

災害対策としての透析関連装置の固定について

橋本幸始 上條祐司

信州大学医学部附属病院腎臓内科

key words : 透析関連装置, 災害対策, 耐震, 免震

要 旨

日本は有数の地震発生国であり、ひとたび巨大地震が起これば水や電気の停止や設備の損傷により透析の継続性が脅かされる。これに対し透析関連装置の適切な固定をすることで、ある程度の被害低減が見込める。基本的な対策として、患者監視装置のキャスターロックフリー、透析ベッドのキャスターロック、透析液供給装置およびRO (reverse osmosis) 装置の固定、透析液供給装置・RO装置と機械室壁面との接合部へのフレキシブルチューブの使用が以前から提唱されている。これらの対策の有効性は東日本大震災や熊本地震の経験から示されており、すべての施設において徹底すべきである。

一般に免震構造の建築物は地震に対し安全性が高いが、大地震においてみられることのある長周期振動対策を考慮すると、免震構造の構造物でも安心することはできない。透析管理者は透析室が配置されている建築物の構造や透析室の存在する階数も考慮して、自施設の災害対策を決定すべきである。いつ起こるかかわからない地震だが、日頃から対策を講じておくことが、もしもというときの透析室の安全に重要である。

はじめに

我が国は、海洋プレートおよび大陸プレートの境界部に位置している。この複雑な地殻構造の上に位置する我が国は、世界的にみても地震の多い国であり、これまで頻繁に、大きな被害の生じる地震に見舞われて

きた。2000年から2009年にかけて、世界のマグニチュード6.0以上の地震の20%が日本で発生したと報告されており¹⁾、実際マグニチュード6クラスの地震は年に数回発生している。最大震度7に達する大地震に関しても、平成23年に東日本大震災、平成28年熊本地震、平成30年に北海道胆振東部地震と、数年おきに経験している。また、今後南海トラフ地震が発生することも懸念されている。

このような災害状況下においても、末期腎不全患者は長期にわたって透析を欠かすことはできない。地震においては建物や機器の損壊や、水、電気といったライフラインの損傷により、透析の継続性が脅かされることになる。東日本大震災についての日本透析医学会の調査では、地震により1日でも透析室の操作ができなかった施設は、震度6弱の地域では51.2%に及び、震度6強で69.8%、震度7に至っては100%となっていた²⁾。そして、透析不能となった原因の78.3%がライフライン障害であり、また施設の損壊によるものが22.0%であった³⁾。

近年、透析医療における水と電気の重要性は行政側にも認識されつつあり、水と電気については比較的早期の復旧が期待できる一方で、施設の損壊については長期にわたる透析不能の原因となる可能性がある。これらのうちのある程度は、透析関連装置の固定により被害を減弱することが期待できる。地震はいつ起こるかかわからないため、日頃からの適切な固定が必要である。本項ではとくに地震対策を中心とした透析関連装置の固定について述べる。

1 透析関連装置の固定——総論

透析室における関連装置の固定については、赤塚により提唱されている四つの基本的透析室内災害対策⁴⁾が原則である(表1)。この対策をとることで透析室機器の損傷を抑えられることが、東日本大震災や熊本地震での経験から示されている³⁾。

1-1 患者監視装置のキャスターロックフリー

最も一般的なフロア設置タイプの患者監視装置は床面にキャスターが付いているが、このキャスターロックをフリーとすることにより、地震の揺れに対して患者監視装置がある程度動くことで揺れ幅を吸収することが可能となる。具体的には図1に示すように、キャスターロックした状態においては、床面の揺れに一致して装置も揺れる。患者監視装置は倒れにくいように低重心化されているが、装置の傾きが一定以上となれば転倒してしまう。一方でキャスターロックをフリーとすることにより、揺れに対してキャスターが転がることで床面の揺れを直接監視装置へ伝えず、装置が傾きにくくなる。これにより装置の転倒を防ぐことが期待できる。このためフロア設置タイプの患者監視装置においては、キャスターロックをフリーとすることが推奨される。

