Korean Society for
Clinical Laboratory ScienceKorean Journal of
CLINICAL LABORATORY SCIENCE

ORIGINAL ARTICLE

Evaluation of Absorption and Release, Survival Efficiency and Recovery Rate of Transport Medium according to the CLSI M40-A2 Standard

Sung-Il Ha¹, Hyun-Soo Suk¹, Jeong-Seob Shin¹, Woong Heo¹, Kang-Gyun Park², Yeon-Joon Park³¹Department of Laboratory Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul Saint Mary's Hospital, Seoul, Korea²Department of Laboratory Medicine, The Catholic University of Korea, Uijeongbu Saint Mary's Hospital, Uijeongbu, Korea³Department of Laboratory Medicine, The Catholic University of Korea, College of Medicine, Seoul, Korea

CLSI M40-A2 기준에 따른 수송배지의 흡수 및 배출, 생존 효율, 회수율 평가

하성일¹, 석현수¹, 신정섭¹, 허 웅¹, 박강균², 박연준³¹가톨릭대학교 서울성모병원 진단검사의학과, ²가톨릭대학교 의정부성모병원 진단검사의학과, ³가톨릭대학교 의과대학 진단검사의학과

ARTICLE INFO

Received May 3, 2019
Revised 1st May 17, 2019
Revised 2nd May 23, 2019
Revised 3rd May 24, 2019
Accepted May 25, 2019

Key words

CLSI M40-A2
Flocked swab
Liquid media
Semi-solid media
Standard swab

ABSTRACT

The absorption and release capacities, survival efficiency, and recovery rates of five kinds of transport media were evaluated based on the swab elution method (Quantitative) of CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute) M40-A2. Liquid media showed mostly better results than semi-solid media in the three evaluations. The flocked swabs had better ability to absorption and discharge bacteria than the standard swabs. The liquid medium (S4) had the best survival efficiency. *Pneumococcal* strains with poor growth had a higher survival efficiency and recovery rate in liquid media (S4, S5). The results of microbial recovery showed that *S. pyogenes* met all the CLSI standards in all media. *S. pneumoniae* was inadequate in the semi-solid media (S2, S3) and all the remaining media met the criteria. *H. influenzae* was unsuitable in semi-solid media (S1, S3) and met the criteria in semi-solid medium (S2) and liquid medium (S4, S5). The viability of the *H. influenzae*, *pneumococcal* strain causing respiratory disease, was poor in most media. Overgrowth of *P. aeruginosa* was observed at room temperature. The combination of liquid medium and flocked swab confirmed the best results in the three evaluation methods.

Copyright © 2019 The Korean Society for Clinical Laboratory Science. All rights reserved.

서론

임상 미생물 검사에서 감염원을 배양하기 위해 임상 검체의 적절한 운반은 검체 배양의 성공적인 평가에 영향을 미치는 가장 중요한 요인일 수 있다. 대다수의 검체는 미생물 검사실에 지연되어 도착하기 때문에 검체 내 미생물의 생존 가능성을 유지

하는 것이 필수적이며, 24시간에서 48시간 동안 미생물의 생존성을 유지하는 것이 매우 중요하다[1, 2]. 그리고 수송배지에 사용되는 swab의 흡수 및 배출 능력 또한 중요한 요소로 작용한다[2].

수송배지 사용의 역사를 살펴보면 1893년 전선 끝에 거즈를 싸서 튜브에 넣고 열풍 살균하여 디프테리아에 감염된 것으로 의심된 환자 인두 점막에서 처음으로 사용한 것이다[3]. 그 이후 검체를 수송하기 위한 수송배지는 임균 수송을 목적으로 1948년 최초로 Stuart's medium이 개발되었고, 그 이후에 *Vibrio*, *Salmonella*, *Shigella* 같은 장내세균 생존능력 향상을 위해 Cary-Blair medium이 개발되었다[4-6]. 그리고 마지막으로

* Corresponding author: Sung-Il Ha

Department of Laboratory Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul Saint Mary's Hospital, 222 Banpo-daero, Seocho-gu, Seoul 06591, Korea
E-mail: hsi0708@hanmail.net* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6690-2766>

pISSN 1738-3544 eISSN 2288-1662

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

현재 널리 사용되고 있는 Amies medium은 온타리오 공중 보건 연구소(Ontario Public Health Laboratories, PHL)의 의료 미생물학자인 C.R. Amies가 1967년에 임균의 회수율을 향상시키기 위해 Stuart's 수송배지를 모방하여 개발한 것이다[7].

