기획 집중

국내 의료시설의 공조시스템 현황과 개선 방안

국내 의료시설 공조시스템의 문제점을 분석하고 이에 대한 개선방안을 제안하고자 한다.

이송우
(주)우원엠앤이
전략설계사업본부 본부장
songwoo7@300302.com

주덕훈
(주)우원엠앤이
친환경에너지 연구본부
선임연구원
suezo521@hanmail.net

서 론

지난해 5월에 발생한 중동호흡기증후군(MERS) 사태는 신종 감염병의 확산에 적절하게 대응하지 못한 의료체계의 문제와 의료시설 특히 원내감염의 확산을 방지하기 위한 건축계획과 공기조화설비, 환기설비 등 기계설비에 대한 가이드라인 미비로 국가비상사태를 초래하였다. 이렇듯 건물의 공기조화설비의 기능은 인간의 삶을 건강하게 유지하는데 필수적이며 병원 등 의료시설의 환기설비에 대한 가이드라인이 제대로 설정되어 있지 못하면 국민안전에 심각한 위협이 되는 것을 확인하였다.

현재 대형 종합병원을 비롯하여 일반병원에 이르기까지 모든 의료 시설은 각 용도에 적합한 안전한 실내환경 조성을 고려한 공조시스템 계획이 필요한 실정이며, 이러한 공조시스템 계획이 건축 계획단계에서부터 반영되어야 국민의 안전하고 건강한 삶이 보장될 것이다. 따라서 본고에서는 국내 의료시설 중 일부 사례를 대상으로 공조시스템을 조사하였으며, 이를 토대로 기존 공조시스템의 문제점 분석과 개선방안을 제안하고자 한다.

감염관리 기준과 국내 의료시설 현황

병원 감염관리의 기준

감염관리는 의료시설 내에서 감염병 유행 예방을 목표로 하는 역학의 한 분야로 사회 전체를 위한 공중위생 활동과 특정 의료기관에 의한 감염 관리 · 의료 역학으로 구분된다.

감염 관리의 가장 중요한 기준으로는 다음 3가지 항목이 있으며, 그 내용은 다음과 같다.

① 감염관리위원회 및 감염관리실 설치
병원(200병상 이상인 경우만 해당한다) 및 종합병원으로 중환자실을 운영하는 의료기관의 장은 병원감염 예방을 위하여 감염관리 위원회와 감염관리실을 설치 · 운영하여야 한다.

② 입원실 감염조치
전염성 질환자의 입원실은 다른 사람이나 외부에 대하여 전염 예방을 위한 차단 등 조치를 하여야 한다.

③ 수술실 감염조치
수술실은 수술실 상호 간에 격벽으로 구획되어야 하고, 각 수술실에는 하나의 수술대만 두어야 한다. 환자의 감염을 방지하기 위하여 먼지와 세균 등이 제거된 청정한 공기를 공급할 수 있는 공기 정화설비를 갖추고, 내부 벽면은 불침투질로 하여야 한다. 적당한 난방, 조명, 멸균 수세, 수술용 피복, 붕대 재료, 기계 기구, 의료가스, 소독 및 배수 등에 필요한 시설을 갖추어야 한다. 바닥은 접지가 되도록 하여야 하며, 콘센트의 높이는 1미터 이상을 유지하게 하고, 호흡장치의 안전 관리 시설을 갖추어야 한다.

국내 의료시설의 규모별 분류 기준

병원의 분류

병원은 크게 일반병원과 종합병원으로 구분된다. 병원은 30병상 이상 또는 요양병상(요양병원만 해당)을 갖춘 의료기관으로 정의할 수 있으며, 종합병원은 100병상 이상의 시설을 갖춘 의료기관으로 정의할 수 있다.

또한 종합병원은 제2차 의료급여기관과 제3차 의료급여기관(상급종합병원)으로 구분되며, 진료과목과 전문의의 규모가 기준이 된다(**표 1**).