ただし、患者監視装置にはカウンターに載せた状態で使用するタイプのもの(カウンター設置型患者監視装置)もある。カウンター設置型監視装置にはキャスターが付いていないため、キャスターロックフリーの対策をとることはできない。基本的にはキャスターロックフリーにできるフロア設置タイプの患者監視装置が災害対策上は望ましいが、カウンター設置型監視装置を採用せざるを得ない施設であれば、その場合は、装置とカウンターとを固定用ボルトなどを用いて強固に固定することが転倒対策として有効である。この場合は注意点としてカウンターに十分な強度があることが求められる。カウンターが脆弱であれば、カウンターごと転倒してしまう恐れがあるからである。

1-2 透析ベッドのキャスターロック

透析ベッドのキャスターロックは、主に患者の安全を考えてのものである。透析を緊急離脱することとなり、患者がベッドから移動する際にキャスターロックがなされていない状況では、転倒・転落のリスクが上昇する。このため、透析ベッドにはキャスターロックを行うことが必要である。

一方で患者監視装置をキャスターフリーに、透析ベッドをキャスターロックにすることにより、患者監視装置とベッドの動きが一定とならず、両者が引き離さ

表1 四つの基本的透析室内災害対策

- ① 患者監視装置のキャスターはロックせずフリーとし、透析室内を自由に移動させる。
- ② 透析ベッドのキャスターはロックだけしておき、決して床面に固定しない(患者の乗降が危険なのでキャスターロックだけする)。
- ③ 透析液供給装置、RO装置は床面にアンカーボルトで固定する。
- ④ 透析液供給装置、RO装置と機械室壁面との接合部は、必ずフレキシブルチューブを使用する(壁面の配管はポリ塩化ビニルでよい、接合部のみ)。

(赤塚東司雄：透析室の災害対策マニュアルより)

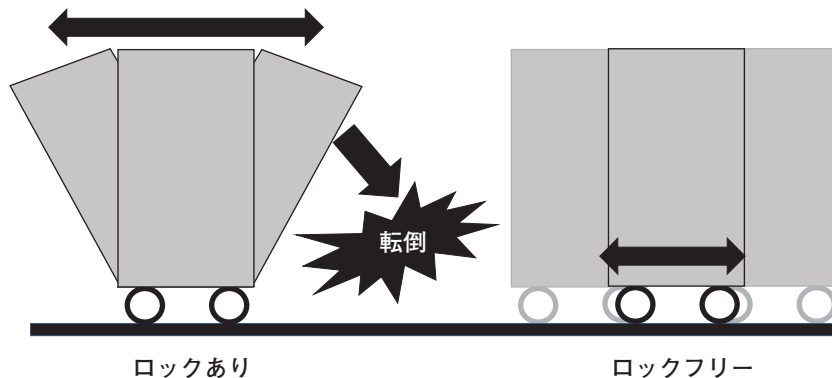


図1 キャスターロックの有無による揺れによる影響のイメージ (著者作成)

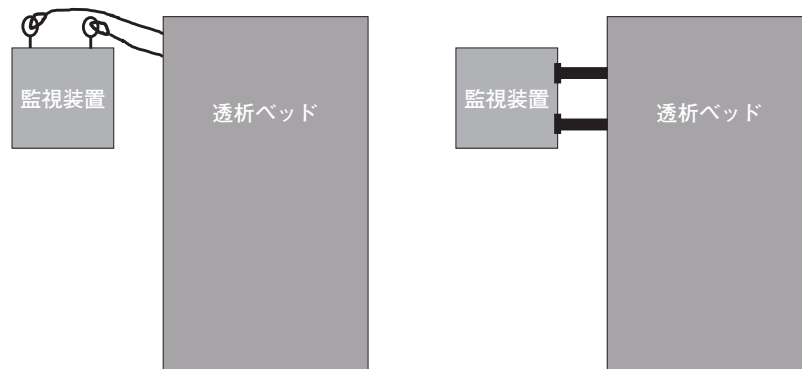


図2 透析監視装置とベッドとの固定例

監視装置と透析ベッドを2本のワイヤーで固定する方法（左図）や監視装置と透析ベッドを2本のベルトで固定する方法（右図）がある。2本で固定することにより装置の回転を防ぐことができる。