앞서 언급했듯이 현재 검체 채취 및 수송을 위한 수송배지의 발전은 크게 없었으면, 이에 대한 평가도 많이 존재하지 않아 대부분의 검사실이 예전부터 사용해 오던 면봉 수송배지가 wound, pus 등의 검체 채취 및 운송에 가장 광범위하게 사용되고 있다. 물론 현재 사용하고 있는 면봉 수송배지가 비교적 편리하고 비용이 저렴하지만 검체 내 미생물의 보존과 배양 양성률을 향상시키기 위해서는 현재보다 좀 더 나은 수송배지가 필요하였다. 그래서 좀 더 효율적이고 성능이 뛰어난 수송배지를 찾고자 평가를 진행하게 되었다.

재료 및 방법

1. 수송배지의 종류

평가에 이용된 수송배지는 3종류의 반유동 배지 AM608-2S™ (S1, Asan Co., Seoul, Korea), Transystem™ (S2, Copan Diagnostics Inc., Murrieta, CA, USA), N-Swab transport™ (S3, Noble Bio, Hwaseong, Korea), 2종류의 액체배지 eSwab™ (S4, Copan Diagnostics Inc., Murrieta, CA, USA), REST™ Swab transport (S5, Noble Bio, Hwaseong, Korea) 총 5종류를 비교 평가하였다(Table 1).

2. 실험 방법

평가 방법은 48시간 동안 세균을 실온에 방치하여 임상적으로 중요한 세균의 흡수 및 배출, 생존 효율, 회수율을 시판되는 5종류의 수송배지를 CLSI M40-A2의 Swab elution method (Quantitative) 기준으로 평가하였다[3, 8, 9].

평가에 4종류의 표준 균주를 이용하였고(Table 2), 각각의 균주를 McF 0.5 탁도로 맞춘 후 1:10 희석하여 희석된 균 부유액을 96 well plate에 100 µL를 분주하고, 균 부유액을 분주한 곳에 swab 넣고 10~15초간 흡수시킨 후 swab을 다시 수송배지에 넣어 실온 방치하였다. 실온 방치는 0시간, 24시간, 48시간 하였고, 각각의 시간마다 3개의 수송배지를 사용하였고, 실온 방치 0시간은 수송배지를 실온에서 5~15분 방치하여 검사에 이용한 것이다. 실온 방치한 수송배지에서 swab을 꺼내어 생리 식염수 1 mL이 들어있는 튜브에 넣고 15초간 vortex 후 100 µL를 채취하여 균 부유액을 $1.5 \times 10^5 \sim 10^1$ CFU/mL까지 계단 희석을 수행하였다. 단, 액체배지는 그 상태로 15초간 vortex 후 100 µL를 채취하여 균 부유액을 $1.5 \times 10^5 \sim 10^1$ CFU/mL까지 계단 희석을 수행하였다. 각각의 농도별로 적절한 배지를 2개씩 선택하여 100 µL를 분주하여 멸균 spreader로 펴서 접종하였다. 세균의 배양 조건에 맞추어 48시간까지 배양하여 colony count를 실시하였다.

