

## ARTIGO 4

### VARIAÇÕES DE PRESSÃO NO PRĀṆĀYĀMA<sup>1</sup>

Variações de pressão no *prāṇāyāma* poderão ser melhor compreendidas se estudadas em conjunto com as condições de pressão associadas à respiração comum. Analisaremos aqui, portanto, ambos os tipos de variações de pressão, lado a lado.

Levaremos em consideração três tipos de pressão: a intrapulmonar, a intratorácica e a intra-esofagal, ainda que possamos nos referir a algum outro tipo de pressão induzida pelas ações respiratórias, normais e anormais. Antes de prosseguirmos com o entendimento do desenvolvimento dessas pressões, entretanto, nos referiremos brevemente a alguns aspectos anatómicos do tórax e dos seus órgãos internos, para que os leitores possam facilmente entender a discussão que se seguirá.

#### ANATOMIA DO TÓRAX

O tórax é um compartimento selado, fechado abaixo pelo diafragma e coberto acima pela abóbada das costelas. Este compartimento torácico é elástico, encolhendo e inflando alternadamente, várias vezes por minuto. Não possui comunicação direta com a atmosfera exterior. Nesse compartimento estão acomodadas duas bolsas elásticas na forma de pulmões, cobertas com a pleura. Essas bolsas pulmonares não são seladas,

---

1. Este artigo foi publicado pela primeira vez na "The Semi-Scientific Section" do periódico *Yoga-Mīmāṃsā*, v. 4, n. 1, de julho de 1930. Esta é a tradução da republicação do mesmo artigo, no v. 17, n. 1, de abril de 1974, do mesmo periódico. [N.T.]

mas possuem comunicação com a atmosfera através de tubos de ar. Os pulmões, no entanto, não ocupam todo o espaço disponível no tórax. Aí também se encontram órgãos como o coração, a aorta e suas ramificações, as veias cava inferior e superior e o esôfago. Mesmo quando contraídos ao máximo, os pulmões pressionam esses órgãos. A cavidade que contém o coração o esôfago, etc. se encontra entre os dois pulmões e se chama *cavidade mediastinal*. Não possui comunicação direta com o ar exterior.

### **A PRESSÃO INTRAPULMONAR**

Pressão intrapulmonar pode ser definida como sendo a pressão exercida sobre os pulmões pelo ar que eles contêm. Durante a ação da respiração, seja ela normal ou anormal, essa pressão é constantemente alterada. Tentaremos, primeiramente, entender as variações que se processam na pressão intra-pulmonar durante a respiração normal. Iniciaremos com a ação da inalação.

Do ponto de vista científico, para que o ar possa se mover de um lugar para o outro, três condições precisam ser satisfeitas:

- (i) deve haver um diferencial de pressão entre os dois locais, em que deverá haver movimentação do ar;
- (ii) esses dois locais precisam contar com uma livre comunicação entre eles;
- (iii) o ar se movimentará sempre para o local de menor pressão.

Ora, na inalação, o ar exterior se movimenta para dentro dos pulmões. Isso só se dá porque são satisfeitas completamente as três condições que acabamos de enumerar. Ao longo da ação de inalação, o tórax está se abrindo através da progressiva elevação das costelas e da contração e descida do diafragma. Assim, aumenta-se o volume torácico e dos pulmões. Este aumento no volume dos pulmões leva à rarefação do ar neles contido, abaixando a pressão intrapulmonar. Antes da expansão do tórax, o ar interno aos pulmões estava na mesma pressão que a atmosfera exterior. Porém, em seguida, devido à rarefação, o ar dentro dos pulmões se encontra em pressão inferior à do ar exterior, que continua submetido à pressão atmosférica. Dessa forma, estão satisfeitas a primeira e a terceira condição. A passagem do ar permite a comunicação entre os pulmões e o ar exterior, preenchendo assim a segunda condição.

No entanto, tão logo o tórax cesse a expansão, a pressão do ar dentro dos pulmões e fora deles se equaliza, interrompendo a movimentação do ar. Há uma pausa. Assim, vemos que, durante a inalação, a pressão intrapulmonar é menor que a pressão atmosférica e que, na pausa que se segue, a pressão se equaliza com a atmosférica.

