

남극 생활 변화에 따른 마이크로바이옴 변화

Analysis of gut microbiome changes in the
crews at Antarctic research stations



서울대학교

제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “국내 학·연 극지연구진흥프로그램(PAP사업)”에 관한 연구 “남극 생활 변화에 따른 마이크로바이옴 변화” 과제의 최종보고서(남극 생활 변화에 따른 마이크로바이옴 변화)로 제출합니다.



연구기관명 : 서울대학교 산학협력단

연구책임자 : 석영재

참여연구원 : 김연란

“ : 남태욱

“ : 오범조

“ : 민희태

“ : 이승환

요 약 문

I. 제 목

남극 생활 변화에 따른 마이크로바이옴 변화

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 가. 남극 기지 대원들의 한국에서의 일상적인 식이를 포함한 기존 생활 환경으로부터 급격한 기온 변화가 동반된 생체 반응 변화에 따른 장내 미생물 변화 조사
- 나. 다양한 사람들과의 관계가 존재하던 기존의 생활 환경에서 격리된 환경으로의 이전에 따른 정신 건강학적 관점에서의 장내 마이크로바이옴 상관관계 분석
- 다. 한국과 남극에서의 장내 균총 변화에 미치는 영향을 파악하여 향후 월동대원의 건강 향상을 위한 자료로 활용하고, 마이크로바이옴 연구의 미개척 분야인 통제된 환경에서의 개인별 마이크로바이옴 변화 데이터 확보

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 환경 변화에 의한 장내 미생물 변화(세종, 장보고 기지에서의 월동대원 및 하계대원 대상)
- 가. 월동대원: 한국(출국 전) - 남극(1년) - 아라온호(2개월~3개월) - 한국(귀국 후) 기간 동안 1개월 단위로 장내 미생물 변화
 - 나. 하계대원: 한국(출국 전) - 남극(1개월~3개월) - 한국(귀국 후) 기간 동안 1개월 단위로 장내 미생물 변화
- (1) 격리된 환경으로 인한 식이, 음주 및 흡연 등 식습관의 변화에 따른 마이크로바이옴 변화를 분석
 - (2) 계절 변화로 인한 일조량, 온도, 활동량의 변화에 따라 생리 및 장내 미생물의 변화를 비교함으로써 월동 기간 동안 대원들의 건강관리에 관한 자료를 구축
 - (3) 하계 대원 등 새로운 인구가 기지로 유입될 때 필연적으로 수반되는 병원균 등 새로운 미생물의 동반 유입에 따라 군집 내 마이크로바이옴의 변화 분석
 - (4) 격리된 생활에서 오는 정신적 스트레스가 장내 마이크로바이옴의 변화에 미치는 영향 분석

IV. 연구개발결과

남극이라는 특수한 생활 환경에서의 장내 마이크로바이옴 데이터의 선점

V. 연구개발결과의 활용계획

가. 동일한 환경과 통제된 식단에 따른 장내 마이크로바이옴 변화를 파악함으로써 남극 기지 대원들의 건강 증진에 기여할 수 있는 개선안 도출

나. 새로운 외부 인원의 유입 시 이들이 보유한 마이크로바이옴이 전체 대원의 마이크로바이옴 변화에 미칠 수 있는 영향을 파악함으로써 남극기지 운영에 참고 자료로 활용

다. 저온과 격리 환경에서의 생활에 따른 마이크로바이옴 변화를 예측하는 데 활용 가능하다. 중요성이 증대되고 있는 극지 연구 전문 기관으로서의 극지연구소의 국제적 위상 고양



Summary

I. Title

Analysis of gut microbiome changes in the crews at Antarctic research stations

II. Purpose and necessity of research

- a. Investigate changes in gut microbiota in antarctic station crews due to alterations in physiological response following abrupt changes in temperature and ordinary diet from Korea.
- b. Analyze the correlation between gut microbiome and psychological stress induced by moving to isolated environment from an environment with connections to various people
- c. Identify the influencing factors on gut colonies in Korea and Antarctica and utilize the findings for the improvement of health status of winter crews
- d. Establish currently unexplored data on individual microbiome variations in a controlled environment

III. Content and scope of research

Alterations in gut microbiota caused by environmental changes (studying crews residing in Sejong and Jangbogo stations)

- a. winter crew: changes in gut microbiota observed on a bimonthly basis during their stay in Korea (before departure)-Antarctica (1 year) - RV Araon (2-3 months) - Korea (after return)
- b. Summer crew: changes in gut microbiota observed on a monthly basis during their stay in Korea (before departure)-Antarctica (1 - 2 months)-Korea (after return)

Through this research we will

- (1) Analyze changes in microbiome caused by diet, drinking, smoking and etc. in an isolated environment
- (2) Compare variations in gut microbiota caused by changes in the amount of daylight, temperature, and activity level corresponding to seasonal changes
- (3) Analyze alterations in microbiome of the group in the station following the arrival of new population such as summer crews along with their new microbiota or pathogens
- (4) Analyze the effect of psychological stress on gut microbiome caused by living in an isolated environment

IV. Research results

Preoccupy gut microbiome data formed in unique antarctic environment.

V. Utilization plan of research results

- a. Present a proposal to improve the health status of antarctic crews by analyzing the gut microbiome changes caused by controlled diet in the identical environment.
- b. Identify the changes and influences on microbiome in the entire crew due to the arrival of new people and their microbiome for the station's operational reference.
- c. May possibly be applied to predict the microbiome changes caused by low temperature and living in an isolated environment.
- d. Improve international recognition of the research center as a professional polar research institution of significant importance



Contents

Chapter 1. Introduction.....	8
Chapter 2. Current status of domestic and foreign technology development.....	10
Chapter 3. Research performance and results.....	12
Chapter 4. Research achievement and external contribution.....	32
Chapter 5. Utilization plan of research results.....	34
Chapter 6. References.....	36



목 차

제 1 장 서론.....	8
제 2 장 국내외 기술개발 현황.....	10
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과.....	12
제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도.....	32
제 5 장 연구개발결과의 활용계획.....	34
제 6 장 참고문헌.....	36



제 1 장 서론

사람의 마이크로바이옴이 인체 건강과 밀접한 연관성을 가지고 있다는 것이 사실로 받아들여지고 있고, 국내와 국외에서 유전자 분석에 관련한 과학적 기술의 발전과 병행하여 마이크로바이옴에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있음. 다양한 환경, 지역적, 사회적 특성에 따라 생활하는 사람들의 마이크로바이옴 분석 결과가 계속적으로 발표되고 있음. 지난 수년간의 연구로 인체 마이크로바이옴과 숙주인 인간의 유전형이 밀접한 연관을 가지고 있음은 잘 알려져 있으나, 서로 다른 유전형을 가지는 집단이 통제된 환경에서 생활할 때 장내 균총의 변화 양상에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았음. 특히, 최근의 비약적인 연구를 통해 인간의 마이크로바이옴 양상은 신체의 건강 상태를 보여주는 지표가 될 뿐만 아니라 특정 균총을 변화시켜 질병을 예방하거나 치료할 수도 있음이 알려짐. 국가에 대한 책임감으로 고립된 환경에서 1년을 생활해야 하는 남극 월동 대원들을 대상으로 혈액 샘플 등을 거치지 않는 방식으로 시료를 채취, 장내 마이크로바이옴 자료를 확보하여 마이크로바이옴 연구의 미개척 분야에 대한 성과를 확보하고 향후 월동 대원들의 건강을 증진시킬 수 있는 자료로 활용하고자 함.

그동안 음식물의 소화를 도와주거나 영양분을 제공해준다고만 알고 있던 장내 미생물이 인체의 대사, 면역, 신경 등에 영향을 준다는 사실과 이런 장내 미생물의 불균형이 비만, 당뇨, 과민성 대장 증후군(IBS) 등의 질병 발생과 관련이 있다는 연구 결과가 많이 발표되고 있습니다. 장내 환경이 비만, 과민성 대장 증후군 등의 질환에 얼마나 취약한지를 알 수 있고, 미생물 불균형의 지표인 다양성 지수로 내 장내 환경이 어떠한 상태인지를 알 수 있을 뿐만 아니라 건강한 한국인의 균형 잡힌 장내 환경과 내 장내 미생물 구성을 비교하여서도 균형 정도를 알아 볼 수 있습니다. 또한, 유익균과 Dysbiosis (장내 미생물 불균형)를 일으키는 유해균 정보 분석 결과에 따라 장내 미생물 환경을 균형 있는 상태로 유지 및 개선 할 수 있도록 맞춤 식이를 제안하고자 함. 남극이라는 극한으로 통제된 환경에서의 마이크로바이옴 데이터를 얻음으로써 기존의 개인별 건강 척도에서 벗어나 장내 균총을 해석할 수 있음. 이로써 마이크로바이옴 연구에 대한 새로운 기준선을 제시할 수 있을 것으로 기대됨.

현재 시퀀싱 기술의 비약적인 발전과 더불어 다양한 지역, 특이적 환경, 비범한 조건의 인체 마이크로바이옴에 관한 다양한 연구가 수행되고 있고 그에 관한 연구 결과는 대부분 최상위 학술지에 실리고 있는 실정임. 특히, 남극 기후의 통제된 극지 환경 및 일조량의 변화가 큰 환경에서 생활하는 사람들의 장내 마이크로바이옴 연구는 매우 희소성을 가질 수밖에 없음으로 본 연구를 통한 연구 결과는 높은 평가를 기대할 수 있을 것으로 사료됨.

이번 연구를 통해 남극 기지의 환경 및 식이가 장내 균총에 미치는 영향을 알아보하고자 함. 국가에

대한 책임감으로 고립된 환경에서 1년 이상을 생활해야 하는 월동 대원들을 대상으로 생검 등을 거치지 않고 분변 샘플만을 이용해 매우 간단히 시료를 채취해 장내 군총 변화 데이터를 확보하여 유익균과 유해균의 분포와 변화 양상을 분석하고, 이를 토대로 월동 대원들의 장기적인 건강 지침과 질병 조절용 식이 습관을 구축하는 데 중요한 자료가 될 것으로 생각됨.



