

음용수에서 검출된 총대장균군(Total Coliforms)의 균 동정 및 분포 조사연구

임효상[†] · 김효진 · 장은화 · 한상민 · 이경심
수질보전과

Study on Distribution and Identification of Total Coliforms Isolated from Drinking Water

Hyo-sang Lim[†], Hyo-Jin Kim, Eun-Hwa Jang, Sang-Min Han and Kyung-Sim Lee
Water Conservation Division

Abstract

A total of 157 coliform bacteria isolated from springwater and groundwater, submitted to Busan Metropolitan City and Institute of Health & Environment from June to July in 2008, were investigated identification and antibiotic resistance pattern. Twenty two known to species, 28 isolates (17.8%) were *E. coli*, 27 isolates (17.2%) were *Citrobacter freundii*, 24 isolates (15.3%) were *Klebsiella pneumoniae*, 11 isolates (7.0%) were *Raoutella planticola*, 10 isolates (6.4%) were *Klebsiella oxytoca*, 5 isolates (3.2%) were *Enterobacter aerogenes*, 4 isolates (2.5%) were *Enterobacter cloacae*, *Kluyvera cryocercens* 3 isolates (2.5%) were *Citrobacter braakii*, *Serratia liquefaciens*, *Serratia marcescens*, *Buttiauxella agrestis*, *Pseudomonas aeruginosa* and 1 isolates (0.6%) were other bacterial species. As results of antibiotic resistance test, Most of species were resistant to ampicillin, ticarcilina in penicillin, to cefazolin, cephalothrin in cephalosporin, all species were susceptible to gentamicin, amikacin, cefepime, ciprofloxacin, imipenem, chloramphenicol.

Key Words : Coliform bacteria, Springwater, Groundwater, Antibiotic resistance

서 론

인간이 건강한 삶을 영위해 나가기 위해서 가장 중요한 환경중의 하나는 깨끗한 물이다. 그러나 산업화, 물질문명의 발달로 인하여 인간의 삶의 질은 향상 되었지만, 그에 따른 수질오염, 물 부족 현상 그리고 수돗물에 대한 불신 등으로 인한 음용수로 쓰이는 물에 대한 중요성이 날로 부각되어지고 있다¹⁾.

먹는물에서 건강 상 중요한 과제는 병원성 미생물에 의한 감염사고 예방이다. 과거와 비교하여 수인성 전염병의 위험은 현저히 줄었으나 아직 세계 어느 나라에서도 수인성 전염병을 근절하지 못하고 있다. 지구상에서 물이나 불결한 위생 상태로 인한 기인하는 질병이 모든 질병의 80%정도로 추정되며 세계의 병상 절반은 물과 관련된 질병으로 고통 받는 사람들에게 의하여 점유된다고 세계보건기구는 밝히고 있다²⁾.

수인성 전염병에 의한 오염은 오랜 세월을 걸쳐 누적되

어 나타나는 만성적인 질병을 유발하는 대부분의 화학물질과 달리 급성질환을 유발하여 단기간에 결과가 나타나고 2차 감염에 의한 확산의 우려가 있기 때문에 예방이 매우 중요하다^{3,9)}. 병원성미생물의 존재여부를 미리 예측 할 수 있다면 수인성 질병을 미연에 방지할 수 있겠으나 직접적인 병원성 미생물의 검사는 방법상의 장애등 현실적으로 어려움이 많다. 따라서 간접적인 방식으로 총대장균군이나 분원성 대장균군, 대장균, 분원성 연쇄상구균등과 같은 지표미생물을 사용하여 수인성질환의 주 원인인 분원성 오염 여부를 상시로 진단하여 수인성 질병을 미연에 예방하고 있다³⁾. 이것이 먹는 물에서 미생물 항목 검사를 하는 목적이며 우리나라도 총대장균군을 상시로 검사하여 수인성 질병의 가능성을 나타내는 분원성 오염을 진단하고 있다.