1) 균 흡수 및 배출에 대한 평가 방법

첫 번째 균 흡수 및 배출에 대한 평가는 96well plate에 그림

Table 1. Composition and swab form of transport medium

Transport medium	Type	Medium	Swab	
			Type	Material
AM608-2S™ (S1)	Agar gel	Amies	Standard	Cotton
Transystem™ (S2)	Agar gel	Amies	Standard	Rayon
N-Swab transport™ (S3)	Agar gel	Amies	Standard	Nylon
eSwab™ (S4)	Liquid	Amies	Flocked	Rayon
REST™ Swab transport (S5)	Liquid	Amies	Flocked	Nylon

Table 2. Growth conditions for M40-A2 test microorganisms

Organism	Strain	Inoculum (CFU/mL)	Medium	Incubation temperature (°C)	Incubation atmosphere
<i>Streptococcus pyogenes</i>	ATCC 19615	1.5×10^6	5% sheep blood agar	35 ± 2	5% CO ₂
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	ATCC 49619	1.5×10^6	5% sheep blood agar	35 ± 2	5% CO ₂
<i>Haemophilus influenzae</i>	ATCC 10211	1.5×10^6	Chocolate agar	35 ± 2	5% CO ₂
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC 27853	1.5×10^6	5% sheep blood agar	35 ± 2	Aerobic

Abbreviations: ATCC, American Type Culture Collection; CFU, colony forming unit.

염색에 사용되는 Safranin O (SHOWA, Co., Gyoda, Saitama, Japan)를 100 μ L를 넣고 각각의 swab을 흡수시킨 후 생리식염수가 들어있는 튜브에 넣고 vortex 전과 후를 육안으로 비교하였다.

두 번째 균 흡수 및 배출에 대한 평가는 5가지 균 부유액 농도를 이용하였고, 0 시간에서 triplicate 사용한 수송배지, duplicate로 접종한 배지, 총 6개 배지에서 자란 집락의 평균값을 기댓값과 비교 평가하였다.

2) 균 생존 효율 평가 방법

균 생존 효율 평가는 0시간을 기준으로 24시간, 48시간의 생존 효율을 백분율(%)로 평가 하였다. *S. pneumoniae*는 균이 잘 성장하지 않아 1.5×10^5 CFU/mL의 농도의 평균값을 기준으로 생존 효율을 평가하였고, *S. pyogenes*, *H. influenzae*는 1.5×10^4 CFU/mL 기준으로, *P. aeruginosa*는 과성장 되어 1.5×10^3 CFU/mL의 평균값을 기준으로 생존 효율을 평가하였다.

3) 균 회수율 평가 방법

균 회수율에 대한 수송배지 평가는 0시간과 48시간 배양 간의 집락 수 차이로 평가하였다. CLSI M40-A2 기준의 회수율을 평가하면 4 $^{\circ}$ C 또는 상온에서 0시간과 48시간에서 집락의 수가 3 로그 단위 감소보다 크면 부적합하다. 단, *P. aeruginosa*는 실온 방치에 대한 기준이 없고, 4 $^{\circ}$ C 보관에 대한 기준만 있어 평가에서 제외하였다[3].

결 과

1. 균 흡수 및 배출에 대한 평가 결과

첫 번째 Safranin O를 이용한 균 흡수 및 배출에 대한 결과는 액체배지(S4, S5)의 flocked swab이 잘 배출되는 것을 확인하였고, standard swab에서는 반유동 배지(S1)가 다른 배지에 비하여 좋았으나, flocked swab보다는 좋지 않았다(Figure 1). 반유동 배지(S2, S3) swab 중 일부에서 Safranin O를 완전히 흡수되지 않는 경우가 있었지만 평가에 이용된 대부분 수송배지의 swab은 100 μ L를 모두 흡수하였다.