국내 지역별 의료시설 현황

표 2와 **그림 1**은 국내 종류별, 지역별 의료시설의 수를 집계한 것이다. 국내 의료시설은 총 2,849개가 운영되고 있다. 의료시설의 종류별 비율을 확인해보면 일반병원과 요양병원이 각각 46.8%, 41.0%

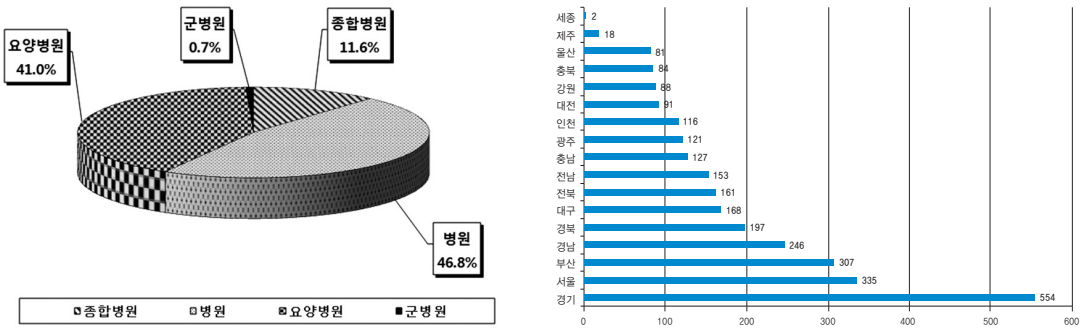
〈표 1〉 병원의 규모별 분류

구 분		내 용
제2차 의료급여기관 (종합병원)	100~300 병상	내과·외과·소아청소년과·산부인과 중 3개 진료과목, 영상의학과, 마취통증의학과와 진단검사의학과 또는 병리과를 포함한 7개 이상의 진료과목을 갖추고 각 진료과목마다 전속하는 전문의 고용
	300병상 초과	내과, 외과, 소아청소년과, 산부인과, 영상의학과, 마취통증의학과, 진단 검사의학과 또는 병리과, 정신건강의학과 및 치과를 포함한 9개 이상의 진료과목을 갖추고 각 진료과목마다 전속하는 전문의 고용
제3차 의료급여기관 (상급종합병원)		보건복지부령으로 정하는 20개 이상의 진료 과목을 갖추고 각 진료 과목마다 전속하는 전문의를 두고, 전문의가 되려는 자를 수련시키는 기관이며, 보건복지부령으로 정하는 인력·시설·장비 등을 갖추고, 질병군별 환자구성 비율이 보건복지부령으로 정하는 기준에 해당하는 종합 병원

〈표 2〉 의료시설 현황

구분	종합병원	병원	요양병원	군병원	합계
서울	57	192	85	1	335
부산	27	118	161	1	307
대구	12	103	53	0	168
인천	18	46	52	0	116
광주	22	64	35	0	121
대전	10	33	47	1	91
울산	6	38	37	0	81
경기	55	255	239	5	554
강원	16	41	27	4	88
충북	11	35	37	1	84
충남	12	45	68	2	127
전북	13	73	75	0	161
전남	23	73	56	1	153
경북	19	79	97	2	197
경남	22	132	90	2	246
제주	7	5	6	0	18
세종	0	0	2	0	2
합계	330	1,332	1,167	20	2,849

출처 : 대한병원협회 의료기관위치정보시스템 2015년 5월 기준.



(a) 의료시설 종류별 비율 (b) 지역별 의료시설 개소

[그림 1] 국내 의료시설 현황

로 대다수를 차지하고 있으며, 종합병원이 11.6%로 그 다음을 차지하고 있다. 지역별로는 경기도가 554개소로 가장 많은 의료시설이 운영되고 있으며, 그 다음으로 서울 335개소, 부산 307개소로 많은 의료시설이 운영되고 있다.