제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 국내·외 연구 동향 및 기존연구의 문제점

- 가. 유전형이 장내 균총에 끼치는 영향을 알아보기 위해 동일한 유전형을 가진 쌍둥이를 대상으로 생활 습관에 따른 장내 균총 변화에 대한 연구가 진행됨¹⁾. 이에 더 나아가 다양한 쌍둥이를 대상으로 환경에 따른 장내 균총이 변화하는 점을 연구하는 프로젝트들도 등장했으며, 우주인 일란성 쌍둥이조차 개인의 우주 생활에 따라 장내 균총이 바뀐다는 사실이 밝혀지며²⁾ 생활 습관이 마이크로바이옴의 구성에 매우 중요하다는 것이 보고됨.
- 나. 생활 습관 중 개인의 식이 변화가 장내 균총에 끼치는 영향은 현재도 매우 활발하게 연구되고 있음. 종합적으로 어떤 것을 먹는지 얼마나 먹는지에 따라 장내 균총이 변화된다는 것은 많은 보고가 있었으며³⁾, 식이 따른 장내 균총의 변화는 장기적인 식이 변화와 관련이 있는 것이 알려짐⁴⁾.
- 다. 다른 사람들과 그리고 주변 환경과의 접촉을 통해 마이크로바이옴의 변화가 크게 일어난다는 것이 최근 수년간의 연구를 통해 밝혀지고 있음. 특정 집단에 대한 통제 조건을 가지고 마이크로바이옴의 변화에 관한 연구 결과를 도출하고자 하는 노력도 있었음⁵⁾.
- 라. 현대의 서구 식단에 익숙해진 유럽 아이와 과거 농경 사회의 환경과 비슷한 아프리카 시골 아이의 장내 균총을 비교하는 연구⁶⁾ 결과에 따르면, 식단 등의 생활 환경이 장내 미생물 구성에 매우 큰 영향을 끼친다는 것이 밝혀짐. 또한, 동일한 유전형을 가진 쌍둥이를 통해 식이와 자란 환경이 유전형보다 장내 균총에 더 많은 영향을 끼치며 비만과 건강 등 몸의 생리 조절에 큰 역할을 한다는 것이 알려짐⁷⁾.
- 마. 특정 집단 (예, 훈련소에 입소한 훈련병 등)에 대한 통제 조건에서의 균총 변화에 대한 연구 결과가 시도는 되고 있으나 식이 통제 조건이 2~4주로 짧아 정확한 연구 결과를 도출하기 어려운 것으로 보임⁵⁾.
- 바. 식이에 따른 마이크로바이옴의 변화 양상을 보여주는 다수의 연구 결과가 있지만, 대부분의 연구가 정상 식이가 아닌 특정한 식이 성분 (예, 홀그레인 곡물)과 장내 특정 균총의 증감, 혹은 질환 환자군에서 (예, 염증성 장질환) 식이 조절에 따른 균총 개선 효과를 강조하고 있음⁸⁾.
- 사. 기존 연구들의 대부분은 일상생활의 조건에서 제한되고 환경의 미생물 생태계가 일반적인 조건과 매우 다른 사막이나 극지방에서의 장내 균총 변화에 대한 연구는 거의 발견할 수 없음. 따라서 극한 환경과 장기적으로 통제되는 식이로부터 장내 균총이 받는 영향을 과학적으로 입증하기에 현재까지는 매우 어려움.

2. 관련 연구 동향 및 독창성(창의성)

- 가. 남극에서 활동하는 월동대와 같이 서로 다른 유전형을 가진 집단이 제한되고 통제된 환경에서 생활할 때 변화하는 장내 균총 양상에 대한 연구는 거의 시작되지 않음. 훈련소에 입소한 훈련병과 같이 특정 집단에 대한 통제 조건을 가지고 장내 균총의 변화를 관찰하는 연구들이 시도되고 있으나 식이와 환경 통제 기간이 몇 주 정도로 매우 짧아 서서히 변화하는 장내

미생물 특성상 의미 있는 연구 결과를 도출하기 어려운 것으로 사료됨.

- 나. 2014년도에 일본 항공우주 탐험대와 일본 국립 극지연구소의 공동연구로 일본 남극 탐험대 6명을 대상으로 3개월 동안 1달 간격으로 장내 마이크로바이옴 변화를 관찰한 결과가 논문으로 발표된 바 있음⁹⁾. 저온과 극한 환경에서 지내는 동안 대원들의 대변 시료의 미생물 유전자 분석에 따르면 5명의 대원에게서 *Bifidobacterium spp.* 감소가 뚜렷했지만, 복귀 이후에는 원상태로 회복되었고, 정신적 스트레스를 심하게 보였던 한 대원에게서는 *Bacteroides thetaiotaomicron*이 급격하게 사라지는 현상을 관찰하였음.
- 다. 이 경우는 피실험자의 숫자가 너무 적어 일반적인 결론으로 정리하기에는 매우 미흡한 연구였기 때문에 극지연구소 대원들을 대상으로 하는 이번 연구 계획은 매우 의미 있고 보다 빠른 시기에 이루어져야 할 것으로 생각됨.
- 라. 본 연구진의 독창성은 마이크로바이옴의 분석 경험이 풍부한 서울대학교 미생물생리학 연구팀, 고바이로랩의 연구소장, 서울대학교 보라매병원 가정의학과 의사가 한 팀을 이루어 약 1년 6개월에 걸쳐서 남극 기지대원들의 마이크로바이옴을 분석함으로써 남극 기지에서의 생활이 대원들의 장 건강에 미치는 영향을 파악하고자 함. 이러한 연구는 유례가 없는 새로운 시도로 그 결과는 추후 남극기지의 환경개선을 위한 자료로 활용될 것으로 기대됨.



제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

1. 연구 참여 동의서 및 IRB 진행.

가. 참여 연구원 (석영재 교수, 김연란 연구원) 서울대 생명윤리 교육 이수 및 서울대학교 생명윤리 교육 위원회(IRB, Institutional Review Board)에 연구 수행 심사를 신청, 허가를 득함 (2019년 09월 03일)

나. 극지연구소 홍순규 박사를 협력연구원으로 초빙하여 윤리교육을 이수하게 하고 극지연구소에서 하계대원들을 대상으로 연구에 관한 설명과 자발적 참여를 독려하며 계속하여 동의서 확보함.

다. 마이크로바이옴 변화 추적 대상자를 대상으로 한 설명회를 월동대원들을 위한 소양회 시간 동안 가짐 (2019년 10월 18일) : 남극 세종기지, 장보고 기지 월동대원들 대상으로 장내 마이크로바이옴 연구에 관한 기본적인 설명과 협조를 구함. 자발적 참여를 하고자 하는 연구대상들을 대상으로 동의서에 서명(그림 1)을 확보함과 동시에 연구 관련한 기본 설문지에 답변을 구하고 분변 시료 채취 키트 사용 설명서와 출국 전 분변 시료 발송 방법 설명함.

2. 마이크로바이옴 분석과 관련된 정보획득

가. 출국 전 하계 및 월동대원들의 생활습관, 심리상태 파악을 위한 문진 시행 및 데이터 정량화(그림 2, 3)

나. 장보고 기지 2019-20 월동대원 총 18명 중 자발적 연구대상자로서 15명이 동의서에 서명하였고 세종 기지 2019-20 월동대원 총 18명 중 자발적 연구대상자로서 18명이 동의서에 서명하였음.

다. 각 대원들은 모두 남성으로 연령은 20대 후반에서 50대 초반으로 구성되어 있음. 모든 시료나 응답지에 본명 대신 본인들만이 알 수 있는 숫자를 포함하는 별명으로 표기하기로 하고, 장내 마이크로바이옴 분석 결과에 영향을 줄 수 있는 기본적인 식습관에 관한 설문지를 작성하여 응답한 내용을 정리하여 연구대상자들의 성향을 파악하였음. (그림 2, 3)

동 의 서 (연구참여자 보관용)

연구 과제명 : 남극 생활 변화에 따른 마이크로바이옴 변화

연구 책임자명 : 석 영 제 (서울대학교 자연대학 생명과학부 교수)

1. 나는 이 설명서를 읽었으며 담당 연구원과 이에 대하여 의논하였습니다.
 2. 나는 위험과 이득에 관하여 들었으며 나의 질문에 만족할 만한 답변을 얻었습니다.
 3. 나는 이 연구에 참여하는 것에 대하여 자발적으로 동의합니다.
 4. 나는 이 연구에서 얻어진 나에 대한 정보를 현행 법률과 생명윤리위원회 규정이 허용하는 범위 내에서 연구자가 수집하고 처리하는 데 동의합니다.
 5. 나는 담당 연구자나 위임 받은 대리인이 연구를 진행하거나 결과 관리를 하는 경우와 법률이 규정한 국가 기관 및 서울대학교 생명윤리위원회가 실태 조사를 하는 경우에는 비밀로 유지되는 나의 개인 신상 정보를 확인하는 것에 동의합니다.
 6. 나는 언제라도 이 연구의 참여를 철회할 수 있고 이러한 결정이 나에게 어떠한 해도 되지 않을 것이라는 것을 압니다.
 7. 나는 수집되는 자료가 본 연구 이외에 연구책임자 및 다른 연구자의 연구의 목적으로 사용되는 것에 동의합니다.
- 동의함 동의하지 않음
8. 나의 서명은 이 동의서의 사본을 받았다는 것을 뜻하며 나와 동의받는 연구원의 서명이 포함된 사본을 보관하겠습니다.

