



Hastanelerde ve Sağlık Kuruluşlarında Deprem Hazırlığı

Earthquake Preparedness in Hospitals and Health Institutions

Kadir OKTAY

Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Adana, Türkiye

Yazışma adresi: Kadir OKTAY ✉ drkadiroktay@hotmail.com

ÖZ

Hastaneler, deprem esnasında acil durum müdahalelerinde ve yaralananların tedavisinde kritik bir rol oynamaktadır. Hastane sistemleri, acil durum müdahalesi sırasında topluluklara zamanında kritik sağlık hizmetleri sağlamaları gerektiğinden, afet direncinin ve hazırlığının merkezinde yer alırlar. Ancak, depremlerde zarar gören binalar veya altyapı sistemleri nedeni ile tam kapasite ile çalışmaları mümkün olamayabilmektedir. Bu nedenle, depremlere karşı hastanelerin etkinliğini artıracak stratejiler geliştirilmelidir. Hastanelerin bu tip doğal afetler için hazırlık aşamalarına mühendislik faaliyetlerinin entegrasyonu çok önemlidir. Bu planlamaların ve hazırlıkların yapım aşamasında, hastanelerin yapısal ve işlevsel bütünlüklerinin devamı ve deprem sonrası sağlık hizmetinin olabilecek en iyi seviyede devam ettirilmesi hedeflenmelidir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Deprem, Hastane hazırlığı, Algoritma

ABSTRACT

Hospitals play a critical role in emergency responses and treating injuries during earthquakes. Hospital systems are at the core of disaster resilience because they must provide timely critical healthcare services to communities during an emergency response. However, natural disasters hinder their ability to operate at full capacity because of building and infrastructure damages. Thus, cities must develop strategies that enable hospitals' effective disaster operations against earthquakes. The integration of engineering activities into the preparation stages of hospitals for such natural disasters is very important. During the formation of these plans and preparations, it should be aimed to continue the structural and functional integrity of the hospitals and to continue the optimal post-earthquake health services.

KEYWORDS: Earthquake, Hospital preparedness, Algorithm

■ GİRİŞ

Hastaneler gibi hayati yapıları etkileyen yapısal pek çok problem, depremler sırasında veya sonrasında ortaya çıkabilir. Bu problemler içerisinde, jeoteknik sorunları, binanın çökmesi veya ağır hasar alması gibi yapısal kusurları ve yapısal olmayan fiziksel hasarları sayabiliriz (Şekil 1). Hastanelerin bu tip doğal afetlerde, organizasyonel kabiliyetlerini geliştirmek için mühendislik faaliyetlerinin entegrasyonu çok önemlidir. Hastanelerin fiziksel altyapısı içerisinde; hastane tesisleri (binalar, yerleşkeler vb.), hastane zemini (otoparklar, teknik birimler vb.) ve mekanik sistemleri (havalandırma siste-

mi, tıbbi gazlar, yangın söndürme sistemi vb.) sayabiliriz. Çoğu deprem bölgesinde, bu fiziksel altyapı bileşenleri sismik hareketlere karşı savunmasızdır (20). Özellikle az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde, daha eski bina ve altyapıya sahip bölgelerdeki sağlık kuruluşlarında bu durumu göz önünde bulundurmamak hayattır (3). Hastanenin kendi fiziksel altyapısının haricinde hastane ile bağlantılı diğer altyapı bileşenlerinin (kamu hizmetleri, ulaşım vb.) sağlamlığı da çok önemlidir. Bu yapılarıdaki hasarlar da hastaneleri olumsuz etkileyecektir (5,6). Ayrıca, hastane içerisindeki veya çevresindeki bir yıkım hastalar, hasta yakınları ve hastane personeli için risk oluşturacaktır.

■ ALGORİTMALAR

Haddon matrisi 1960'lı yıllarda William Haddon Jr tarafından oluşturulan ve çeşitli yaralanma mekanizmalarını anlama, önleme ve müdahale etme aşamalarını içeren bir algoritmadır (10). Haddon matrisi içerisindeki mühendislik kavramları, hastanelerin fiili altyapılarının, fiziki çevresel faktörler ile ilişkilerini planlamaktadır. Bu fiziki çevresel faktörler arasında, fay hatlarına yakınlık, sismik etkilere bağlı yer hareketi faktörleri ve olay sonrası ortaya çıkabilecek artçı sarsıntılar ve tsunamiler gibi etkenleri sayabiliriz. Haddon matrisi yaklaşımında zaman dilimleri, olay öncesi, olay esnası ve olay sonrası olmak üzere üç kısımda incelenir (Tablo I) (7,10).



