분히 전방에 놓이도록 하는 훈련을 통해서 숙련자와 근접한 회전운동을 가능하게 할 것이다.

족관절 각도를 살펴보면 구간(E1, E4, E5, E6)에서 비숙련자의 각도가 더 높아 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 페달링 동작은 회전운동으로 누르기과 끌기 밀기 등의 조화를 통해 수행되는데(Kang Dong-Won et al., 2012) 누들라이딩은 족부를 페달에 올린 상태가 아니기 때문에 피험자의 자력으로 일정 각도를 유지하는 노력이 필요하다. 비숙련자는 약 100°에 이르는 족관절 각도를 유지하지 못하고 발끝을 아래로 떨어뜨린 채 상하 운동만하기 때문에 하지의 운동 범위가 좁을 수밖에 없고 이로 인해 전방으로의 추진력이 숙련자보다 현저히 떨어지는 결과를 초래하는 것으로 사료된다. Kang Sung-Sun(2016)의 연구에서도 고령자 그룹은 발이 부양된 상황에서 물의 저항에 발등을 들어 올리는 전경골근의 힘이 부족하여 성인 그룹에 비해 배측 굴곡 각이 적게 나타난 것으로 보인다는 결과와 일치하였다.

집단 간 하지관절 가동범위를 분석한 결과는

고관절, 슬관절, 족관절 모두 숙련자가 비숙련자보다 더 높아 통계적으로 유의한 차이를 보였다. Kang Sung-Sun(2016)은 수중운동경험이 있는 고령자가 일반여성에게 비해 수중에서 힙, 무릎, 발목관절의 가동범위가 모두 높게 나타났다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 가장 효과적인 근육훈련 방법은 충분한 가동범위로 운동하는 것이다(Park Mi-Hee, 2010). 준비자세인 E1에서 숙련자가 고관절100°, 슬관절84°, 족관절100°에서 회전운동을 시작했다면 비숙련자는 이미 관절이 신전된 108°, 97°, 110°에서 출발하여 가동범위를 충분히 만들어 내는 운동을 할 수 없었기 때문인 것으로 사료된다.

## V. 결론

본 연구는 아쿠아로빅 참여 고령여성의 효율적인 수중 누들라이딩 동작법 제시를 위해 숙련자 집단 10명과 비숙련자 집단 10명을 수중 촬영하여 하지관절의 시상면을 역학적으로 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 국면별 소요시간은 P2(p<.01), P4(p<.05)에서 숙련자가 길었으며 통계적으로 유의하였다. 총 소요시간은 숙련자가 1.32sec, 비숙련자 1.00sec로 숙련자가 통계적으로 유의하게 더 길게 나타났다(p<.01).

둘째, 하지관절 각도는 고관절 E1(p<.05)과 E6(p<.05)은 비숙련자가, E3(p<.05)은 숙련자가 통계적으로 유의하게 더 높았다. 슬관절 E1(p<.01), E5(p<.05), E6(p<.01)에서 비숙련자가 통계적으로 유의하게 더 높았고 E3(p<.001)은 숙련자가 통계적으로 유의하게 더 높았다. 족관절 E1(p<.05), E4(p<.01), E5(p<.05), E6(p<.05)에서 비숙련자가 통계적으로 유의하게 더 높았다.

셋째, 하지관절 가동범위는 고관절(p<.05), 슬관절(p<.01), 족관절(p<.05) 모두 숙련자가 높아 통계적으로 유의한 차가 나타났다.