국내 의료시설 공조시스템

종합병원의 공조시스템 사례

종합병원의 공조시스템 사례로는 병실, 외래진료부, 수술실, 중환자실, 진료실을 갖춘 3개의 종

〈표 3〉 종합병원 공조시스템 개요

구 분	서울지역 A병원	경기지역 B병원	서울지역 C병원
병실 계통	변풍량 단일덕트 + 콘벡터	정풍량 단일덕트(외기) + 상치형 FCU[1]	정풍량 단일덕트(외기) + 천장형 FCU
외래 진료실 계통	변풍량 단일덕트 + 콘벡터	정풍량 단일덕트(외기) + FCU(천장용 or 상치용)	정풍량 단일덕트(외기) + 천장형 FCU
수술실 계통	변풍량 단일덕트 + RH + HFU 청정도 : CLASS 100, 10,000, 100,000	정풍량 단일덕트 + RH + HFU[2] 청정도 : CLASS 100, 1,000, 10,000, 100,000	변풍량 단일덕트 + RC[3] + RH + HFU 청정도 : CLASS 100, 10,000, 100,000
중환자실 계통	변풍량 단일덕트 + HFU	정풍량 단일덕트 + RH[4] + HFU	정풍량 단일덕트 + RC + RH + HFU

1) FCU : Fan Coil Unit, 2) HFU : Hepa Filter Unit, 3) RC : Re Cooling Coil, 4) RH : Re Heating Coil.

합병원을 대상으로 병실, 진료실, 수술실, 응급실, 중환자실의 공기시스템을 조사하였으며, 그 결과 개략적인 공조시스템 개요는 **표 3**과 같다.

● 병실 계통 공조시스템(**그림 2**)

① 서울지역 A병원의 병실 계통 공조시스템은 부하변동에 따라 변풍량 대응 및 외주부 난방부하를 콘벡터에서 처리하도록 설계되었으며, 공조기에서 냉방부하(내/외주부 및 환기부하) 전체를 담당하고, 대류방열기(convector)에서 외피 난방부하를 담당하도록 설계되었다.

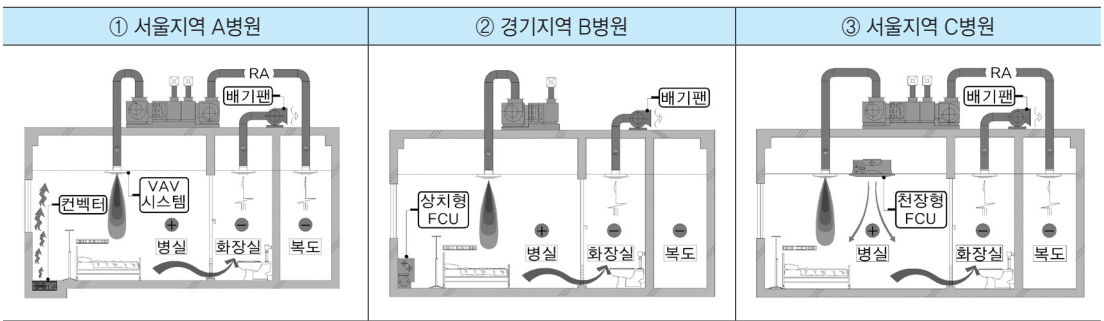
② 경기지역 B병원의 병실 계통 공조시스템은 내/외주부 발생부하 전체를 상치형 팬코일 유닛이 담당하고, 외기부하를 담당하는 공조기를 설치하여 신선한 외기를 공급하도록 설계되었다.

③ 서울지역 C병원의 병실 계통 공조시스템은 천장형 팬코일 유닛을 설치하여 내부 발열부하에 대응 공조기에서 공급되는 풍량을 창측 라인형 디퓨저로 토출되도록 설계함으로써 외피부하를 공조기에서 담당, 외기부하는 공조기에서 일괄처리하도록 설계되었다.