총대장균은 먹는물에서의 검출과 계수가 용이하므로 오랜 기간동안 적절한 먹는물 수질의 지표로 인식되어 왔다. 세균분류상 장내세균과에 속하는 세균으로 담즙염(bile salt)이나 이와 비슷한 성장억제 표현활성제의 존재하에서

[†] Corresponding author. E-mail:im3632528@korea.kr
Tel:+82-51-758-6123, Fax:+82-51-753-1424

36°C~37°C에서 유당을 분해하여 산과 가스를 생성하는 그람 음성, 비아포성 간균으로 oxidase 음성 세균을 총칭한다. 현재는 효소적인 방법의 개발로 인해 정의가 β -galactosidase을 생산하는 세균으로 확장되었다⁴⁾.

총대장균군에 속하는 세균중에서 *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*는 분변 유래균이지만, *Enterbacter aerogenes*, *Enterbacter cloaccae*, *Citrobacter freundii*등은 분변 및 자연계에 모두 존재하는 중간형이고, *Erwinia carotovora*는 식물, 토양, 물등에서 유래하는 자연환경형 균이다. 분변에서는 거의 없고 양질의 먹는 물에서 증식할 수 있는 *Serratia fronticola*, *Rahnella agnatis*, *Buttiauxella agrestise*등과 오염되지 않는 물이나 토양에서도 발견되는 *Serratia*, *Yersinia* 중 몇몇 유당 발효종들이 있다^{5,6,7)}.

총대장균은 분변오염의 대표적인 지표미생물이나 국내 지하수에서 총대장균군에 대한 다양성과 세균학적 정보는 매우 제한적이다. 또한 아직도 농촌의 많은 지역에서는 지하수를 음용수로 사용하고 있으며, 총대장균군이 검출되는 지하수의 경우 그 오염원을 구체적으로 확인하는 것이 공중보건과 효율적인 지하수 관리를 위해 매우 필요하다⁶⁾. 뿐만 아니라 최근 건강과 웰빙에 대한 관심이 증가하면서 자연의 물을 마시고자 하는 욕구가 높아지고 있어 등산로, 근린공원, 체육공원 등에 위치한 약수터를 이용하는 인구가 급속하게 증가하고 있다.

따라서 본 연구에서는 부산광역시내 중 일반 시민들이 즐겨 찾는 약수터 및 민방위비상급수시설의 지하수를 대상으로 총대장균의 분포 및 특성을 조사하여 위생세균학적 의미 뿐만 아니라, 일반 시민 및 기초자료 정보를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

시험검체

2008년 6-8월에 부산광역시 보건환경연구원에 의뢰된 해운대구, 부산진구, 금정구 약수터수 및 민방위비상급수시설의 지하수 237곳 수질 시험 중 총대장균군 양성으로 판명되어 분리한 균주 157균주를 대상으로 동정을 실시하였다.

Table 1. Number of springwater and groundwater from each region

Region	Springwater	Groundwater
Haeundae-gu	19	63
Busanjin-gu	26	45
Geumjeong-gu	17	67
Total	62	175

시험방법

먹는물수질공정시험방법⁸⁾에 의하여 총대장균군을 검출하였으며, 검출된 균주에 대해서는 Bergey's manual of systemic bacteriology⁹⁾을 참조하여 순수분리하였으며, Gram-negative identification(GNI) card를 이용하여 VITEK 2 Systems(Vression:03.01. bioMerieux, France)으로 동정하였다.

총대장균군 검사 및 동정

2배 농도 Latose broth(Difco, USA) 10 mL에 시료 10 mL 접종하여 36°C에서 48시간 배양 한 후 Duhram tube에 가스가 발생한 검체는 BGLB(Brilliant Green Lactose Broth, Difco, USA)배지에서 36°C에서 48시간 배양하여 가스발생된 것을 총대장균군 양성으로 하였다. 총대장균군 동정을 하기 위해서는 BGLB 양성 검체에 대해 EMB(Eosin Methylene Blue, Difco, USA) agar를 사용하였다. EMB배지에는 녹색의 금속광택 또는 분홍색을 나타내는 집락을 선택하여 Nutrient Agar(Merk, Germany)에서 순수 분리 한 후 Gram's 염색, 그람음성 간균 집락을 취하여 VITEK 2 Systems(Vression:03.01. bioMerieux, France)를 사용하여 동정하였다.

