

使用済みの注射器用の注射針外し装置の開発

野村基之⁽¹⁾ 内田明宏⁽²⁾ 米田純子⁽³⁾ 平野由美子⁽³⁾

Development of the needle remover from a used syringe

Motoyuki Nomura⁽¹⁾ Akihiro Uchida⁽²⁾ Junko Yoneda⁽³⁾ Yumiko Hirano⁽³⁾

Automatic needle remover from the used syringe for the injection was developed which is movable and capable of high speed operation. A series of operations for the removal of the needle was realized by means of two air cylinders driven by the compressed air of the pressure of 400 kPa fed from a 3.5-liter air container. One of these air cylinders is powerful one and its dimensions are 16 mm in inner diameter and 30 mm in stroke. This produces the driving force sufficient to remove the needle from the used syringe. The other is precision one for the position control of the removing plate of phosphor bronze. Net time length necessary for the removal of a needle was less than 260 ms. In the test operation, two hundreds of used syringes were treated successively without any trouble. Pressure loss for the test operation was 800 kPa at the starting pressure of 114 MPa.

《キーワード》 used syringe/needle remover/air cylinder

1. 序論

患者に薬剤を注射したり採血に使用した注射器や注射針は患者や採血対象者の血液で汚染されており、医療関係者の皮膚に突き刺さると重大な医療事故を引き起こす。これらの医療事故を防ぐために、使用済の注射器は感染性廃棄物(注1)として人手に触れないように厳重な管理の下に処分する。このとき、注射器に注射針を装着したままの状態を廃棄処分しようとする汚染された注射針を含む廃棄物が膨大な量に上り、ごみ処理の上で新しい問題が発生する。医療関係者にとってより危険なのは注射器よりも注射針であるが、使用済みの注射器と注射針を別々に処分することは、ごみ処理の経費や環境への影響という観点からも好ましいことである。そこで使用済みの注射器から注射針を取り外し、注射器と注射針を別々に処理する必要がある。

使用済みの注射針を廃棄する前に注射針にキャップをかぶせておくと、上記の医療事故の防止に効果があることは明白である。ところが汚染された注射針に内径が5 mm程度のキャップを安全にかぶせる作業は、注射針を外す作業と同等あるいはそれ以上の危険を伴

う。そこで注射針にキャップをかぶせないで注射針を外しているのが現状である。

使用済みの注射器から注射針を外す際には、注射針が医療従事者の皮膚を傷つけないように注意しなければならない。ところが注射器から注射針を外すには、かなりの筋力を要する。専用の器具を使わないで注射針を外すことは容易なことではないので携帯用の専用器具が開発されている。ただしこれらの器具は人力をエネルギー源として利用しているために、処理速度が遅いだけでなく、処理の量によってはこの器具を操作する人の肉体的な負担も無視できなくなる。したがってこのような手動の器具は使用済み注射器の大量の処理には向いていない。そこで集団採血などで発生する大量の使用済み注射器を迅速かつ快適に処理することができる専用器具の開発で望まれている。

危険物を速やかに処理するという意味で、注射針を注射器から外す作業は注射の現場で行うことが望ましい。したがってこの研究では、使用済み注射針の発生現場での使用と移動が可能で迅速かつ快適な操作の下に注射針を取り外すことが可能な注射針取り外し装置を開発することを目的とする。

2. 開発した注射針取り外し装置の概要

2.1 注射針を引き抜くのに必要な力

注射針が差し込まれる注射器では、注射針を差し込む先端の管ははめあいを良くするために先端が細くな

1998年9月24日受理

1. 宇部工業高等専門学校電気工学科/2. 宇部工業高等専門学校電気工学科(現在の所属は株式会社東芝メディカル中・四国サービス)/3. 山口大学医療技術短期大学部

っていて、僅かな押しつけ力で大きな保持力を実現している。したがって、注射針を外すにはこの保持力を上回る引き抜き力を必要とする。実際に注射器から注射針を引き抜くのに必要な力を測定したところ、ひねらない注射針を引き抜くには30 N(約3 kgf)程度の力が必要であることが分かった。