Após a pausa, o tórax começa a afundar, os pulmões começam a se retrair e, conseqüentemente, o ar interno aos pulmões se torna mais denso. Isto aumenta a pressão intrapulmonar, que se torna superior à atmosférica. Naturalmente, o ar se movimenta dos pulmões para a atmosfera exterior. Durante a ação de exalação, a pressão intrapulmonar continua a ser superior à atmosférica e, quando a contração dos pulmões chega ao fim, novamente se equaliza com a atmosférica, levando a outra pausa.

As variações de pressão que se processam na respiração profunda não são diferentes das variações de pressão que ocorrem na respiração normal. Ao longo da ação de inalação profunda, a pressão intrapulmonar é menor que a pressão atmosférica, enquanto, durante a ação da exalação profunda, a pressão intrapulmonar é superior à atmosférica. As duas pausas, uma depois da inalação e outra depois da exalação, são caracterizadas por uma pressão atmosférica dentro dos pulmões, assim como na respiração normal.

Alguns de nossos leitores poderão considerar difícil entender a afirmação feita no último parágrafo. Eles, provavelmente, acreditam que inalação e exalação profundas deveriam registrar maiores variações de pressão do que a inalação e exalação normais, e que as pausas que ocorrem na respiração profunda deveriam apresentar pressão intrapulmonar mais elevada do que as pausas comuns na respiração. Isto, porém, não se baseia em fatos. Explicaremos o porquê.

Antes de mais nada, precisamos recordar um princípio anatómico. A quantidade de ar a ser inspirada ou expirada dependerá invariavelmente da capacidade pulmonar de conter ar à pressão atmosférica. Não será possível, seja na respiração profunda ou na normal, que a pessoa inale ou exale um centímetro cúbico sequer de ar acima da quantidade que seus pulmões podem conter. Isto significa que, em qualquer estágio da respiração, o volume de ar contido nos pulmões será igual à capacidade volumétrica pulmonar, desde que haja livre comunicação entre os pulmões e a atmosfera exterior. A razão é óbvia. Por haver livre comunicação, o ar interno aos pulmões procura se manter à pressão atmosférica, seja pelo descarte do excedente, seja pela retomada do faltante.

Ora, na inspiração profunda admitimos absorver um maior volume de ar do que na respiração normal. Porém, isto se deve ao fato de que, na inspiração profunda, aumentamos o volume dos pulmões muito mais do que na respiração normal. Com isso, mesmo quando o volume de ar inalado na inspiração profunda aumenta, não é maior do que a capacidade volumétrica dos pulmões. Por essa razão, mesmo na inspiração profunda, a pressão intrapulmonar é a mesma da inspiração normal, e continua a ser ligeiramente inferior à pressão atmosférica.

Durante a pausa que se segue à inalação profunda, a pressão intrapulmonar se torna igual à pressão atmosférica exterior aos pulmões.

As variações de pressão que ocorrem na exalação profunda são as mesmas que ocorrem em exalação normal, pois, em ambos os casos, a alteração na pressão intrapulmonar se deve à diminuição do volume dos pulmões. A pressão é ligeiramente superior à atmosférica.

Aqui também, ao final da exalação profunda, a pressão intrapulmonar se torna igual à atmosférica durante a curta pausa que se segue.

Até o momento, nesta análise das variações de pressão na respiração profunda, partimos de dois pressupostos, a saber, que a passagem de ar esteja totalmente aberta o tempo todo e que o movimento respiratório seja suave em todos os estágios. Entretanto, se por qualquer razão a passagem de ar for parcialmente fechada, ou o movimento respiratório se tornar apressado, ocorrerão diferentes variações de pressão nos pulmões. Analisemos primeiro a respiração apressada.

Respiração apressada se traduz por expansão e contração rápidas dos pulmões, ou seja, repentinos aumentos e diminuições de volume dos pulmões. Ora, quando o volume dos pulmões aumenta repentinamente, há uma proporcional queda na pressão intrapulmonar, muito menor que a pressão na respiração suave, pois leva algum tempo para que o ar que entra possa elevar a pressão. Na inalação suave, tão logo haja uma ligeira diminuição na pressão intrapulmonar, o ar externo entra e a aumenta até a pressão atmosférica; mas, na inalação apressada, a queda na pressão é repentina e o ar exterior leva algum tempo para entrar e restabelecer a pressão atmosférica. Com isso, temos que a pressão intrapulmonar é mais baixa na inalação apressada do que na inalação suave, não importando se a respiração é normal ou profunda.

