Journal of the Korea Convergence Society
Vol. 11. No. 9, pp. 297-303, 2020

ISSN 2233-4890 / eISSN 2713-6353
https://doi.org/10.15207/JKCS.2020.11.9.297

유산균 섭취와 강도별 유산소 운동이 성장기 운동학습과 체중에 미치는 영향의 융합연구

박기준[1], 김준철[2*]
[1]단국대학교 특수교육과 교수, [2]텍사스 A&M 대학교 전임연구원

Convergence Study for Effect of Probiotics Ingestion and Aerobic Exercise with Different Intensities on Motor Learning and Bodyweight in Adolescence

Ki-Jun Park[1], June-Chul Kim[2*]
[1]Professor, Department of Special Education, Dankook University
[2]Post-doctoral researcher, Texas A&M University-San Antonio

요 약 본 연구의 목적은 청소년기에서 성인기에 해당하는 암컷 생쥐를 대상으로 유산소 운동과 유산균 섭취가 운동학습능력과 체중에 미치는 영향을 파악하는 것이다. 실험대상을 비운동, 중강도, 고강도 운동과 유산균 섭취, 비섭취 변인의 6집단으로 나누고 4주간 운동강도별 트레드밀과 유산균으로 처치하였다. 처치 전 후로 버티컬그리드 테스트를 수행하여 운동학습능력과 체중을 평가하였다. 버티컬그리드 테스트에서는 유산균을 섭취하고, 고강도 운동을 수행한 집단의 상행·회전·하행 속도가 가장 빨랐으며 운동을 하지 않은 비유산균집단과 유의한 차이를 보였다(p<.001). 운동을 하지 않은 비유산균집단이 가장 느린 수행 속도를 기록했다. 또한, 운동 수행과 유산균 섭취를 함께한 집단이 운동만 수행한 집단에 비해 빠른 수행 속도를 기록하는 경향을 보였다. 체중 변화를 비교한 결과 중강도 운동만 수행한 집단의 체중 증가는 운동을 수행하지 않은 비유산균집단의 체중 증가에 비해 유의하게 높았다(p=.032). 종합하면, 성장기의 유산소 운동은 운동학습 향상에 도움을 줄 수 있으며, 유산균 섭취와 병행하면 보다 효율적인 운동학습이 이루어질 수 있다.

주제어 : 유산균, 트레드밀 운동, 버티컬그리드 테스트, 운동학습, 체중

Abstract The purpose of this study is to investigate the effects of aerobic exercise and probiotics ingestion on motor learning and body weight in female mice during adolescence. The subjects were divided into six groups of variables, such as non-exercise, moderate, high-intensity exercise, probiotics ingestion, and non-probiotics, and then treated for four weeks. The vertical grid test was conducted before and after the treatment to evaluate motor learning and bodyweight. The high-intensity exercise and probiotics ingestion group showed fastest up, rotation, and down rate than the non-exercise group (p<.001). Also, a group that treated exercise and probiotics tended to record speedier performance than those that performed the only exercise. Comparing weight changes, the weight gain of a group that performed only moderate-intensity exercise was higher than that of a non-probiotics and non-exercise group (p=.032). Taken together, aerobic exercise during adolescence can help improve motor learning, and more efficient motor learning can be achieved when combined with probiotics ingestion.

Key Words : Probiotics, Treadmill exercise, Verticalgrid test, Motor learning, Bodyweight

*Corresponding Author : Junechul Kim(poemphill@gmail.com)
Received July 6, 2020 Revised August 4, 2020
Accepted September 20, 2020 Published September 28, 2020

1. 서론

청소년기의 성장발달을 위한 운동은 매우 중요하다[1]. 이 시기의 신체활동은 인지능력 향상을 가져올 수 있고[2, 3] 특히, 유산소 운동은 선택적 주의 집중력과 기억력에 도움을 준다[4, 5].

