

병원 설비 설계시 원내2차 감염을 고려한 공조계획

Air-conditioning design for a Secondary infection in Hospital facilities

이송우 (주)우원엠앤이 Lee, Songwoo

병원건물에서의 설비설계는 환자와 외래객 및 의료진의 건강과 직결되는 문제로 일반건물에 비해서 그 중요성이 크다고 할 수 있다. 또한 의료시설, 업무시설, 연구시설 등 건물의 용도가 다양하고 복잡한 기능이 요구되며, 사용시간대별·기능별 구분과 청정구역과 비청정구역에서의 오염방지 등 각 부분별 요구조건을 충족시킬 수 있도록 설비 설계 시 계획되어야 한다. 그 중에서도 공기 청정도 유지, 그리고 오염물질의 확산 방지가 병원 설비의 중요한 요소이며, 또한 부하변동에 유연하게 대처, 공조의 안전성과 신뢰성의 유지가 필요하다. 본고에서는 병원시설의 공기조화 설계시에 고려 사항 및 공조 계획 방법에 대해서 설명하고자 한다.

1. 설계 조건

1.1 온도조건

병원의 냉·온열환경은 환자의 진료, 검사, 진단, 치료를 행하는 것이 가능한 환경의 확보와 의사나 그 밖의 종사자의 작업성과 의료기기의 보호와 성능 유지를 위해 적절한 온도 조건을 만족시켜야 한다. 온도 조건은 각각의 사용목적에 따라 다르지만 일반적으로 다음의 표 1을 표준으로 한다.

1.2 병원내 감염 방지

병원에서의 방사선 치료나 항암 치료 등에 의한 면역력이 저하된 환자가 증가하면서 본래의 질환이 아닌 감염되는 경우가 발생하는데 이러한 병원내 2차 감염을 방지하기 위해서 공조 설비에 있어서 공기에 의한 감염 경로를 차단하기 위해 적절한 공기 청정도, 실 내압의 확보 및 계통 분배 등이 필요하다.

[표 1] 주요실내온도 조건 (HEAS-02)

청정도	실명	여름철		겨울철	
		온도(℃)	습도(%)	온도(℃)	습도(%)
I	총류식 무균 수술실	2226	45~60	22~26	45~60
	총류식 무균 병실	2426	40~60	21~24	40~60
II	수술실 및 수술실연락하는 구역	2226	45~60	22~26	45~60
III	미숙아실	25~27	50~60	24~27	45~60
	수술실 일반구역	2325	50~60	21~24	45~60
	ICU (중환자실)	2426	50~60	22~25	45~60
	분만실	25~27	50~60	21~24	45~60
IV	신생아실	25~27	50~60	24~27	45~60
	병실	24~26	50~60	21~24	45~60
	외래진료실	25~27	50~60	22~25	45~60
	로비 및 진료대기실	~25	50~60	20~23	45~60
V	물리 치료실	2527	50~60	24~27	45~60

1.3 공기 청정도

병원은 각종 병균을 보유한 환자가 거주하고, 공기 중의 균 농도가 높기 때문에 수술 중이나 수술 후의 감염을 최소화하기 위해 일정 레벨 이상의 공기 청정도를 유지해야한다. 공기 청정도는 실의 목적이나 용도에 따라 다르며, [표 2]는 의료 시설에 있어서 미생물 수를 지표로 한 청정도 구역 분배 및 구역별 최종 필터 포집 효율의 기준이다.

[표 2] 청정도에 따른 조닝과 환기의 조건

청정도	구분	실명	최소 외기량 (회/h)	최소 전풍량 (회/h)	실내압	순환 기기 설치	최종 효율 (%)	필터 (%)
I	고도청결구역	총류식 무균 수술실 총류식 무균 병실	15		양압	x	DOP	99.97
II	청결구역 A	수술실 배반실 응급수술실	5	20	양압	x	비색법 90% 이상	
		청정복도실 수세실 준비실 무균제제실 중앙재료부의 멸균실	5	15	양압	x		
		NICU (Neonatal Intensive Care Unit)	5	10	양압	x		
III	청결구역 B	미숙아실 특수병실 ICU 외래수술실 투석실특수 검사실 중앙재료부의 일반실	3	10	양압	x	비색법 80% 이상	
		분만실	4	10	양압	x		
IV	준청결구역	병실					비색법 60% 이상	
		진찰실 처치실 조제실 CCU 물리치료실	2	6	등압	o		
		일반 신생아실	3	10	양압	o		
V	일반구역	로비 및 진료대기실	3	6	등압	o		
VI	오염확산방지구역	사무실 일반식당 외곽	2	6	등압	o	비색법 60% 이상	
		실험실	15		음압	x		
VII	오염구역	감염증 병실	10		음압	x		
		오물처리실			음압	x		
		화장실 세탁실 쓰레기처리장		배기 10	음압	x		