Do mesmo modo, quando há uma rápida contração do tórax, há uma repentina diminuição no volume dos pulmões. O ar assim comprimido não consegue sair tão rapidamente. Com isso, a pressão se eleva muito mais do que na exalação suave. O ar dos pulmões repentinamente comprimidos leva algum tempo para fluir para fora e, assim, reduzir a pressão para uma atmosfera. Na exalação suave, o ar começa a sair tão logo haja um ligeiro aumento na pressão intrapulmonar, pois o processo de contração pulmonar é lento. Assim, concluímos que, na exalação apressada, o aumento da pressão intrapulmonar é maior do que na exalação suave, não importando se a respiração é normal ou profunda.

Ocorrerão variações similares da pressão intrapulmonar sempre que a passagem de ar não estiver completamente aberta, na entrada ou na saída dos pulmões. Essa passagem poderá se tornar estreita em determinadas condições patológicas. Tam-

bém pode ser voluntariamente estreitada com o fechamento parcial da glote. Este último procedimento frequentemente faz parte da técnica do *prāṇāyāma*.

Mesmo quando a contração e expansão dos pulmões ocorrem de maneira lenta e progressiva, caso a glote esteja parcialmente fechada, o ar levará mais tempo do que o normal, seja para sair, seja para entrar, até restabelecer a pressão atmosférica nos pulmões. Com isso, a ascensão ou a queda na pressão intrapulmonar será maior do que quando a glote estiver totalmente aberta, e durará mais do que o tempo normal.

Caso o movimento dos pulmões seja repentino e isso seja acompanhado por um fechamento parcial da glote, a ascensão ou a queda na pressão intrapulmonar será ainda maior.

Até aqui, analisamos as variações na pressão intrapulmonar, tal como ocorrem quando há respiração normal ou profunda, com a glote completamente aberta ou parcialmente fechada. Agora, prosseguiremos estudando as variações de pressão que o fechamento total da glote produz nos pulmões.

Não há necessidade de nenhum estudo fisiológico para sabermos que a glote pode ser fechada em qualquer estágio, na inalação ou na exalação, seja normal, seja forçada. Quando isto é feito, os músculos respiratórios podem ser manipulados de diferentes maneiras, assim produzindo um grande número de variedades nas pressões intrapulmonares. Isto porque, quando a glote está fechada, o ar nos pulmões se mantém em uma quantidade constante, e qualquer alteração na capacidade volumétrica dos pulmões proporcionará uma pressão diferente. Como estudiosos das variações de pressão pranayâmicas, entretanto, não estamos interessados nessas infinitas variedades de pressão.

No *prāṇāyāma*, precisamos lidar com as pressões produzidas após a mais profunda inalação ou a mais profunda exalação, seguidas do completo fechamento da glote. Analisaremos, primeiro, as variações de pressão produzidas após a exalação.

Após a mais profunda exalação, a única manipulação possível do aparelho respiratório é no sentido da inalação. Ora, visto que a glote deve ser mantida fechada, essa inalação só poderá ser uma pseudo-inalação, acompanhada por movimentação dos músculos inspiratórios sem nenhuma movimentação do ar. Será fácil entendermos que essa pseudo-inspiração pode ser normal ou a mais profunda possível. Os fisiologistas ocidentais chegaram a considerar o movimento inspiratório normal, mas excluíram o outro. Ressaltamos que só o outro é importante do ponto de vista pranayâmico.

Mesmo na pseudo-inspiração, em que a quantidade de ar nos pulmões continua a mesma, a capacidade volumétrica pulmonar aumenta, abaixando muito a pressão intrapulmonar. Mesmo se a movimentação inspiratória for normal, o decréscimo na pressão intrapulmonar será considerável, mas a tentativa da mais profunda inspiração pode produzir pressões extremamente negativas nos pulmões. Com o apoio dos experimentos publicados na “Seção Científica” do Yoga-Mimāṃsā, podemos afirmar, a favor da segurança, que essa pressão negativa pode alcançar até 90 mmHg ou mais. No linguajar yóguico, esta pseudo-inalação mais profunda que se segue à mais profunda exalação é conhecida como *uḍḍiyāna*.