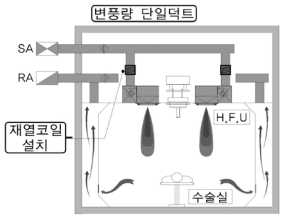
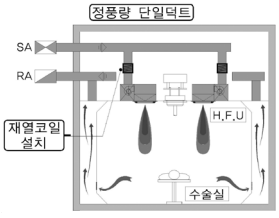
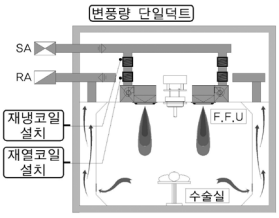
● 수술실 계통 공조시스템(**그림 3**)

① 서울지역 A병원의 수술실 계통 공조시스템은 수술실 상황에 따라 음압, 양압으로 변동할 수 있는 변풍량 방식으로 선정하였으며, 실내 온도를 유지하기 위해 재열 코일과 수술실 내 청정도 유지를 위해 HFU를 설치하였다

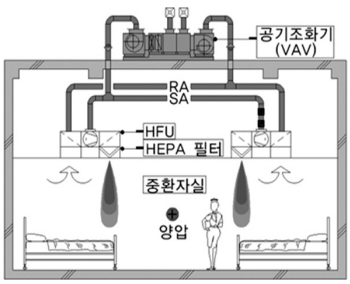
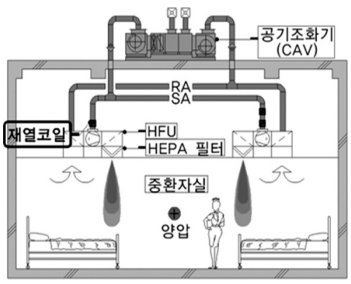
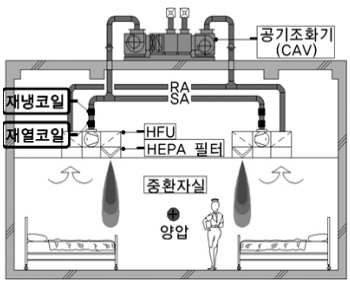
② 경기지역 B병원은 수술실 가압 상태를 유지할 수 있도록 정풍량 방식을 선정하였으며, 실내



[그림 2] 병실 계통 공조시스템의 개요도

① 서울지역 A병원	② 경기지역 B병원	③ 서울지역 C병원
		
변풍량 단일덕트 + RH + HFU	정풍량 단일덕트 + RH + HFU	변풍량 단일덕트 + RC + RH + FFU

[그림 3] 수술실 계통 공조시스템의 개요도

① 서울지역 A병원	② 경기지역 B병원	③ 서울지역 C병원
		
변풍량 단일덕트 + HFU	정풍량 단일덕트 + RH + HFU	정풍량 단일덕트 + RC + RH + HFU

[그림 4] 중환자실 계통 공조시스템의 개요도

온도를 유지하기 위해 재열 코일과 수술실 내 청정도 유지를 위해 HFU를 설치하였다.

③ 서울지역 C병원은 수술실 상황에 따라 음압, 양압으로 변동할 수 있는 변풍량 방식을 선정하였으며, 실내 온습도를 유지하기 위해 재열 코일 및 재냉코일을 설치하였고 수술실 내 청정도 유지를 위해 FFU를 설치하였다.

● 중환자실 계통 공조시스템(**그림 4**)

① 서울지역 A병원의 중환자실 계통 공조시스템은 중환자실 상황에 따라 음압, 양압으로 변동할 수 있는 변풍량 방식을 선정하였으며, 중환자실 내 정청도 유지를 위해 HFU를 설치하였다.

② 경기지역 B병원의 중환자실 계통 공조시스템은 중환자실 가압 상태를 유지할 수 있도록 정풍량 방식을 선정하였으며, 가변적인 실내 난방온도를 유지하기 위해 재열 코일과, 중환자실 내 정청도 유지를 위한 HFU를 설치하였다.

③ 서울지역 C병원의 중환자실 계통 공조시스템은 중환자실 가압 상태를 유지할 수 있도록 정풍량 방식을 선정하였으며, 실내 온습도를 유지하기 위한 재열/재냉코일과 정청도 유지를 위한 HFU를 설치하였다.