한편 운동강도와 인지 기능은 역U자 형태의 관계를 나타내며 중강도 운동이 효과적인 것으로 알려져 있다[6, 7]. 그러나 최근 고강도 운동이 주의력과 단기 기억력에 도움을 준다는 연구[8]와 유산소성 고강도 운동이 운동기억의 인출을 향상시킨다는 보고[9] 등 중강도 뿐만 아니라 고강도 운동이 인지 기능에 미치는 긍정적인 영향에 대한 연구도 발표되었다. 또한 운동은 장내세균총을 변화시킬 수 있으며[10-12] 운동학습에 부정적인 영향을 미치는 불안감[13]을 운동을 통해 저하 시킬 수 있다는 연구도 보고되었다[14, 15].

최근 유산균에 대한 연구가 활발히 진행되면서 유산균은 성장과 운동능력 및 인지 기능에도 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. *Lactobacillus Reuteri 6475*는 칼슘의 흡수를 높이고 뼈와 근육에 도움이 된다고 보고되어[16] 성장에 영향을 미칠 수 있을 것으로 기대된다. *Veillonella* 균의 경우 일반인에 비해 마라톤 선수의 장내 세균총에서 풍부한 것이 밝혀졌고 생쥐에게 *Veillonella atypica*를 투여하였을 때 지구력이 증가한 것이 확인되었으며[17] *Lactobacillus plantarum* 의 섭취를 통해 선수들의 운동능력이 향상되었다는 결과도 보고되었다[18].

또한, 유산균 섭취가 뇌에서 운동과 인지기능에 관여하는 주요 신경전달물질의 변화를 유발하여 뇌 기능과 행동을 조절할 수 있다는 가능성이 보고되었으며[19, 20], 유산균을 급여 받은 생쥐 군이 학습 및 기억 능력과 운동능력 테스트에서 대조군과 비교해 유의하게 뛰어난 결과도 보고되었다[21]. *Lactobacillus plantarum*은 뇌의 해마 부위에서 Brain Derived Nerutrophic Factor(BDNF)의 증가를 촉진시킬 수 있다고 보고되었고[22], *Lactobacillus를 생쥐 장내에 주입하여* 신경전달물질의 수용체 발현을 조절하고 불안이나 스트레스로 인한 행동 장애를 완화 시킬 수 있으며[23, 24] Lactobacillus와 Bifidobacterium 균종의 섭취가 불안감을 감소시킨다는 연구도 보고되었다[25, 26].

이렇듯 유산소 운동과 유산균 섭취는 장내 세균총 변화, 불안 감소 및 인지 기능에 영향을 미치는 요인으로 작용할 수 있다. 예를 들면, 운동과 유산균 섭취가 불안감을 감소시켜 운동학습 능력에 영향을 줄 수 있다. 또한, 유산소 운동과 유산균 섭취를 병행하였을 때, 불안 감소와 운동학습 증진에 미치는 효과가 증대될 수도 있다. 따라서 본 연구에서는 청소년기에 해당하는 생쥐를 대상으로 강도별 유산소 운동과 유산균의 섭취가 운동학습 능력과 체중에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1 연구 대상

인간의 나이로 유소년부터 성인기에 해당하는 시기의 C57BL/6J 암컷 생쥐(n=140)를 유산균(섭취, 비섭취)과 운동 강도(고강도, 중강도, 비운동)의 변인으로 나누고 한 케이지당 5마리씩 사육하였다. 사육실 내 환경은 온도 23-25℃, 습도 70-80%로 유지되었으며, 명암은 12시간을 주기로 조절되었다. 각 케이지 마다 물과 사료가 공급되었다(Samtaco, Korea). 실험 집단은 6개의 그룹으로 구분되었고(MN, PM, HN, HP, XN, XP, M; Moderate intensity exercise, H; High intensity exercise, X; No exercise, P; Probiotics, N; No Probiotics), 모든 동물 실험 절차는 기관 동물 실험 승인위원회(DKU17-022)의 승인을 받았으며 미국립보건원 지침을 준수하였다.