_____	_____	_____
연구참여자 성명	서 명	날짜 (년/월/일)
_____	_____	_____
동의받는 연구원 성명	서 명	날짜 (년/월/일)

그림 1. IRB 동의서 양식

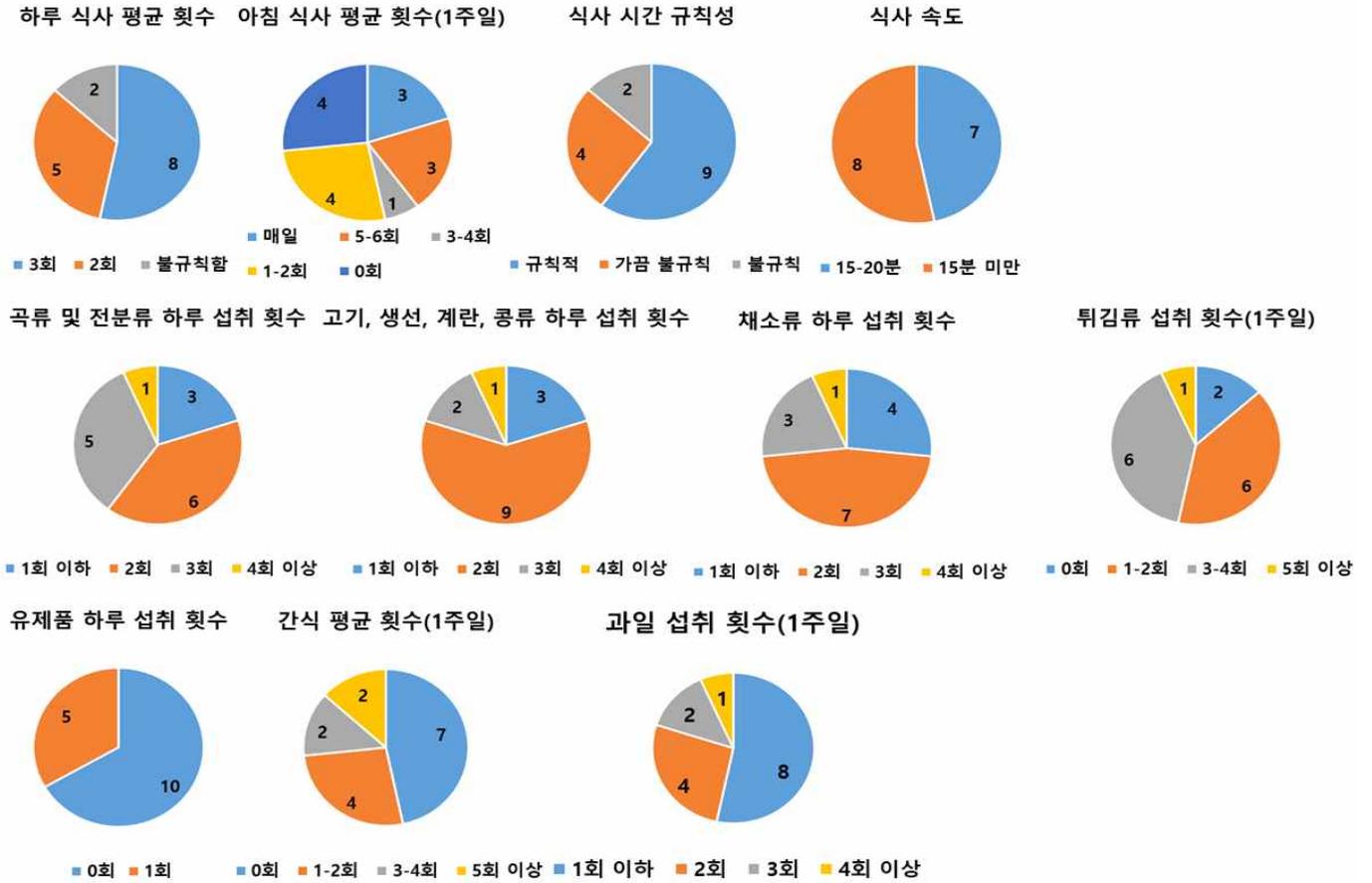


그림 2 세종기지 설문 결과

하루 식사 평균 횟수 아침 식사 평균 횟수(1주일)



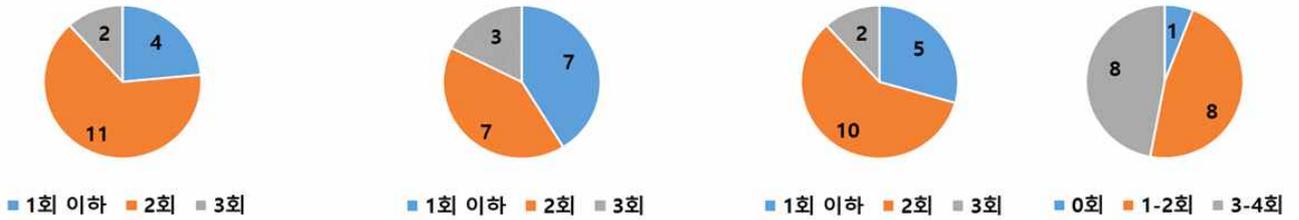
식사 시간 규칙성



식사 속도



곡류 및 전분류 하루 섭취 횟수 고기, 생선, 계란, 콩류 하루 섭취 횟수 채소류 하루 섭취 횟수 튀김류 섭취 횟수(1주일)



유제품 하루 섭취 횟수



과일 섭취 횟수(1주일)



간식 평균 횟수(1주일)

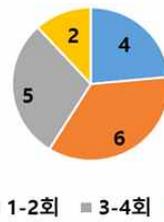


그림 3 장보고기지 설문 결과

3. 출국 전 하계, 월동대원들의 분변 시료 획득

가. 1차 분석 진행 및 결과 개인 결과지 제공(그림 4)

나. 세종기지 및 장보고기지 월동대원들의 입남극 전 채취 시료들을 (주)마크로젠에 의뢰하여 시퀀싱을 완료하였고, 시퀀싱이 완료된 2월부터 현재까지 각 기지 대원 중 기지별로 희망자에게 마이크로바이옴 개인 결과 분석지 제공하였음

다. 2020년 2월 17일 장보고기지 대원들 중 마이크로바이옴 분석 결과지를 요청하신 3분의 희망자를 받아 2월 18일 마이크로바이옴 개인 결과지를 마크로젠에 의뢰하여 2월 19일 각 개인에게 메일 발송하였음.

라. 2020년 6월 24일 세종기지 대원들 중 마이크로바이옴 분석 결과지를 요청하신 14분의 희망자를 받아 6월 26일 마이크로바이옴 개인 결과지를 마크로젠에 의뢰하여 7월 2일 참여자 각 개인에게 메일 발송하였음.

4. 민희태(2019년 12월) & 이승환 연구원(2020년 1월)이 세종기지를 방문하여 직접 기지 주변의 환경 조사를 하고 기지의 식이 섭취 상태, 대원들의 생활을 조사함.

가. 세종기지 및 장보고기지 일반적인 환경 상태 파악

5. 계절 변화에 의한 생리 변화와 장내 미생물 변화(월동대원 대상)

가. 장보고 기지는 경우 극야와 백야(그림 5)가 존재해 개인의 생활 주기에 영향을 줌. 이로 인한 월동대원들의 스트레스와 생활 불균형이 발생해 장내 마이크로바이옴에 영향을 끼칠 수 있음.

나. 장보고 및 세종기지 모두 국내보다 외부의 기온이 현저히 낮음(그림 6). 이로 인해 기지 내에서 생활하더라도 상대적으로 국내에서보다 추위에 노출되는 시간이 길어짐. 이는 개인의 장내 마이크로바이옴에 영향을 끼칠 수 있음.

다. 2020년 남극 대륙은 역대 최고 기온으로 기록적이라고 보고됨. 남극의 여름인 2020년 2월 6일 18.3도라는 새로운 기록으로 남극 대륙의 역대 최고 기록으로 남게 되었다고 함.

나의 장 유형

장내 미생물은 셀 수도 없는 많은 종류로 구성되어 있으며, 이는 개인마다 매우 다릅니다. 이 수많은 미생물이 어떻게 조성되었는지에 따라 나이, 인종, 성별 등과 무관하게 장 유형을 크게 3가지 타입으로 나눌 수 있습니다. 특히, 장 유형은 지금까지 나의 식습관을 짐작할 수 있고, 앞으로 내가 실천해나가야 할 식이요법의 지표가 되기도 합니다. 아래에서 나의 장 유형 결과를 좀 더 자세히 알아보아요?

Type1. 박테로이데스 유형 육식파 사자형

Type1 박테로이데스 유형일 경우 지금까지의 식습관은 지방과 탄수화물의 섭취량은 많은 반면, 채소의 섭취는 부족했을 가능성이 높습니다. 이렇게 섭취한 지방과 탄수화물이 잘 대사되지 않고 지방으로 쌓였다면 이미 건강에 적신호가 켜졌겠죠.

그러나 다행히 박테로이데스 유형의 장에는 탄수화물 대사에 최적화된 미생물이 많습니다. 또한 이들은 에너지 대사를 효율적으로 도와주는 비오틴(비타민B7)을 만드는 효소를 많이 생성하기 때문에 비만할 확률이 적은 편입니다. 따라서 아래의 기본적인 실천 사항을 지켜준다면, 건강한 몸을 유지할 수 있습니다.

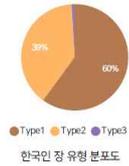


+ 케일, 치커리, 브로콜리, 양배추 중 좋아하는 채소 하나를 선택하여 조금이라도 하루 한 번 섭취해보세요.

- 폭식, 잦은 야식, 과일이나 곡물은 장 건강을 무너뜨리고 만성질환의 위험도를 높여요.

더 알아보기

한국인 장 유형 더 알아보기!



