

# LGG : 장관면역, 알레르기, 비만에 대한 효과

Seppo Salminen, Lukasz Grześkowiak, and Akihito Endo

(University of Turku, Finland)

## 초록

*Lactobacillus rhamnosus* GG(ATCC 53013) 유산균은 현재 가장 많은 연구가 진행되고 있는 프로바이오틱 유산균들 중 하나이다. 이 유산균은 내산성, 내담즙성, 특유의 콜로니 모양, 장 정착성, 병원성 세균에 대한 경쟁적 저해작용 등의 선택기준을 통하여 분리되었고, 그 특성이 밝혀져 있다. 프로바이오틱 유산균의 선택기준이 진보하고 있지만, LGG 유산균은 아직도 매우 우수한 프로바이오틱 유산균이다. LGG 유산균은 그 유전적인 특성뿐만 아니라 설사예방, 아토피성 습진, 호흡기 감염에 대한 우수성이 임상시험을 통하여 입증되었다. 최근에는 임신부와 영아의 과체중에 대한 개선효과가 임상시험을 통해 증명되어 있다. 향후에는 특정 유산균 단독이나 과학적인 방법으로 선택된 프로바이오틱 유산균의 조합에 의한 유익성을 중심으로 복합 균주의 효과에 대한 새로운 증명이 기본적인 임상시험을 형성하게 될 것이다.

## 서론

장내 미생물 군총은 매우 복잡한 시스템으로 다양한 작용을 통해서 인간의 건강에 영향을 미치고 있다. 건강한 사람의 위장관에는 수 백종의 미생물이 존재하는 것으로 추정되고 있다. 이들 중 일부는 선천적으로 형성된 것이고 나머지는 식품과 환경에 의해서 유래된 것이다. 특정 미생물의 경우 숙주에게 유익한 영향을 미칠 수 있는데 이런 박테리아를 프로바이오틱스라고 한다.

건강한 미생물 군총은 면역계를 활성화시키고, 유해 세균, 바이러스, 독성물질로부터 숙주를 보호하는 효과를 나타낼 수 있다. 장내 미생물은 소화관에서 방어

막 역할을 하고 음식물로부터 에너지를 회수하고 필수 영양소를 생산하며, 병원성미생물이 장내에 정착하는 것을 막는 역할을 담당한다. 특정 프로바이오틱스는 장내균총의 조성과 안정성을 증대시키고, 장관막의 투과성을 조절하며, 소화관을 보호하는 긍정적인 영향을 미칠 수 있다(그림 1). 이런 현상은 LGG 유산균과 같은 특정 프로바이오틱스에 의해 영향을 받을 수 있다.

## 인간 위장관의 균총 형성

유아의 초기 균총은 이후의 건강한 장내 미생물 군총이 형성될 수 있도록 하는 가이드의 역할을 수행하게 된다. 초기 개척자라고 불리는 박테리아가 신생아의 장내 균총의 형성에 있어 숙주의 장내상피세포에서의 유전자 발현을 조절하는데 매우 중요할 수 있다는 것이 마우스 모델 실험들을 통하여 밝혀졌다. 모유와 산모의 피부, 장내용물 등에 존재하는 박테리아와 그 박테리아의 DNA가 유전자 발현과 장내 균총에 영향을 미치는 것으로 보여진다. 이는 세균의 순차적인 증식으로 인한 미생물 군총에 영향을 미침으로써 장내 미생물환경을 변화시키는 결과를 나타낸다. 게다가 신생아의 장내의 초기 균은 모유수유와 이유기간 모두에서 장내 균총의 형성에 특히 중요한 역할을 할 수 있는데, 이는 이후 장내 균총의 안정적인 조성을 결정짓는 것이다. 비정상적인 미생물 군총은 특정 질병의 위험을 증가시킨다. 특히 초기 우점 비피도박테리아의 비정상적인 균총형성은 장관벽의 기능, 면역학적 기능과 장내 대사활성 등에 영향을 미칠 수 있다(Kalliomäki 등, 2001, 2004, 2008; Gueimonde 등, 2006; Satokari 등, 2009). 최근의 연구 논문들은 에너지와 영양소 회수를 통한 대사활성, 장 상피에서의 영양효과, 장 상피