Agora, analisaremos as variações de pressão produzidas após profunda inalação. Naturalmente, essas variações são provenientes de tentativas, nulas de expiração, e os resultados tendem



a aumentar a pressão intrapulmonar. Durante todas essas tentativas, decresce a capacidade volumétrica dos pulmões. A pressão intrapulmonar se eleva, pois a quantidade de ar nos pulmões permanece constante. Caso a tentativa de expiração seja a mais profunda possível, ela produzirá pressões extremas nos pulmões, podendo ultrapassar 100 mmHg. Os exercícios yóguicos não chegam tão longe, pois atingir repetidamente tais pressões extremas poderá causar danos consideráveis ao sistema. Existe uma prática em *prāṇāyāma* que cria pressões intrapulmonares muito altas, mas, ainda assim, muito mais baixas do que as extremas pressões acima apontadas. Esta prática consiste em realizar o *uḍḍiyāna* após a mais profunda inalação.

Para resumir nossa análise das variações de pressão intrapulmonar, concluímos que o movimento inspiratório, seja ele normal ou forçado, reduz ligeiramente a pressão, enquanto o movimento expiratório a eleva ligeiramente. As duas pausas se caracterizam por uma pressão intra-pulmonar de 1 atm. Pseudo-movimentos inspiratórios profundos após a mais profunda expiração levam a extremas pressões negativas, enquanto pseudo-movimentos expiratórios profundos aumentam a pressão intrapulmonar a um nível extremo.

### **A PRESSÃO INTRATORÁCICA**

A pressão intratorácica pode ser definida como a pressão exercida no tórax fora dos pulmões, isto é, a pressão existente nas cavidades pleural e mediastinal. Neste artigo, não discutiremos as variações de pressão na cavidade pleural; propomo-nos apenas a uma análise das pressões na outra cavidade.

Naqueles poucos aspectos a que nos referimos acerca da anatomia do tórax, ao início deste artigo, vimos que a cavidade mediastinal é um compartimento selado. Com isso, fica claro que a atmosfera não pode influenciar diretamente as variações de pressão no tórax. Ressaltamos, no entanto, que os pulmões estão constantemente exercendo pressão nos órgãos contidos na cavidade mediastinal. E, como a atmosfera exerce interminável pressão sobre os pulmões, os órgãos situados na cavidade são sempre influenciados pela atmosfera através dos pulmões, ainda que não diretamente. Ora, enquanto se colocam entre a atmosfera e os órgãos intratorácicos, ou seja, os órgãos na cavidade mediastinal, os pulmões não permitem que toda a pressão atmosférica se faça sentir sobre esses órgãos, mas tentam reduzi-la através de sua tendência constante de recuar elasticamente e se contrair. Devemos lembrar que os pulmões estão em contínuo estado de esticamento, e que, mesmo durante a mais profunda expiração, eles não podem se contrair até seu tamanho normal. Com isso, e devido a sua constante tendência a recuar elasticamente sobre si mesmos, os pulmões estão sempre em contraposição à pressão intrapulmonar, sendo que essa pressão de contraposição é igual à força gerada pelo recuo elástico dos pulmões. Ficará claro, portanto, para nossos leitores, que a pressão exercida sobre os órgãos mediastinais, ou seja, a pressão intratorácica, deve ser igual à diferença entre as duas pressões, a saber, a pressão intrapulmonar e a pressão gerada pelo recuo elástico dos pulmões.

Ora, visto que, em circunstâncias normais, a pressão intrapulmonar é igual a uma atmosfera, a pressão intratorácica deve ser negativa, pois é sempre inferior à pressão intrapulmonar

em uma medida igual à do recuo elástico dos pulmões. A pressão negativa se mede por esse recuo elástico dos pulmões.

A força exercida pelo recuo pulmonar varia de acordo com a condição de contração ou de expansão em que os pulmões se encontram em um determinado momento do tempo. Caso os pulmões se estiquem o máximo possível, essa força será a máxima, como acontece no caso da mais profunda inspiração; mas a força será a mínima quando os pulmões estiverem completamente contraídos, tal como se encontram após a mais profunda expiração. Os fisiologistas ocidentais procuraram medir essa pressão do recuo elástico. Em média, eles mediram o recuo pulmonar em 7,5 mmHg ao final de uma inspiração comum, e 4,5 mmHg ao final de uma expiração comum. Na mais profunda inspiração, essa pressão do recuo elástico é de 30 mmHg.