중 · 소규모 병원의 공조시스템 사례

중 · 소규모 의료시설의 경우 응급실, 중환자실이 존재하지 않아 병실, 진료실, 수술실의 공조시스템에 대해서만 조사하였다. 세부 내용은 다음의

〈표 4〉 중·소규모 병원의 공조시스템 개요

구 분	서울지역 F 병원	일본지역 G 병원	충남지역 H 의료원	전북지역 I 의료원	경기지역 J 의료원
병실, 진료실 계통	정풍량 단일덕트(외기) + 상치형 FCU	정풍량 단일덕트(외기) + 천장형 FCU	정풍량 단일덕트 + 상치형 FCU	정풍량 단일덕트 + 천장형 FCU	정풍량 단일덕트 + 상치형 FCU
수술실 계통	정풍량 단일덕트 + HFU	정풍량 단일덕트 + HEFA 필터	정풍량 단일덕트 + HEFA 필터	정풍량 단일덕트 + HEFA 필터	정풍량 단일덕트 + HEFA 필터

표 4와 같다.

종합병원과 중·소규모 병원의 공조시스템을 비교해보면 병실과 진료실의 경우 공조시스템은 큰 차이가 없으며, 수술실 계통의 경우 성능적으로 차이가 발생하고 있는 것을 알 수 있다. 중·소규모 병원의 수술실에서는 HFU가 쓰인 곳이 한 곳뿐이었으며, 나머지 병원에서는 HFU가 아닌 HEPA 필터만을 사용하여 기능의 질이 상대적으로 낮음을 확인할 수 있다.

공조시스템 운영 및 유지관리 실태

● 병실 계통

병실 계통에 상치형 FCU를 적용할 경우 환자들의 음식물 보관으로 음식물 냄새의 확산, 실내공기질이 저하되며, FCU 토출부에 장기간 무거운 물품을 적재할 경우 장비의 고장 및 성능 저하 문제가 발생하고 있음을 확인하였다. 또한, 병실의 공조시스템이 환자 유형을 고려하지 않고 운영 및 유지가 되고 있고 병실 내에는 일반적으로 양압이 유지되고 있어 감염환자에 대한 고려가 미비한 실정이었다.

● 진료실 계통

대형 종합병원 혹은 대학병원의 외래진료실은 대부분 별도의 공간이 구획되어 있지 않았다. 특히 환자 유형을 고려하지 않고 운영되고 있었으며, 진료실 공조시스템이 내부 양압으로 운영되고 있어 감염병에 취약할 것으로 예상되었다. 또한 호흡기 진료부의 감염을 고려한 설비시설 계획이 전혀 반영되어 있지 않아 이에 대한 대책이 시급한 상황이다.

● 응급실, 중환자실 계통

응급실, 중환자실은 365일 연중 사용 공간으로 에너지 절감을 위한 변풍량 공조시스템과 재순환 공기에 의해 사용 에너지를 줄이고 있었으며, 이로 인해 공기조화기를 통한 감염성 세균 및 바이러스 등의 확산이 우려되었다. 또한, 응급실, 중환자실 계통은 별도의 음압 격리실이 없어 감염균을 보유하고 있는 환자를 별도 수용할 수 없기 때문에 실내 전염이 우려되었다.

● 감염관리 병실 계통

국가 지정병원을 제외한 일반 병원에는 대부분 격리실이 계획되어 있지 않았고, 격리실이 있더라도 기준을 지키지 않아 시설이 취약하였다. 또한 환자 대기실은 음압유지가 제대로 운영되지 않아 원내 전염이 우려되며, 공조시스템의 경우 전배기 방식을 주로 적용하여 외부 배기 시 광촉매 UV 살균필터와 같은 별도 정화시설이 필요할 것으로 판단된다.