두 번째 평가 결과를 보면 *S. pyogenes*는 농도별 기댓값에 비해 균수가 5~10배 정도 낮았지만 반유동 배지(S1)와 액체배지(S4)에서 가장 우수한 결과를 보여 주었다. *S. pneumoniae*는 액체배지(S4, S5)가 타 배지보다 좋은 결과를 보였지만, 기댓값과 10배 정도 차이가 날 정도로 결과가 좋지 않았다. *H. influenzae*는 액체배지(S4, S5)를 제외한 나머지 배지는 기댓값에 비해서 집락 수가 10배 정도 차이가 있었으나, 액체배지(S4)는 기댓값과 거의 일치하였다. *P. aeruginosa*는 액체배지(S4)의 집락 수가 기댓값과 거의 일치하는 결과를 보였다(Table 3). 흡수 및 배출에 대한 평가 결과를 각 균마다 가장 우수한 결과를 보인 순서대로 순위를 매겨 확인한 결과 *S. pneumoniae*를 제외한 모든 균에서 액체배지(S4)가 가장 우수한 결과를 보였다(Table 4).

Figure 1. In the absorption and release evaluation using Safranin O, the flock swabs (S4, S5) can be observed visually better than the standard swabs (S1, S2, S3). Abbreviations: S1, AM608-2STM; S2, TransystemTM; S3, N-Swab transportTM; S4, eSwabTM; S5, RESTTM Swab transport.

Table 3. Absorption and release of microorganisms from five swab systems stored at room temperature

Organism	Transport system	Concentration of inoculation (CFU/mL)				
		1.5×10^5 (15,000)	1.5×10^4 (1,500)	1.5×10^3 (150)	1.5×10^2 (15)	1.5×10^1 (1.5)
<i>S. pyogenes</i>	S1	TNTC	220	25	3	0
	S2	196	43	6	1	0
	S3	441	35	2	0	0
	S4	TNTC	460	49	2	2
	S5	477	50	6	0	0
<i>S. pneumoniae</i>	S1	49	3	0	0	0
	S2	8	1	0	0	0
	S3	105	13	1	0	0
	S4	462	101	10	1	0
	S5	877	158	21	3	0
<i>H. influenzae</i>	S1	TNTC	150	13	2	0
	S2	TNTC	102	9	1	0
	S3	309	49	5	0	0
	S4	TNTC	1008	200	20	5
	S5	TNTC	502	103	9	6
<i>P. aeruginosa</i>	S1	TNTC	88	6	1	0
	S2	TNTC	91	11	1	0
	S3	254	19	5	1	0
	S4	TNTC	TNTC	123	15	5
	S5	TNTC	192	19	3	0

Abbreviations: TNTC, too numerous to count; CFU, colony forming unit.

Table 4. Ranking of the evaluation results of absorption and release of five swab systems for each strain

Organism	Swab system				
	S1	S2	S3	S4	S5
<i>S. pyogenes</i>	2	5	4	1	3
<i>S. pneumoniae</i>	4	5	3	2	1
<i>H. influenzae</i>	3	4	5	1	2
<i>P. aeruginosa</i>	4	3	5	1	2
Rank	3	4	4	1	2

2. 균 생존 효율 평가 결과

24시간, 48시간 생존 효율 평가는 0시간을 기준으로 평가하였고, *S. pyogenes*는 모든 배지에서 48시간까지 생존하였다. 액체배지(S4)는 오히려 증식된 양상을 보였다. *S. pneumoniae*는 생존 효율이 좋지 않았고 반유동 배지(S3)에서 24시간까지 생존하였고, 액체배지(S4, S5)에서는 48시간까지 생존하였다. *H. influenzae*는 반유동 배지(S1, S3)에서 24시간, 48시간 생존하지 않았고, 반유동 배지(S2), 액체배지(S4, S5)에서 48시간까지 모두 생존하였다. *P. aeruginosa*는 5가지 배지 모두에서 48시간 모두 생존하였고 모두 과성장 되었다(Table 5).