항생제 감수성 검사

NCCLS(National committee for clinical laboratory standard)의 방법에 따라 디스크 확산법(disk diffusion)으로 분리·동정된 총대장균군에 대한 항생제 감수성 시험을 실시하였다. 접종액은 Nutrient agar에 순수 분리된 균을 37°C에서 20~24시간 배양 후 멸균된 면봉으로 4~5개의 집락을 채취, 멸균생리식염수에 현탁하여 McFarland turbidity No. 0.5에 맞춘 후 사용하였다. 균액을 멸균된 면봉에 적시고 시험관 내벽에 면봉을 눌러 과잉의 접종액을 제거한 후 Muller-Hinton agar에 골고루 바른 후 수분이 흡수된 후 항생제 disc를 간격이 24 mm이상 유지되도록 배지 표면에 놓았다. M-H agar plate는 disk 부착 후 15분 내에 37°C Incubator에 옮겨 24시간 배양하였다. 생성된 억제환의 크기는 inhibition zone의 직경을 Caliper를 이용하여 mm 단위로 측정하였으며, 결과 판독은 BBL Sensi-Disc zone interpretation set를 참고하여 내성(Resistant, R), 중등도감수성(Intermediate,I), 감수성(Susceptible,S)으로 판정하였다. 이 시험에 사용된 항생제 disk는 BBL sensi disk(Becton-Dickinson)로 약제 및 역가는 Table 2와 같다.

Table 2. Zone Diameter Interpretive Chart

Code	Antimicrobial agent	Disk potency	Zone diameter interpretive standards (mm)		
			Resistant	Intermediate	Susceptible
C	Chroamphenicol	30 μ g	≤ 12	13-17	≥ 18
IPM	Imipenem	10 μ g	≤ 13	14-15	≥ 16
Am	Ampicillin	10 μ g	≤ 13	14-16	≥ 17
TE	Tetracycline	30 μ g	≤ 14	15-18	≥ 19
TIC	Ticarcilone	75 μ g	≤ 14	15-19	≥ 20
SXT	Trimethoprin/ Sulamethoxazole	1.25 μ g 23.75 μ g	≤ 10	11-15	≥ 16
CRO	Ceftriaxone	30 μ g	≤ 13	14-20	≥ 21
CZ	Cefazolin	30 μ g	≤ 14	15-17	≥ 18
SAM	Ampicilline/ Sulbactam	10 μ g 10 μ g	≤ 11 ≤ 15	12-14 16-20	≥ 15 ≥ 21
CIP	Ciprofloxacin	5 μ g	≤ 12	13-14	≥ 15
GM	Gentamicin	10 μ g	≤ 14	15-16	≥ 17
AN	Amikacin	30 μ g	≤ 13	14-18	≥ 19
NA	Nalidixic Acid	30 μ g	≤ 12	13-15	≥ 16
CTT	Cefotetan	30 μ g	≤ 14	15-17	≥ 18
CF	Cephalothrin	30 μ g	≤ 14	15-17	≥ 18
REP	Cefepime	30 μ g	≤ 14	15-17	≥ 18

결과 및 고찰

총대장균군 동정 및 분리 특성

부산시내 금정구, 부산진구, 해운대구 3개 지역 약수터 수 및 민방위비상급수시설 지하수 237곳을 대상으로 총대장균군 양성으로 판명되어 157균주를 분리하였으며, 총 22균종이 확인 되었으며, 14주는 확인할 수 없는 미확인 균주였다(Table 3). 총대장균군의 동정은 Gram-negative identification (GNI) card를 이용하여 VITEK 2 Systems (Version: 03.01. bioMerieux. France)의 판독 결과 신뢰도가 90% 이상인 경우를 사용하였다.