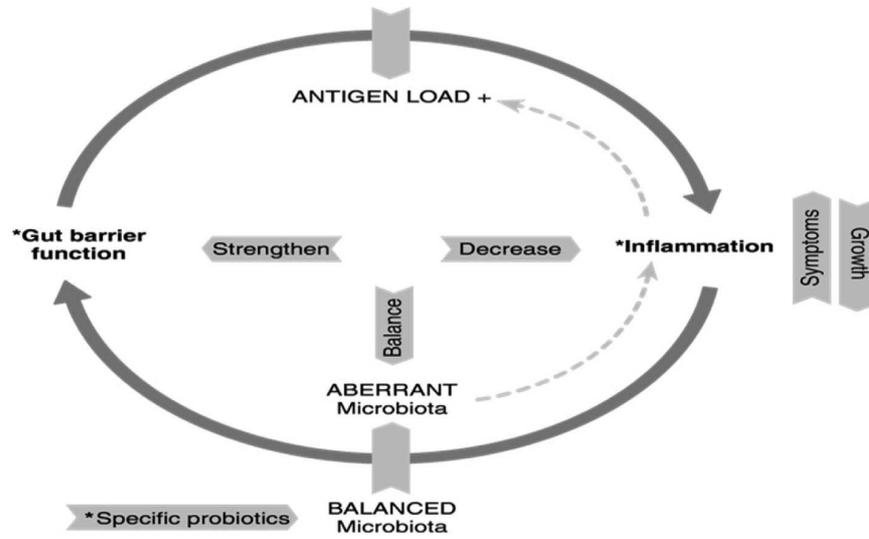


그림 1. 장관내에서 *Lactobacillus rhamnosus* GG의 작용과 효과(다양한 출처로부터 변형되었음)

의 항상성, 면역반응 조절 등 이전까지 알려지지 않은 장내미생물의 기능에 대해 밝혀내고 있다.

성인의 장내 미생물은 개인차가 매우 크지만 분류학적으로 phylum(문, 門) 수준에서는 다양성이 크지 않으며, 두 가지 문(phyla)인 *Bacteroidetes*와 *Firmicutes* 이 가장 많은 수를 차지한다. 유아의 초기 장내 균총의 형성은 선천성 면역반응의 발달 및 장 구조의 분화(differentiation)와 관련이 있다. 장내 균총 형성에 대한 연구를 바탕으로 유아기와 발달 초기를 제외한 장내 미생물간의 상호작용이 예상됨을 알 수 있다. 그러나 이 과정에 대한 우리의 지식이 충분하지 못할 뿐만 아니라 *Akkermansia muciniphila*와 같은 새로운 종들이 현재 까지 지속적으로 발견되고 있다. 숙주의 생리상태에 적극적으로 중요한 역할자로서의 장내미생물의 특성을 밝혀내는 것은 장내 균총 형성과 공생에 관한 기존의 이론을 뒷받침 하고 있다. 현재는 장내 미생물과 숙주에 공존하는 미생물 그리고 숙주 사이의 끊임없는 상호작용이 매우 중요한 것으로 이해되고 있다. 장내 미생물에 의한 조절 기능은 장점막과 면역시스템이 형성되고 있는 초기 단계를 결정짓는 매우 중요한 것이다.