I : 10 cfu/m³이하 II, III : 200 cfu/m³이하 IV : 200~500 cfu/m³이하

[표 3] 일반적인용 시간대

실의 사용 형태	휴일공조여부	중요한 실
24시간 연속	0	간호실, ICU, 일반병실, 특수병실
수시	0	수술, 분만, 응급, 긴급검사, 등영안실
야간	0	당직
정시	0	외래, 검사, 진단, 약국, 관리부, 주영등

실내압은 고도청결구역, 청결구역, 준청결구역, 일반구역, 오염 확산 방지구역 등 실의 필요 청정도 조건에 맞게 선정하고, 공조 계통은 청정도 구역별로 분배, 재순환 공기에 의한 혼합 오염과 운전 정지시에 생기는 교차 감염을 일으키지 않게 조닝에도 유의해야 한다. 공기 청정도를 유지하기 위해서는 각각의 실에 요구되는 청정도에 맞게 필터의 성능을 선정하고 공기를 송풍하는 것이 중요하다. 또한 필터의 효율만큼 필터의 위치 역시 중요한데, 청정도가 높아야 하는 실은 취출구 직전에 필터를 설치하고 덕트 계통에서 발생하는 오염 물질의 침입을 고려해야 한다.

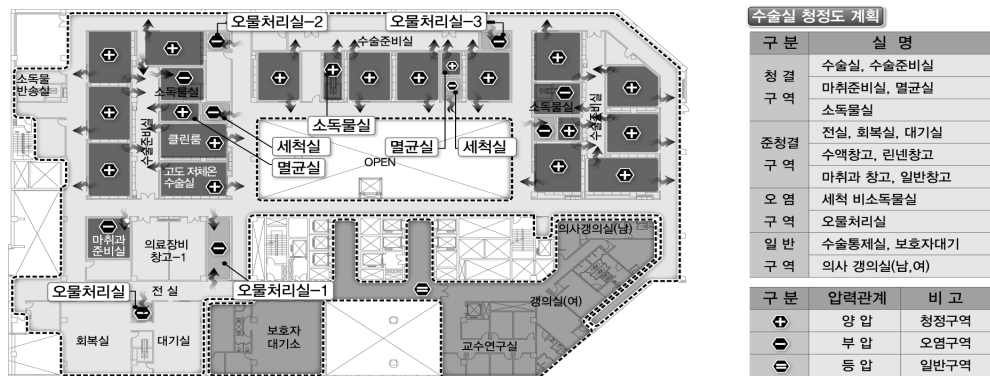
1.4 안전성과 신뢰성

병원은 24시간 계속적으로 운영되는 특성을 갖는데 ICU(중환자실), 미숙아실 그리고 수술실 등은 유사시에 발생하는 작은 사고로도 환자의 목숨과 연결이 된다. 따라서 지진 등과 같은 재해 및 고장, 정기점검 등의 비상시에도 병원의 기능이 정지되지 않도록 고려, 안전성과 신뢰성을 반드시 확보하도록 계획을 세워야 한다. 열원의 다중화, 열원 기기의 복수 설치, 비상 전원에서의 접속, 그리고 수술실, ICU (중환자실) 등의 공조기 분할 장치, 예비기기 설치, 각 계통에서의 덕트 절단과 교체 등에 의한 백업 대책 등이 필요하다.

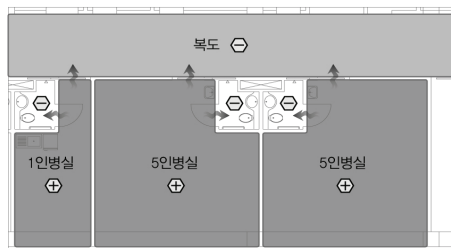
2. 시스템 설계

2.1 조닝 계획

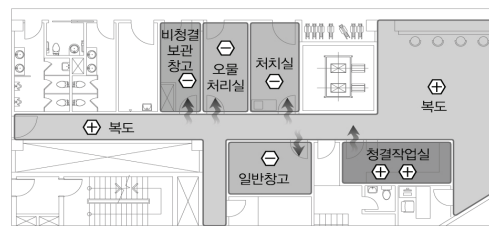
조닝은 일반적으로 용도, 부하 특성, 사용시간대, 공기청정도, 경제성 및 관리의 편의 등을 고려한다. 그 중 가장 우선시 되는 요소는 사용시간대와 공기 청정도에 따른 조닝 계획이다. 공조