Table 5. Survival efficiency rate of microorganisms from five swab systems stored at room temperature

Organism	Transport system	Survival efficiency rate of microorganisms (%)		
		0 hr	24 hr	48 hr
<i>S. pyogenes</i>	S1	100	72	86
	S2	100	5	7
	S3	100	34	23
	S4	100	217	217
	S5	100	128	58
<i>S. pneumoniae</i>	S1	100	0	0
	S2	100	0	0
	S3	100	8	0
	S4	100	14	23
	S5	100	49	25
<i>H. influenzae</i>	S1	100	0	0
	S2	100	2	10
	S3	100	0	0
	S4	100	109	115
	S5	100	18	3
<i>P. aeruginosa</i>	S1	100	3467	5583
	S2	100	4981	7727
	S3	100	240	7600
	S4	100	658	813
	S5	100	247	3711

Table 6. Recovery rate of microorganisms from five swab systems stored at room temperature

Organism	Transport system	Bacterial recovery (CFU/mL)			Log-unit change ^a
		0 hr	24 hr	48 hr	
<i>S. pyogenes</i>	S1	220	160	190	-0.06
	S2	43	2	3	-1.16
	S3	35	12	8	-0.64
	S4	460	1000	1000	0.34
	S5	50	64	29	-0.24
<i>S. pneumoniae</i>	S1	3	1	1	-0.48
	S2	1	0	0	NA
	S3	13	1	0	NA
	S4	101	14	23	-0.64
	S5	158	78	39	-0.61
<i>H. influenzae</i>	S1	150	0	0	NA
	S2	102	2	10	-1.01
	S3	49	0	0	NA
	S4	1008	1104	1156	0.06
	S5	502	90	16	-1.50

The M40-A2 compliance criteria were no greater than a 3-log-unit decrease at 4°C or room temperature or a 1-log-unit increase for *P. aeruginosa* at 4°C only. The log-unit change was calculated as $\log(48 \text{ hr value}) - \log(\text{time zero value})$. Abbreviations: CFU, colony forming unit; NA, not applicable.

3. 균 회수율 평가 결과

*S. pyogenes*에서 액체배지(S4)는 균이 증식된 양상을 보였지만 모두 CLSI 기준에 적합하였다. *S. pneumoniae*는 48시간에 균이 자라지 않은 반유동 배지(S2, S3)를 제외하고, 반유동 배지(S1), 액체배지(S4, S5)는 기준에 부합하였다. *H. influenzae*는 48시간에 균이 자라지 않은 반유동 배지(S1, S3)를 제외하고 반유동 배지(S2), 액체배지(S4, S5)가 기준에 적합하였다(Table 6).

고 찰

흡수 및 배출에 대한 평가에서 액체배지(S4, S5)의 flocked swab이 상대적으로 standard swab보다 표면적이 넓어 더 잘 배출되는 것을 평가를 통해 확인하였다. Standard swab을 사용하는 3가지 반고체 배지는 0시간에서 적은 수의 균이 자랐고, flocked swab을 사용하는 2가지 액체배지는 높은 농도의 균이 성장하였다. 세균의 흡수 및 배출 효율은 액체배지와 flocked swab의 조합에서 우수한 결과를 보였다[10]. 이러한 결과는 swab 자체의 차이와 더불어 반유동 배지의 경우 배지에 많은 균들이 탈락되어 배출되지 못하여 결과에 영향을 주는 것으로 생각된다.

생존 효율 평가도 flocked swab과 액체 배지로 조합된 수송 배지가 평가에서 가장 우수한 결과를 보여주었다. *S. pneumoniae*는 생존 효율이 좋지 않아 검체 배송이 지연되어 검체 접종이 이

루어질 경우 액체배지(S4, S5)에 수송해야 양성률을 높이는 데 유리할 것이다. *H. influenzae* 또한 생존 효율이 좋지 않아 반유동 배지(S2), 액체배지(S4)에 수송하는 것이 양성률을 높이는 데 유리할 것이다. *P. aeruginosa*는 5종류 수송배지 모두에서 48시간 모두 생존하였고 모두 과성장 되었다[11]. 그중에서 액체배지(S4)는 과성장이 적어 우수한 결과를 보였다. 반대로 *S. pyogenes*는 액체배지(S4)에서 오히려 증식된 양상을 보였다[12, 13].