### 프로바이오틱의 정의

최근 WHO에서는 프로바이오틱스를 ‘적정량을 섭취

취했을 때 숙주에 유익한 영향을 주는 살아있는 미생물’로 정의하고 있다(WHO 2002). 이 정의를 좀더 자세히 살펴보면 각각의 프로바이오틱균은 적절히 분리되어야 하고, 그 특성이 밝혀져 있어야 하며, 생존능력 또한 보장되어야 함을 의미한다. 비슷한 방식으로 프로바이오틱이 되려면 인체적용 시험을 통하여 균의 안전성과 건강증진 효과가 증명되어야 한다는 것이다. 그러나 프로바이오틱으로 판매되고 있는 많은 미생물이 이 기준을 충족시키지 못하는 것 같다. 예시로 *Lactobacillus rhamnosus* strain GG의 특성을 그림 2에 나타내었다. 모든 프로바이오틱스가 종과 균 특이적이라는 것은 매우 중요한 것이며, 다양한 제조공정과 사용되는 식품의 종류에 상관없이 균의 특성을 유지할 수 있는 품질관리에 대한 원칙 또한 매우 중요하다. LGG 유산균의 경우 전통적인 방법에 의해 정의된 균종 특성이 필리(pili)에 기인하는 부착성과 면역효과 등의 유전적 정보에 의해 현재 검증되고 있다는 점은 매우 괄목할만한 연구결과이다.

### LGG 유산균

*Lactobacillus rhamnosus* GG 유산균은 미국의 Gorbach와 Goldin 박사에 의해서 분리되었는데 내산성, 내담즙성, 장세포 부착성과 병원성 미생물의 경쟁

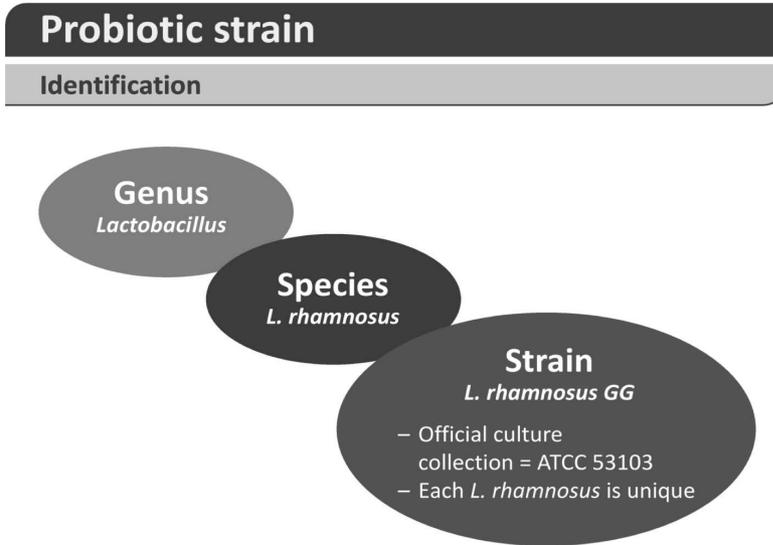


그림 2. *Lactobacillus rhamnosus* GG의 특징

적 저해가 주된 분리 기준이었다. 이 특성에 기초하여 균 특성에 대한 추가적인 정보 및 미생물간의 상호작용과 인체의 건강에 대한 상호작용 등 인간의 건강에 대한 추가적인 연구들이 20년 이상 진행되어 오고 있다. LGG 유산균을 섭취하였을 때 모든 연령의 그룹에서 일시적으로 장내에서 균총이 형성되는 것이 입증되었으나, 출산 전후에 LGG 유산균을 섭취한 임산부와 유아에게조차도 영구적인 균총의 형성은 발견되지 않았다.

### 안전성

LGG 유산균의 안전성은 대규모의 역학조사연구, 인체임상, 동물실험을 통하여 입증되었다. 미숙아, 유아, 어린이, 성인과 노인을 포함하여 수많은 인체적용 시험에서 안전성이 확인되었고, LGG 유산균은 유럽 연합의 QPS(Qualitative Presumption of Safety)에 등록되어 있으며, 유아용 식품의 GRAS 평가를 포함한 미국 GRAS에도 등록되어 있다. 최근에 핀란드에서 저자의 연구팀은 미숙아에 대한 12년간의 LGG 유산균 급여가 안전성에 전혀 문제를 일으키지 않았음을 근거로 LGG 유산균의 안전성을 입증하였다(Luoto 등, 2010).