A partir destes últimos dados, entendemos a medida da pressão negativa existente na região intratorácica. Caso tomemos a medida comum de pressão nos pulmões de 760 mmHg, ou seja, a pressão atmosférica normal, podemos deduzir daí a pressão intratorácica. Deduzindo 4,5 de 760, chegamos a 755,5 mmHg como sendo a pressão intratorácica ao final de uma expiração comum. Do mesmo modo, 752,5 mmHg ( $760 - 7,5$ ) seria a pressão intratorácica ao final de uma inspiração comum. No entanto, ao final de uma inspiração profunda, a pressão intratorácica chegará a baixar para 730 mmHg ( $760 - 30$ ).

Até aqui, analisamos as variações de pressão intratorácica que ocorrem quando a glote está aberta. No entanto, as mesmas regras se aplicam à pressão intratorácica produzida com a glote fechada. Isto porque a pressão intratorácica será sempre a

diferença entre a pressão intrapulmonar e o recuo elástico dos pulmões, mesmo quando nos próprios pulmões forem produzidas pressões extremamente negativas ou positivas. Portanto, em *uddiyāna*, se a pressão intrapulmonar é de 680 mmHg, e o recuo elástico dos pulmões equivale a 10 mmHg, então a pressão intratorácica será de 670 mmHg (680 – 10). Dessa forma, mesmo quando a expiração é sustada após profunda inspiração, em que a pressão intrapulmonar chega a subir até 860 mmHg, se o recuo elástico dos pulmões é de 10 mmHg, a pressão intratorácica será de 850 mmHg (860 – 10).

Podemos resumir esta análise da pressão intratorácica concluindo que ela segue de perto a pressão intrapulmonar, sendo que a diferença entre elas é sempre igual à pressão exercida pelo recuo elástico dos pulmões. A pressão intratorácica, em circunstâncias normais, é geralmente negativa, ainda que possa subir ou cair a extremos, correspondentemente à pressão intrapulmonar.

### **A PRESSÃO INTRA-ESOFAGAL**

Os órgãos situados na cavidade mediastinal, tais como o coração, o esôfago, a aorta e suas ramificações, as duas veias cavas, estão expostos externamente à pressão intratorácica e, uns mais, outros menos, cedem a ela. O grau em que esses órgãos são afetados depende, por um lado, de sua pressão interior e, por outro, da resistência de suas paredes. Nos voltaremos agora ao esôfago para procurar estudar sua pressão interna, à medida que ela é afetada pela pressão intratorácica a que está exposto. Após uma série de experimentos, concluímos que a pressão intra-esofagal é, em grande medida, afetada pela pressão intra-

torácica, com a qual mantém estreita correspondência. Caso haja uma queda na pressão intratorácica, haverá uma queda correspondente na pressão intra-esofagal, ainda que em menor escala. Dessa maneira, se houver um aumento na pressão intratorácica, haverá um aumento correspondente na pressão intra-esofagal, ainda que em menor escala. Portanto, sempre que houver variações na pressão intratorácica, ocorrerão variações na pressão intra-esofagal, ainda que as variações não se dêem em uma proporção exata.

Ora, se nos lembramos de que há sempre uma concordância entre as diferentes variações de pressões intratorácica e intrapulmonar, podemos afirmar com segurança que as três pressões, a saber, a intra-esofagal, a intratorácica e a intrapulmonar, variam uma conforme a outra, embora não em quaisquer proporções exatas. Podemos também afirmar que, em termos gerais, em uma determinada condição de respiração, a pressão intra-esofagal é menos positiva, ou menos negativa, do que a intratorácica, e a intratorácica é menor do que a intrapulmonar. Portanto, em uma determinada condição de respiração, se pudermos conhecer uma das três pressões, as outras duas poderão ser estimadas por inferência.

Nos 12 experimentos que publicamos, procuramos conhecer a pressão intra-esofagal nos diferentes estágios do *prāṇāyāma*. A partir dessas pressões, podemos obter uma ideia grosseira acerca das condições de pressão correspondentes no tórax e nos pulmões.

Tornaremos mais claro o assunto para nossos leitores ao apresentarmos alguns dados a seguir.