약수터수에서 분리한 균을 살펴보면 *Escherichia coli* 균이 18주(27.3%)로 가장 많이 검출 되었으며, *Klebsiella pneumoniae* 15주(22.7%), *Raoutella planticola* 10주(15.2%), *Raoutella ornithinolytica* 3주(4.5%), *Citrobacter freundii* 7주(10.5%), *Citrobacter braakii* 1주(1.5%), *Enterobacter cloacae* 3주(4.5%), *Kluyvera cryocercens* 3주(4.5%), *Yoknella regensburgei* 2주(3.0%), *Serratia marcescens* 1주(1.5%), *Pseudomonas aeruginosa* 1주(1.5%) 그리고 미확인 균주 2주(3.0%)로 나타났다(Table 4). 이런 결과는 김등⁷⁾이 2005년 도내 약수터 총대장균군

의 분포와 비교하여 보면 *Klebsiella oxytoca* 22주(21.6%), *Escherichia coli* 13(12.7%), *Raoutella ornithinolytica* 9주(8.8%), *Citrobacter freundii* 7주(6.9%), *Enterobacter sakazakii* 5주(4.9%), *Klebsiella pneumoniae*, *Serratia liquefaciens*, *Serratia odorifera* 4주(3.9%), *Serratia fonticola*, *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter youngae*, *Pantoea spp.* 2주(2.0%)로 보고한 100주와는 많은 차이를 보이는 데 특히 일반적으로는 *Escherichia coli*가 가장 많이 검출되는 반면 김등⁷⁾이 발표한 논문에는 *Klebsiella pneumoniae*가 가장 많이 검출된다고 나타났다. 또한 최등¹⁰⁾이 2005년 부산시내 4월에서 9월에 약수터에서 분리 동정한 총대장균군 60주에 대한 결과는 *Escherichia coli* 21주(35.0%), *Enterobacter sakazakii* 6주(10.0%) 등을 보고한 결과와는 약간의 차이를 보이고 있다. 특히 본 연구 결과의 *Raoutella planticola* 10주(15.2%)인데 반해 최 등¹⁰⁾은 단 1주도 분리하지 못했다고 보고하였다. 유당 비분해균인 *Pseudomonas aeruginosa*의 경우 평판 배지에 세균들이 많이 자라면 금속성 광택을 띄어 총대장균군으로 잘못 인식되어 분리된 것이 하나의 특징으로 나타났다.

Table 3. Classification data of total coliforms isolated from springwater

Strain	No. of Isolates(%)		Total	Rate(%)
	Springwater	Groundwater		
<i>E.coli</i>	18(27.3)	10(11.0)	28	17.8
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	15(22.7)	9(9.9)	24	15.3
<i>Klebsiella oxytoca</i>	0	10(11.0)	10	6.4
<i>Citrobacter freundii</i>	7(10.6)	20(22.0)	27	17.2
<i>Citrobacter braakii</i>	1(1.5)	2(2.2)	3	1.9
<i>Enterobacter aerogenes</i>	0	5(5.5)	5	3.2
<i>Enterobacter amnigenus 1</i>	0	1(1.1)	1	0.6
<i>Enterobacter amnigenus 2</i>	0	1(1.1)	1	0.6
<i>Enterobacter cloacae</i>	3(4.5)	1(1.1)	4	2.5
<i>Serratia liquefaciens</i>	0	3(3.3)	3	1.9
<i>Serratia marcescens</i>	1(1.5)	2(2.2)	3	1.9
<i>Raoutella planticola</i>	10(15.2)	1(1.1)	11	7.0
<i>Raoutella ornithinolytica</i>	3(4.5)	1(1.1)	4	2.5
<i>Pantoea spp</i>	0	2(2.2)	2	1.3
<i>Buttiauxella agrestis</i>	0	3(3.3)	3	1.9
<i>Kluyvera cryocercens</i>	3(4.5)	1(1.1)	4	2.5
<i>Yoknella regensburgei</i>	2(3.0)	1(1.1)	3	1.9
<i>Cedcea lapagei</i>	0	1(1.1)	1	0.6
<i>Acinetobacter junii</i>	0	1(1.1)	1	0.6
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1(1.5)	2(2.2)	3	1.9
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0	1(1.1)	1	0.6
<i>Pseudomonas putida</i>	0	1(1.1)	1	0.6
Not Identification	2(3.0)	12(13.2)	14	8.9
Total	66(100)	91(100)	157	100

총대장균군에 속하는 세균 중에 *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*는 분변유래균이지만, 기타 *Klebsiella* 속, *Enterobacter* 속, *Citrobacter* 속등은 분변 및 자연계에 모두 존재하는 중간형이고, *Serratia* 속등은 식물, 토양, 물등에서 유래하는 자연환경형균으로 알려져 있다^{5,6,7}. 본 연구의 약수터에서는 분변과 관련된 *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* 차지하는 비율은 50%, 그리고 중간형이 34.8%, 자연환경형균은 10.5%로 나타났다(Fig. 1). 이와 같은 결과는 상당수 분변오염과 실제 연관이 없는 곳에서 유래하는 균종이 포함되어 이들의 검출로 인해 실제보다 수질이 더 나쁘게 평가 될 수 있음을 알 수 있었다.