注射針を引き抜くための動力の発生にはエアシリンダを用いた。エアシリンダの内径を D 、エアシリンダに供給するガスの圧力を P とすると、エアシリンダが発生する駆動力 f は

$$f = \frac{\pi D^2 P}{4} \quad (1)$$

で与えられる。(1)式を

$$D = \sqrt{\frac{4f}{\pi P}} \quad (2)$$

と変形し必要な D を求める。

$$f = 30 \text{ N}$$

常用圧力として

$$P = 300 \text{ kPa}$$

を(2)式に代入してみると

$$D = 6.5 \text{ mm}$$

という値が得られる。ガス圧が300 kPaのときにこのエアシリンダが発生する駆動力の理論値 f は

$$f = 60 \text{ N}$$

に達することが分かる。

2.2 注射器から注射針を取り外すメカニズム

注射針を注射器から外すための動力源として圧縮空気を利用することにした。圧縮空気は容量3.5リットルのポンペに充填しておいて必要に応じて本体ごと移動し、注射の現場に持ち込んで処理することが可能な構造のものを開発することにした。バルブを開くとす

ぐに使用可能な状態になること、圧縮空気を作るための騒音を発しないこと、の二つの理由で空気圧縮機の代わりに高圧ガスポンペを選んだ。以下に、注射針を外すメカニズムを示す。

図1においてaは使用済み注射器、cは注射針、bは使用済み注射器を挿入する円錐状の保持台で中心部分に注射針を通す孔を備えている。円錐の頂角は150度とした。dは引き抜き板である。先端にV字形の切り込みが作ってあり、この部分で注射器の先端の筒を挟む。注射針を引き抜く際に大きな剛性が必要であるので燐青銅板(厚さ0.7 mm)を用いた。

図1の過程①において、注射器を保持台の中心孔に差し込んで鉛直に保持しておき、引き抜き板を、保持台から突き出た注射器の先端の筒に向かって水平方向に前進させる。引き抜き板は上下方向と水平方向に運動するが、それぞれ別々のエアシリンダが受け持つ。引き抜き板が注射器の先端の筒を挟んで動かなくなつた状態で引き抜き板を鉛直下向きに引っ張る。この過程②で注射針が注射器から抜ける。注射針が抜ける瞬間に30 Nほどの負荷が引き抜き板にかかる。引き抜き板はエアシリンダの強い力で鉛直下向きに引っ張られており注射針を引き抜く。注射針が抜けて引き抜き板が下端まで下りると引き抜き板は再び引っ込む(過程③)。こうして注射器から注射針を引き抜く一連の動作が完了する。

図2は引き抜き板の動きを表すタイミングチャートである。(a)は上下方向の運動を表しており、high levelが引き抜き板が注射器のシリンダ下部の高さまで上昇した状態を、low levelは下端まで下降した状態を表している。(b)は引き抜き板の水平方向の運動を表しており、high levelは引き抜き板のV字形の切り込みが注射器の先端の管を挟んだ状態、low levelは引き抜

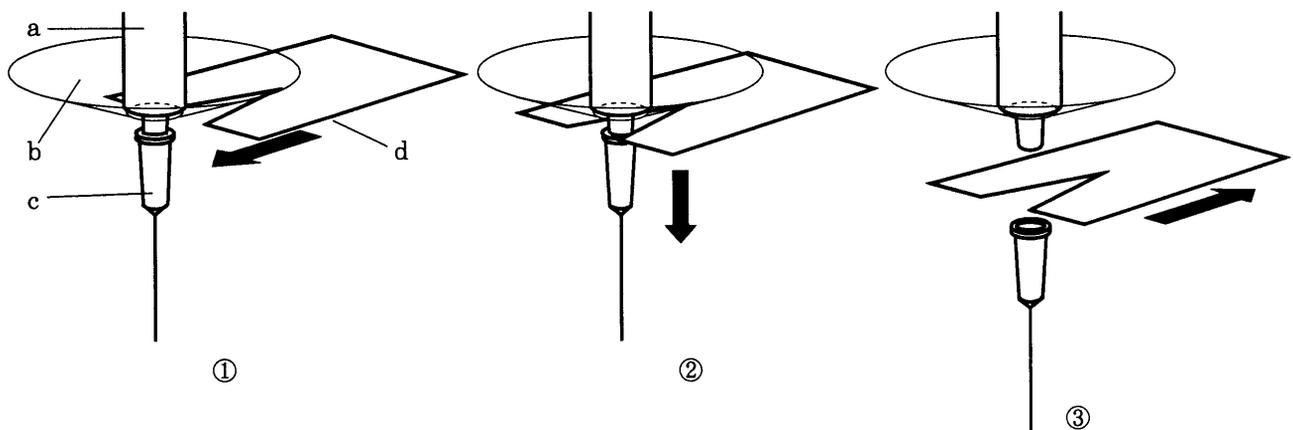


図1. 注射針を外す過程①～③。aは注射器、bは保持台、cは注射針、dは引き抜き板(矢印の向きに動く)