Şekil 1: 6 Şubat depreminde zarar gören ve tahliye edilen Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Balcalı Hastanesinin zarar görmüş kolonlarının görüntüsü.

Olay öncesi aşamada, hastanenin fay hatlarına yakınlığı ve yerel zemin koşulları iki temel risk faktördür. Bu iki faktör, deprem sırasında zemin davranışını ve sahadaki yer hareketlerinin özelliklerini belirler (18,19). Zeminde sıvılaşma, yanıl yayılım ve çökme gibi zemin davranışları binaların yıkımına sebep olabilecek problemlerdir. Doymuş yeraltı tabakasının taşıma kapasitesi ve mukavemetini kaybederek zeminin katı durumdan viskoz sıvı duruma geçmesine zeminde sıvılaşma adı verilmektedir (Şekil 2). Hastane gibi hayati yapıların inşaatı öncesinde zemin etütlerinin yapılması bu nedenle çok önemlidir. Zemin sıvılaşması riski olan bölgelerdeki yapıların belirli periyotlarla etüt işlemlerinin yapılması ve gereklilik hallerinde zemin enjeksiyonu gibi önlemlerin alınması hayattır (11,21,22).

Hastanelerin deprem anında ve sonrasında hizmet vermeye devam edebilmesi için fiziki altyapı bütünlüğünün korunması gerekmektedir. Bu sebeple binaların birincil ve yedek altyapı sistemlerinin düzenli olarak test edilmesi ve kontrollerinin sağlanması çok önemlidir. Birincil altyapı sistemleri, binanın yapısal sistemini, mekanik altyapısını ve bina ile ilişkili kamu hizmetlerini (elektrik, su, iletişim, atık su, tıbbi gazlar vb.) içerir. Birincil sistemlerin afet esnasında ve sonrasında çalışmaya devam etme yeteneği, bilgisayar modellemesi, afet simülasyonu, tarihsel kayıtlar, tatbikatlar veya risk analizleri gibi yöntemlerle değerlendirilebilir. Sağlık tesisindeki her bir kritik sistemin, birincil sistemler arzalanırsa sağlık hizmetlerinin devamlılığının sağlanması amacıyla ikincil bir yedeği olmalıdır (4). Buna örnek olarak, yapısal binalar için dual yapılaşma, ventilatör veya ameliyathane ekipmanları gibi hayati cihazlar için alternatif güç kaynakları/jeneratörler ve taşınabilir tıbbi gaz sistemleri sayılabilir (12-15).

Deprem müdahale planı geliştirilirken, binaların özellikleri ve yapısal sistemler olay esnası fiziki çevresel faktörler arasında sayılmalıdır. Çünkü deprem ve sismik olaylara karşı doğrudan savunma hattını bu yapılar oluşturmaktadır. Binanın yaşı, yüksekliği ve inşaat malzemesinin kalitesi gibi özellikleri, bir

Tablo I: Hastane Deprem Hazırlığı Algoritması

	İnsan Faktörü	Bina/Araç	Fiziki Çevre
Olay öncesi	<ul style="list-style-type: none"> - Depreme hazırlık tatbikatları (kurum içi ve kurumlar arası) - Afete yönelik eğitim - Hastane afet planı (HAP) - Kişisel/aile hazırlığı 	<ul style="list-style-type: none"> - Arızalara yatkınlık analizi - Toprak koşulları (sıvılaşma vb.) - Erken uyarı sistemi - Hastane afet planı (HAP) 	<ul style="list-style-type: none"> - Yedekli fiziksel altyapı - Risk değerlendirmesi - Alan tahsisi ve esneklik - Tedarik stokları
Olay esnası	<ul style="list-style-type: none"> - Anında tepkisel koruyucu davranışlar - Bildirim hızı ve sağlık çalışanlarının hesap verebilirliği 	<ul style="list-style-type: none"> - Zemin yoğunluğu - Sarsıntı süresi - Jeoteknik koşullar 	<ul style="list-style-type: none"> - Yanal kuvvete dayanıklı sistemler (sismik izolatör vb.) - Bina özellikleri (Yaş, malzeme, yükseklik) - Asansörler
Olay sonrası	<ul style="list-style-type: none"> - Sağlık çalışanlarının olay sonrası yanıt verme yeterliliği - Koruyucu davranışlar - Kişisel/aile hazırlığı - Tahliye hazırlığı - Psikolojik hazırlık 	<ul style="list-style-type: none"> - Artçı şoklar (süre, yoğunluk, yakınlık) - Tsunami ve/veya sel - Tesisi su basması (örn. kırık borulardan) - Gaz sızıntısı ve/veya yangın 	<ul style="list-style-type: none"> - Yangın söndürme sistemleri - Yatay/dikey güvenli çıkış - Alarm/uyarı sistemleri

deprem sırasında binanın öngörülen davranışı ve performansı hakkında bilgi sağlar. Bu bilgiler acil durum planlamacılarının ayrıntılı bir yapısal analiz yapmadan önce, binanın hasar görme veya çökme potansiyeli açısından risk değerlendirmesi yapmasına olanak tanır (1,14).