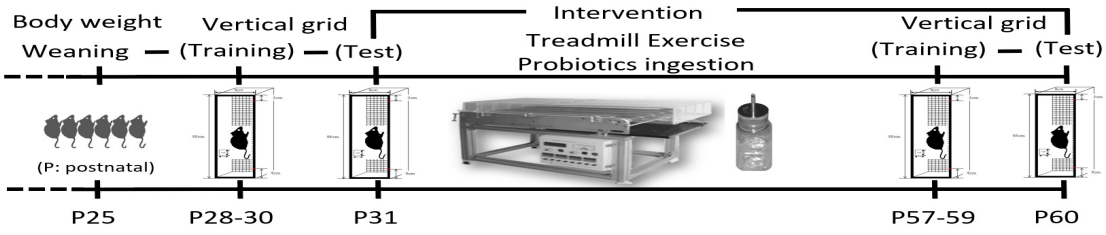

Fig. 1. Experimental timeline and schematic illustration

2.2 유산균 섭취

본 연구에서 4주에서 8주까지의 생쥐 한 마리당 하루 평균 섭취한 유산균 양(마리)은 *Lactobacillus plantarum*의 경우 8.4×10^{7}, *Bifidobacterium longum*의 경우 9.1×10^{7} 로 총합1.75×10^{8} 마리로 계산되었다[27].

2.3 트레드밀 운동

생쥐용 트레드밀(JD-A-09, 정도비앤피, 서울, 대한민국)을 사용하였고 속도 조절을 통해 운동 강도를 설정하였다. 생쥐는 운동강도 3-4m/m일 때 54-58%, 10m/m일 때 약 70%의 운동강도를 보인다고 보고되었는데[28], 본 연구에서는 중강도 운동을 위해 1 주차에 2-3m/m의 속도로 트레이닝을 하였으며 2-4 주차엔 10m/m로 유지하였다. 고강도 운동의 경우, 2m/m으로 시작하여 2분이 경과 할 때마다 1m/m만큼 속도를 증가시켰으며 30분간 최대 18m/m에 이르는 속도에 도달하여 한계에 이르도록 설정하였다. 개체별로 체감 정도가 다르므로 생쥐의 상태를 주의 깊게 관찰하였다.

Table 1. Treadmill intensity

		Time (min)	Speed (m/m)	Distance (m)
1st week		0-4	2	8
		4-26	3	74
		26-30	2	82
2nd - 4th weeks	High intensity	0-2	2	4
		2-4	3	10
		⋮	⋮	⋮
		28-30	16	270
		30-32	17	304
	Moderate intensity	0-4	2	8
		4-6	4	16
		6-26	10	216
		26-30	2	224

2.4 버티컬그리드 테스트

버티컬그리드 테스트는 가로 세로 격자무늬로 된 사다리 모양 도구를 이용하는데, 그리드 위에 생쥐를 올려 생쥐가 올라가는 시간, 돌아 아래로 내려오기 직전의 시간, 내려오는 시간을 측정하여 운동 기능을 평가할 수 있다[29]. 본격적인 실험 진행 전 핸들링을 통해 마우스가 실험자와 실험환경에 익숙해질 수 있도록 한다. 그 후 3일간의 트레이닝을 통해 생쥐들이 그리드를 올라가서 돌아내려오면 케이지로 돌아갈 수 있다는 학습을 하게 된다. 이 트레이닝의 주요 목적은 시간을 측정하는 것이 아니라 마우스가 그리드를 잡고 올라가서 돌아 내려오는 과정을 잘 인지할 수 있도록 운동학습을 시키는 것이다. 이후 테스트를 실시하여 시간을 측정한다.

2.5 자료 분석

본 연구의 자료처리는 Graphpad Prism ver. 8.4.3 통계프로그램을 이용하였다. 운동학습 능력과 체중은 일원 분산분석(One-way ANOVA)을 시행한 후 사후검정으로 Tukey's test(multiple comparisons test)를 실시하였으며, 프로바이오틱스 섭취 유무에 따른 차이를 분석하기 위해 Independent t-test를 사용하였다. 유의수준은 모든 항목에 대하여 α = .05로 설정하였다.