（著者作成）

れる、あるいは患者監視装置がその場で回転することで透析回路が巻きとられてしまう恐れがある。血液透析治療実施中に地震が起きた場合には、これらの現象が抜針リスクとなる可能性がある。さらなる対策として、患者監視装置と透析ベッドの連結も有効である。有効な連結方法の一つに、ワイヤーやベルトを用いて、患者監視装置の後面、あるいは側面と透析ベッドとを固定する方法がある（図2）。この場合は1本だけの固定では装置の回転を抑制することができないため、2本で留めることがより効果的であるとされている⁵⁾。

1-3 透析液供給装置、RO（reverse osmosis）装置の固定（図3）

透析液供給装置やRO（reverse osmosis）装置は透析室の中でとくに大型で、かつ重い機器である。この

ため、転倒した場合には、転倒に巻き込まれることで人的被害が生じたり、周辺機器の損傷が生じたりするリスクとなる。さらに一度転倒した場合には、短期での復旧が困難である。このため転倒防止措置が必要になる。固定には、床面への固定あるいはワイヤーによる吊り下げ固定が有効である。あるいは、免震装置の台上に装置を設置することも有効である。床面への固定に関しては、アンカーボルトによる固定のほか、ゲルマットを用いた固定も用いられている。ゲルマットによる固定を行う場合には、材質の劣化も考慮して、適切なタイミングでの交換が必要である⁵⁾。また、免震装置を設置してその上に機器を置くことは有効であるが、床面への固定と比べると高コストとなってしまうという問題はある。



図3 透析液供給装置、RO装置の固定
（著者作成）



図4 フレキシブルチューブの採用
(著者作成)

1-4 透析液供給装置、RO装置と機械室壁面との接合部へのフレキシブルチューブの使用 (図4)

機器に接合する部分の配管に剛性の高い塩化ビニル樹脂(塩ビ)による配管を用いていると、地震で透析液供給装置が揺れた際に、配管がしなることが少なく、揺れを吸収することができない。結果として、配管が破損する危険性が高くなる。配管の損傷によっても透析不能になってしまうため、機器と接続する部分に関しては揺れても破損しないようフレキシブルチューブを採用するとともに、余裕を持たせ十分な長さをとっておくことが求められる。

2 透析関連装置の固定の実施状況

前述の透析関連装置の固定の実施状況については、2011年に日本透析医学会が年末調査の一環として実施している²⁾。これによると、患者監視装置の地震対策として、キャスターロックフリーは78.2%で実施されており、対策なしとした施設は7.6%であった。透析ベッドのキャスターロックは92.9%で実施されていた。こうした特別に追加コストを要さない対策については比較的達成できていた。一方で、透析液供給装置とRO装置の地震対策としては、アンカーボルト固定が30.0%、ゲル固定が10.2%、免震装置の使用が2.9%、対策なしが49.9%となっていた。透析液供給装置への配管については、フレキシブルチューブの採用は51.3%であり、剛性の強い塩ビ配管が42.3%、ステンレス配管が5.2%となっていた²⁾。このように追加コストを要する地震対策については未だ十分な順

守ができていない状況であった。しかしながら2011年の調査において、震災前と比べて同年末には対策率は上昇しており、近年ではこれらの地震対策の順守率はさらに向上していることが推察される。

国立大学医学部附属病院血液浄化(人工腎臓)部門連絡協議会において2022年に実施したアンケート調査では、患者監視装置の地震対策について、参加全42施設で患者監視装置のキャスターロックは行っていないとの回答であった。このように透析関連装置の適切な固定方法は普及してきていると思われるが、追加コストを有する透析液供給装置やRO装置の固定状況やカウンター設置型患者監視装置からフロア設置型患者監視装置への変更などについて、近年どの程度行われているかは不明であり、調査が必要である。