Olay esnası faktörler arasında yer alan önemli önlemlerden birisi, deprem kuşağında yer alan sağlık tesislerindeki binalara sismik izolatör sistemlerinin yerleştirilmesidir (Şekil 3). Bu sistemler deprem esnasında hasara yol açan enerji yüklenmelerini sınırlandırarak yapısal bütünlüğün korunmasını sağlamaktadır (8,16). Ülkemizde, 2013 yılında yayınlanan bir genelge ile 100 yatak ve üzerindeki devlet hastanelerinde, bu sistemlerin kullanılması zorunlu duruma getirilmiştir. Olay esnası faktörlerin en önemlilerinden birisi de, sağlık çalışanlarının barındığı binaların dayanıklılığı ve ulaşım ağının işlevselliğidir (9,23). Ülkemizde gerçekleşen 6 Şubat depreminde pek çok sağlık çalışanı yaşadıkları evlerinde veya çalıştıkları hastanelerde, binaların yıkılması sonucu hayatlarını kaybetmişlerdir. Depremzedelerin tedavi sürecinde görev alabilecek olan pek çok sağlık çalışanının kaybı, sağlık hizmetlerinde yaşanan aksamaların daha da derinleşmesine sebep olmuştur.

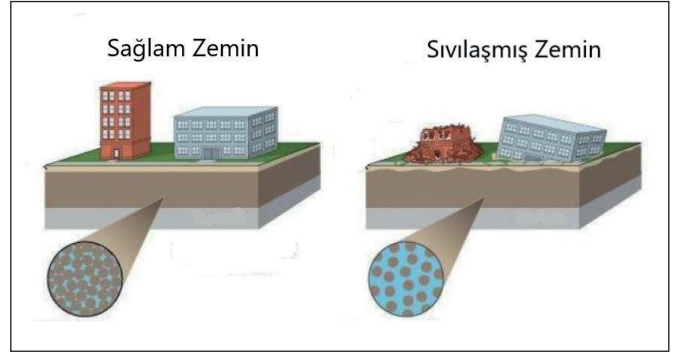
Olay sonrası faaliyetlere özgü öğeler, mevcuttaki hastaların bakımı ve tahliyeleri, depremzedelere müdahale planları ve sağlık çalışanlarının ve ailelerinin güvenliğini ve barınmasını içeren hususlardan oluşmaktadır. Ayrıca, binada su basması, yangınlar, gaz sızıntıları, mekanik ve elektrik sistemlerindeki hasarlar gibi ikincil gelişen problemlerin tespiti ve mümkünse onarımı yapılmalıdır (17,24). Hastane binasındaki onarımı mümkün olmayan yapısal bozulmalarda, hasta ve hastane personellerinin tahliyesinin hızlı ve güvenli bir şekilde yapılması çok hayattır. Şehir içerisindeki sağlık organizasyonun yeterli olması, hastane afet planının işlevselliği ve hastane personelinin deprem hazırlığının olması pek çok olumsuzluğun başarı ile önlenmesi açısından önemli faktörlerdir (2).

■ SONUÇ

Hastaneler deprem sonrası afet yönetiminde çok önemli yer tutan yapılardır. Açık ki, depremlerin olumsuz etkilerini azaltmak için hazırlıklı olmak hayati önem taşımaktadır. Hastanelerin bu tip doğal afetler için hazırlık aşamalarına mühendislik faaliyetlerinin entegrasyonu çok önemlidir. Bu planlamaların ve hazırlıkların yapım aşamasında, hastanelerin yapısal ve işlevsel bütünlüklerinin devamı ve deprem sonrası sağlık hizmetinin olabilecek en iyi seviyede devam ettirilmesi hedeflenmelidir. Haddon matrisi ve benzeri algoritmaların kullanımı, hastanelerin depreme hazırlıklı olması bağlamında mevcut mühendislik kavramlarını, davranış bilimlerini ve yasal/politika boyutlarını entegre etmek için kullanıcı dostu bir yol sağlar.