3. 연구결과

3.1 버티컬그리드 테스트 상행시간

버티컬그리드 Up 테스트의 분석 결과, P31에서는 Up, Turn, Down 모두 차이가 없었으나 P60에서는 유의한 차이가 발견되었다. 운동강도별 차이를 보면, XN에 비해 MN(p<.001), HN(p<.001)이 빠르게 올라갔고 XP에 비해 HP(p<.001)가 빠르게 올라갔다(Table 2 참고). 유산균 섭취별로 보면, MP가 MN(p=.018)에 비해 HP가 HN(p=.005)에 비해 빠른 결과를 보였다(Fig. 2 참고).

Table 2. Effect of exercise and probiotics ingestion on vertical grid performance.

Verticalgrid	Group	N	Mean	SD(sec)	F
Up (Post)	MN	26	11.65	5.88	13.60
	MP	26	8.04	4.75	
	HN	26	11.08	4.41	
	HP	26	7.65	3.91	
	XN*#†‡	18	19.2	9.71	
	XP#‡	18	15.50	5.10	
Turn (Post)	MN	26	13.46	10.91	5.41
	MP	26	10.65	11.36	
	HN	26	11.50	9.20	
	HP*	26	5.77	2.39	
	XN#‡	18	18.94	9.47	
	XP‡	18	16.11	8.88	
Down (Post)	MN	26	9.77	3.70	9.00
	MP	26	6.50	2.58	
	HN	26	10.92	9.52	
	HP	26	6.00	2.40	
	XN*#†‡	18	18.61	12.12	
	XP#‡	18	13.00	8.67	

N; No Probiotic, P; Probiotic, M; Moderate intensity, H; High-intensity, X; No exercise. Tukey's multiple comparisons test was used for post-hoc test. Values was presented as mean ± SD; *: Significantly different from MN, #: Significantly different from MP, †: Significantly different from HN, ‡: Significantly different from HP, ^: Significantly different from XN, P<.05.

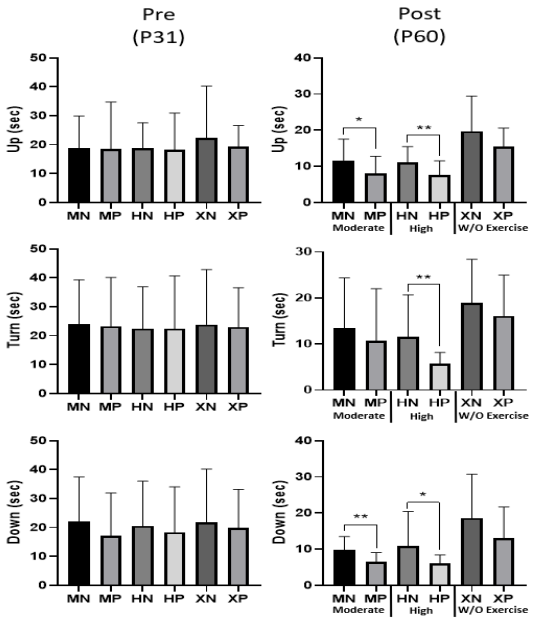

Fig. 2. Comparison of vertical grid performance. Significant difference by Independent T-test, *; P<.05, **; P<.01,

3.2 버티컬그리드 테스트 회전시간

버티컬그리드 Turn 테스트에서 운동강도별 차이를 보면 HP가 XP보다 빠르게 회전했고(p=.005) (Table 2 참고). 유산균 섭취별로 보면 HP가 HN(p=.003)에 비해 빠른 결과를 보였다(Fig. 2 참고).