**Type1 박테로이데스 유형
육식파 사자형**
고기형, 저식이섬유 식습관을 가진 분들에게 가장 많이 나타나는 유형입니다.

**Type2 프리보텔라 유형
채식파 기린형**
저지방, 고식이섬유 식습관을 가진 분들에게 가장 많이 나타나는 유형입니다.

**Type3 루미노코쿠스 유형
물먹는 하마형**
Type1과 유사하나, 당분을 잘 흡수하여 쉽게 살이 찌는 유형입니다.

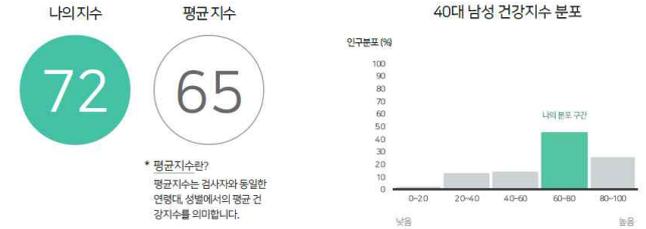
나의 장내 미생물 건강지수

건강지수란?

우리 장내에 살고 있는 미생물들이 얼마나 다양하게 이루어져 있는지를 나타내는 지표입니다. 다양한 종류의 식물들이 고루 분포되어 있을 수록 절대 우월과 같은 건강한 숲이 되듯, 장내 미생물 역시 다양한 종류로 적절한 비율을 유지하는 것이 우리 몸 건강에 중요합니다.

양호

임꺽정님의 건강지수 결과



더 알아보기

건강 지수를 낮추는 영향 인자

- 항생제 오남용
- 감염성 질환 (장염, 식중독 등)

건강 지수를 높이는 영향 인자

- 고 섬유질 식생활
- 규칙적인 운동

건강지수, 어떻게 계산된 겁니까?

- 건강지수는 장내 미생물의 다양성과 균형을 통해 계산된 값입니다.
- 장내 미생물은 단순히 먹고 풍味的 논리로 설명되지 않습니다. 각각의 역할이 정해져 있고, 이들이 적절히 균형을 이루는 것이 중요합니다. 다양한 종류가 적절한 비율로 존재할 때 가장 건강한 환경이 유지됩니다.

☀️ 다양성: 미생물 종의 수가 많을수록 건강 지수가 높아요!

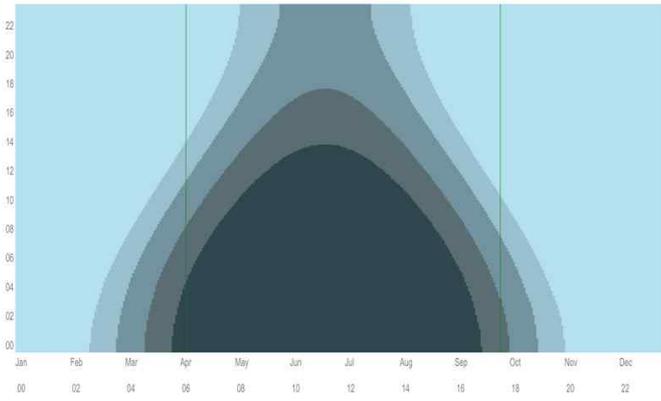


☀️ 균등도: 종을 이루는 개체 수가 균등할수록 건강 지수가 높아요!



그림 4 개인 결과지 예시

Jang Bogo Station – Day length



King Sejong Station – Day length

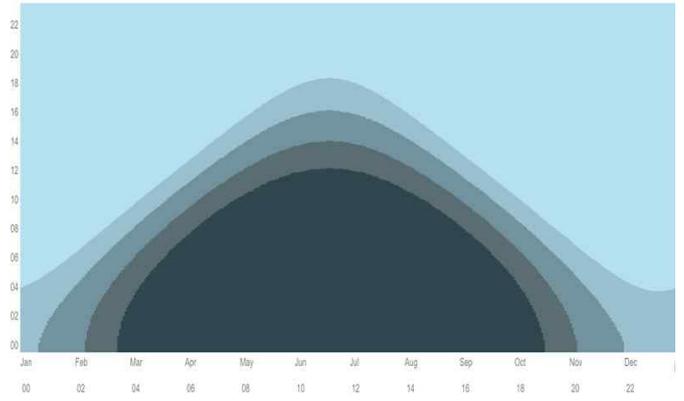


그림 5 장보고, 세종기지 일출 일몰시간



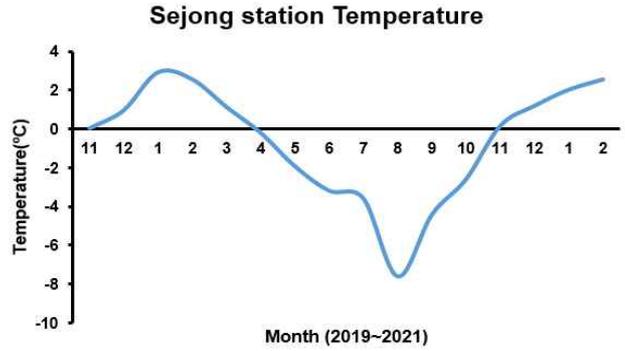
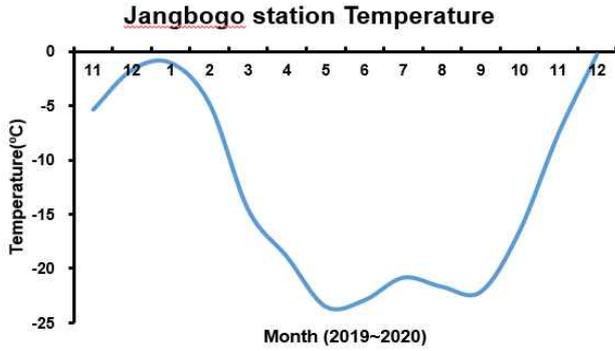


그림 6 장보고, 세종기지 월별 평균기온



6. 세종기지 및 장보고기지 환경, 식이에 따른 장내 미생물 변화

가. 식수 : 기지 주변의 담수를 RO 필터로 정제하여 음용하는 것을 남극 방문 연구원들이 확인함. 원수를 생물 대원이 매일 오염도와 유해균 검사를 진행하여 장내 미생물 생육 환경에 영향을 주지는 않으리라고 판단됨.

나. 주식은 한식이지만 기지에는 신선식품이 부족하고 대부분 냉동식품임, 한국에 체류할 때와 냉동재료로 만들어진 한식을 먹을 때 차이가 있는지 검토함. 각 기지에 온실이 있어 채소류의 재배가 가능함. 장보고 기지에서는 월동연구 기간 동안 주기적으로 온실 재배를 함으로써 신선 채소류를 꾸준히 섭취함. 세종 기지에서는 월동연구 기간의 중반 이후에는 온실 재배를 멈춤으로써 신선 채소류의 섭취가 중단됨. 두 기지의 신선 채소류 섭취의 차이를 비교함으로써 신선 채소류의 섭취가 장내 마이크로바이옴에 끼치는 영향을 알아볼 수 있음.

다. 월동대원: 한국(출국 전) - 남극(1년 동안 1개월마다) - 아라온호(1개월마다) - 한국(귀국 후 1개월) 동안 분변 시료 확보 계획 수립 및 개인별 식이 성향 파악함.

7. Covid 19로 인하여 2020년 남극 기지로의 보급 일정 및 하계대원들의 입남극에 관련한 일정이 불가피하게 취소되어 본 연구의 주요 목적인 남극 고립상태 대원들의 장내 미생물 군집에 미치는 하계 대원들로부터 유입되는 미생물에 의한 영향을 분석해볼 수 없다는 점이 본 연구 진행에 가장 큰 타격이 되었음.

8. 최종 시료 확보 현황 (현재까지의 분석 시료 수: 479) (그림 7)

9. 하계대원들의 장내 마이크로바이옴 분석

가. 출국 1개월 전, 귀국 후 시료 국내에서 택배 운송을 통한 확보 완료.

(극지연에 수거함을 설치하여 확보 완료)

나. 세종기지 하계대원의 기지 내 시료 해상 운반을 통하여 확보 완료.

(이승환 연구원이 연구에 참여하는 하계대원들의 세종기지 내 분변시료를 직접 모아 해상운송을 이용하여 시료를 국내로 보냄)

다. 장보고기지 하계대원의 경우 장보고기지 내 냉동 시료 보관함에 보관 후 아라온호를 통해 배송 및 확보 완료.(2021년 03월 23일)

라. 귀국 후 1개월 후 시료 샘플링이 이루어지지 않은 경우가 많아 유예기간을 주어 추가로 샘플 확보 진행함.

마. 각 분변의 균총을 NGS로 분석하여 개인별, 시기별 마이크로바이옴의 변화 양상에 대한 데이터를 확보함.

기지	유형	인원 수	연구 참여자	최종 참여자*	총 시료 개수
세종	월동대	18	17	16	261
	하계대	-	16	13	59
장보고	월동대	18	15	5	127
	하계대	-	7	6	32

그림 7 최종 시료 확보 현황. *누락된 기간 없이 샘플링을 진행한 참여자



10. 월동대원들의 장내 마이크로바이옴 확보 및 분석

가. 출발 1개월 전 택배 배송을 통한 시료 확보함.

나. 월동 기간 매달 분변 시료 채취 후 기지 내 냉동보관 및 아라온호 냉동 컨테이너를 통해 국내 운반함.

다. 귀국 일정 중 아라온호에서 매달 시료 채취 및 냉동보관

라. 아라온호를 통해 장보고, 세종 월동대 기지 내, 아라온호에서의 시료 확보 완료. (2021년 03월 23일)

마. 마크로젠을 통해 NGS 분석 진행(2021년 3월 29일)을 통해 월동대 개인별, 시기별 마이크로바이옴 변화에 대한 데이터를 확보함.

11. 시료 분석 진행은 연구 참여자들로부터 받은 분변 채취 키트 수령 후 샘플의 quality check를 위하여 분석을 요청하기 전 해당 kit로부터 일부 샘플을 분리함. Qiagen soil DNA extraction kit를 사용하여 DNA를 추출한 후, 장내 분포하는 균들을 대상으로 특정 세균들을 구별하는 특이적 염기 서열을 타겟으로 하는 primer를 개별로 제작하여 PCR 반응을 통해 각 샘플에 존재하는 균들의 특이사항을 확인함. 이후 마크로젠을 통해 분석한 NGS sequencing 결과와 비교하여 샘플의 quality를 확인하였음.