위 논의와 결론을 종합하여 보면 누들라이딩 동작 시 정확하고 효율적인 동작을 수행하기 위해서는 고관절, 족관절의 각도는 약 100°, 슬관절은 약 84°를 유지한 상태에서 준비자세를 취하며 P2국면 즉 무릎을 들어올리며 heel point를 최전방에 놓는 국면의 소요시간을 늘리고 종아리와 발을 충분히 이용해 물을 끌어당기듯이 사이클을 반복 해주는 것이 하지근력과 슬관절 기능향상에 도움이 되며 하지의 가동범위를 최대한 활용할 수 있는 동작법이라 할 수 있겠다. 향후 더 효율적인 동작법을 제안하기 위해서는 관절 각도의 변화와 근육 활성화의 변화를 병행하여 효과를 검증하는 비교 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## References

- Back, Jin-Ho · Lee, Soon-Ho & Moon, Young-Jin (2004). The kinematical Evaluation of National Team's Butterfly Turn Motion. Korean journal of Sport Biomechanics, 14(1), 117~131.
- Baek, Cheol-young(2004). Actual guide of anti-aging clinic. Korean journal of clinical geriatrics Fall Conference, 393~397.
- Goetz, L. · Pierrat, B. · Thibaudier, Y. · Montigon, O. · David, O. & Chabardès, S.(2012). A non-human primate model of bipedal locomotion under restrained condition allowing gait studies and single unit brain recordings. Journal of Neuroscience Methods, 204(2), 306~317.
- Heo, Bo-Seob(2015). Kinetic analysis of the Apkkoaseogi Yeopchagi in Taekwondo. Unpublished doctoral dissertation, Pukyong National University Graduate School, 22.
- Hong, Sang-Mo & Choi, Woong-Hwan(2012). Clinical and Physiopathological Mechanism of Sarcopenia. Korean Journal of Internal Medicine, 83(4), 444~454.
- Hug, F. · Laplaud, D. · Lucia, A. & Grelot, L.(2006). EMG threshold determination in eight lower limb muscles during cycling exercise. Journal of Sports Medicine, 27(6), 456~462.
- Jang, Kyung-Tae · Choi, Hyun-Sun · Kim, Young-Sun