### LGG와 아토피 습진에 관한 임상연구

#### 급성 로타바이러스성 설사

로타바이러스는 세계적으로 유아와 어린이의 급성 설사를 일으키는 주요 바이러스로 다섯 살 미만의 어린이가 440,000건의 사망을 포함하여 매년 약 1억 1천 백만 건의 위장염을 유발하고 있다. 이 질병은 특별한 치료를 요하진 않으나 적절한 치료와 수분공급이 제대로 이루어지지 않을 경우 심각한 탈수로 합병증과 사망을 일으킬 수도 있다. 로타바이러스로 인한 사망자수는 의료서비스가 제한되어 있는 아시아 아대륙의 개발도상국, 아프리카, 라틴아메리카에서 집중적으로 발생하고 있다. 유아의 급성 로타바이러스성 설사에 있어 프로바이오틱스 처리에 따른 위장상태에 대한 연구가 충분히 이루어져 있다. 급성 로타바이러스성 설사에 대한 프로바이오틱스의 효과에 대한 임상시험이 European Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition working group에 의해 이루어졌고, 동종집단과 이종집단에 대한 연구 수행을 통하여 그 결과가 확인되었다. LGG 유산균과 *Bifidobacterium lactis* Bb12를 포함한 특정 프로바이오틱 유산균들이 장내 균총을 안정화하고, 로타바이러스가 작용하는 시간을 단축시키며, 로타바이러스 감염으

로 장 투과성이 증가되는 것을 감소시킴으로써 급성 로타바이러스성 설사의 예방과 치료에 효과적인 것으로 밝혀졌다. 장 부착성이 좋은 프로바이오틱 미생물이 로타바이러스에 반응하는 IgA(immunoglobulin A)를 증강시키는 것이 확인되었다. Juntunen 등(2001)은 설사기간 동안 증가하는 분변의 mucin에 대한 LGG 유산균의 부착능력이 36.2%(95% CI, 34.1-38.3%)에서 34.6%(95% CI, 32.3-36.9%)로 1.6%(95% CI, 0.3-3.0%) 변화했음을 보고하였다(P=0.02). 무작위 대조 연구에서 Guandalini와 그 연구진(2000)은 급성 설사가 시작된 1개월에서 3세의 어린이에게 위약 또는 *Lactobacillus GG*( $1 \times 10^{10}$  CFU)가 함유된 경구용 수액제를 투여 하는 실험을 진행하였다. LGG 유산균이 포함된 치료를 받은 그룹이 위약군에 비하여 설사기간 및 입원기간이 유의적으로 감소하는 것을 발견하였다.

Canani 팀(2007)은 급성 설사에 대한 LGG 유산균의 효과에 대한 또 다른 연구를 수행하였다. 설사를 일으키고 있는 3-36개월령의 아이들에게 대조구로 경구용 수액제; *Lactobacillus rhamnosus GG*; *Saccharomyces boulardii*; *Bacillus clausii*; *L. delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *L. acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum* 혼합 또는 *Enterococcus faecium* SF68 유산균을 경구용 수액제와 함께 투여하였다. 경구용 수액제 단독투여에 비하여 LGG와 4가지 유산균 혼합 투여한 유아의 설사기간이 유의적으로 단축되었으며, 다른 그룹에 비하여 LGG와 유산균혼합 처리구의 배변횟수도 성공적으로 감소되었다.

좀더 최근의 연구로 인도에서 559명의 급성설사를 일으키고 있는 어린이에게 경구용 수액제, 경구용 수액제와  $10^{10}$  CFU의 LGG 유산균, 경구용 수액제와  $10^{12}$  CFU의 LGG 유산균을 세 그룹으로 나누어 투여하였다. LGG 유산균을 포함하고 있는 두 개의 그룹 모두 설사 빈도와 기간이 감소하였고, 입원기간도 단축되었다(Basu 등, 2009). 반면에 Salazar-Lindo와 그 연구진(2004)은 3-36개월령의 설사를 일으키고 있는 유아에서 LGG 유산균을 포함하거나 그렇지 않은 조제유를 섭취시켰으나, 효과가 나타나지 않았다. 그러나 이 연구에서 LGG 유산균의 함량은  $10^9$  CFU이었

고, 수액제 치료가 끝난 후 유산균 섭취를 시작하였다.