12. 장보고 세종 기지의 월동, 하계 대원들의 시료 간의 다양성 비교 분석(Beta-diversity)를 unweighted unifrac rarefied, weighted unifrac rarefied 분석을 통해 비교함.

가. 두 기지 하계대원의 시료들은 출국 전, 기지 내, 귀국 후 대부분의 경우 개인의 시료들의 유사도는 매우 높았으나 SH-03,15의 경우 기지 내에서 장내 유형이 바뀌는 경우가 나타남, 확인 결과 기지 내에서 새로운 영양제 섭취 혹은 기존의 질병의 정도 변화가 있었다는 것을 확인함. (그림 8)

나. 두 기지 월동대원의 시료들을 기지별로 비교한 결과 출국 전과 비교하면 출국 후 변화가 나타났다는 것을 unweighted unifrac rarefied 분석 결과를 통해 확인할 수 있음. 이후 기지 내에서 진행한 개인의 시료들은 유사도가 매우 높지만, 대원 간 유사도의 변화는 크게 확인할 수 없었음. (그림 9,10)

13. 장보고 세종 기지의 월동, 하계 대원들의 시료 내의 다양성을 비교 분석(alpha-diversity)를 Shannon index 값을 통해 기지, 월별, 개인별 비교 분석을 진행함

가. 장보고, 세종 기지의 월동 대원들의 시료의 경우 기존 출국 전 시료(pre)보다 기지 내의 시료(in)에서 Shannon index의 값이 증가하는 것을 확인할 수 있음. 이는 시료 내의 다양성이 전체적으로 증가했다는 것을 확인할 수 있음. 이러한 변화가 기지 내로 들어가서 진행한 첫 번째 시료부터 증가한 것을 월별로 분석한 값을 통해 확인할 수 있음. 또한 개인별로 분류한 결과 그래프를 통해 대부분의 참여자 개인의 Shannon index의 값이 기지내에서 증가했다는 것을 확인할 수 있음. (그림 11)

나. 장보고, 세종 기지의 하계 대원들의 시료의 경우 shannon index의 값이 출국 전 시료(pre), 기지 내(in), 귀국 후(post)의 시료 모두 큰 차이가 없는 것을 확인할 수 있음 이를 통해 월동대원과 달리 하계대원의 다양성의 변화는 크게 나타나지 않은 것을 확인할 수 있음. (그림 12)



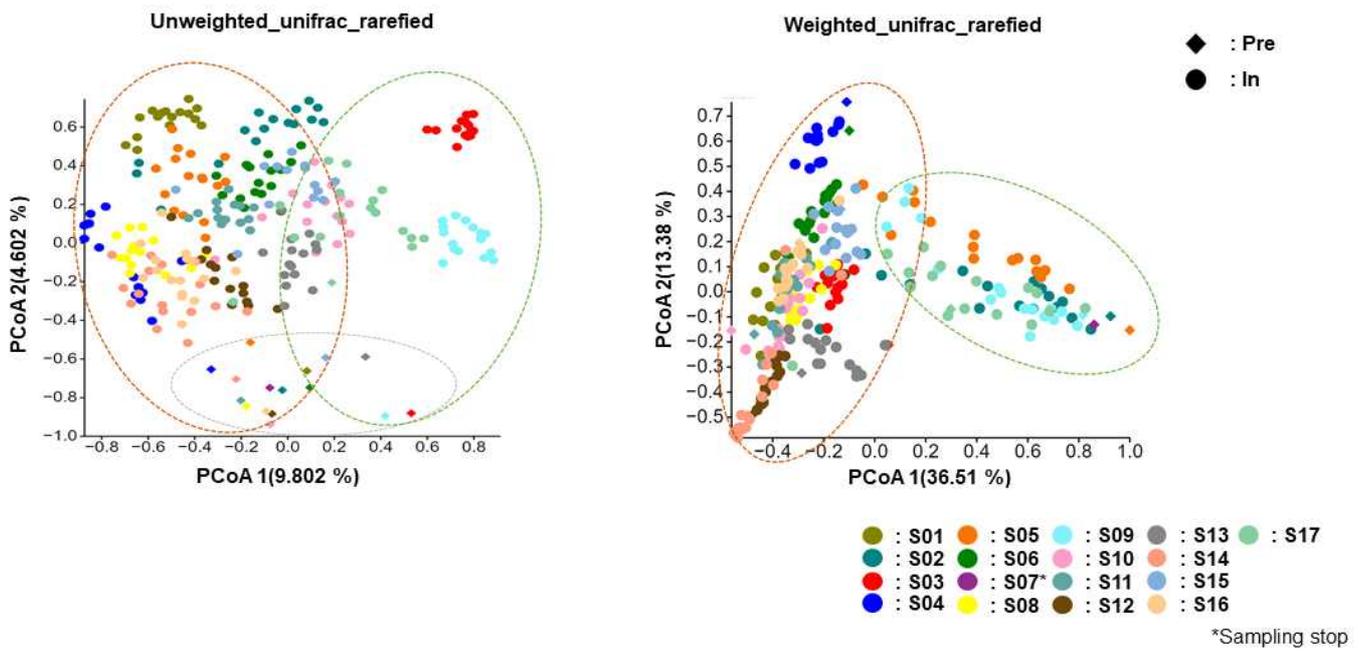


그림 8 세종기지 월동 대원들간의 마이크로바이옴 변화 양상 비교



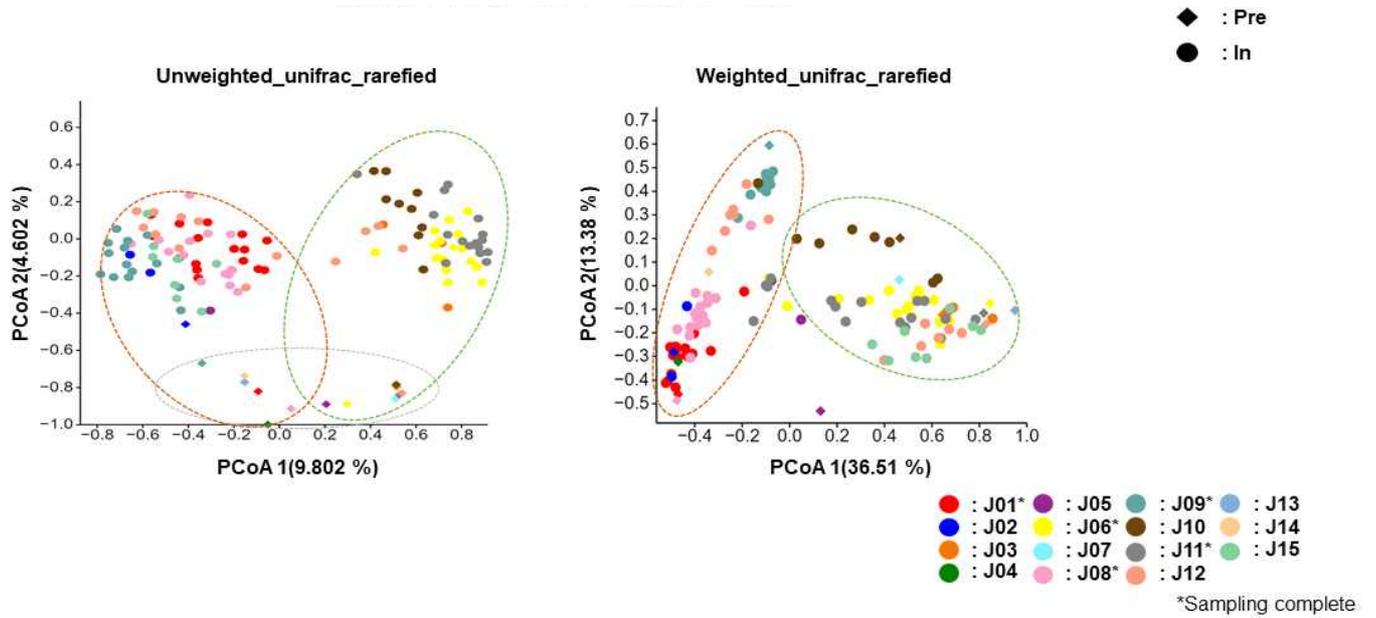
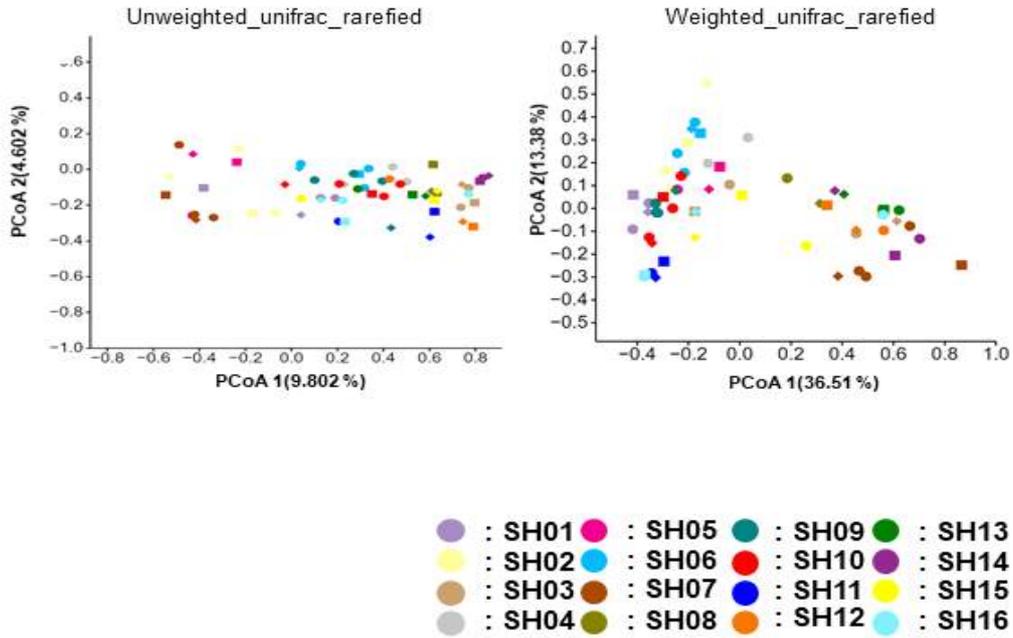