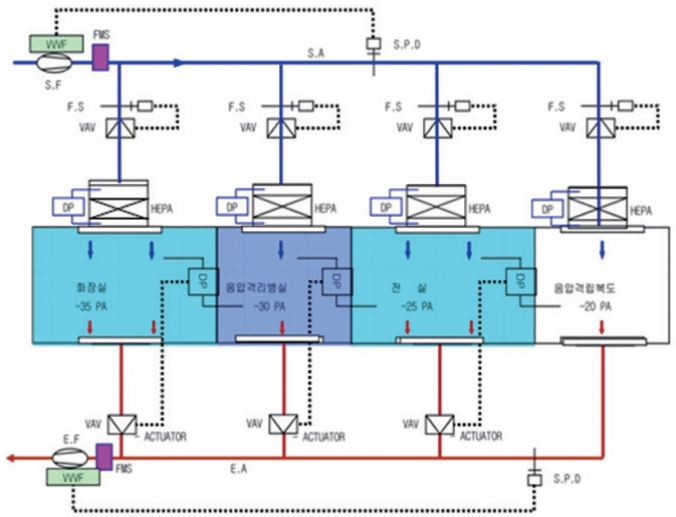
의료시설의 공조시스템 개선방안

● 감염병 및 바이러스 확산 대응 기본방안

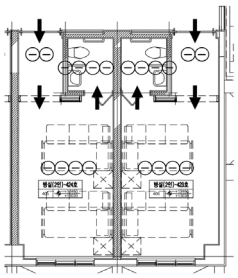
의료시설 내에서 감염병과 같은 바이러스 확산에 대응하기 위해서는 3가지 방안이 기본적으로 마련되어야 할 것으로 판단된다. 3가지 방안은 실내 음압 설정 계획과 실내 기류 유도 계획, 실내 상태 감시 시스템으로 말할 수 있다(**그림 5**).

① 음압병실은 병실 내부 구조와 환자 유형을 고려하여 실간 압력을 설정해야 한다. 음압병실의

① 실내 음압 설정



② 기류 유도 계획



③ 병실 상태 감시 시스템

[그림 5] 감염병 및 바이러스 확산 대응을 위한 기본 방안

경우 화장실≥병실≥전실≥복도 순으로 음압을 유지하고, 실간 압력을 최근 해외사례 기준인 7~10 Pa 이상으로 병상의 압력을 가장 낮게 형성하여 오염된 공기가 외부로 흐르지 않도록 계획해야 한다.

② 병실 내 기류 확산을 방지하기 위해 인위적으로 기류를 유도할 필요가 있으며 이를 위해 몇 가지 준수해야 하는 사항이 있다. 우선 병실 내 배기 디퓨저를 환자 침대 머리 부분에 설치하여 환자 호흡에 의한 확산을 방지해야 하며, 화장실을 최대 음압으로 설정하여 실내 기류가 복도로 흐르지 않게 하여야 한다.

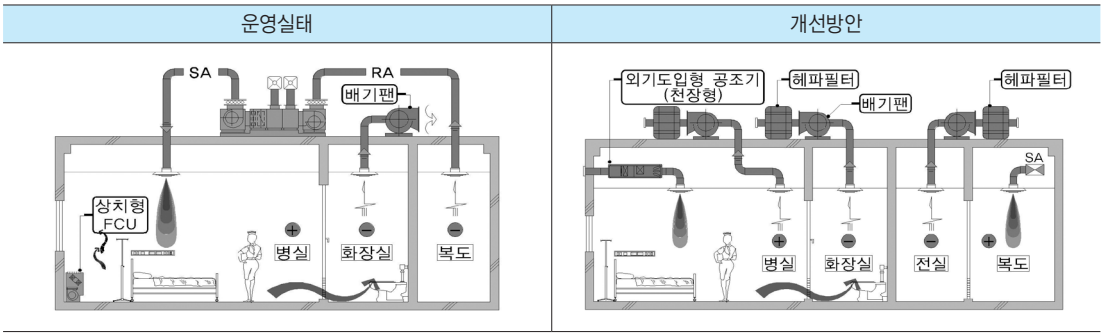
③ 병실의 상태 감시는 자동제어실 또는 간호사 스테이션에서 온도/습도/차압을 감시하고, 육안 또는 CCTV를 통해 환자 상태를 감시하도록 해야 한다. 또한 경보전파를 위해 병실에서 이상이 발생하면 관계자에게 신속하게 전달되어 조치를 취할 수 있는 방안이 필요하다.