(a) 수술실의 공기 청정도에 따른 공조 조닝 계획



(b) 병실의 조닝 계획



(c) 청결작업실 및 오물처리실의 조닝 계획

[그림 1] 공기청정도에 따른 조닝 계획



[그림 3] 실 특성별 공조 계획의 예

조닝은 [표 3]과 같이 주간 운영시간대와 24시간 운전으로 구분되고, 병실에 따라서 연간 공조되는 실이나, 수술실과 같이 간헐적으로 사용되는 부분 운전 등으로 사용시간에 따라 다양하다. 또한 공기의 청정도는 앞서 설명한 바와 같이 실의 청정도에 따라서 구획하여 운영특성별 공조 조닝계획으로 공기의 혼합을 방지하도록 한다. [그림 1]은 각 실의 특성에 맞는 실간 압력별로 조닝의 예로 오염된 공기가 인접실로 전달되는 것을 차단하여 2차 오염을 방지하도록 조닝 계획을 하여야 한다.

2.2 환기 시스템

각 실의 전체 풍량은 냉·난방 부하 처리 및 실내의 청정도를 높이기 위한 필요한 풍량이다. 따라서 공조 설비에 의해 공급된 외기는 오염물질의 희석뿐만 아니라 실 내압과 공기의 흐름을 형성하고, 위생적인 환경을 유지하는 역할을 한다.

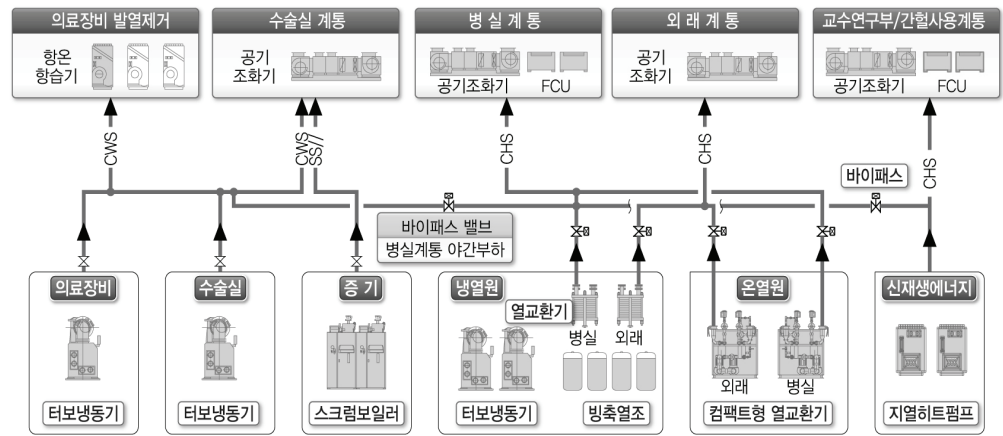
특성에 따라 각 실의 청정도를 유지하기 위해서는 앞서 실내압의 조닝 계획이 중요하다. 높은 청정도가 요구되는 실은 양압을 유지하도록 해서 외부의 공기가 유입되는 것을 막고, 오염도가 높은 실은 인접실로 공기가 유출되는 것을 방지하도록 계획해야 한다. 이렇게 실내압을 확보하기 위하여 양압을 유지해야 하는 실은 배기량을 송풍량보다 10~20% 정도 작게 하고, 음압을 유지해야 하는 실은 배기량을 송풍량보다 10%정도 많게 하는 방법을 일반적으로 사용하고 있다. 이외에도 에어 발란싱을 유지하기 위해 드래프트 챔버, 후후드 등의 배기 유닛을 설치하는 경우나, 야간에도 운전하는 공조설비에 대해서도 고려해야 한다.

2.3 공조 시스템

병동·외래 부분 등에서는 각 실마다 온도제어가 가능한 시스템이 요구되고, 일반적으로 단일 덕트+팬코일유닛 방식으로 하는 경우가 많다. 의료기기의 발열, 외기에 인접하지 않는 경우나 동절기·중간기에도 냉방을 필요로 하는 경우가 있으므로, 각 실의 기능별 사용 용도별로 구분하여 공조방식을 계획해야 한다.