회수율에 대한 결과도 flocked swab과 액체배지로 조합된 수송배지가 평가에서 가장 우수한 결과를 보였다. *S. pneumoniae*는 방치 시간에 따라 균수가 급격하게 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 자가 용해에 의한 것임을 의심할 수 있는 부분으로 상기도 및 하기도 폐렴의 원인균인 폐렴알균을 진단하기 위해서는 최대한 빠른 시간에 검체 접종이 이루어져야 하는 것을 이번 평가를 통해서 다시 한번 확인하였다. *H. influenzae*는 반유동 배지(S2), 액체배지(S4, S5)에서 회수율이 좋은 것으로 확인되었다. 공통점으로 동일 제조사의 배지 성분과 같은 재질의 swab과 액체배지를 사용한 것으로 확인되었다. Swab의 형태보다 재질(Rayon)이 더 중요한 역할을 하는 것을 추론해 볼 수 있고[14], 그리고 배지의 구성 성분이 *H. influenzae* 성장에 또 다른 역할을 하는 것으로 생각된다. 그래서 swab의 재질과 배지 조성에 따른 호흡기 계통의 감염 세균의 새로운 평가를 진행해 보았으면 한다.

본 평가에서와 같이 CLSI 기준 M40-A 기준 방법으로 상온

및 냉장 온도에서 수송배지를 0, 6, 24시간 및 48시간 동안 호기성 및 혐기성 미생물의 생존 효율을 비교한 결과에서도 액체배지(S4)와 유사하거나 동일한 제품이 다른 형태의 수송배지보다 우수한 결과로 본 평가와 동일한 결과를 보여 주었다[1, 9, 15].

이번 평가에서 많은 균주를 사용하지는 않았지만 배양 양성을 높이고, 특히 2시간 이내에 검체 접종을 할 수 없는 경우 또는 검체가 방치되는 주말, 검체를 멀리까지 이동해야 하는 검사 센터의 경우 현재 사용하고 있는 반유동 배지보다 가격적인 면에서 조금 비싸지만 검체의 질을 유지하고 세균배양 양성률을 높이고, 좋은 미생물 결과를 보고하기 위해서는 액체배지와 flocculated swab으로 조합된 수송배지로 교체하여 사용하는 것이 필요할 것으로 사료된다. 이번 평가에서 일부 반유동 배지에서 균이 너무 자라지 않아 일부 재평가가 필요해 보인다. 그리고 추가적으로 혐기성 세균과 실질적으로 검사가 이루어지지 않는 경우, 검체를 보관하는 냉장 온도에 대한 평가도 함께 이루어져야 할 것이다.

요 약

5종류의 수송배지를 흡수 및 배출 능력, 생존 효율, 회수율을 CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute) M40-A2의 Swab elution method (Quantitative) 기준으로 평가하였다. 액체배지가 반유동 배지보다 3가지 평가에서 대부분 우수한 결과값을 보여주었다. Flocculated swab이 standard swab 형태보다 균의 흡수 및 배출의 능력 또한 우수하였다. 생존 효율에 대한 평가 결과는 액체배지(S4)가 가장 우수한 결과값을 보였다. 성장이 좋지 않은 *S. pneumoniae*는 액체배지(S4, S5)에서 생존 효율과 회수율이 높았다. 균 회수율 평가 결과는 *S. pyogenes*는 모든 배지에서 CLSI 기준에 적합하였다. *S. pneumoniae*는 반유동 배지(S2, S3)에서 부적합하였고, 나머지 배지는 모두 기준에 적합하였다. *H. influenzae*는 반유동 배지(S1, S3)에서 부적합하였고, 반유동 배지(S2), 액체배지(S4, S5)에서 기준에 적합하였다. 호흡기 질환을 유발하는 *S. pneumoniae*, *H. influenzae*의 생존 능력은 대부분의 배지에서 좋지 않았다. *P. aeruginosa*는 실온에서 과성장이 관찰되었다. 액체배지와 flocculated swab의 조합이 3가지 평가 방법에서 가장 뛰어난 결과를 평가를 통해 확인하였다.