● 병실 계통(**그림 6**)

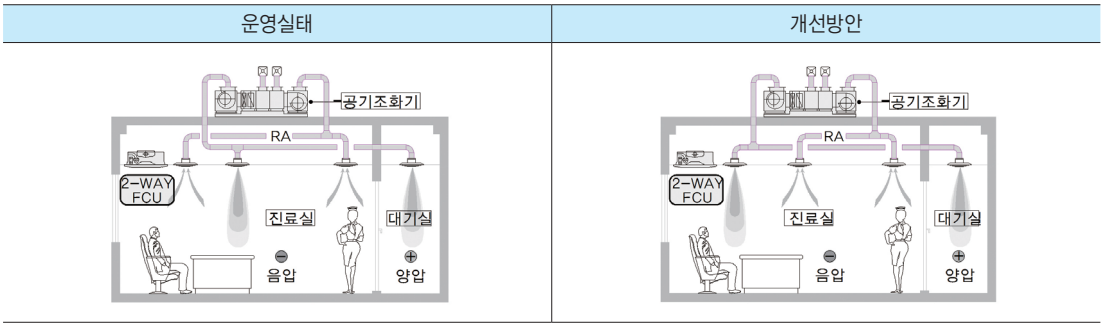
병실을 계획할 경우 격리병실(음압, 양압), 일반병실(양압) 등으로 구분하여 공조시스템을 구성해야 한다. 이중 일반병실은 환자를 보호하기 위해 양압으로 계획하여 복도의 공기가 병실 내부로 흐르지 않도록 하며, 격리병실의 경우 병실, 화장실, 전실에 음압을 형성하여 오염공기가 외부로 직배기되어 건물 내 오염공기가 확산되지 않도록 계획되어야 한다.

● 외래진료실 계통(**그림 7**)

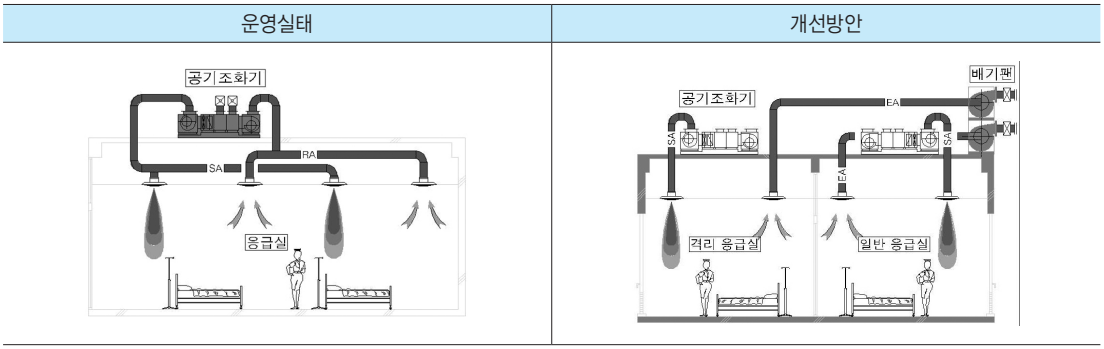
외래진료실 또한 환자 유형을 고려하여 공조시스템을 구성해야 한다. 호흡기 진료실, 중환자 진료실 등은 기류 형성에 따라 담당의 건강에 영향을 미치게 되므로 이를 고려하여 진료실 내 디퓨저 배치를 해야 한다. 따라서 진료실의 경우 대기실은 양압을 형성하고, 진료실 내부에서는 담당의 천장 디퓨저를 급기로 구성하여 오염공기의 기류흐름을 안전하게 유도해야 한다.



[그림 6] 병실계통 기류흐름 계획



[그림 7] 진료실 계통 운영실태 및 개선방안 비교(진료실 기류 형성 디퓨저배치)



[그림 8] 응급실 계통 운영실태 및 개선방안 비교

● 응급실 계통(**그림 8**)

'HEAS-02-2013 병원공조 설비설계 관리 지침'을 참고하면 응급실내 별도의 음압 격리실을 계획하고, 초기 응급실을 통한 감염 확산을 차단하기 위한 감염 선별 진료소를 설치하도록 되어 있다.

이를 고려하여 응급실이 구획되어 있는 국내 병원은 향후 감염 확산 차단을 위한 음압 격리실을 추가 계획해야 할 것이다. 또한 공기조화기 내 공기재순환을 통한 감염성 세균 및 바이러스 확산을 방지하기 위해 전외기 공기조화기를 사용하고 재냉코일과 재열 코일을 이용하여 실내부하를 처리하는 방안이 고려되어야 한다.