2.4 열원 시스템

병원의 부하는 냉·난방·환기·Process 부하 등이 상호 복잡한 관계로, 각 실의 부하 특성을 파악하여 계획을 세워야 한다. 24시간 가동하는 실, 환경 유지를 위해 냉·난방 열원을 지속적으로 필요한 실이, 긴급으로 사용하는 실 등 사용되는 목적에 따라서 각 실의 부하형태는 여러 가지이기 때문에 부하의 변동에 대응할 수 있도록 시스템을 계획해야 한다. 열원기기는 부하변동에의 대응성, 고장정기검사 등을 고려하여 장비를 대수 분할하여 설치하고 경제성, 운전의 제어 및 백업을



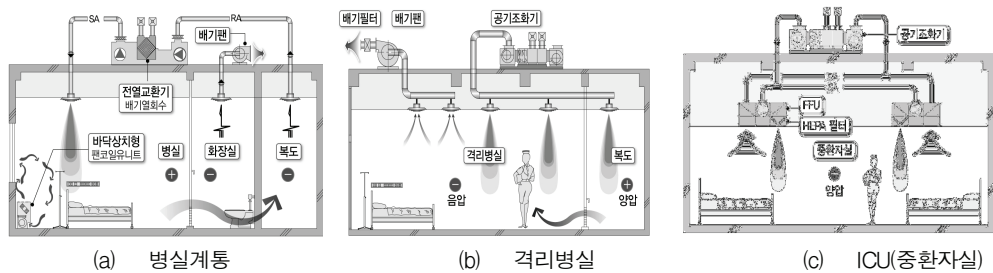
[그림 4] 열원시스템 공급계획

고려하여 선정하여야한다. [그림 4]는 병원의 주요 실의 열원 시스템의 선정으로 터보 냉동기의 대수분할 운전으로 부하 대응성을 향상시키고, 수술실의 경우는 비상시를 고려하여 백업 시스템을 구성하여야한다. 또한 비용이 저렴한 심야 전력 사용으로 운전비 절감이 가능한 빙축열 시스템을 채택하여 경제성 또한 고려하여야한다.

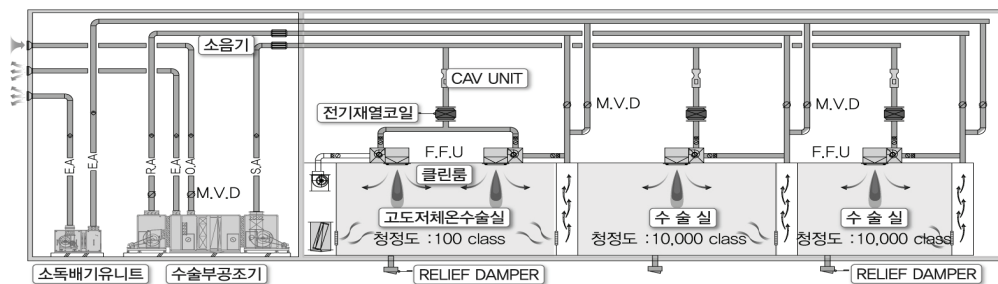
3. 실별 공조방식 계획

3.1 병동부

각 병실마다의 온도 제어, 운전의 조절이 가능하고, 교차오염을 방지 할 수 있는 시스템이 바람직하며, 일반적으로 단일덕트+FCU 방식을 사용한다. 실내압은 송풍량과 동일한 배기를 시켜 등압을 유지하는 것이 좋으며, 악취 발생 또는 감염증이 우려되는 환자를 수용하는 병실은 실내를 부압으로 유지 될 수 있도록 배기한다. 오염물질의 확산 방지 및 감염 방지를 피하기 위해 복도의 적정 온도유지, 공기 청정도, 공기 흐름 등이 병동의 중요한 요소이다. 감염병동은 일반 병동과 공조 계통을 분리하고 24시간 공조 시스템으로 계획한다. 공조 방식은 전배기 방식으로 2차 감염을 고려하여 환기를 재순환하지 않는다. ICU(중환자실)는 일반 병실에 비하여 높은 공기 청정도 및 온도 제어가 요구되며 ICU 내의 병실은 각각 실제어가 가능하도록 계획하여야한다.