민방위비상급수시설 지하수의 분리 동정 결과는 *Citrobacter freundii* 20주(22.0%) 가장 많이 검출 되었으며, 그 다음으로는 *Klebsiella oxytoca* 10주(11.0%), *Escherichia coli* 9주(9.9%), *Enterobacter aerogenes*

5주(5.5%), *Serratia liquefaciens*, *Buttiauxella agrestis* 3주(3.3%), *Serratia marcescens*, *Citrobacter braakii*, *Pantoea spp.* 2주(2.2%), 그 나머지 균주는 1주(1.1%)로 나타났다(Table 4). 이런 결과는 함등¹²이 용달샘 및 지하수에서 분리한 균종별 분포에서 *Escherichia coli*가 가장 많이 분리되었다는 보고와는 약간 차이를 보이고 있으며, 또한 Katsunori등¹¹이 1986년 비상급수(drinking tank water)에서 *Klebsiella pneumoniae* 26주(33.8%), *Klebsiella oxytoca* 11주(14.3%), *Enterobacter cloacae* 15주(19.5%)등 본 시험 결과와는 많은 차이를 보이고 있다. 특히 *Citrobacter freundii*, *Escherichia coli* 큰 차이를 보였다. 또한 최등⁹이 2005년 부산시내 4월에서 9월에 민방위비상급수시설 지하수에서 분리 동정한 총대장균군 34주에 대한 결과는 *Escherichia coli* 9주(26.5%), *Klebsiella pneumoniae* 6주(17.6%)등이 나타났다 보고하였다. 이런 결과는 본 연구와 큰 차이를 볼

수 있는데 *Citrobacter freundii* 가 본 연구에서는 가장 많은 검출율을 보인 반면 최등⁹⁾은 *Escherichia coli* 가 가장 많은 검출된다고 보고 하였다. 이 것은 *Citrobacter freundii* 가 분변 및 자연계에서 모두 존재하는 중간형이고, *Escherichia coli* 는 분변유래균으로서 위생학적 의미가 크다고 사료된다. 뿐만 아니라 유당 비분해 균인 *Acinetobacter junii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluoresceus*, *Pseudomonas putida* 균들이 분리 동정 되었다는 것이 특징으로 나타났다.

민방위비상급수시설 지하수에 검출된 총대장균군의 유래를 살펴보면 가장 많이 차지하는 중간형은 44.0%, 다음으로 분변형은 20.9%, 자연환경형은 16.5%로 나타났다 (Fig. 2). 이와 같은 결과는 약수터의 경우 분변형이 가장 많이 검출되는 반면 민방위비상급수시설 지하수에는 중간형이 가장 많이 검출된 것을 알 수 있다.