그림 9 장보고기지 월동 대원들간의 마이크로바이옴 변화 양상 비교

극지연구소

Sejong



Jangbogo

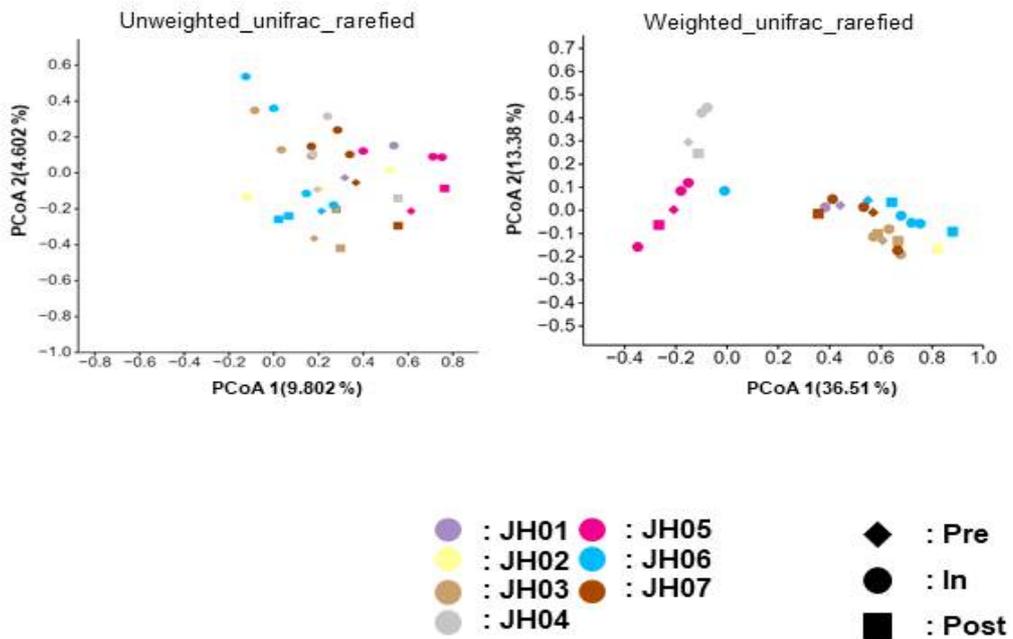


그림 10 세종 및 장보고기지 하계 대원들간의 마이크로바이옴 변화 양상 비교

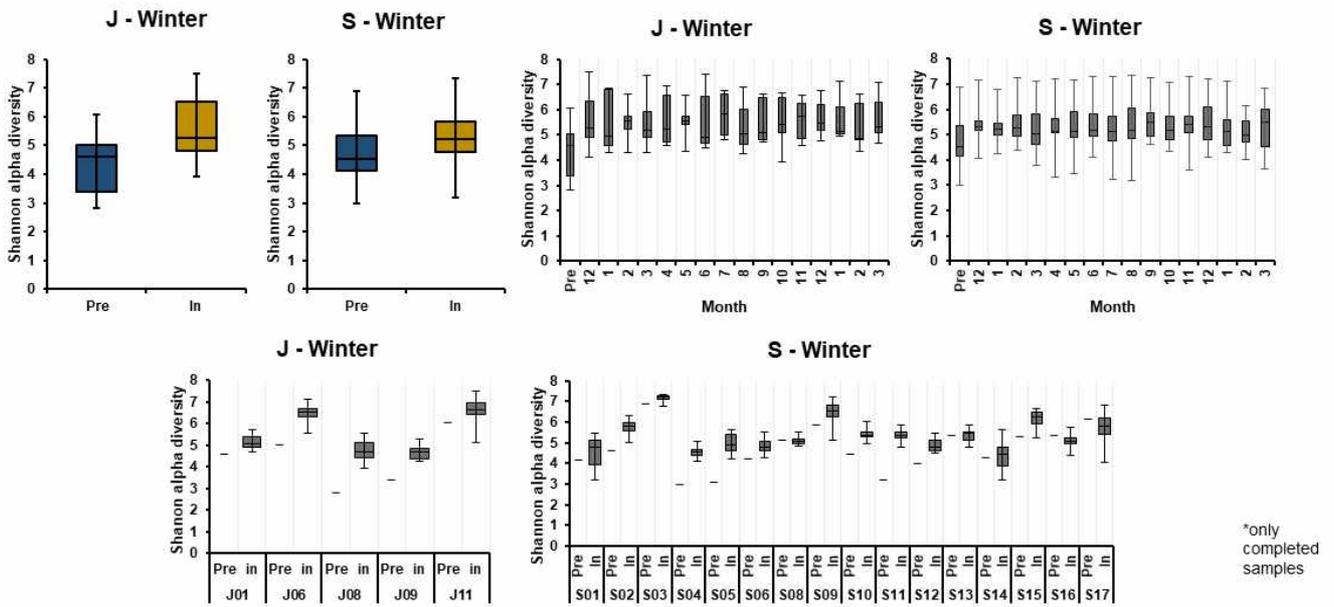


그림 11 세종 및 장보고 월동 대원들의 개인별&시기별 마이크로바이옴 변화 양상

극지연구소

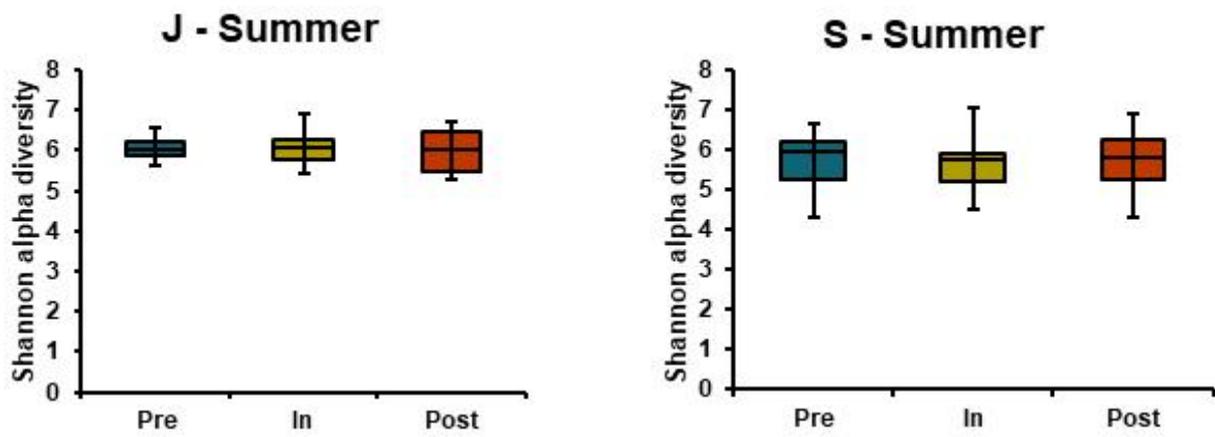


그림 12 세종 및 장보고 하계 대원들의 시기별 마이크로바이옴 변화 양상

극지연구소

14. 월동 기간에 따른 개인의 마이크로바이옴 변화 양상 분석 결과에 대한 개인 결과지 발송 (그림 13)

가. 균총이 많이 변하거나 유해균이 많이 나온 시기에 대해서 개인 질의 예정(심리적인 변화 혹은 약물 섭취 등등)

나. 심층면접 진행시 개인 의료정보 관리에 각별한 유의를 기하였고, 설문조사와 프로그램에 참여에 따른 혜택을 잘 설명할 예정임. 심층면접을 통해 비교적 뚜렷한 마이크로바이옴 변화를 겪은 시기에 대한 배경을 질의할 것임. 또한, 극지연구소 관계자에게 동반 참여를 요청하여 적극 협조를 구할 예정임.

15. 월동대원들의 귀국 후 마이크로바이옴 확보 및 분석

국내 택배 배송을 통한 시료 확보현황 2021.08.22. 기준: 세종기지 최종 참여자 17명 중 6명 시료 확보, 장보고 최종 참여자 5명 중 2명 시료 확보.

16. MSK2021 한국미생물학회 포스터 (그림 14) 발표

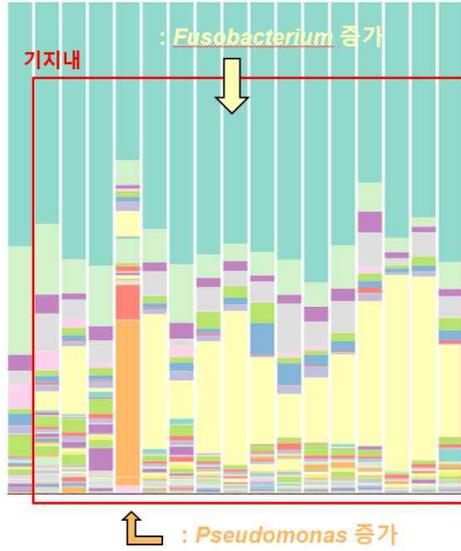
일시 및 장소: 2021. 08. 25-27, 창원컨벤션센터

저자: 이승환, 민희태, 남태욱, 홍순규, 오범조, 조용준, 김주형, 김연란, 석영재

제목: Gut microbiome changes in Korean Antarctic Wintering-over personnel.