3 施設の地震対策構造を考慮した透析関連装置の固定方針

前述の対策により被害の低減が期待できることは確実であるが、近年、透析機器固定方針を決めるにあたり、透析室が配置されている建造物の建築構造や透析室の存在する階数も考慮する必要性が指摘されている。

地震においては揺れにより建物が変形・損傷する恐れがある。この揺れに対応するための建築物の構造に耐震構造と制震構造、免震構造がある(図5)。

耐震構造とは、建物を丈夫に作ることで地震の揺れによって建物が変形しないようにして、建物の倒壊を防ぐものである。耐震構造では地震の揺れがそのまま建物に伝わるので、大地震では建物内の揺れにより、

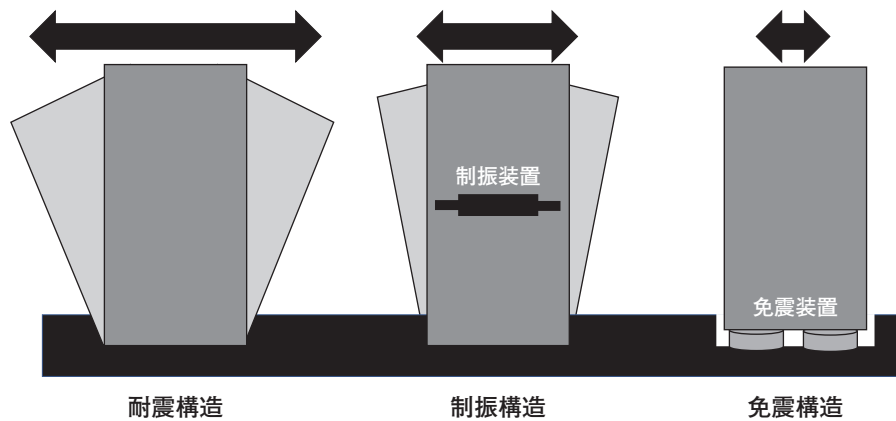


図5 各建築構造による揺れの違い
(著者作成)

建物内部にある什器の転倒や物品の散乱などが起こり得る^{‡1)}。

制震構造では、耐震構造同様に地面に建物が直接接しているため、地震の揺れは建物に伝わるが、建物の中に揺れを吸収するような制震装置を設置することで、地震の揺れを小さくさせるものである。耐震構造よりも建物内の揺れの影響が、低減できるとされている。

一方、免震構造とは、基礎と建物との間に水平方向に滑らかに動く免震装置を介在させることで、地震の揺れを建物上部に伝わりにくくした建築構造である。免震装置としては建物を支える部分に積層ゴムという薄い銅板とゴムを重ね合わせて一体化したものが用いられることが多い。これにより垂直方向では硬さを保ち、水平方向にはゴムの持つ柔らかさが発揮される。大地震時には耐震構造の建物の上階では揺れにより、約1Gの重力加速度が発生することがあるとされるが、免震構造においてはその1/5である0.2G程度にまで抑えることができるとされる。揺れを抑えることで、建物内の機器の転倒リスクは低減される^{‡1)}。これら地震対策構造の違いによって建物内への影響も異なることから、透析関連装置の固定法も変える必要性が示唆されている。

耐震構造建築物や制震構造建築物では前述の赤塚の提唱する四つの対策を中心として実施すればよく、また高層階になるほど揺れの被害は大きくなるため、透析室は低層階に設置することが望ましい⁶⁾。では、免震構造の建築物ではどうすべきか。免震構造の建築物においては短周期振動に対しての透析室内災害対策はほぼ不要であるが、長周期振動の場合、共振を起こして揺れが増幅し、被害が大きくなる場合がある⁶⁾と