- Jun, Hae-Seub & Kim, Jang-Suk(2005). The effects of swimming, bicycle exercise, or combined exercise on body composition and bone density in old women. *The Korean Journal of Physical Education*, 44(6), 547~554.
- Jung, Jeong-Wook & Kim, Jong-Ho(2012). Effect of aquatic exercise on static balance, ROM, isokinetic muscular function and function status of knee joint in knee osteoarthritis patient's. *The Korean Journal of Sports Science*, 21(3), 1005~1016.
- Kang, Dong-Keun · Park, Jeong-Yeon · Jung, Joo-Ha & Park, Jung-Jun(2015). Development of Combined Aquatic Exercise Program to Improve Functional Fitness and Cognitive Function for Elderly with Mild Dementia. *Exercise Science*, 24(3), 415~423.
- Kang, Dong-Won · Choi, Jin-Seung · Seo, Jeong-Woo · Bae, Jae-Hyuk & Tack, Gye-Rae(2012). A Study on Trajectory and Angle of Knee Joint in Sagittal and Frontal Plane during Cycle Pedaling. *Korean Journal of Sports Science*, 23(4), 797~801.
- Kang, Sung-Sun & So, Jae-Moo(2012). Effects of Aquatic Exercise on Gait Fitness in Obese Elderly Women. *The Korean Journal of Growth and Development*, 20(2), 111~116.
- Kang, Sung-Sun(2016). The Differences between Mechanical Energy Changes of the Lower Extremities during Aqua and Land Gait in Air-phase for the Elderly Women. Unpublished doctoral dissertation, Konkuk University Graduate School, 21, 63~64.
- Kang, Sung-Sun · So, Jae-Moo & Hye-Jung Choi(2014). Effect of Aquatic Exercise on Fall-related Fitness and Posture Stability in Elderly Women. *The Korean Journal of Growth and Development*, 22(2), 209~216.
- Khadilkar, L. · MacDermid, J. C. · Sinden, K. E. · Jenkyn, T. R. · Birmingham, T. B. & Athwal, G. S.(2014). An analysis of functional shoulder movements during task performance using Dartfish movement analysis software. *International Journal of Shoulder Surgery*, 8(1), 1~9.
- Kim, Suk-Bum(2009). Influence that aqua exercise for elderly females has on physical fitness and gait ability. Unpublished doctoral dissertation, Seoul National University Graduate School, 8, 72.
- Korean National Police Agency(2016). 2016 Traffic accident statistics. 6, 119.
- Lauer, J. · Rouard, A. H. · Vilas, J. P.(2016). Upper limb joint forces and moments during underwater cyclical movements. *Journal of Biomechanics*, 49, 3355~3361.
- Lee, Chong-Hoon & Nam, Ki-Jeong(2014). The Study of the Performance Basketball Free Throw in Unskilled Player. *The Korean Journal of Physical Education*, 53(3), 701~709.
- Lee, Chong-Hoon(2008). A Kinematical Analysis of 205B Motion in Platform Diving. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 18(1), 53~62.
- Lee, Hyo-Taek & Kim, Yong-Jae(2013). Effects of Palm Angles in Sculling on the Variation of Underwater Weighting. *The Korea Society for Fisheries and Marine Sciences Education*, 25(2), 405~409.
- McNeal, R. L.(1990). Aquatic therapy for patients with rheumatic disease. *Rheumatic Diseases Clinics of North America*, 16(4), 915~929.
- Ministry of Culture, Sports and Tourism(2016). 2016 Survey on Participation in Physical Activity in National Life. 42~46.
- Park, Chan-Ho · Choi, Bo-Kyung · Heo, Bo-Seob & KIM, Yong-Jae(2017). The Comparison of Pedalling Performance to according to the Position of Shoe Cleat in Triathletes During Cycling. *The Korea Society for Fisheries and Marine Sciences Education*, 29(2), 537~543.
- Park, Hee-Seork & Choe Gong-Jip(2016). Effect of aquatic rehabilitation exercise on muscle activity of lower limb and senescence preventing hormone of old women with degenerative arthritis. *The Korean Journal of Physical Education*, 55(2), 579~589.
- Park, Mi-Hee(2010). *Aquatic Fitness Professional Manual*. Shinjipress, Kyung Joo, 121.
- Rewald S. · Mesters I. · Emans P. J. · Chris Arts J. J. · Lenssen A. F. & Rob A. de Bie.(2015). Aquatic circuit training including aqua-cycling in patients with knee osteoarthritis: A feasibility study. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 47, 376~381.
- Ryew, Che-Cheong · Oh, Hyun-Soo & Kim, Jin-Hyun(2007). A Kinematic Analysis on Propulsion of COG by Types of Fin-kick in SCUBA Diving. *Korean Journal of Sport biomechanics*, 17(2), 11~21.

- Seo, Jeong-Woo · Choi, Jin-Seung · Kang, Dong-Won · Bae, Jae-Hyuk & Gye-Rae Tack(2012). Relationship between Lower-Limb Joint Angle and Muscle Activity due to Saddle Height during Cycle Pedaling. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 22(3), 357~363.
- Shimizu T. & Tachikawa N.(2009). *Water Exercises*. New York: Meyer & Meyer Sport. 10~11.
- Statistics Korea(2016). *Employment Trend in September 2016*, Statistics Korea Press Releases.
- Woo, Kyung-ji & Oh, Kyung-won(2015). Prevalence of Osteoarthritis among Adults over 50 years old in Korea, 2010-2013. *PUBLIC HEALTH WEEKLY REPORT, KCDC*, 8(4), 82~84.
- Yázigí, F. · Espanha, M. · Vieira, F. · Messier, S. P. · Monteiro, C. & Veloso, A. P.(2013). The PICO project: aquatic exercise for knee osteoarthritis in overweight and obese individuals. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 14, 320.
- Yuhong, Wen. · Yi, Peng. · Feng, Zhao. & Kexin, Zhen.(2016). The Effects of Specific Drills on the Flip Turns of Freestyle Swimmers Based on a Kinesiology Analysis. *Journal of Human Kinetics*, 52(4), 165~173.
- 
- Received : 31 August, 2017
  - Revised : 10 October, 2017
  - Accepted : 17 October, 2017