■ KAYNAKLAR

1. Barbat AH, Pujades LG, Lantada N: Performance of buildings under earthquakes in Barcelona, Spain. *Comput Aided Civ Inf Eng* 21(8):573-593, 2006



Şekil 2: Zemin sıvılaşmasının şematik görünümü.



Şekil 3: Sismik izolatör uygulaması.

2. Bird JF, Bommer JJ: Earthquake losses due to ground failure. *Eng Geol* 75(2):147-179, 2004
3. Brancati D: Political aftershocks: the impact of earthquakes on intrastate conflict. *J Confl Resolut* 51(5):715-743, 2007
4. Bruneau M, Chang SE, Eguchi RT, Lee GC, O'Rourke TD, Reinhorn AM, Shinozuka M, Tierney K, Wallace WA, Winterfeldt DV: A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities. *Earthq Spectra* 19(4):733-752, 2003
5. Cimellaro GP, Reinhorn AM, Bruneau M: Seismic resilience of a hospital system. *Struct Infrastruct Eng* 6(1-2):127-144, 2010
6. Cimellaro GP, Solari D, Bruneau M: Physical infrastructure interdependency and regional resilience index after the 2011 Tohoku earthquake in Japan. *Earthq Eng Struct Dyn* 43(12):1763-1784, 2014
7. Cole G, Rosenblum AJ, Boston M, Barnett DJ: Applying the Haddon Matrix to hospital earthquake preparedness and response. *Disaster Med Public Health Prep* 15(4):491-498, 2021
8. Erochko J, Christopoulos C, Tremblay R: Design, testing, and detailed component modeling of a high-capacity self-centering energy-dissipative brace. *J Struct Eng* 141(8):04014193, 2014
9. Giridharan R, Ganesan S, Lau SSY: Daytime urban heat island effect in high-rise and high-density residential developments in Hong Kong. *Energy Buildings* 36(6):525-534, 2004

10. Haddon W Jr: Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy. *Public Health Rep* 95(5):411, 1980
11. Jacques CC, McIntosh J, Giovinazzi S, Kirsch TD, Wilson T, Mitrani-Reiser J: Resilience of the Canterbury hospital system to the 2011 Christchurch earthquake. *Earthq Spectra* 30(1):533-554, 2014
12. Karakostas C, Lekidis V, Makarios T, Salonikios T, Sous I, Demosthenous M: Seismic response of structures and infrastructure facilities during the Lefkada, Greece earthquake of 14/8/2003. *Eng Struct* 27(2):213-227, 2005
13. Kiggins S, Uang CM: Reducing residual drift of buckling-restrained braced frames as a dual system. *Eng Struct* 28(11):1525-1532, 2006
14. Kircher CA, Whitman RV, Holmes WT: HAZUS earthquake loss estimation methods. *Nat Hazards Rev* 7(2):45-59, 2006
15. Maley TJ, Sullivan TJ, Corte GD: Development of a displacement-based design method for steel dual systems with buckling-restrained braces and moment-resisting frames. *J Earthq Eng* 14(S1):106-140, 2010
16. Qu B, Liu X, Hou H, Qiu C: Testing of buckling-restrained braces with replaceable steel angle fuses. *J Struct Eng* 144(3):04018001, 2018
17. Schultz CH, Koenig KL, Lewis RJ: Implications of hospital evacuation after the Northridge, California, earthquake. *N Engl J Med* 348(14):1349-1355, 2003
18. Seed HB, Idriss IM: Influence of soil conditions on ground motions during earthquakes. *J Soil Mech Found Div* 95(1):99-138, 1969
19. Seed HB, Romo MP, Sun JI: The Mexico earthquake of September 19, 1985 – relationships between soil conditions and earthquake ground motions. *Earthq Spectra* 4(4):687-729, 1988
20. Takagi J, Wada A: Recent earthquakes and the need for a new philosophy for earthquake-resistant design. *Soil Dyn Earthq Eng* 119:499-507, 2018
21. Tokimatsu K, Mizuno H, Kakurai M: Building damage associated with geotechnical problems. *Soils Found* 36(Special):219-234, 1996
22. Tokimatsu K, Tamura S, Suzuki H, Katsumata K: Building damage associated with geotechnical problems in the 2011 Tohoku Pacific Earthquake. *Soils Found* 52(5):956-974, 2012
23. Vickery PJ, Skerlj PF, Lin J, Twisdale L, Young M, Lavelle F: HAZUS-MH hurricane model methodology. II: Damage and loss estimation. *Nat Hazards Rev* 7(2):94-103, 2006
24. Yavari S, Chang SE, Elwood KJ: Modeling post-earthquake functionality of regional health care facilities. *Earthq Spectra* 26(3):869-892, 2010