종합하면 LGG 유산균의 사용이 유아와 어린이의 급성 로타바이러스성 설사의 치료와 예방에 효과적임을 알 수 있었다. 이 유산균의 효과에 대한 연구는 선진국과 개발도상국의 병원 및 외래환자를 통하여 얻어진 것이다.

## 아토피 질병

프로바이오틱스가 아토피 질병 특히 아토피 습진의 예방과 치료에 가능성이 있는지에 대하여 높은 관심이 있어 왔다. 이런 관심은 미생물에 대한 노출, 위생 상태나 환경, 식품섭취 등의 변화가 인간의 면역 반응과 외인성 물질에 대한 반응 정도의 변화를 일으키기 때문이라는 알러지성 질병의 가설에 기초한 것이다. 프로바이오틱스와 유아의 아토피 습진의 치료에 대한 첫 번째 성공적인 연구는 10년 전에 이루어졌고, 이후에 유아의 아토피습진의 치료와 예방에 대한 가능성이 있을 수 있다는 첫 번째 임상시험이 진행되었다(Kalliomäki 등, 2001; 2004; 2007). 그 이후 Huurre와 그 동료들(2008)은 LGG 유산균을 포함한 프로바이오틱스를 임신중인 여성에게 급여했을 때, 알러지에 대한 과민성을 줄일 수 있다는 것을 증명하였다.

이 연구들은 장내 미생물 조성의 현저한 차이가 있음을 처음으로 증명하였는데, 특히 *Bifidobacteria*와 *Clostridia* 수의 차이가 나타났다. 이러한 차이는 프로바이오틱의 섭취에 의해 나타나는데, 산모와 유아에게 생후 6개월간 프로바이오틱스를 섭취하도록 함으로써 LGG 유산균을 먹인 유아의 아토피 습진 발병률이 유의적으로 감소하는 결과가 나타났다. 이러한 차이는 4년과 7년의 추적 연구에서도 여전히 관찰되었다. 동물 실험과 타 연구에서도 LGG 유산균이 아토피습진의 발병 위험률을 줄이는데 효과가 있음을 뒷받침하는 결과가 보고되었다(Kukkonen 등, 2008; Viljanen 등, 2005; Sawada 등, 2009). LGG 유산균이 효과가 없다는 Kopp와 그 동료들(2008)의 연구도 있으나 이 연구의 대상자들은 장기간 모유를 섭취(9개월, 4-6개월) 하였으며, 선행연구들과는 다른 장내 균총이 형성되었을 수 있다. 이런 요인들이 실험군과 대조군 모두의 방어력을 증가시켰을 수 있다. 알러지에

대한 관심이 지속적으로 높아지고 있고, 몇 가지 시점과 제품들이 시험을 거치고 있다.

## 비만

비만은 서구사회의 가장 중요한 도전과제 중 하나이다. 현재까지 비만과 과체중의 증가현상에 대한 대응이 충분하지 못했다. 그러나 최근 장내 세균이 숙주의 에너지대사와 체중 관리에 매우 중요한 역할을 수행한다는 것이 밝혀지면서 비만의 예방과 관리의 새로운 표적(novel target)을 제공할 수 있을 것으로 보인다.