〈표 5〉 운영특성 및 사용시간대별 세부조닝

10시간 계통	24시간 계통
◎ 외래진료부 계통 ◎ 진단검사의학과 계통 ◎ 중앙공급부 계통 ◎ 시설지원부 계통	◎ 수술실 및 수술준비실 계통 ◎ 일반병실 ◎ 격리병실 ◎ 중환자실 ◎ 신생아실, 미숙아실 ◎ 응급, 긴급수술, 분만실(야간에도 사용하는 실) 계통

● 공조시스템 운영 및 유지관리 개선방안

의료시설의 공조시스템은 온습도 조절은 물론 원내 공기청정도 유지가 가장 중요한 요소로서 원내 감염방지를 공조방식 계획 단계에서 충분히 고려해야 한다. 원내 공기청정도를 유지하기 위해서는 반드시 에어필터를 설치하여야 하며, 이외에도 일정 환기 횟수 이상의 환기량 확보가 반드시 필요하다.

원내의 압력균형도 원내감염 방지와 오염 공기 역류를 방지하는 의미로 매우 중요하다. 청정도가 요구되는 실은 필히 양압을 유지해야 하며, 오염이 우려되는 실은 음압을 유지하여야 한다. 하지만 청정도 요구조건을 위해 조닝, 청정도가 다른 구역을 동일한 공조계통으로 계획하는 것은 바람직하지 않으며, 공기조화 기기 비운전시 역류방지계획 수립과 각 층에 걸쳐 공용 구역으로 하는 경우 공조시스템 정지시의 공기역류를 막는 방안이 필요하다.

표 5는 의료시설의 운영특성 및 사용시간대별 세부조닝 계획으로 이를 참고하여 조닝계획을 하여야 한다.

국내 의료시설 공조시스템의 문제점 분석 결과 및 개선방안

① 국내에는 2015년 5월 기준 약 2,849개의 병원이 있는 것으로 조사되었으며, 200병상 이상인 병원과 종합병원으로 중환자실을 운영하는 의료기관은 병원감염 예방을 위하여 감염관리 위원회와 감염관리실을 설치하여 운영하도록 되어 있다.

② 종합병원이나 중·소규모의 병원 및 의원의 병실, 진료실, 수술실의 경우, 종합병원의 대부분은 HFU를 사용하고 있었으나, 대부분의 중소규모 병원 및 의원에서는 HEFA 필터만 설치되어 있었다. 또한, 병실에서 환자의 유형을 고려하지 않고 병실 내 양압을 유지하고 있어 오염된 공기의 실내 감염 확산이 되고 있었으며, 비록 감염관리 병실이 존재하더라도 인접 실과의 음압유지가 전혀 가동되지 않았고, UV 살균필터 미설치 등 오염된 공기를 관리하는 설비시설이 전무한 실정이다.

③ 대형병원의 경우라도 호흡기 계통에 별도 공간 구획 및 감염을 고려한 설비시설이 마련되지 않아 감염 공기의 외부 유출 위험이 있었다. 또한, 응급실과 중환자실에서도 음압 격리실을 운영하지 않고 있어 일반환자와 감염환자를 같이 수용하고 있어 환자 감염에 노출되어 있었다.

⑤ 의료시설은 원내 감염방지를 공조방식 계획 단계에서부터 격리시설 전용 공기조화기 설치 등을 통한 고려가 필요하며, 원내를 청정하게 유지하기 위해서 에어필터를 설치하는 것 외에 일정 환기 횟수 이상의 환기량 확보가 반드시 필요하다. 또한 밀폐성 향상 및 역류 방지 계획, 압력조절을 통하여 원내감염 확산을 방지해야 한다. 이를 위해서는 차압계, 온·습도계 설치 등 의료시설의 실시간 상태 감시 시스템을 통하여 중앙감시반과 간호사가 24시간 이상 상태를 확인하고 빠르게 대처할 수 있는 시스템 구축이 필요하다.