されている。

長周期振動とは、規模の大きな地震において発生する、通常の短い周期の地震の揺れとは異なる長い周期で揺れる振動のことである。長周期振動はマグニチュードが大きく、震源が浅いほど起こりやすく、短い周期の波に比べて遠くまで伝わりやすい特徴がある。高層ビルの固有周期は低い建物の周期に比べると長いため、長周期の波とは共振しやすく、共振すると高層ビルは長時間にわたり大きく揺れることになる。また、高層階の方がより大きく揺れる傾向がある^{‡2)}。免震構造の建築物は、基礎と建物との間の免震装置により、地震の揺れが建物に伝わりにくくされているが、共振すると逆に揺れが大きくなることもある。これに関して防災科学技術研究所が興味深い地震実験を行っている。2008年、2009年に実施された震災時における医療施設の機能保持性能を評価するための震動実験では、短周期振動主体の直下型地震モデルにおいては免震構造の建築物ではキャスターロックの有無に関わらず、ベッドやキャスター付き装置の移動の差は少なく、免震による効果が得られていた。一方で長周期振動地震モデルでは、免震構造建築物において共振による揺れの増大がみられ、キャスターロックフリーのベッドや装置が大きく移動する一方で、キャスターロックされたベッドの移動は少なかった。この違いは実験の一部を公開した動画で見ることができる (<https://www.bosai.go.jp/hyogo/research/movie/movie-detail.html#20> (2022/9/12))。

この実験結果などを経て、防災科学技術研究所からは、「病院スタッフのための地震対策ハンドブック」が発行されている^{‡1)}。これによるとキャスター付き

機器は、キャスターロックフリーの状況では地震時に室内を走り回る危険があるため、キャスターはロックすることが推奨されている。患者監視装置が動くことによって他の機材と衝突して転倒するなどのリスクも高まる。このハンドブックでは「キャスターロックにより透析装置の転倒及び移動防止を確認できましたが、実際にはキャスターをかけない方法を推奨する意見もあり、透析機器の地震対策においてキャスターロックの効果は賛否両論があります。しかし、患者と透析装置が離れてしまうことは必ず防ぐ必要がありますし、日常の利用において機器操作時や患者がつかまった時に動いてしまわないよう、キャスターをロックしておくことが望ましいでしょう」と論じており、具体的にはベッドのキャスターを4点で固定する、透析機器のキャスターはロック機能があるものを使用する、不安定な機器類は用いない、モニター類には転落防止策を施す、電源コードの抜け防止策を施す、キャスター付きの透析装置は、ベッドに適切に固定する、キャスター付きの透析装置はキャスターをロックする、カウンター設置型の透析装置は壁、床などにしっかり固定するといった対策を推奨している。こうしたことから、とくに長周期振動によるリスクが高いと考えられる、高層階、免震構造であるといった要因を持つ透析室においては、キャスター付き機器は一律にキャスターロックすることを考慮する必要があると思われる。透析管理者は透析室が配置されている建築物の構造について把握し、透析室の階数も考慮して、自施設の災害対策を決定すべきである。

おわりに

本項では地震対策を主眼に置いた透析関連装置の固

定について記載した。災害はいつ、どのようなシチュエーションで発生するかもわからない。透析の継続性を担保するためにも自施設の災害対策について、時々見直していく必要がある。透析関連装置の固定に関しても、施設の状況にあわせて適切な方法をとることが重要である。

利益相反自己申告：申告すべきものなし

文 献

- 1) 内閣府：平成 22 年版 防災白書。平成 22 年。
- 2) 日本透析医学会：図説わが国の慢性透析療法の現況 2011 年 12 月 31 日現在。
- 3) 日本透析医学会東日本大震災学術調査ワーキンググループ：東日本大震災学術調査報告書—災害時透析医療展開への提言。2013。
- 4) 赤塚東司雄：透析室の災害対策マニュアル—震災に備える！ 改訂 2 版。大阪：メディカ出版。2012。
- 5) 森上辰哉：透析医療に関わる災害時の危機管理体制を考える。医療機器学 2019；89(1)：46-52。
- 6) 赤塚東司雄：透析室における災害対策。腎と透析 2019；91(2)：209-218。

参考 URL

- ‡1) 防災科学技術研究所「病院スタッフのための地震対策ハンドブック」<https://www.bosai.go.jp/hyogo/syuto-pj/outcome1.html> (2022/9/12)
- ‡2) 気象庁「長周期地震動とは? (気象庁ホームページ)」https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/choshuki/choshuki_eq1.html (2022/9/12)