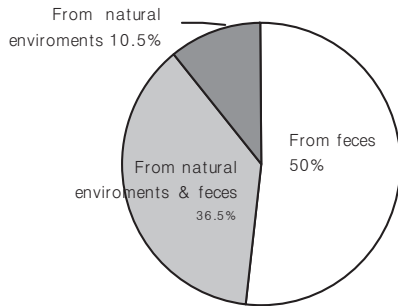


Fig. 1. Classification of origin in total coliforms from springwater

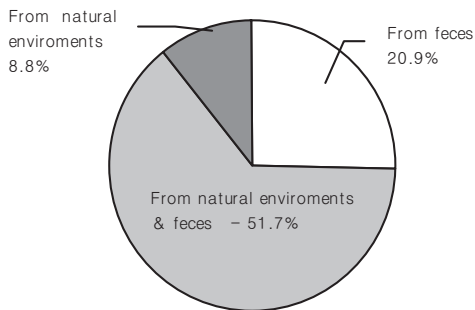


Fig. 2. Classification of origin in total coliforms from groundwater

약수터수와 민방위비상급수시설 지하수의 동정 결과를 종합적으로 살펴보면 *E.coli* 28주(17.8%), *Citrobacter freundii* 27주(17.2%), *Klebsiella pneumoniae* 24주(15.3%), *Raoutella planticola* 11주(7.0%), *Klebsiella oxytoca* 10주(6.4%), *Enterobacter aerogenes* 5주(3.2%), *Enterobacter cloacae*, *Kluyvera cryocrescens* 4주(2.5%), *Citrobacter braakii*, *Serratia liquefaciens*, *Serratia marcescens*, *Buttiauxella agrestis*, *Pseudomonas aeruginosa* 3주(2.5%), 나머지 균주는 1주(0.6%)로 나타났다. 본 연구의 결과는 함등¹²⁾이 1999년 6월과 7월 서울지역 웅달샘 유래 총대장균군 112주와 지하수 유래 총대장균군 24주를 분리 동정한 총 23균종이 확인 되었으며 그중 대표적인 균 *Escherichia coli* 균이 38(27.9%), *Enterobacter sakazakii* 16주(11.8%), *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca* 12주(8.8%), *Raoutella ornithinolytica* 8주(5.9%), *Enterobacter cloacae* 7주(5.1%)등이 나타났으며 본 시험 결과와 약간의 차이를 나타냈다. *Escherichia coli*가 가장 많이 검출 되는 것은 같지만 차지하는 비율은 약간의 차이를 보이고 그 다음으로 나타나는 것은 *Citrobacter freundii* 인데 반해 함등¹²⁾의 결과는 *Enterobacter sakazakii*가 차지하였다. 그러나 나타나는 균주 수나 분포 양상은 유사하게 나타났다. 뿐만 아니라 최등⁹⁾이 2005년 부산시내4월에서 9월에 약수터 60주와 민방위비상급수 지하수 34주 유래 총대장균군을 분리 동정한 결과 *E.coli* 30주(31.9%), *Klebsiella pneumoniae* 10주(10.6%), *Enterobacter sakazakii* 8주(8.5%), *Klebsiella oxytoca*, *Enterobacter cloacae* 6주(6.4%)등으로 나타났으며, 본 연구의 결과와는 약간의 차이를 나타내고 있다.

분리주에 항생제 내성 패턴

일반 시민들이 즐겨 이용하는 부산시내 금정구, 부산진구, 해운대구 3개 지역 약수터수 및 민방위비상급수시설 지하수 237곳을 대상으로 총대장균군 검사를 실시하여 양성으로 판명되어 분리한 균주 157균주를 대상으로 동정한 21균종에 대해 항생제 16종에 대한 감수성 시험결과를 Table 4에 나타내었다.

Table 4. Results of Antimicrobial susceptibility test of total coliforms isolated from springwater and groundwater

Strain	AM	CZ	CF	GM	AN	FEF	CTT	CTX	CIP	IPM	SXT	C	TE	NA	SAM	TIC
<i>E.coli</i>	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R
<i>Klebsiella oxytoca</i>	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R
<i>Citrobacter freundii</i>	I	R	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<i>Citrobacter braakii</i>	I	R	I	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I
<i>Enterobacter aerogenes</i>	S	S	I	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<i>Enterobacter amnigenus 1</i>	S	S	I	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<i>Enterobacter amnigenus 2</i>	S	R	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<i>Enterobacter cloacae</i>	R	R	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<i>Serratia liquefaciens</i>	I	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S
<i>Serratia marcescens</i>	R	R	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	R	S
<i>Raoutella planticola</i>	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R
<i>Raoutella ornithinolytica</i>	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<i>Pantoea spp.</i>	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<i>Buttiauxella agrestis</i>	S	S	I	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<i>Yoknella regensburgeri</i>	S	R	I	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<i>Cedeca lapagei</i>	R	R	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S
<i>Pseudomonas putida</i>	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	R	R	R	S	S	S	R	I	S	S	R	I	S	R	R	R
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	-	S	S	S	-	-	S	S	-	-	-	-	-	S
<i>Acinetobacter junii</i>	-	-	-	S	S	S	-	-	S	S	-	-	-	-	-	S

* R : Resistant, I : Intermediate, S : Susceptible

C, Chloramphenicol ; IPM, Imipenem ; AM, Ampicillin ; TE, Tetracycline ; TIC, Ticarciline ; SXT, Trimethoprim/Sulfamethoxazole ; CRO, Ceftriaxone ; CZ, Cefazolin ; SAM, Ampicilline/Sulbactam ; CIP, Ciprofloxacin ; GM, Gentamicin ; AM, Amikacin ; NA, Nalidixic Acid ; CTT, Cefotetan ; CF, Cephalothrin ; FEP, Cefepime.