몇몇의 연구에서는 체중증가와 비만을 일으킬 수 있는 미생물 구성에 대하여 평가하였다. 대부분의 연구에서는 유아기의 초기 장내 균총에서 *Bifidobacterium*의 구성과 활성의 불균형이 비만을 유발할 수 있다는 것을 확인하였다(Kalliomäki 등, 2008; Collado 등, 2009). 적은 수의 연구만이 체중 증가에 대한 프로바이오틱스의 역할에 초점을 두고 있고, 이 중 *Lactobacillus GG*에 대한 연구는 현재까지는 많지 않다. Luoto와 그 동료들(2010)은 출산 전후의 LGG유산균 섭취가 어린이의 성장패턴과 과체중의 형성에 미치는 영향에 대하여 10년간의 추적조사를 실시하였다. 이 중 맹검 무작위 조사로 총 159명의 여성에게 출산 예정일 4주 전부터 위약 또는 프로바이오틱스(LGG유산균  $1 \times 10^{10}$  CFU)를 섭취하도록 하였고, 실험은 출생 후 6개월까지 연장되었다. 3, 6, 12, 24개월과 4, 7, 10세의 어린이 113명(72%)의 체형을 측정하였는데 그 결과 중 흥미로운 부분은 체중증가와 관리에 있어서 체중이 초과되는 시점이 다음의 두 부분임을 발견하였다는 점이다; 첫 단계는 체중초과가 태아기에서 시작하여 24-48개월까지 지속되는 것이며, 두 번째 단계는 과체중이 24-48개월 이후에 시작되는 것이다. 출산 전후의 LGG 유산균의 섭취는 체중 초과 첫 단계를 조절하는데(특히 이후에 과체중이 되는 어린이들), 이 영향은 4세에 두드러지게 나타난다( $P=0.063$ ). LGG유산균의 섭취가 4세 어린이의 평균 체질량지수(출생시 몸무게가 보정된)를 감소시키는 경향을 보여주었다( $P=0.08$ ). 이는 특정 프로바이오틱스(*Lactobacillus GG*)가 생애 초기 동안의 어린이의 과체중을 억제함으로써 성장패턴을 조절할 수 있다는 첫 번째

연구이다. 이 관찰 결과는 추가적인 연구를 필요로 하는데 초기 성장 패턴과 혼란변수(confounding factors)의 가능성에 대한 정밀한 데이터를 제시할 수 있는 역학조사와 임상시험이 포함되어야 할 것이다. 또 다른 연구에서 Ilmonen과 그 동료들은 여성의 임신기간 동안과 그 후의 체형측정을 통하여 프로바이오틱의 섭취에 따른 효과에 대하여 보고하였다. 이 연구에서 임신 3개월 여성 256명을 무작위로 선정하여 현재의 식이를 개선할 수 있는 영양상담을 받도록 하였고(핀란드 권장량 또는 대조군), 식이 조절그룹은 무작위 이중 맹검법으로 프로바이오틱스 섭취군(*Lactobacillus rhamnosus GG*(ATCC 53103)와 *Bifidobacterium lactis*)과 위약군으로 캡슐을 섭취하도록 하였으며, 대조군은 위약을 섭취하도록 하였다. 이 식이는 모유만 수유하는 6개월 이후까지 진행되었고, 결과를 살펴보면 출산 후 6개월에서 식이조절/프로바이오틱스를 섭취한 그룹이 대조/위약 그룹에 비해 위험(허리둘레 80cm 또는 그 이상)이 감소함을 입증하였다. 식이/위약 그룹은 대조/위약 그룹과 차이가 없었다. 연구자들은 여성의 비만 예방을 위한 식이조절과 프로바이오틱 섭취가 필요한 시점을 허리둘레 80-84cm로 정의하였다. Luoto 등(2010)은 프로바이오틱 처리구 중 특정 프로바이오틱스가 임신성 당뇨의 발생빈도를 줄여준다는 것을 증명하였다.

종합적으로 이 연구결과들은 특정 프로바이오틱스 섭취가 비만과 비만위험도 모두를 줄여 줄 수 있음을 확인하였다(Ilmonen 등, 2010). Aaltonen과 그 동료들(2010)은 동일 인구의 평가에서 유아의 대사 건강에 유익한 영향을 줄 수 있는 특정 프로바이오틱스를 밝혀냈다. 장내 세균총 이상이 잠재적으로 과체중과 비만을 일으킬 수 있다는 지표들이 있으나 특정 프로바이오틱스가 유아의 체중증가와 비만위험을 감소시키는 역할을 할 수 있다는 증거들이 늘어나고 있다.

## 호흡기 감염

호흡기 감염은 위장과 같은 일반 점막 시스템과 연관되어 있다. 게다가 호흡기 감염은 위장관 점막과 비인두 그리고 구강 점막의 방어막에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 스위스의 연구에서는 프로바이오

텍스 섭취에 의한 코의 미생물 균총에 대한 효과의 가능성을 평가하면서 그 이론을 증명하였는데(Gluck와 Gebbers, 2003), 일반 요거트를 섭취한 그룹에 비해 LGG 유산균 음료를 섭취한 그룹에서 코(nasal)의 병원성 미생물의 출현빈도가 유의적으로 감소하는 것을 보고하였다. 특정 프로바이오틱의 섭취가 상기도(upper respiratory tract)의 병원성 미생물을 감소시킬 수 있다고 보고하였는데, 이 결과는 위장과 상기도관의 림프 조직 사이의 관련성이 있음을 입증하는 것이었다.