3.3 버티컬그리드 테스트 하행시간

버티컬그리드 Down 테스트에서 운동강도별 차이를 보면 XN에 비해 MN(p=.001), HN(p=.007)이 더 빨랐고, XP에 비해 MP(p=.037), HP(p=.019)가 빠른 하행시간을 보였다(Table 2 참고). 유산균 섭취별로 보면 MP는 MN(p<.001)에 비해 빨랐고, HP는 HN(p=.014)에 비해 빠른 결과를 보였다(Fig. 2 참고).

3.4 체중변화

체중의 분석 결과, P25에서는 유의한 차이가 없었으며 P60에서 유의한 차이가 발견되었다. XN은 MN(p=.032), MP(p=.026)에 비해 유의하게 낮은 체중을 보였고, XP도 MN(p=.027), MP(p=.021)에 비해 유의하게 낮은 체중을 보였다(Table 3 참고).

Table 3. Change of bodyweight

Body weight	Group	N	Mean	SD(kg)	F
Pre (P25)	MN	26	8.47	0.55	0.26
	MP	26	8.53	0.98	
	HN	26	8.31	0.83	
	HP	26	8.42	0.99	
	XN	18	8.49	0.79	
	XP	18	8.32	0.92	
Post (P60)	MN	26	18.93	1.71	4.16
	MP	26	18.96	1.15	
	HN	26	18.59	0.98	
	HP	26	18.79	1.11	
	XN *#	18	17.88	0.40	
	XP *#	18	17.86	0.53	

p<.05

4. 고찰

운동학습에 있어서 어미와 분리된 직후의(P31) 어린 생쥐는 테스트와 새로운 환경에 대한 적응 미흡으로 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 약 4주간의 처치가 이루어진 후(P60) 테스트 결과에서는 집단 간 뚜렷한 차이가 나타났다. 운동을 수행하지 않고 유산균도 섭취하지 않은 NX의 경우, 다른 모든 집단들에 비해 버티컬그리드의 수행기록이 상행시간, 회전시간, 하행시간에서 지연되었는데, 이를 통해 유산소 운동과 유산균 섭취가 운동학습 능력 향상에 미치는 효과를 확인할 수 있었다[4, 5, 22]. 집단 간 속도의 차이를 결정짓는 원인을 살펴보면 속도의 문제뿐만 아니라 테스트 수행 중 진행 방향을 잃고 산만한 모습을 보이거나 회전 구간에서 두려운 모습을 보이며 경직되는 등, 학습의 차이와 두려움이 결과에 주된 영향을 미쳤다. 이러한 생쥐의 멈춤 행동은 불안, 두려움을 나타낸다[30]. 반면, 속도가 빠른 집단은 그리드 상단에 도착하면 빠른 회전으로 목적지에 도착하여 우수한 운동학습 결과를 보여주었다.

유산소 운동을 수행한 집단의 경우 비운동 집단에 비해 운동학습이 잘 이루어졌다고 판단할 수 있는데, 이는 유산소 운동이 선택적 주의력을 향상시킨다는 보고와 연관 지어 생각해 볼 때[4, 5], 타당한 결과라고 사료된다.

유산균과 운동을 처치하지 않은 집단보다 운동만 수행한 집단의 속도가 빨랐으며 그보다는 운동과 유산균 섭취를 병행한 집단의 속도가 더 빠른 것으로 보아 운동과

유산균의 더블링 효과가 있었다. 즉, 유산균 섭취의 이점[17, 18]은 운동의 이점[2, 3]과 시너지를 낸 것으로 해석할 수 있다. 그러므로 운동학습에는 운동수행과 유산균 섭취가 함께 되면 더욱 효과적이라는 걸 알 수 있다. 또한, 이 결과는 유산균이 심리적 불안 등의 증상을 완화시키며[25, 26], 심리적 불안이 운동학습을 저해한다는 연구[13] 결과를 뒷받침한다.