초록: It is well known that the gut microbiome is related to health conditions of the host. In addition, it is affected by the diet, age, and environmental conditions. During the summer mission period, the new summer crews stay with the existing crews at each station, suggesting a possibility that induces the gut microbial changes in all of the crews. On the other hands, during the long winter mission period, the winter crews at the South Korean Antarctic research stations, King Sejong and Jang Bogo, live in polar conditions after being isolated from their original living conditions. They live without any external contact during the winter season. This environmental change induces their gut microbiome composition dramatically, which would affect the health of the winter crews. During the summer season, many visiting scientists stay with the station crews, suggesting a possibility that induces the gut microbial changes in all of the crews. In this study, we conducted monthly fecal sampling of all crews before, during and after winter mission. To investigate the gut microbial changes, we analyze 16S rRNA gene amplicons by computational comparative analysis. The results from this study suggests that the composition of the winter crews is altered and the alpha diversity of them increases during the mission. Due to the lack of gut microbiome studies based on isolated people for a long period, this study will suggest the impact of isolated or polar environments on human gut microbiome.

Genus level 미생물 분석



Pseudomonas

- 병원성 균으로 알려져 있음. 피, 폐, 피부, 눈, 대장 등에서 감염을 일으킬 수 있음. H C Neu, et al. (1983), J Antimicrob Chemother

유해

Fusobacterium

- 구강세균으로 대장암 및 궤양성 대장염 환자의 장에서 높은 비율이 관찰되었음. Andrew T. Kunzmann, (2019), Eur J Clin Microbiol Infect Dis.

유해

해당되는 시기에서 심리적인 변화와 음식의 변화 혹은 약물 복용 등을 알려주시면 감사하겠습니다.

그림 13 개인 결과지 예시

극지연구소

Gut Microbiome Changes in Korea Antarctic Wintering-over Personnel



Seung Hwan Lee¹, Huitae Min¹, Tae-Wook Nam², Soon Gyu Hong³, Bumjo Oh⁴, Yong-Joon Cho¹, Joo hyeong Kim⁵, Yeon-Ran Kim¹, and Yeong-Jae Seok^{1*}

¹School of Biological Sciences and Institute of Microbiology, Seoul National University, ²KoBioLabs, Inc., ³Division of Polar Life Sciences, Korea Polar Research Institute, ⁴Department of Family Medicine, SMG-SNU Boramae Medical Center, ⁵Gachon University Gill Hospital, Incheon, Korea



Abstract

It is well known that the gut microbiome is related to the health conditions of the host. In addition, it is affected by diet, age, and environmental conditions. During the summer mission period, the new summer crews stay with the existing crews at each station, suggesting a possibility that induces gut microbial changes in all of the crews. On the other hands, during the long winter mission period, the winter crews at the South Korean Antarctic research stations, King Sejong and Jang Bogo, live in polar conditions after being isolated from their original living conditions. They live without any external contact during the winter season. This environmental change may induce their gut microbiome composition dramatically, which would affect the health of the winter crews. During the summer season, many visiting scientists stay with the station crews, suggesting a possibility of gut microbial changes in all of the crews. In this study, we conducted monthly fecal sampling of all crews before, during and after the winter mission. To investigate the gut microbial changes, we analyze 16S rRNA gene amplicons by computational comparative analysis. The results from this study showed that the composition in microbiome of the winter crews changed and the alpha diversity of them increased during the mission. Due to the lack of gut microbiome studies based on isolated people for a long period, this study will suggest the impact of isolated or polar environments on the human gut microbiome.

Contents

Fecal sample collection according to the mission

To determine the effects of the changes to the antarctic environment on the individual microbiome, we conducted fecal sampling according to the schedule in Fig. 1. Summer and winter crew members lived together for about three months during the summer mission in the base, but during the winter months, winter crews lived without any external contact during the winter season.

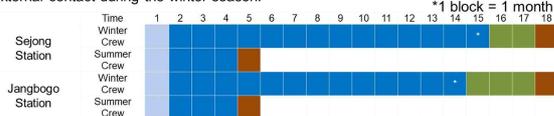


Figure 1. Study experimental design. Diagram depicting the winter crew's sampling schedule during the study. The Sejong and Jang Bogo members conducted monthly fecal sampling before, during the base and the return ship and after the winter mission. The sky blue blocks represent the sample before departure, the blue blocks represent the base, the green blocks represent the ship returning home, and the brown blocks represent the sample after returning home. Asterisk represents the influx of new members into the base.

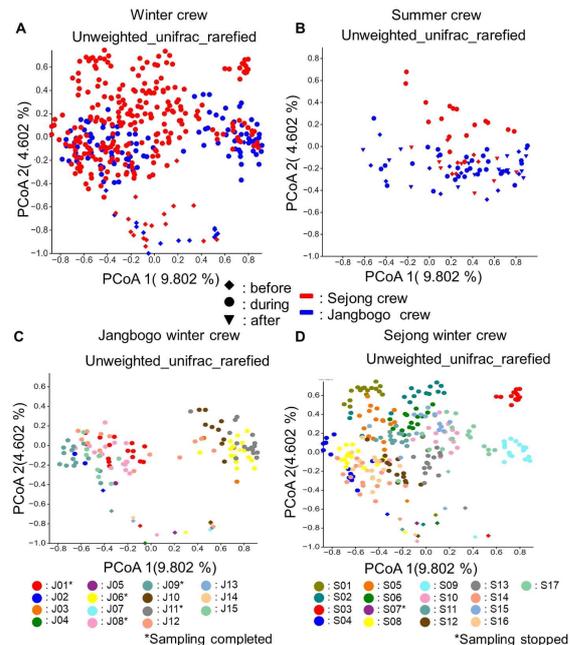


Figure 2. Principal coordinate plots of rarefied unweighted unifrac diversity distance across all samples collected in the study. Winter crew sampled before and during the mission. Summer crews sampled before, during and, after the mission. (A) Winter crews, (B) Summer crews samples colored by station and shaped by sample type. (C) Jangbogo winter crews, (D) Sejong winter crews samples colored by crews and shaped by sample type.

Principal coordinate plots of rarefied unweighted unifrac diversity distances across all samples

As a result of analyzing the characteristics of the entire spatial pattern of microbial cluster composition by PCoA, the winter crew gut microbiome was changed before and during the mission (Fig. 2A). However, the summer crew gut microbiome was rarely changed during, after, or before the mission (Fig. 2B). Comparing Winter Crew's samples by base and individual, both winter crew at Sejong and Jangbogo station show less changes in the gut microbiome during the mission compared to those before the mission (Fig 2C,D).

Changes in alpha diversity of intestinal microbiome due to the environment change caused by Antarctic station mission.

Using Shannon index, the alpha diversities of winter crew were compared. As a result, Winter Crew's Alpha University has increased on base compared to before departure (Fig. 3A). On the other hand, the summer crew alpha diversities show little change in alpha diversity before, during and after the mission (Fig. 3B)

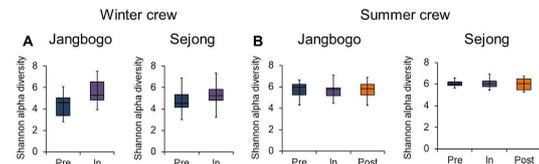
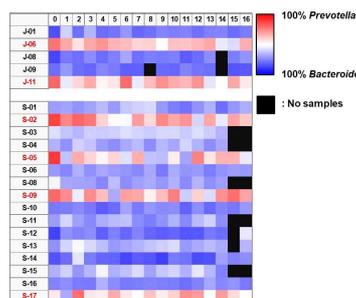


Figure 3. Changes in alpha diversity of the winter and summer crews microbiome. Boxplots representing changes in Shannon alpha diversity. Winter crew sampled before (Pre) and during (In) the mission. Summer crews sampled before (Pre), during (In) and, after (Post) the mission.

Analysis of enterotype changes according to the ratio of Bacteroids to Prevotella



Bacteroids and *Prevotella* are known to represent enterotypes because different bacteria exist as intestinal dominant bacteria depending on an individual's diet. To identify the change in the enterotype of these individuals, the proportion of *Prevotella* and *Bacteroids* in the gut microbiome was determined by sample. In the case of J-08, J-11, S-02, S-09, and S-17 were seen to change in the mission, but in the case of most winter crew, this change did not occur.

Figure 4. To see the change in Enterotype, the proportion of *Prevotella* in one sample minus the proportion of *Bacteroids* is expressed in color. One block means one sample and the number means the sampling order. Only winter crews that have been sampled are sorted out. J stands for jangbogo winter crew and S stands for sejong winter crew.

References

David, L., Maurice, C., Carmody, R. et al. Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. *Nature* 505, 559-563 (2014).
 Turnbaugh, P. J., Ridaura, V. K., Faith, J. J., Rey, F. E., Knight, R., and Gordon, J. I. The effect of diet on the human gut microbiome: a metagenomic analysis in humanized gnotobiotic mice. *Sci. Transl. Med.*, 1(6), 6ra14 (2009).
 A.J. Johnson, P. Yangay, G.A. Al-Ghalith, B.M. Hillmann, T.L. Ward, R.R. Shields-Cutter, et al Daily sampling reveals personalized diet-microbiome associations in humans. *Cell Host Microbe*, 25, pp. 789-802, e5 (2019).
 Johnson, J.S., Spakowicz, D.J., Hong, B. et al. Evaluation of 16S rRNA gene sequencing for species and strain-level microbiome analysis. *Nat Commun* 10, 5029 (2019).
 Voornhis, A.A., Mark Ott, C., Mehta, S. et al. Study of the impact of long-duration space missions at the International Space Station on the astronaut microbiome. *Sci Rep* 9, 9911 (2019).
 Urbaniak, C. et al. The influence of spaceflight on the astronaut salivary microbiome and the search for a microbiome biomarker for viral reactivation. *Microbiome* 20, 8 (2020).
 Mehta, R.S. et al. Stability of the human faecal microbiome in a cohort of adult men. *Nat Microbiol* 3, 3 (2018).