[그림 5] 병동계의 공조 방식



[그림 6] 수술실공조 및 환기계획

3.2 수술부

수술실의 공조는 온도조건의 설정, 발열제거 그리고 공기의 청정도를 유지할 수 있어야 한다. 수술의 종류나 환자에 따라서 실별 제어가 가능해야하며, 시스템의 안정성과 신뢰성을 고려, 수술 중에 설비 운전이 중단되지 않아야한다. 또한 수술실은 일반 공조에 비해 외기량이 크기 때문에 사용되는 에너지를 절감할 수 있도록, 전열 교환기를 설치하고, 운전 초기 시에는 외기 도입을 차단할 수 있는 시스템 등의 공조 방식을 적용할 수 있도록 한다. [그림 6]은 수술실의 공조 및 환기 계획으로 고성능 필터를 내장한 팬필터유닛(FFU)을 설치하여 수술실 내부 청정도 유지, 순환팬으로 공기 재순환하였으며, 소독배기는 활성탄 필터를 설치하여, 외부로의 냄새 확산 방지, 배기공기량은 릴리프 댐퍼설치로 순간 압력차를 유지하여야한다. 또한 15~18°C의 고도 저체온 수술실과 같은 경우는 별도 조닝으로 시스템을 계획하고 과냉에 의한 결로가 발생하지 않도록 적정한 온도가 유지될 수 있도록 계획한다.

3.3 중앙 검사부

검체검사부는 환자의 혈액, 소변, 대변, 세포 바이러스 등의 검체를 검사하는 곳으로, 검사실의 사용목적에 따라서 공조 시스템을 선정해야한다. 병리검사실과 같이 화학물질을 사용하는 실은 화학물질의 제거 및 확산 방지에 유의하여, 공기보다 비중이 높은 화학물질을 사용하는 실의 배기는 하부에 설치하는 등의 시스템 설계 시 주의해야한다. 해부실은 일반적으로 검체 검사부와 떨어져서 영안실 등과 같이 배치하여 충분한 환기횟수를 확보해야한다. 배기구에는 헤파 필터를 설치하는 것이 좋으며 실의 구석에 배치하고, 부검자의 감염 방지와 쾌적성을 고려하여 해부대 부근에 배기구를 설치하기도 한다. 또한 의료 기기의 발열이 큰 MRI 기계실, CT실 등은 발열제거용 전용 공조기를 설치하는 것이 좋다.

3.4 외래부

외래부는 외과, 내과 등 여러 진료 과목별로 진찰실, 처치실이 있고 사용 시간이 서로 다를 수 있어 개별 제어가 가능한 공조방식이 바람직하다. 또한 로비 및 진료대기실은 인원수에 맞는 외기 도입량, 부유분진의 제거 등 환기량 확보에 유념하며 진료실과는 공기 청정도가 다르기 때문에 별도 계통의 조닝계획이 필요하다. 또한 외래부의 에어 밸런싱은 오염 공기의 확산을 고려하여 진찰실에서 진찰 대기실로 공기의 흐름이 구성되도록 계획한다.

3.5 중앙 공급부

공급부는 약국, 재료 멸균실, 주방 세탁실 등과 같은 실로 약국에는 고도의 공기 청정도를 필요로 하는 실등 실의 사용 목적에 따라서 에어 밸런싱과 공기 청정도가 유지될 수 있도록 공조계획을 세워야한다. 재료 멸균실은 진료에 필요한 기기를 멸균·보관하고, 필요에 따라서 공급하는 실로 기자재는 일반적으로 세정, 조립, 멸균, 보관 등의 순서이지만, 공기의 흐름은 역으로 청결한 장소에서 오염 장소로 흐르도록 계획한다. 이외에도 세탁실은 고온·다습하기 때문에 동절기 하절기의 냉방 및 환기량이 충분하도록 계획한다.

맺음말

병원설비는 일반 건물과 달리 사용용도, 사용 시간대 그리고 공기 청정도 등 여러 가지를 동시에 고려해야하기 때문에 공기조화 설비 계획에 많은 어려움이 있다. 특히 질병 치료를 목적으로 하는 병원에서 잘못된 공조계획은 병원내의 감염을 유발하는 원인이 된다. 따라서 이러한 병원내의 2차 감염을 방지하기 위한 완벽한 조닝 계획 및 실내압 조절 등을 설계시에 충분히 고려하여 공기조화 계획에 반영해야할 것으로 판단된다.