E.coli, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter amnigenus 1*, *Raoutella ornithinolytica*, *Buttiauxella agrestis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter junii* 등은 중등정도 감수성 가진 항생제도 있지만 거의 16개의 항생제 100% 감수성이 있는 것으로 보여주고 있으며, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Raoutella planticola*, *Pseudomonas putida* 경우는 Penicillin계의 ampicillin, ticarciline 내성, *Citrobacter freundii*, *Enterobacter amnigenus 2*는 cephalosporin계인 cefazolin, cephalothrin 내성, *Enterobacter cloacae*, *Cedeca lapagei*는 Penicillin계의 ampicillin, cephalosporin계인 cefazolin, cephalothrin에 대해 내성, *Serratia liquefaciens*는 cephalosporin계인 cephalothrin, Penicillin계의 ampicillin/sulbactam에 내성, *Serratia marcescens*에서는 penicillin계의 ampicillin, ampicillin/sulbactam, cephalosporin계인 cefazolin, cephalothrin, tetracycline계인 tetracycline에 대한 내성,

그리고 *Citrobacter braakii*, *Yoknella regensburgeri*는 cefazolin, *Pantoea spp.*는 cephalothrin내성을 나타냈다. *Pseudomonas fluorescens*의 경우는 Penicillin계의 ampicillin, ticarciline, ampicillin/sulbactam, Sulfar계인 Trimethoprim/Sulfamethoxazole, cephalosporin계인 내성을 나타냈다. 김등의 최신병원미생물학¹³⁾에서 기술한 항생제 내성 결과와 비교해볼때 대부분 균종에서는 유사한 결과를 보였다. 다만 *E.coli*의 경우 ampicillin, tetracycline, Chloramphenicol 등에는 40%~60%정도 내성이 있다고 기술한 반면 본 연구 결과에서는 16개 항생제 감수성이 있는 것으로 나타났다. 이런 결과의 차이는 항생제를 대체로 복용하는 환자에서 분리한 경우와 자연환경에서 분리한 차이로 인한 것으로 판단된다. 본 연구 결과에서 특이한 점은 일반 환자들에게 많이 처방되고 있는 penicillin계 및 cephalosporin계의 항생제 위주로 균주들이 내성을 나타낸 것이다.