게다가 고강도 운동 및 유산균 처치집단의 기록은 모든 부분에서 가장 빠른 결과를 나타냈다. 이는 고강도 운동이 산화스트레스와 활성산소의 급격한 증가[31]나 면역력 저하[32]를 유발할 수 있음에도 불구하고 유산균의 섭취가 이러한 부작용을 해소할 수 있다는 연구[33] 결과와 마찬가지로 운동학습에 고강도 운동과 유산균 섭취가 유리함을 알 수 있다.

체중 변화의 경우 중강도나 고강도의 유산소 운동을 수행한 집단이 운동을 하지 않은 집단보다 유의하게 높은 체중이 확인되었다. 이러한 결과는 근육량의 증가에 따른 것일 수도 있으며[34] 운동이 성장호르몬에 영향을 미친 것[35]일 수도 있지만 체중의 결과만으로는 결론 내리기 쉽지 않다. 따라서 후속 연구에서 집단 간 상대 근육량 비교 및 각 집단의 근육 내 미토콘드리아 관련 인자의 발현량을 분석하여 확인해 볼 수 있을 것이다.

5. 결론

본 연구의 결과를 통해 알 수 있듯이, 발달 시기의 유산소 운동은 운동학습 능력 증진에 긍정적 영향을 줄 수 있으며, 유산균 섭취와 유산소 운동을 병행한다면 보다 효율적인 운동학습이 이루어질 수 있다. 이러한 효과는 고강도 운동에서 더욱 시너지를 발휘할 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

[1] T. W. Rowland. (2005). *Children's exercise physiology-2nd(ed).* Champaign, IL: Human Kinetics.

[2] J. Y. Kim. (2014). The Study of Physical Activity Level on Serum BDNF and Cognitive Function in Adolescence. *Korean Society Of Growth And Development, 22(2),* 119-125. UCI : G704-001365.2014.22.2.002

[3] C. H. Hillman, K. I. Erickson & A. F. Kramer. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience, 9(1),* 58-65. DOI : 10.1038/nrn2298

[4] K. Lambourne & P. Tomporowski. (2010). The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. *Brain Research, 23(1341),* 12-24. DOI : 10.1016/j.brainres.2010.03.091

[5] T. McMorris, J. Sproule, A. Turner & B. J. Hale. (2011). Acute, intermediate intensity exercise, and speed and accuracy in working memory tasks: a meta-analytical comparison of effects. *Physiology & Behavior, 102,* 421-428. DOI : 10.1016/j.physbeh.2010.12.007

[6] J. Brisswalter, M. Collardeau & A. Rene. (2002). Effects of acute physical exercise characteristics on cognitive performance. *Sports Medicine, 32,* 555-566. DOI : 10.2165/00007256-200232090-00002

[7] K. Kashihara, T. Maruyama, M. Murota & Y. Nakahara. (2009). Positive effects of acute and moderate physical exercise on cognitive function. *Journal of Physiological Anthropology, 28(4),* 155-164. DOI : 10.2114/jpa2.28.155

[8] C. R. R. Alves, V. H. Tessaro, L. A. C. Teixeira, K. Murakava, H. Roschel, B. Gualano & M. Y. Takito. (2014). Influence of acute high-intensity aerobic interval exercise bout on selective attention and short-term memory tasks. *Perceptual and motor skills, 118(1),* 63-72. DOI : 10.2466/22.06.PMS.118k10w4

[9] C. S. Mang, N. J. Snow, K. P. Wadden, K. L. Campbell & L. A. Boyd. (2016). High intensity aerobic exercise enhances motor memory retrieval. *Medicine and science in sports and exercise, 48(12),* 2477-2486. DOI : 10.1249/MSS.0000000000001040

[10] J. M. Allen, L. J. Mailing & G. M. Niemiro. (2018). Exercise Alters Gut Microbiota Composition and Function in Lean and Obese Humans. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 50(4),* 747-757. DOI : 10.1249/MSS.0000000000001495