제 4장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

1. 목표달성도

구 분	%	성취도 판단			특기사항 (우수성 또는 부진사유 등)
		부진	정상	우수	
참여대원 IRB 동의서 작성, 출국 전 마이크로바이옴 확보 (2019년)	100			✓	
하계대원들의 장내 마이크로바이옴 확보 및 데이터 분석 (2020년)	90			✓	코로나19로 인한 2020년 하계대원 부재
월동대원 장내 마이크로바이옴 확보 및 데이터 분석	90			✓	장보고 기지 월동대원 다수 중도 포기
최종목표 대비 달성도	90		✓		월동대원들의 귀국 후 마이크로바이옴 시료 수거 및 분석 예정

2. 정성적 성과

가. 2019년도 정성적 성과

연구개발목표	달성내용	달성도	증빙자료 설명/제출 (필요시)
참여 대원 IRB 동의서 작성 및 설문조사	세종&장보고 기지의 월동&하계대원들 IRB 동의서 및 설문조사 -개인별 IRB 동의서 확보 -개인별 성향 파악 설문 확보	100 %	그림 1
참여 대원의 출국 전 마이크로바이옴 샘플 확보	참여 대원들의 출국 전 샘플 확보 -연구실 내 냉장보관	100 %	

나. 2020년도 정성적 성과

연구개발목표	달성내용	달성도	증빙자료 설명/제출 (필요시)
월동대원들의 장내 마이크로바이옴 샘플 확보 및 출발 전 샘플 분석	세종기지 및 장보고기지의 월동대원들의 샘플 확보 및 출발 전 샘플 분석 - 기지 내 샘플 보관함에 샘플 보관 - 월동 기간 동안 샘플 아라운호 배송	100 %	
하계대원들의 장내 마이크로바이옴 샘플 확보 및 분석	세종기지 하계대원들 샘플 확보 및 분석 - 하계대원 중 지원자 샘플 분석 - 입납극 전, 입납극, 출납극 샘플 분석	90 %	

다. 2021년도 정성적 성과

연구개발목표	달성내용	달성도	증빙자료 설명/제출 (필요시)
월동대원들의 월동기간 마이크로바이옴 샘플 분석	월동기간 샘플들을 분석 후 결과 도출 -아라운호를 통해 샘플들을 한국으로 운반	100 %	
월동대원들의 귀국 후 마이크로바이옴 샘플 확보	월동대원들의 귀국 후 마이크로 샘플 확보 -미 확보 대원들은 추후 확보 예정	90 %	
참여 월동대원들의 개인 결과지 발송	참여 월동대원들의 참여 전체 기간에 대한 마이크로바이옴 분석 결과지 발송	100 %	그림4

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

1. 활용방안

가. 월동대원들의 경우 통제된 환경에서 개인에 따라 선호의 차이는 있으나 기본적으로 모두 동일한 식단을 통하여 영양분을 섭취하게 됨. 현재 많은 연구에서 특정한 식이에 따라 사람의 장내 마이크로바이옴에 변화가 나타난다는 것을 보여주는 다수의 연구 결과가 있음. 또한, 최근의 연구는 장내 마이크로바이옴은 인체의 건강 상태를 보여주는 지표가 될 수 있으며 특정 균총의 변화를 통해 질병의 예방과 치료를 할 수 있다고 알려진바 대원들의 건강 상태를 예측 가능함.

나. 한정된 공간과 남극이라는 극한의 환경에 노출된 월동대원들의 장내 마이크로바이옴의 구성에는 식단이 절대적인 역할을 한다는 것을 의미하는데, 이 때문에 이들의 장내 마이크로바이옴의 변화 분석은 장내에 존재하는 많은 유익균과 유해균의 변화를 볼 수 있으며, 이러한 변화 분석은 월동 대원들의 식단 구성의 변화를 통하여 장기간 고립된 공간에서 생활해야 하는 대원들의 건강 증진을 이끌어 낼 수 있음.

다. 극지 연구에 있어 가장 큰 환경 요인인 추위는 사람의 생리 활동에 많은 영향을 줌. 이러한 생리 변화는 사람의 장내 마이크로바이옴에도 영향을 줄 것임. 이와 관련한 이전 연구에서 cold stress를 준 쥐의 마이크로바이옴이 어떻게 변화하고 개체에 영향을 끼치는가에 대해 연구되어 있음. 남극이라는 극저온의 환경에 지속해서 노출되는 월동대원들 또한 cold stress를 준 쥐와 같이 장내 마이크로바이옴의 변화가 나타날 것이며 이는 월동대원들의 건강에 직접적인 영향을 끼치리라 생각할 수 있음. 이를 발전 시켜 변화한 마이크로바이옴의 특징과 과정을 분석함으로써 앞선 쥐에서의 연구와 같이 변화된 마이크로바이옴이 host인 인간의 cold stress에 어떻게 반응하도록 유도되는지에 대해 연구할 수 있을 것임.

라. 한국을 비롯한 일반적인 도시들과 다르게 남극은 극단적으로 시기에 따라 일조량이 변함. 이와 관련해 조사 결과, 해가 거의 뜨지 않는 시기에는 몇몇 장보고 및 세종기지 대원들의 수면의 질이 나빠진다는 보고가 있었음. 이번 연구를 통해 일조량과 마이크로바이옴, 그리고 수면 및 심리적인 변화의 연관관계를 볼 수 있으며, 대원들의 수면향상의 기회를 이끌어낼 수 있음.

마. 인간 대상으로 한정적인 환경에서 마이크로바이옴 연구는 거의 진행되지 않음. 귀국 후 시료들이 모두 모이면 이번 연구를 통해 SCI급 논문 한 편을 출간할 예정임. 이로써 연구에 참여한 연구원들을 장내 세균 전문가로 양성할 계획임. 또한, 본 연구는 극지 활동 뿐만 아니라 우주여행 및 장기거주에도 큰 도움이 될만한 건강관리 프로그램 제작에 사용될 것임.

2. 기대효과

- 가. 남극 월동대라는 통제된 조건에서 생활하는 개인에 대한 마이크로바이옴 연구로 미개척 연구 분야에 대한 높은 학술적 성과를 기대할 수 있음.
- 나. 기존의 개인별 건강 검진의 척도에서 벗어나 장내 균총의 변화 관찰로 식이 등 생활 환경이 집단의 건강에 미치는 영향을 확인할 수 있음.
- 다. 남극 기지 대원들의 건강 증진을 위한 방안 (주요 식단의 제안 등)을 변화된 균총에 대한 세균 생리학적 분석을 통해 제시할 수 있음.
- 라. 해당 분야 학문발전의 기여효과 : 현재까지 통제된 집단에서 특정한 환경에 따라 변화하는 사람의 장내 마이크로바이옴의 변화에 대한 연구는 많이 시도되고 있지만, 유전적 특성이 다른 집단의 장내 마이크로바이옴의 변화 연구에 대해서는 진행된 부분이 없음. 이번 연구는 이러한 새로운 미개척 연구 분야 개발을 통하여 사람의 장내 마이크로바이옴 개선에 관한 연구를 촉진할 수 있을 것임.
- 마. 추위에 장기간 주기적으로 노출되는 경우 발생하는 사람의 장내 마이크로바이옴 변화 연구는 현재까지 알려진 바가 없음. 이전 다른 연구에서 쥐에 cold stress를 주었을 경우 발생하는 마이크로바이옴의 변화와 이러한 변화가 host에 끼치는 영향이 크다는 것을 발견함. 인체의 경우 또한 추위로 인한 마이크로바이옴의 변화가 발생 가능하며 이러한 변화가 인체 생리 기능에 어떤 영향을 끼치는지 연구함으로써 우리는 식이 이외의 환경 요인과 장내 마이크로바이옴의 관련성 및 중요성에 대해 새로운 정보를 얻을 수 있을 것임.
- 바. 산업 발전에의 기여도 등 국가 경제에 미치는 효과 : 현재 많은 연구들을 통해 장내의 마이크로바이옴이 사람의 질병에 많은 영향을 끼치고 있음이 밝혀짐. 즉 마이크로바이옴의 연구는 앞으로 우리의 건강에 직결된 중요한 부분이라는 것임. 이번 연구를 통하여 이전까지 진행되지 않았던 통제된 특별한 환경에서의 사람의 장내 마이크로바이옴 변화 분석은 이러한 마이크로바이옴 분야에 있어 우리나라가 한 걸음 더 앞서 나갈 수 있는 계기가 될 수 있을 것임.
- 사. 본 연구의 결과와 귀국 후 시료 최종 분석 결과를 통해, 대원별 장내유형을 파악하여 월동시기의 적절한 프로바이오틱스 및 프리바이오틱스를 추천할 수 있을 것으로 예상됨. 더욱이 월동을 여러번 진행하는 대원들의 경우 효과가 더욱 빛날 것으로 예상됨.

제 6 장 참고문헌

- 1) MY Lim et al. (2016) Analysis of the association between host genetics, smoking, and sputum microbiota in healthy humans. *Sci Rep.* 31;6:23745.
- 2) FE Garrett-Bakelman et al. (2019) The NASA Twins Study: A multidimensional analysis of a year-long human spaceflight. *Science*, 12;364(6436).
- 3) N Zmora et al. (2019) You are what you eat: diet, health and the gut microbiota. *Nature*, 16(1):35-56.
- 4) Gary D. Wu et al. (2011) Linking long-term dietary patterns with gut microbial enterotypes. *Science*. 7;334(6052):105-8.
- 5) Shin, 2018년 한국미생물학회 춘계국제학술대회
- 6) C De Filippo et al. (2010) Impact of diet in shaping gut microbiota revealed by a comparative study in children from Europe and rural Africa. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 107 (33) 14691-14696.
- 7) S Lee et al et al. (2011) Comparison of the gut microbiotas of healthy adult twins living in South Korea and the United States. *Appl Environ Microbiol.*77(20):7433-7.
- 8) VH Telle-Hansen et al. (2018) Impact of a Healthy Dietary Pattern on Gut Microbiota and Systemic Inflammation in Humans. *Nutrients.* 10(11):1783.
- 9) JS Jin et al. (2014) Alteration of a human intestinal microbiota under extreme life environment in the Antarctica. *Biol. Pharm. Bull.* 37(12):1899-9062014.