결 론

1. 부산시내 금정구, 부산진구, 해운대구 3개 지역 약수터 수 및 민방위비상급수시설 지하수 237곳을 대상으로 총 대장균군 검사를 실시하여 양성으로 판명되어 분리한 균주는 157주였으며, 157주를 동정한 결과 22균종이 확인 되었으며, 14주는 확인할 수 없는 미확인 균주였다
2. 약수터수에서는 62곳에서 66주를 분리·동정하였으며 동정한 결과 11균종이 확인, 균 분포는 *Escherichia coli* 18주(27.3%), *Klebsiella pneumoniae* 15주(22.7%), *Raoutella planticola* 10주(15.2%), *Raoutella ornithinolytica* 3주(4.5%), *Citrobacter freundii* 7주(10.5%), *Citrobacter braakii* 1주(1.5%), *Enterobacter cloacae* 3주(4.5%), *Kluyvera cryocerescens* 3주(4.5%), *Yoknella regensburgei* 2주(3.0%), *Serratia marcescens* 1주(1.5%), *Pseudomonas aeruginosa* 1주(1.5%), 그리고 미확인 균주 2주(3.0%)로 나타났다.
3. 민방위비상급수시설의 지하수에서는 175곳에서 91주를 분리·동정하였으며 동정한 결과 22균종이 확인, 균 분포는 *Citrobacter freundii* 20주(22.0%), *E. coli* 10주(11.0%), *Klebsiella oxytoca* 10주(11.0%), *Klebsiella pneumoniae* 9주(9.9%), *Enterobacter aerogenes* 5주(5.5%), *Serratia liquefaciens*, *Buttiauxella agrestis* 3주(3.3%), *Serratia marcescens*, *Citrobacter braakii*, *Pantoea spp.*은 각 2주(2.2%), 그 나머지 균주는 1주(1.1%), 그리고 미확인 균주는 12주(13.2%)로 나타났다.
4. 약수터수와 민방위비상급수 지하수의 동정 결과를 종합적으로 살펴보면 *E.coli* 28주(17.8%)로 가장 많이 검출이 되었으며, *Citrobacter freundii* 27주(17.2%), *Klebsiella pneumoniae* 24주(15.3%), *Raoutella planticola* 11주(7.0%), *Klebsiella oxytoca* 10주(6.4%), *Enterobacter aerogenos* 5주(3.2%), *Enterobacter cloacae*, *Kluyvera cryocerescens* 4주(2.5%), *Citrobacter braakii*, *Serratia liquefaciens*, *Serratia marcescens*, *Buttiauxella agrestis*, *Pseudomonas aeruginosa* 3주(2.5%), 그 나머지 균주는 1주(0.6%), 그리고 미확인 균주 14주(8.9%)로 나타났다.
5. 약수터수와 민방위비상급수시설 지하수의 총대장균군 유래를 살펴보면 약수터의 경우 분변형이 50.0%로 가장 많이 차지하는 반면 민방위비상급수시설 지하수의 경우는 중간형이 51.7% 가장 많이 차지하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 환경적으로 취약한 약수터수가 민방위비상급수시설 지하수에 비해 오염이 되었다고

판단 할 수 있다.

6. 약수터수와 민방위비상급수시설 지하수로부터 분리한 157주를 동정한 22균종을 대상으로 항생제 16종에 대한 감수성 시험결과는 β -lactam계통의 penicillin계인 ampicillin, ticarcilone, cephalosporin계인 cefazolin, cephalothrin에 주로 내성이 있고, gentamicin, amikacin, cefepime, ciprofloxacin, imipenem, chloramphenicol에 대해서는 모두 감수성이 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 박근영등, “먹는물 수질감시항목 분석법 연구(I)” 강원도보건환경연구원보, 10, pp. 125~130(1999)
2. 서울시상수도사업본부, “상수도계통에서 세균검사 강화방안연구”, 수도기술연구집(1999)
3. 김수명, “영남지역 지하수에서 대장균군의 분리 및 동정”, 울산대학교 교육대학원 학위논문(2005).
4. 정현미, “먹는물 및 먹는샘물중의 미생물 검사”, 지구환경논문집, 9, pp. 71~88(1998)
5. 박석기등, 해설 먹는물의 수질관리, 동화출판사, pp.53~61(1998)
6. 송희봉등, “대구 달비약수터의 수질인자와 영향인자”, 대한환경공학회지, 25(12), pp.1570~1577
7. 김양희등, “도내 약수터 수질의 미생물학적 조사연구”, 경기도보건환경연구원보, 18, 2005
8. 환경부 고시 제2004-88호, 먹는물수질공정시험방법, 2004.6.22
9. Krie, N.R., and Holt, J.G., Bergey's manual of systematic bacteriology, Williams and Wilkins, Baltimore(1984)
10. 최성화등, “먹는물의 세균항목 확대 적용 평가”, 부산광역시보건환경연구원보, 15(1), pp. 125~134 (2005)
11. Katsunori furuhata and Atsuhiko matsumoto, “Isolation of coliform bacteria from chlorinated drinking tank water and resistance of isolates for chlorine and heat, Annual report of tokyo metropolitan Res. Lab. of public health 37, pp. 343~348(1986)
12. 함희진등, “식수에서 분리한 대장균군의 생화학적 성상에 의한 균종별 분포”, J. Fd. Hyg. Safety 14(3), pp.227~232(1999)
13. 김승곤등, 최신병원미생물학, 제3판, 고문사, pp.291~334(2004)