引き板が引っ込んだ状態すなわち待機の状態である。引き抜き板の前進運動は上昇運動から時間 t_1 だけ遅れて始まる。引き抜き板の前進後退運動を駆動するエアシリンダには、大きな駆動力は持たないがピストンの回転の自由度を制限した精密な構造のものを用いて、引き抜き板の面が常に水平を保つようにした。引き抜き板の前進運動から時間 t_2 の後に引き抜き板は下降し、さらに時間 t_3 の後に水平方向に後退して一連の動作が完了する。(a)(b)いずれの図においてもエアシリンダへの圧縮空気の流れを制御する電磁弁の電流の波形を示しており、エアシリンダのピストンの実際の動きには多少の時間遅れを伴う。上下運動を駆動するエアシリンダには注射針が注射器から外れるときに大きな負荷がかかるので強力なものを用いた。

用いたエアシリンダは、水平運動用がCKD社製のSTSM08-20型、上下運動用には同社製のSCPD2L-1630型である。前者は内径が8 mmでストロークが20 mm、後者は内径が16 mmでストロークが30 mmである。二つのエアシリンダには同じ圧力を加えた。

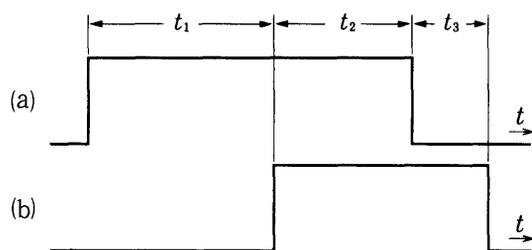


図2. 引き抜き板の動作のタイミングチャート。(a)は上下方向、(b)は水平方向

3. 結果と考察

通常の業務で使用する力で注射針を装着した注射器を200本用意し、動作試験を行った。使用した注射器は商品名『トップ』プラスチックシリンジ注射針付の2.5 ml型のものである。ガスの圧力は300 kPa, 350 kPa, 400 kPaの3種類の圧力を順に設定し、注射針の抜け具合を調べた。図2における時間 t_1, t_2, t_3 は誤動作を避けるために始めは充分長い値に設定した。圧力が

300 kPaと350 kPaのときにはエアシリンダの駆動力が不足して、注射針が注射器から外れない場合が数回発生した。圧力を400 kPaに増すと注射針が外れないというトラブルは解消した。ポンペは減圧器を備えており、200回の取り外し試験の結果、一次圧は11.4 MPaから10.6 MPaに低下した。圧力の変化量から200回の取り外し試験で消費した圧縮空気の量は大気圧に換算して28リットルである。最高圧力15 MPaまで充填したポンペが内蔵する空気の量は大気圧に換算して525リットルであるから、1回の充填で3750本の使用済み注射器を処理することができる事が分かる。

1本の注射針の取り外し処理に必要な時間は引き抜き板の1サイクルの時間

$$\Delta t = t_1 + t_2 + t_3$$

と、手で注射器を保持台に装填し、注射針が外れた注射器を回収するのに必要な時間の和である。 t_1, t_2, t_3 を短くすると処理速度は向上するが誤動作が発生する可能性がある。たとえば t_1 を短くすると引き抜き板の上昇が完了しないうちに水平運動が始まり、引き抜き板が注射針を捉えなくなる。誤動作が発生しない範囲で t_1, t_2, t_3 を短くしたところ

$$t_1 = 120 \text{ ms}$$

$$t_2 = 90 \text{ ms}$$

$$t_3 = 50 \text{ ms}$$

$$\Delta t = t_1 + t_2 + t_3 = 260 \text{ ms}$$

以上の時間設定で誤動作は起きないことが分かった。

本装置は高速の直線往復運動を間欠的に繰り返すこと、圧縮空気の流れを断続しようとしていること、などの理由で動作時にかなりの騒音が発生する。騒音の軽減は今後の課題の一つである。また注射器の装填と、注射針が外れた注射器の回収に人手を使っている。高速処理と安全性の向上のためには人手を介さない全自動の注射針取り外し装置の開発ももう一つの課題である。

参考資料

(注1) 山口大学医学部付属病院の処理例