[11] J. Chen, Y. Guo, Y. Gui & D. Xu. (2018). Physical exercise, gut, gut microbiota, and atherosclerotic cardiovascular diseases. *Lipids in Health and Disease, 17(17).* DOI : 10.1186/s12944-017-0653-9

[12] M. D. Cook et al. (2015). Exercise and gut immune function: evidence of alterations in colon immune cell homeostasis and microbiome characteristics with exercise training. *Immunology & Cell Biology, 94(2),* 158-163. DOI : 10.1038/icb.2015.108

[13] S. Sporn, T. P. Hein & M. H. Ruiz. (2018). Bursts and variability of beta oscillations mediate the effect of anxiety on motor exploration and motor learning. *bioRxiv.* DOI : 10.1101/442772

[14] E. Anderson & G. Shivakumar. (2013). Effects of exercise and physical activity on anxiety. *Frontiers in Psychiatry, 4(27).* DOI : 10.3389/fpsyt.2013.00027

[15] M. Wegner, I. Helmich, S. Machado, A. E. Nardi, O.

Arias-Carrion & H. Budde. (2014). Effects of exercise on anxiety and depression disorders: review of meta-analyses and neurobiological mechanisms. *CNS Neurological Disorders, 13(6),* 1002-1014. DOI : 10.2174/1871527313666140612102841

[16] L. R. McCabe, R. Irwin, L. Schaefer & R. A. Britton. (2013). Probiotic use decreases intestinal inflammation and increases bone density in healthy male but not female mice. *Journal of Cellular Physiology, 228(8),* 1793-1798.
DOI : 10.1002/jcp.24340

[17] J. Scheiman et al. (2019). Meta-omics analysis of elite athletes identifies a perforance enhancing microbe that functions via lactate metabolism. *Nature Medicine, 25(7),* 1104-1109.
DOI : 10.1038/s41591-019-0485-4

[18] W. C. Huang, C. C. Wei, C. C. Huang, W. L. Chen & H. Y. Huang. (2019). The Beneficial Effects of Lactobacillus plantarum PS128 on High-Intensity, Exercise-Induced Oxidative Stress, Inflammation, and Performance in Triathletes. *Nutrients, 11(2),* 353.
DOI : 10.3390/nu11020353

[19] A. J. Montiel-Castro, R. M. G. Cervantes, G. B. Ruiseco & G. P. López. (2013). The microbiota gut brain axis: neurobehavioral correlates, health and sociality. *Frontiers in Integrative neuroscience, 7(70),* 1-16.
DOI : 10.3389/fnint.2013.00070I.

[20] A. Marin et al. (2017). Microbiota alteration is associated with the development of stress induced despair behavior. *Scientific Reports, 7,* 7.
DOI : 10.1038/srep43859

[21] M. L. Park. (2018). *Probiotic Lactobacillus fermentum JDFM216 improves cognitive behavior and longevity by regulating immune response.* Doctoral dissertation. JBNC University, Jeonju.

[22] J. Choi, Y. K. Kim & P. L. Han. (2019). Extracellular vesicles derived from Lactobacillus plantarum increase BDNF Expression in cultured hippocampal neurons and produce antidepressant like effects in mice. *Experimental Neurobiology, 28(2),* 158-171.
DOI : 10.5607/en.2019.28.2.158

[23] Y. W. Liu et al. (2016). Psychotropic effects of Lactobacillus plantarum PS128 in early life-stressed and naive adult mice. *Brain Resesrch. 1631,* 1-12.
DOI : 10.1016/j.brainres.2015.11.018

[24] J. Dhaliwal et al. (2018). Lactobacillus plantarum MTCC 9510 supplementation protects from chronic unpredictable and sleep deprivation-induced behaviour, biochemical and selected gut microbial aberrations in mice. *Journal of Applied Microbiology, 125(1),* 257-269. DOI : 10.1111/jam.13765

[25] J. Luo, T. Wang, S. Liang, X. Hu, W. Li & F. Jin. (2014). Ingestion of Lactobacillus strain reduces anxiety and improves cognitive function in the hyperammonemia rat. *Science China. Life Science, 57(3),* 327-335.
DOI : 10.1007/s11427-014-4615-4