Acknowledgements: None

Conflict of interest: None

Author's information (Position): Ha SI¹, M.T.; Suk HS¹,

M.T.; Shin JS¹, M.T.; Heo W¹, M.T.; Park KG², M.T.; Park YJ³, M.D.

REFERENCES

1. Van Horn KG, Audette CD, Sebeck D, Tucker KA. Comparison of the copan ESwab system with two amies agar swab transport systems for maintenance of microorganism viability. J Clin Microbiol. 2008;46:1655-1658. <http://doi.org/10.1128/JCM.02047-07>.
2. Drake C, Barenfanger J, Lawhorn J, Verhulst S. Comparison of easy-flow copan liquid stuart's and starplex swab transport systems for recovery of fastidious aerobic bacteria. J Clin Microbiol. 2005;43:1301-1303. <http://doi.org/10.1128/JCM.43.3.1301-1303.2005>.
3. Clinical and Laboratory Standards Institute. Quality control of microbiological transport systems. Approved standard-second edition. M40-A2. Wayne, Pennsylvania: CLSI; 2014.
4. de Burger B, Mortensen J. What's new in the world of swabs? J Contin Educ Top Issues. 2008;10:18-22.
5. Wilkinson AE. Note on use of stuart's transport medium for isolation of gonococcus. Br J Vener Dis. 1951;27:200-201. <http://doi.org/10.1136/sti.27.4.200>.
6. Morris GK, Heck J. Quality of cary-blair transport medium after aging nineteen months. J Clin Microbiol. 1978;8:616-617.
7. Amies CR. A modified formula for the preparation of stuart's transport medium. Can J Public Health. 1967;58:296-300.
8. Gizzie N, Adukwu E. Evaluation of liquid-based swab transport systems against the new approved CLSI M40-A2 standard. J Clin Microbiol. 2016;54:1152-1156. <http://doi.org/10.1128/JCM.03337-15>.
9. Avolio M, Camporese A. Liquid based microbiological transport systems: conformity assessment of two commercial devices. J Microbiol Methods. 2015;115:42-44. <http://doi.org/10.1016/j.mimet.2015.05.004>.
10. Probst A, Facius R, Wirth R, Moissl-Eichinger C. Validation of a nylon-flocked-swab protocol for efficient recovery of bacterial spores from smooth and rough surfaces. Appl Environ Microbiol. 2010;76:5148-5158. <http://doi.org/10.1128/AEM.00399-10>.
11. van Horn KG, Rankin I. Evaluation and comparison of two stuart's liquid swab transport systems tested by the CLSI M40 method. Eur J Clin Microbiol Infect Dis. 2007;26:583-586. <http://doi.org/10.1007/s10096-007-0328-y>.
12. Morosini MI, Loza E, Gutiérrez O, Almaraz F, Baquero F, Cantón R. Evaluation of 4 swab transport systems for the recovery of ATCC and clinical strains with characterized resistance mechanisms. Diagn Microbiol Infect Dis. 2006;56:19-24. <http://dx.doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2006.02.011>.
13. Rishmawi N, Ghneim R, Kattan R, Ghneim R, Zoughbi M, Abu-Diab A, et al. Survival of fastidious and non-fastidious aerobic bacteria in three bacterial transport swab systems. J Clin Microbiol. 2007;45:1278-1283. <http://doi.org/10.1128/JCM.02110-06>.
14. Wigger C, Morris PS, Stevens M, Smith-Vaughan H, Hare K, Beissbarth J, et al. A comparison of flocculated nylon swabs and

- non-flocked rayon swabs for detection of respiratory bacteria in nasopharyngeal carriage in Australian Indigenous children. *J Microbiol Methods*. 2019;157:47-49. <http://doi.org/10.1016/j.mimet.2018.12.013>.
15. Moran-Gilad J1, Schwartz D, Navon-Venezia S, Carmeli Y. Laboratory evaluation of the eSwab transport system for the recovery of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii*. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2012;31:1429-1433. <http://doi.org/10.1007/s10096-011-1460-2>.