Discriminação da pressão	Intra-esofagal	Intratorácica
Durante inspiração comum	-6 mmHg	-8 mmHg
Durante inspiração comum	-3 mmHg	-5 mmHg
Durante inspiração forçada	-21 mmHg	-30 mmHg
Após expiração forçada, se a inspiração é mantida com a glote fechada	-34 mmHg	-55 mmHg
Após inspiração forçada, se a expiração é mantida com a glote fechada	-51 mmHg	-80 mmHg

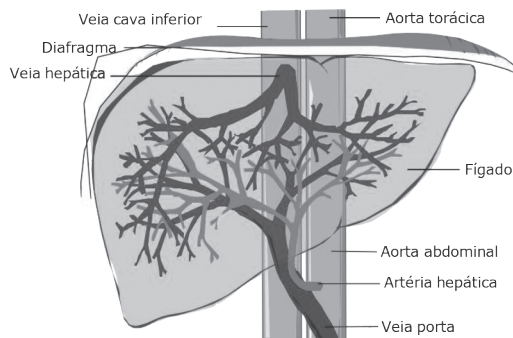
### **EFEITOS DAS VARIAÇÕES DE PRESSÃO NO FLUXO DE SANGUE**

Os três tipos de pressão que analisamos acima afetam em grande medida o fluxo de sangue venoso. Porém, antes que possamos entender claramente este assunto, será necessário tomarmos conhecimento de um quarto tipo de pressão: a pressão intra-abdominal. Assim como o tórax, o abdômen é um compartimento selado. Em geral, as condições de pressão no seu interior não são negativas. A pressão intra-abdominal aumenta, seja pela descida do diafragma, seja pela contração do abdômen. Se estas duas ações ocorrerem simultaneamente, há um considerável aumento de pressão. Talvez *uḍḍiyāna* e *nauli* sejam as únicas técnicas que produzem pressão intra-abdominal negativa.

Em nossa análise da pressão intratorácica, vimos que, em circunstâncias normais, ela permanece sempre negativa. Portanto, se comparamos o abdômen e o tórax, concluímos que, em

condições normais, o tórax se encontra em uma menor pressão que o abdômen.

Ora, se tomamos a veia cava inferior, vemos que sua parte inferior se situa no abdômen, enquanto a parte superior está no tórax (*Figura 32*). Isto significa que a parte inferior da veia cava está sujeita a uma maior pressão do que a parte superior. Como resultado, há uma grande aceleração do fluxo de sangue em direção ao coração. O aurículo direito do coração, no qual a veia cava inferior termina, também está sujeito a uma menor pressão do que o abdômen. Desse modo, ele pode sugar o sangue para cima, a partir da parte inferior daquela veia. O que acontece no caso da veia cava inferior também acontece no caso da veia cava superior, que também está exposta a pressões desiguais, sendo a pressão intratorácica menor que a pressão extratorácica. Com isso, concluímos que a pressão negativa no tórax permite que o coração sugue para cima o sangue venoso que vem de todas as partes extratorácicas. Este efeito é frequentemente denominado *ação de aspiração torácica*.



**Figura 32** - Veia cava inferior.

Na inspiração normal, o tórax se posiciona favoravelmente à execução da ação de aspiração. Em virtude da descida do diafragma, aumenta a pressão intra-abdominal e diminui a pressão intratorácica, pois se esticam os pulmões. Aumenta a diferença entre as duas pressões, o que é mais favorável à sucção do sangue venoso. Será fácil vermos que, quanto mais profunda for a inspiração, mais favoráveis serão as condições para a subida do sangue venoso ao coração. Se, após a mais profunda inspiração, os músculos abdominais forem vigorosamente contraídos, a condição de pressão se torna a mais favorável para a sucção do sangue venoso.

Em nossa análise da pressão intratorácica, tomamos conhecimento que ela permanece negativa mesmo após a mais profunda exalação. Entretanto, devido à contração dos músculos abdominais, aumenta-se a pressão intra-abdominal. Desse modo, mesmo depois da mais profunda exalação, a diferença entre a pressão intratorácica e extratorácica se mantém alta, favorecendo a ação de aspiração torácica.

Ao levarmos em consideração o fluxo de sangue arterializado dos pulmões para o coração, concluímos que mesmo as condições de pressão normais são favoráveis a ele. Vimos que a pressão intrapulmonar é sempre mais alta que a pressão intratorácica. Aqui também podemos ressaltar que inspirações profundas aumentarão a diferença entre essas duas pressões, estabelecendo condições mais favoráveis para o fluxo de sangue ao coração. No entanto, exalações profundas tendem a gerar condições menos favoráveis, pois levam a uma diminuição na diferença das duas pressões mencionadas.