[26] Y. Guo et al. (2019). Prophylactic Effects of Bifidobacterium adolescentis on Anxiety and Depression-Like Phenotypes After Chronic Stress: A Role of the Gut Microbiota-Inflammation Axis. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, 13(126).*
DOI : 10.3389/fnbeh.2019.00126

[27] N. A. Castillo, G. Perdigón & A. M. LeBlanc. (2011). Oral administration of a probiotic Lactobacillus modulates cytokine production and TLR expression improving the immune response against Salmonella enterica serovar Typhimurium infection in mice. *BMC Microbiology, 11(1),* 177.
DOI : 10.1186/1471-2180-11-177

[28] V. Schefer & M. I. Talan. (1996). Oxygen consumption in adult and aged C57BL/6J mice during acute treadmill exercise of different intensity. *Experimental Gerontology, 31(3),* 387-392.
DOI : 10.1016/0531-5565(95)02032-2

[29] S. T. Kim, H. J. Son, J. H. Choi, I. J. Ji & O. Y. Hwang. (2010). Vertical grid test and modified horizontal grid test are sensitive methods for evaluating motor dysfunctions in the MPTP mouse model of Parkinson's disease. *Brain Research, 8(1306),* 176-183.
DOI : 10.1016/j.brainres.2009.09.103

[30] V. S. Valentinuzzi et al. (1998). Automated measurement of mouse freezing behavior and its use for quantitative trait locus analysis of contextual fear conditioning in (BALB/cJ x C57BL/6J)F2 mice. *Learning & Memory, 5(4),* 391-403.

[31] S. K. Powers, W. B. Nelson & M. B. Hudson. (2011). Exercise-induced Oxidative Stress in Humans: Cause and Consequences. *Free Radical Biology and Medicine, 51(5),* 942-950.
DOI : 10.1016/j.freeradbiomed.2010.12.009

[32] T. Imai, S. Seki, H. Dobashi, T. Ohkawa, Y. Habu & H. Hiraide. (2002). Effect of weight loss on T-cell receptor-mediated T-cell function in elite athletes. *Medicine and science in Sports and Exercise, 34(2),* 245-250. DOI : 10.1097/00005768-200202000-00011

[33] T. Kullisaar, M. Zilmer, M. Mikelsaar, T. Vihalemm, H. Annuk, C. Kairane & A. Kilk. (2002). Two antioxidative lactobacilli strains as promising probiotics. *International Journal of Food Microbiology, 72(3),* 215-224.
DOI :10.1016/s0168-1605(01)00674-2

[34] Y. M. Chen et al. (2016). Lactobacillus plantarum TWK10 Supplementation Improves Exercise Performance and Increases Muscle Mass in Mice. *Nutrients, 8(4),* 205. DOI : 10.3390/nu8040205

[35] J. H. Kim. (2015). Effects of Aerobic Exercise Intensity on Growth Hormone and Serotonin in Adolescent. *The Korean Society Of Sports Science. 24(1),* 1257-1267. UCI : G704-001369.2015.24.1.034

박 기 준(Ki-Jun Park) [정회원]

· 2015년 2월 : 삼육대학교 스포츠과학과 (이학 석사)
· 2019년 2월 : 단국대학교 특수교육학과 (교육학 박사)
· 2020년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 특수교육과 외래교수
· 관심분야 : 스포츠물리치료, 측정 및 평가
· E-Mail : koc-pt@sports.or.kr

김 준 철(June-Chul Kim) [정회원]

· 2016년 9월 : 단국대학교 체육교육과 (교육학 석사)
· 2020년 2월 : 단국대학교 체육과 (체육학 박사)
· 2020년 2월 ~ 현재 : Texas A&M University 연구원
· 관심분야 : 운동생리학, 운동처방
· E-Mail : poemphill@gmail.com