*In vitro* 효과에 기초한 실험에서 LGG 유산균이 중 이염을 포함한 호흡기 감염에 효과가 있는지에 대한 몇 가지 연구가 시작되었다. Hatakka와 그 동료들(2001)은 탁아소의 건강한 어린이를 대상으로 연구를 수행하였다. 헬싱키에 있는 탁아소들에서 513명의 어린이에게 무작위로 LGG 유산균 또는 위약이 들어있는 우유를 섭취하도록 하였다. 이 연구에서 LGG 유산균이 탁아소환경의 어린이들의 호흡기 감염과 그 심한 정도를 감소시킬 수 있다는 것을 보여주었다. LGG 유산균의 효과가 매우 크지는 않지만 비슷한 연구 내용들이 지속적으로 보고되고 있다.

Rautava 등(2009)은 이중 맹검 무작위 연구에서 특정 프로바이오틱스(*Lactobacillus GG*, *Bifidobacterium lactis Bb12*)의 조합이 유아기의 감염률을 감소시키는 효과에 대하여 보고하였다. 12개월까지 프로바이오틱스 또는 위약이 포함된 조제분유를 섭취시키는 연구에서 저자는 프로바이오틱스가 초기 급성중이염의 위험(결론적으로 항생제를 적게 사용할 수 있는)과 생후 첫해 동안의 호흡기 감염 재발 위험을 낮출 수 있는 안전하고 새로운 방법일 수 있다는 결론을 내렸다.

Hojsack과 그 동료들(2010a)은 폴란드에서 742명

의 입원환아를 대상으로 무작위 이중 맹검 대조 시험을 진행하였다. 대상자들은 무작위로 100 ml의 LGG 유산균이 들어 있는 발효유( $10^9$  CFU)나 LGG 유산균이 함유되어 있지 않은 발효유를 위약으로 섭취하도록 하였다. 위약군에 비하여 프로바이오틱 그룹의 장관감염, 호흡기감염, 설사, 3일 이상 지속되는 호흡기감염 사례 등의 위험이 유의적으로 감소하는 것을 관찰하였다고 보고하였다. 탁아소에 다니는 281명의 어린이에 대한 무작위 이중 맹검 대조 연구 결과 또한 보고되었는데 어린이들은 100 ml의 LGG 유산균이 들어 있는 발효유( $10^9$  CFU) 또는 위약(프로바이오틱이 없는 후 살균 발효유)를 섭취하도록 나뉘어졌다. 프로바이오틱 그룹의 상기도관 감염 위험이 유의적으로 감소하였으며, 3일 이상 지속되는 호흡기관 감염의 위험과 호흡기 증후를 일으키는 기간도 유의적으로 감소하였다고 보고하였다(Hojsack 등, 2010b). 저자는 LGG 유산균 섭취가 탁아 환경의 어린이들의 상기도관 감염 위험을 줄일 수 있는 새로운 방법을 제공할 수 있다는 결론을 내렸다.

결론적으로 *Lactobacillus rhamnosus GG* 유산균은 균종(strain) 자체의 특수성을 갖는 처음으로 과학적으로 분리되고 특성화된 유산균 중 하나이다. 프로바이오틱 분야의 새로운 많은 발전이 있었음에도 이 유산균은 그 독특한 자리를 유지하고 있으며, 임상실험을 통하여 그 건강 효과를 증명할 수 있는 LGG 유산균만의 수많은 특성들을 가지고 있다. 현재 우리는 인간에게 유익한 영향을 미치는 균의 특성을 유전학 정보로 밝혀낼 수 있는데, 이것이 *Lactobacillus GG*와 그 적용에 있어서의 새로운 영역과 목표를 이끌어 내는 길을 열게 될 것이다.