Podemos resumir concluindo que a inspiração, seja ela normal ou profunda, sempre ajuda o fluxo de sangue em direção ao coração, tanto para o sangue que vem pelas veias cavas quanto para o que vem pelas veias pulmonares. A expiração, normal ou profunda, também ajuda no fluxo através das cavas, porém estabelece condições menos favoráveis para o fluxo de sangue através das veias pulmonares.

Agora só nos resta analisar uma última questão: qual o efeito dessas variações de pressão sobre o fluxo de sangue arterial?

Como regra geral, as artérias são muito menos afetadas pelas variações externas de pressão do que as veias. São três as razões: as paredes das artérias são grossas e resistentes, enquanto as paredes das veias são finas e flexíveis; a pressão interna nas artérias é muito alta, enquanto nas veias é razoavelmente baixa; em terceiro lugar, as veias são elásticas, já as artérias, não. Com isso, pressões externas podem facilmente afetar as veias, mas não as artérias.

No entanto, isto não quer dizer que as variações de pressão em respiração normal, e também em *prāṇāyāma*, não conseguem influenciar o fluxo de sangue arterial. De fato, até mesmo a inspiração normal melhora a circulação nas artérias. Portanto, a inspiração pranayâmica deve afetar o fluxo de sangue arterial muito mais favoravelmente. Para entendermos essa disposição, devemos tomar conhecimento de alguns aspectos do trabalho cardíaco.

Sabemos que as duas cavas recolhem o sangue venoso de todo o corpo e o despejam no aurículo direito. Este aurículo se relaxa por cerca de 7/8 de um segundo para receber esse sangue, quando, então, se contrai repentinamente para despejá-lo sobre

o ventrículo direito, em cerca de 1/8 de segundo. Do ventrículo direito, através de sua contração, o sangue é pressionado em direção aos pulmões. Após ser ali arterializado, volta para o coração, sendo recolhido ao aurículo esquerdo, através de quatro veias pulmonares. Este aurículo esquerdo, assim como o direito, se relaxa para receber o sangue; então, por súbita contração, ele se esvazia por sobre o ventrículo esquerdo. Este, por sua vez, depois disso, se contrai vigorosamente, forçando a saída do sangue pela aorta para que seja distribuído por todo o corpo e, ao final, retorne ao aurículo direito.

Seguimos o fluxo de sangue ao longo de todo o ciclo da circulação. Agora podemos ver como esse fluxo é afetado pelas variações da pressão respiratória. Já observamos que, durante a inspiração, graças a uma pressão mais alta na região extratorácica e a uma pressão mais baixa na parte intratorácica, maiores quantidades de sangue venoso são levadas ao coração através das duas cavas. Este sangue venoso é recolhido ao aurículo direito pela seguinte razão: a pressão externa, ou seja, a pressão intratorácica, é a mesma, tanto no que se refere às cavas torácicas quanto no que se refere ao aurículo direito. Porém, durante o relaxamento, por estar vazio, o aurículo direito se encontra a uma pressão muito mais baixa do que as veias que estão cheias. Com isso, o aurículo direito recolhe toda a quantidade de sangue venoso que flui através das cavas. Neste ponto, devemos nos lembrar que, por estar sujeito a uma pressão externa negativa, o aurículo direito se distende mais do que o comum durante a inspiração, sendo, assim, capaz de admitir maiores quantidades de sangue do que o usual. Essa maior quantidade é então despejada no ventrículo direito, de onde é empurrada para os pulmões. As veias pulmonares drenam a quantidade sobressalente para

fora dos pulmões, por causa da menor pressão intratorácica, e o aurículo esquerdo recolhe-a toda, por causa de sua menor pressão interna. Em seguida, o aurículo esquerdo conduz toda essa quantidade sobressalente ao ventrículo esquerdo, que, por sua vez, empurra-a finalmente para as diferentes partes do sistema através da aorta e suas ramificações.

Assim, compreendemos que a inspiração, ainda que não distenda as artérias, envia através delas um fornecimento mais rico de sangue e, portanto, influencia favoravelmente o fluxo arterial. Caso a inspiração seja profunda, como no caso do *prāṇāyāma*, esse efeito será ainda mais favorável.

Portanto, compreendemos que, mesmo durante a mais profunda expiração, a pressão intratorácica continua a ser negativa, ainda que em menor grau. Com isso, as condições de pressão ainda são algo favoráveis ao fluxo venoso. E, na medida em que o fluxo arterial normalmente depende do fluxo venoso, mesmo a mais profunda expiração não prejudica o funcionamento das artérias.